

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий



Кафедра деталей машин и основ
инженерного проектирования

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Часть II. ДЕТАЛИ МАШИН

Методические указания
и контрольные задания по курсу
для студентов специальностей 270200; 270700;
271000; 271100; 060800; 320700; 210200
факультета заочного обучения и экстерната

Санкт-Петербург 2003

УДК 621.81

Бойцов Ю.А., Молодова Ю.И. Прикладная механика. Часть II. Детали машин: Метод. указания и контрольные задания по курсу для сту-дентов спец. 270200, 270700, 271000, 271100, 060800, 320700, 210200 факуль-тета заочного обучения и экстерната. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 30 с.

Изложены цели и задачи курса, содержание дисциплины, вопросы для самопроверки, контрольные задания и рекомендуемая литература.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. И.Б. Корнильев

Одобрены к изданию советом факультета техники пищевых производств

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические указания и контрольные работы составлены в соответствии с программой дисциплины «Прикладная механика», часть II. «Детали машин».

Целью изучения дисциплины является овладение основами расчета деталей на прочность и жесткость и конструирования с учетом технологии изготовления и эксплуатации машин.

В соответствии с учебным планом дисциплина изучается на третьем курсе и этому должно предшествовать освоение студентами ряда дисциплин, в том числе: «Теоретическая механика», «Прикладная механика», часть I.

Изложение основных вопросов дисциплины и ознакомление с новыми, мало освещенными в литературе происходит в период сессии в аудиториях и лабораториях кафедры «ДМ и ОИП».

Знания студентов проверяются при сдаче зачета по дисциплине на основании выполненных лабораторных работ и контрольного задания.

Задача настоящих методических указаний – помочь студентам более эффективно использовать время, отведенное новыми программами на изучение предмета, при самостоятельной работе по изучению дисциплины и выполнении контрольных заданий и предостеречь от некоторых распространенных ошибок.

Дисциплину рекомендуется изучать по одному из учебников, указанных в списке основной литературы. Книги по отдельным вопросам, справочники и другие учебные пособия, указанные в списке дополнительной литературы, должны быть использованы при изучении отдельных тем и выполнении контрольного задания.

УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСА

Самостоятельная работа с рекомендуемой литературой является основой усвоения материала дисциплины.

Приступая к изучению каждой темы, необходимо: ознакомиться с ее содержанием, просмотреть соответствующие разделы учебника, оценить объем материала, составить краткий конспект. Конспект должен содержать перечень вопросов по теме, основные положения, определения, выводы формул и необходимый иллюстрационный ма-

териал (схемы, графики и т. д.). Краткий конспект будет полезен при повторении материала и подготовке к зачету.

Для закрепления изученного материала приведены вопросы для самопроверки.

В результате изучения курса студент должен

ЗНАТЬ:

- конструкции типовых деталей, сборочных единиц и механизмов, их области применения, преимущества и недостатки;

- основы современных методов проектных и проверочных расчетов;

- главные критерии работоспособности и правила эксплуатации типовых деталей машин и механизмов.

УМЕТЬ:

- пользоваться нормативными материалами, стандартами и справочной литературой;

- выбирать типовые детали по нормативным материалам и документам;

- производить расчет типовых деталей машин.

Ниже изложены рекомендации по изучению отдельных разделов программы.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе предварительной подготовки студентам необходимо ознакомиться со структурой курса, его основными задачами и связью со специальными дисциплинами.

Следует обратить внимание на тенденции развития машиностроения, классификацию узлов и деталей машин: что такое деталь, сборочная единица и машина в целом? Какие детали и сборочные единицы машин изучаются в курсе?

Раздел 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА И НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

По этому разделу необходимо изучить:

1.1. Особенности проектирования и конструирования изделий машиностроения.

1.1.1. Основные понятия и определения. Деталь, сборочная единица, механизм, машина, установка, аппарат, прибор, оборудование. Основы стандартизации изделий машиностроения.

1.1.2. Особенности проектирования изделий, стадии разработки конструкторской документации. Основные требования и сущность ЕСКД. Понятия в области автоматизации проектирования.

1.1.3. Требования, предъявляемые к изделиям машиностроения. Надежность и экономичность, как важнейшие показатели качества изделий. Зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации. Пути повышения надежности изделий. Главные критерии работоспособности деталей изделий – прочность, жесткость, устойчивость формы, виброустойчивость, герметичность, коррозионная стойкость, износостойкость, теплостойкость.

1.2. Общие принципы инженерных расчетов.

1.2.1. Типовые элементы изделий машиностроения. Классификацию типовых элементов по признаку общности расчетной модели и по признаку общности функционального назначения (подшипники, муфты, валы и т. п.).

1.2.2. Оценка надежности детали по главным критериям работоспособности в соответствии с выбранной моделью предельного состояния.

Раздел 2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПО ГЛАВНЫМ КРИТЕРИЯМ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

В этом разделе необходимо обратить внимание на следующие темы:

2.1. Механические свойства конструкционных материалов.

2.2. Модели предельных состояний конструкционных материалов. Критерии наибольших касательных напряжений. Эквивалентное

напряжение. Условие прочности, допускаемые напряжения, коэффициент запаса прочности для материала реальной детали с учетом ее назначения, масштаба, формы, условий эксплуатации.

2.3. Устойчивость сжатых элементов конструкции. Понятие о критической силе для сжатого стержня. Формула Эйлера. Практические способы расчета сжатых стержней на устойчивость.

2.4. Понятие о контактных напряжениях. Упругий контакт цилиндров.

2.5. Трение и износ. Силы трения в кинематических парах. Приведенный коэффициент трения. Явление самоторможения. Основные виды изнашивания, способы их уменьшения.

2.6. Методы оценки износа и надежности элементов кинематических пар.

Раздел 3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА, КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН

В этом разделе необходимо усвоить:

3.1. Основные понятия и определения. Типы машин. Машинные агрегаты, системы машин. Структура и систематика механизмов. Понятие о кинематике механизмов.

3.2. Силы, действующие в машинах. Понятие о силовом расчете механизмов.

3.3. Основные виды сопряжений деталей машин. Механические передачи машин, их назначение и классификация. Основы взаимозаменяемости в машиностроении. Допуски и посадки.

3.4. Фрикционные механизмы для передачи и преобразования параметров вращательного движения.

3.4.1. Ременные передачи. Общие сведения. Кинематические и геометрические параметры. Усилия и напряжения в ремнях. Главные критерии работоспособности передачи.

3.4.2. Фрикционные передачи, вариаторы. Понятие о конструкциях, основных параметрах.

3.5. Зубчатые механизмы для передачи и преобразования параметров вращательного движения. Общие сведения. Элементы теории зацепления. Эвольвентное зацепление. Геометрический расчет эволь-

вентных прямозубых передач. Особенности геометрии косозубых, шевронных и конических передач. Кинематика передач. Усилия в зацеплении. Виды повреждений зубьев и основы их расчетов на сопротивление усталости по контактным и изгибным напряжениям. Материалы, термообработка и допускаемые напряжения для зубчатых передач. Конструкции колес.

3.6. Особенности проектирования и расчета геометрических и силовых параметров червячных передач. Их кинематика, усилия в зацеплении, критерии работоспособности, материалы и способы смазки. КПД червячных передач, их тепловой расчет.

3.7. Цепные передачи. Общие сведения. Кинематика передач. Усилия и напряжения в элементах передачи. Расчет элементов передачи по главным критериям работоспособности. Звездочки и цепи.

3.8. Несущие детали и опорные устройства механизмов.

3.8.1. Валы и оси. Основные определения, классификация, конструктивные особенности. Расчеты валов на прочность и жесткость.

3.8.2. Опоры валов и осей. Нагрузки, действующие на опоры. Классификация подшипников. Подшипники скольжения. Общая характеристика. Конструкция и материалы элементов пары трения. Виды повреждения. Особенности расчета несущей способности. Оценка надежности.

3.8.3. Подшипники качения. Общая характеристика. Основные конструкции. Виды повреждений. Выбор подшипников и определение их ресурса.

3.8.4. Муфты механических приводов. Общие сведения и классификация. Основные типы муфт. Методы их подбора.

3.9. Соединение узлов и деталей машин. Упругие элементы, применяемые в машиностроении.

3.9.1. Способы фиксирования и передачи нагрузки между взаимно неподвижными деталями. Общая характеристика и классификация соединений.

3.9.2. Неразъемные соединения: сварные, паяные, клеевые, заклепочные, с натягом. Общие сведения и характеристики. Критерии работоспособности.

3.9.3. Резьбовые соединения. Общая характеристика соединений. Особенности нагружения, критерии работоспособности и расчеты, основы конструирования соединений.

3.9.4. Соединения типа вал-ступица: шпоночные, шлицевые, штифтовые, профильные. Общая характеристика, критерии работоспособности и расчеты. Основы конструирования соединений.

3.9.5. Упругие соединения и элементы конструкций. Пружины и резиновые элементы. Общая характеристика, основы конструирования.

Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляют к деталям машин?
2. Какое техническое и экономическое значение имеет технологичность машин, их узлов и деталей?
3. Какими путями достигают снижения стоимости машин при их проектировании и изготовлении?
4. Что представляют собой основные критерии работоспособности деталей машин и каково их значение?
5. В чем сущность расчетов деталей машин на прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость, вибростойкость и теплостойкость?
6. Каковы основные направления повышения надежности деталей машин?
7. Какие основные материалы применяют в машиностроении?
8. В зависимости от каких факторов определяют допускаемые напряжения и коэффициенты запаса прочности в машиностроении?
9. Какие рекомендации лежат в основе выбора материалов деталей пар трения?
10. Как определяют передаточное отношение различных видов передач?
11. Какие бывают основные виды фрикционных передач и вариаторов?
12. Каковы достоинства и недостатки фрикционных передач?
13. Где применяют фрикционные передачи и вариаторы?
14. Какими способами увеличивают трение между колесами фрикционных передач?
15. Какие виды скольжения имеют место в фрикционных передачах?
16. Какие бывают виды ремней в зависимости от формы поперечного и продольного их сечения?

17. Из каких материалов изготавливают ремни?
18. Каковы достоинства и недостатки отдельных типов ремней?
19. Как устроены различные ремни?
20. Какие бывают виды ременных передач и где их применяют?
21. Каковы достоинства и недостатки ременных передач по сравнению с другими передачами?
22. Как определяют передаточное число ременной передачи с учетом проскальзывания ремня?
23. Как определяют силы натяжения ветвей ремня?
24. Как влияют на окружное усилие коэффициент трения, угол обхвата шкива и скорость ремня?
25. Как рассчитывают плоские и клиновые ремни по тяговой способности?
26. Какие напряжения действуют в ремнях?
27. Какие бывают виды зубчатых передач и где их используют?
28. Каковы основные достоинства зубчатых передач по сравнению с другими передачами?
29. Почему эвольвентное зацепление имеет преимущественное применение?
30. Каков стандартный исходный профиль рейки эвольвентного зацепления?
31. Что такое модуль зацепления?
32. Как определяют диаметры начальной и делительной окружностей зубчатого колеса?
33. Как вычисляют диаметры окружностей вершин и впадин зубчатого колеса?
34. Что такое коэффициент торцевого перекрытия и каково его минимальное значение?
35. Какое минимальное число зубьев допускается для колес различных видов зубчатых передач?
36. Что такое смещение инструмента при нарезании эвольвентного зацепления и для чего его применяют?
37. Что такое коэффициент смещения?
38. Как определяют силы давления на валы со стороны колес в различных видах зубчатых передач?

39. Из какого материала изготавливают зубчатые колеса и какие виды термохимической обработки зубьев применяют для их упрочнения?

40. Какие степени точности изготовления зубчатых передач имеют преимущественное распространение в общем машиностроении?

41. По каким причинам зубчатые передачи выходят из строя и каковы критерии их работоспособности?

42. Как производят расчет зубчатых передач по контактным напряжениям и напряжениям изгиба?

43. В чем отличие мультипликатора от зубчатого редуктора?

44. Как различают зубчатые редукторы по числу передач, форме колес, форме зубьев и по расположению валов?

45. Как производится смазка зубьев колес в редукторах?

46. Какие бывают виды червяков и червячных передач?

47. Почему наиболее распространена червячная цилиндрическая передача с архимедовым червяком?

48. Каковы преимущества и недостатки червячной передачи по сравнению с зубчатой и когда ее применяют?

49. Как определяют КПД червячной передачи?

50. Каково условие самоторможения червячной передачи?

51. Из каких материалов изготавливают червяки и червячные колеса?

52. Чему равно минимальное число зубьев червячного колеса?

53. Как выбирают число заходов червяка?

54. Какие силы действуют на червяк и на червячное колесо? Как их определяют?

55. Как производят расчет зубьев червячного колеса на контактную прочность и на изгиб?

56. Как производят смазку червячных передач?

57. Как производят тепловой расчет червячных редукторов?

58. Какие различают виды приводных цепей?

59. Где и в каких случаях применяют различные виды цепей?

60. Каковы достоинства и недостатки цепных передач и где их применяют?

61. Как смазывают цепные передачи?

62. Из какого материала изготавливают приводные цепи и звездочки?
63. Как определяют шаг цепей и как производят подбор их по ГОСТам?
64. Как производят расчет цепи на долговечность?
65. Как определяют диаметр начальной окружности звездочки?
66. Чему равна нагрузка цепной передачи на вал?
67. Что такое вал и ось и какая между ними разница?
68. Какие различают виды валов и осей?
69. Что называют цапфой, шейкой и пятой?
70. Какие различают по конструкции цапфы и пяты и где применяют их различные виды?
71. Из каких материалов изготавливают оси и валы?
72. Как рассчитывают оси и валы на статическую прочность, выносливость и жесткость?
73. В каких случаях и где применяют подшипники скольжения?
74. Какие различают виды трения в подшипниках скольжения и в чем их особенность?
75. Почему при жидкостном трении режим работы подшипника скольжения самый благоприятный?
76. Какие необходимы условия для образования режима жидкостного трения?
77. В чем особенность основных типов подшипников качения и где они используются?
78. Зачем нужен сепаратор в подшипнике качения?
79. Почему выгоднее вращение внутреннего кольца подшипника?
80. Что такое динамическая и статическая грузоподъемность подшипника?
81. Что такое эквивалентная нагрузка и как ее определяют?
82. Как подбирают подшипники по ГОСТам?
83. Как рассчитывают подшипник качения на долговечность?
84. Какие различают группы муфт по назначению и принципу действия?
85. Какие различают группы упругих и компенсирующих муфт и в чем особенности их работы?
86. Какие различают виды фрикционных муфт, как они устроены и как работают?

87. Какие основные виды сварки применяют в машиностроении, в чем их сущность?
88. Какие различают типы сварных швов?
89. Какие различают виды соединений с натягом и какими способами их осуществляют?
90. Как различают резьбы по назначению и по геометрической форме и какие из них стандартизованы?
91. Как рассчитывают резьбу?
92. Как различают болты, винты, шпильки по назначению и конструкции?
93. Из какого материала изготавливают болты, винты, шпильки, гайки, шайбы?
94. Как рассчитывают болт при действии на него переменных нагрузок или высоких температур?
95. Какова методика расчета групп болтов?
96. Как определяют допускаемые напряжения для болтов, винтов и шпилек при расчете их на прочность?
97. Как определяют КПД передач винт-гайка?
98. Как определяют момент, необходимый для вращения винта или гайки передачи винт-гайка?
99. Как рассчитывают винт передачи винт-гайка?
100. Где и какие виды шпонок применяют?
101. Как производят проверочный расчет призматических шпонок?
102. Какие различают шлицевые соединения?
103. Какие виды упругих элементов применяются в машиностроении?

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Учебным планом предусмотрено выполнение одного контрольного задания.

Выполненные студентами контрольные задания должны быть высланы в университет на рецензирование.

После получения отрецензированной работы студент должен исправить все ошибки, отмеченные рецензентом, и, если работа не

подписана к защите, отослать в университет на повторное рецензирование. Работа, подписанная к защите, должна быть защищена на собеседовании с преподавателем в период сессии.

При выполнении контрольных заданий рекомендуется использовать один из учебников, а также учебные пособия и справочники, приведенные в списке литературы.

Общими требованиями к контрольной работе являются:

- четкость и логическая последовательность изложения материала;
- краткость и точность терминов и формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования;
- конкретность и полнота изложения результатов работы;
- доказательность выводов и обоснованность рекомендаций;
- соответствие стандартам.

Введение должно содержать цель и основные задачи работы. В основной части подробно и последовательно излагают содержание выполненных промежуточных и окончательных расчетов, обоснование выбора вида разрушения и критерия расчета, расчетную схему, расчетные формулы с численными расчетами, полученные результаты (выводы, рекомендации). Заключение должно содержать общую оценку результатов работы и краткие выводы. Список литературы помещается после заключения и содержит список литературных источников, на которые сделаны ссылки в тексте.

Контрольная работа выполняется на отдельных сброшюрованных листах с полями для замечаний рецензента.

Контрольные задания состоят из 10-ти групп задач. Все три задачи каждой группы даны в 10-ти вариантах. Обязательной для выполнения является та группа задач, номер которой соответствует последней цифре шифра зачетной книжки студента, а вариант группы – предпоследней цифре шифра. Например, имеющий шифр зачетной книжки 3973 должен выполнить задачи 3-й группы 7-го варианта. Цифра 0 соответствует 10-му варианту (группе).

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

I ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Рассчитать болты, которыми крепится стойка к фундаментной чугунной раме (рис. 1). Нагрузка статическая. Болты применять по ГОСТу. Данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
a , мм	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
e , мм	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

Задача 2. Рассчитать коническую передачу редуктора и открытую цилиндрическую зубчатую передачу привода шаровой мельницы (рис. 2). Мощность на зубчатом колесе мельницы P_3 , угловая скорость ω_3 , передаточное число привода u даны в табл. 2. Срок службы передачи 20000 ч.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	6	7	8	9	10	9	8	7	6	5
ω_3 , рад/с	5	6	7	8	9	10	11	15	13	12
u	14	15	16	12	14	15	16	20	22	25

Задача 3. Рассчитать плоскоременную передачу (рис. 3) при условии, что мощность P_1 , передаваемая ведущим шкивом, угловая скорость его ω_1 и передаточное число u заданы в табл. 3.

Пусковая и рабочая нагрузка колеблется в пределах 140–150 % от номинальной. Недостающие данные принять самостоятельно.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
ω_1 , рад/с	77	77	77	77	100	100	100	150	150	150
u	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0

II ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Рассчитать клеммовое болтовое соединение, обеспечивающее передачу крутящего момента с рычага в результате приложенной на его конце силы F на вал диаметром D (рис. 4) по данным табл. 4, где f – коэффициент трения.

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D , мм	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
f	0,2	0,2	0,2	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
F , кН	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
a , мм	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680

Задача 2. Подобрать электродвигатель I , разбить передаточное число по ступеням зацепления и рассчитать коническую зубчатую передачу редуктора 2 (рис. 5) на прочность при условии, что мощность P_3 , передаваемая валом редуктора, и угловая скорость этого вала ω_3 заданы в табл. 5.

Таблица 5

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ω_3 , рад/с	15	10	8	15	10	8	15	10	8	15

Задача 3. Рассчитать клиноременную передачу (рис. 6) по данным табл. 6. Работа односменная, пусковая нагрузка 140 % от номинальной.

Таблица 6

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
ω_1 , рад/с	77	77	77	100	100	100	150	180	150	150
ω_2 , рад/с	30	35	38	40	44	48	50	54	58	62

III ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Рассчитать болт клеммового соединения, посредством которого рычаг неподвижно закрепляется на валу (рис. 7). Диаметр вала D , сила F , действующая на рычаг, радиус рычага R и расстояние от оси болта до оси вала l заданы в табл. 7.

Таблица 7

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D , мм	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
F , мм	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
R , мм	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580
l , мм	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44

Материал вала – сталь; материал рычага – чугун.

Задача 2. Рассчитать зубчатые цилиндрические передачи двухступенчатого редуктора (рис. 8). Мощность на ведомом валу редуктора P_3 , угловая скорость вращения ведомого вала ω_3 и передаточное число редуктора u даны в табл. 8.

Таблица 8

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ω_3 , рад/с	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
u	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Задача 3. Рассчитать коническую фрикционную передачу с гладкими колесами (катками), показанную на рис. 9. При решении определить силу нажатия колес, размеры конических колес, осевые усилия и радиальные давления на валы. Данные расчета приведены в табл. 9.

Таблица 9

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5
ω_1 , рад/с	60	62	54	50	45	40	50	44	40	48
ω_2 , рад/с	30	31	18	25	15	20	25	22	20	24

Работа односменная, допускается перегрузка на 40 % сверх номинальной. Материал колес и другие недостающие данные принять самостоятельно.

IV ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Определить диаметр болтов фланцевого соединения верхней части автоклава с его корпусом (рис. 10). Давление жидкости внутри автоклава по манометру P , внутренний диаметр верхней части автоклава D и количество болтов Z заданы в табл. 10.

Таблица 10

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , МПа	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
D , мм	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
Z , мм	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

Недостающие данные принять самостоятельно.

Задача 2. Привод лебедки (рис. 11) состоит из электродвигателя 1, двух муфт 2, 5, редуктора 3, тормоза 4. Подобрать электродвигатель, найти общее передаточное отношение и разбить его по ступеням зацепления; рассчитать на прочность и определить все размеры зубчатых колес цилиндрической тихоходной ступени редуктора по данным табл. 11.

Таблица 11

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_4 , кВт	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
ω_4 , рад/с	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0

Срок службы редуктора 30000 ч. Пусковая нагрузка 180 % от номинальной. Недостающие данные принять самостоятельно.

Задача 3. Рассчитать клиноременную передачу (рис. 12). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость ω_1 и угловая скорость ω_2 даны в табл. 12.

Таблица 12

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
ω_1 , рад/с	96	96	74	74	94	96	96	142	142	144
ω_2 , рад/с	26	26	28	28	30	30	32	32	36	36

V ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Рассчитать болты, скрепляющие зубчатое колесо с барабаном лебедки (рис.13). Расчет вести в двух вариантах: а) болты поставлены с зазором; б) болты поставлены без зазора.

Грузоподъемность лебедки Q и диаметры D_1 и D_2 заданы в табл. 13.

Таблица 13

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , кН	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
D_1 , мм	250	300	350	300	350	400	400	450	500	550
D_2 , мм	400	450	500	450	500	550	550	600	650	700

Материал барабана – чугун, материал колеса – сталь 35. Число болтов задать.

Задача 2. Привод к шнеку (рис. 14) осуществляется от электродвигателя через соосный зубчатый редуктор и открытую коническую передачу. Определить общее передаточное число привода, разбить его по ступеням зацепления и определить все размеры зубчатых колес тихоходной цилиндрической ступени редуктора. Данные для расчета приведены в табл. 14.

Таблица 14

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
ω_1 , рад/с	77	77	77	100	100	100	150	150	150	150
ω_2 , рад/с	2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Срок службы передачи 30000 ч. Пусковая нагрузка 180 % от номинальной. Недостающие данные принять самостоятельно.

Задача 3. Рассчитать клиноременную передачу (рис. 15). Мощность на ведущем шкиве P_1 , угловые скорости шкивов ω_1 и ω_2 заданы в табл. 15.

Таблица 15

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ω_1 , рад/с	77	77	77	77	100	100	100	150	150	150
ω_2 , рад/с	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50

Работа односменная, пусковая нагрузка до 180 % от номинальной.

VI ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Определить диаметры фундаментных болтов, крепящих стойку к бетонному основанию (рис. 16). Коэффициент трения основания стойки о бетон $f = 0,4$. Болты принять с метрической резьбой по ГОСТу. Данные для расчета приведены в табл. 16.

Таблица 16

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
α , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$
H , мм	850	800	750	700	650	600	550	500	450	400
a , мм	900	850	800	750	700	650	600	550	500	450

Задача 2. Рассчитать открытую коническую зубчатую передачу привода подвесного конвейера (рис. 17, табл. 17). Нагрузка спокойная, постоянная.

Таблица 17

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_2 , кВт	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
ω_2 , рад/с	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
u	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
Срок службы конических колес, ч.	18000			20000			22000			

Задача 3. Рассчитать передачу втулочно-роликовой цепью (рис. 18). Мощность на ведомой звездочке P_2 , угловая скорость ее вращения ω_2 и передаточное число передачи u даны в табл. 18. Передача наклонена к горизонту под углом $\alpha = \pi/6$.

Таблица 18

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_2 , кВт	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
ω_2 , рад/с	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
u	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4

VII ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Определить диаметр нарезной части вала дисковой пилы, которая удерживается между двумя шайбами посредством сил трения, возникающих при затяжке гайки на конце вала (рис. 19). Пила преодолевает сопротивление резанию – силу F . Данные для расчета даны в табл. 19.

Таблица 19

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	7	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
D_1 , мм	720	700	680	660	640	620	600	580	560	540
D_2 , мм	300	300	250	250	200	200	175	175	150	150

Задача 2. Привод к цепному транспортеру состоит из электродвигателя 1, упругой муфты 2, червячного редуктора 3 и цепной передачи 4 (рис. 20). Подобрать электродвигатель, разбить общее передаточное число по ступеням привода и рассчитать червячную передачу. Окружное усилие F на ведущей звездочке 5 транспорта, скорость цепи V и диаметр звездочки D заданы в табл. 20.

Таблица 20

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
V , м/с	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40
D , мм	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475

Срок службы червячного редуктора 22000 ч. Пусковая нагрузка 150 % от номинальной.

Задача 3. По данным задачи 2 рассчитать передачу втулочно-роликовой цепью. Передача расположена горизонтально.

VIII ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Определить диаметр болтов клеммового соединения и крепления рычага, изображенного на рис. 21. Диаметр вала d , коэффициент трения f и сила F заданы в табл. 21.

Таблица 21

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d , мм	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
f	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20	0,20	0,18	0,18	0,16	0,16
F , кН	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05

Задача 2. Электролебедка (рис. 22) состоит из электродвигателя 1, двух муфт – упругой 2 и соединительной 4, двухступенчатого цилиндрического редуктора 3 и барабана 5. Подобрать электродвигатель, рассчитать зубчатые колеса тихоходной ступени редуктора. Мощность вала барабана P_3 , его угловая скорость ω_3 , угловая скорость ведущего вала ω_1 заданы в табл. 22.

Таблица 22

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	1,5	1,7	2,0	2,24	2,5	2,7	3,0	3,25	3,5	4,0
ω_3 , рад/с	6,3	4,0	3,15	1,5	8,0	4,5	3,55	2,5	7,1	4,0
ω_1 , рад/с	300	150	100	75	300	150	100	75	150	100

Срок службы редуктора 20000 ч. Недостающие данные задать. Пусковая нагрузка 150 % от номинальной.

Задача 3. Рассчитать фрикционную цилиндрическую передачу (рис. 23) по следующим данным (табл. 23) (ведущим колесом является меньшее).

Таблица 23

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
ω_1 , рад/с	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
ω_2 , рад/с	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
l , мм	300	325	350	375	400	425	450	475	500	535

IX ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Определить диаметр резьбы шпильки станочного прихвата (рис. 24) по данным табл. 24.

Таблица 24

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
a , мм	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
b , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190

Задача 2. Для привода электрической лебедки (рис. 25) подобрать электродвигатель, разбить передаточное число по ступеням передач и рассчитать цилиндрическую передачу. Сила Q , действующая на канат, диаметр барабана D и угловая скорость барабана ω заданы в табл. 25.

Таблица 25

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , кН	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
D , мм	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475
ω , рад/с	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0	4,5

Задача 3. По данным задачи 2 рассчитать клиноременную передачу.

X ГРУППА ЗАДАЧ

Задача 1. Рассчитать болты, которыми прикреплен к кирпичной стене чугунный кронштейн с подшипником (рис. 26), по данным табл. 26.

Таблица 26

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	6,5	7	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
α , рад	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/3$
a , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
b , мм	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
c , мм	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120

Задача 2. Привод к грузовой лебедке (рис. 27) состоит из электродвигателя 1, двух муфт 2, 4 и червячного редуктора 3. Подобрать электродвигатель, определить параметры червячной передачи. Натяжение F каната, навиваемого на барабан 5, скорость каната V и диаметр барабана D заданы в табл. 27.

Таблица 27

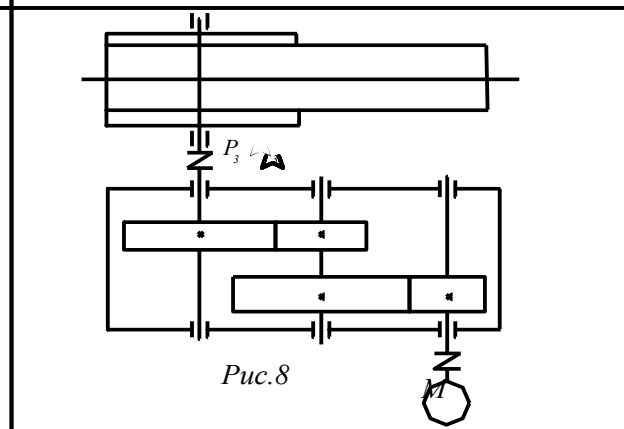
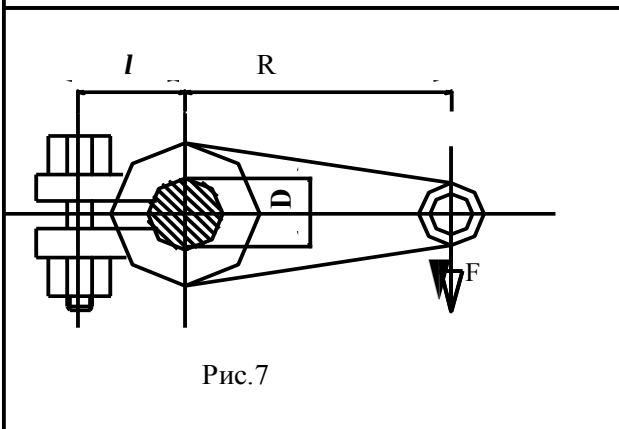
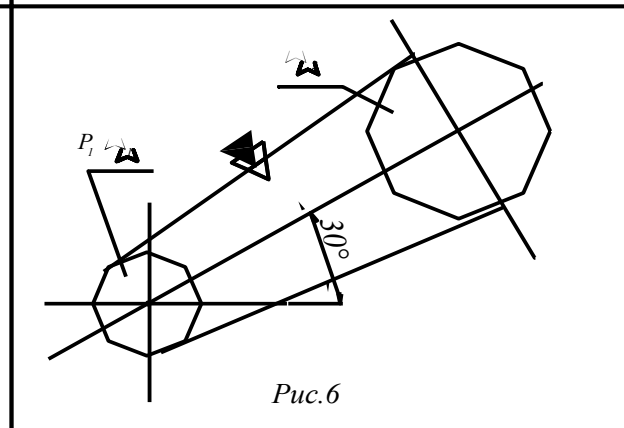
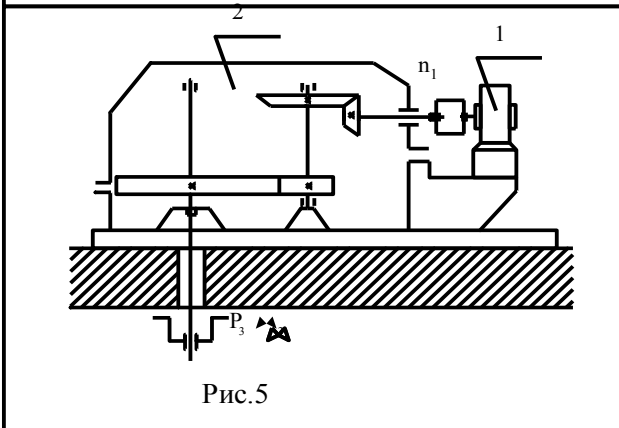
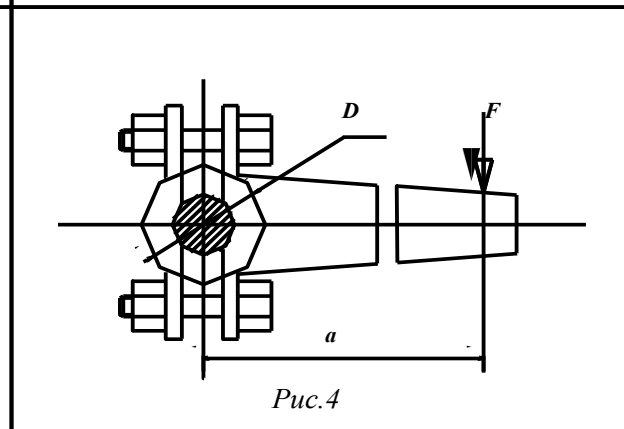
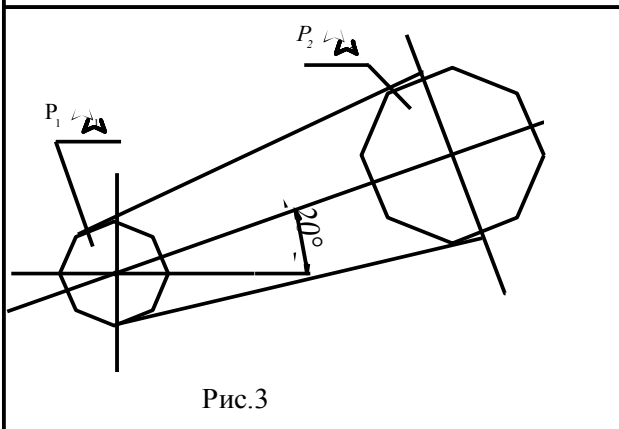
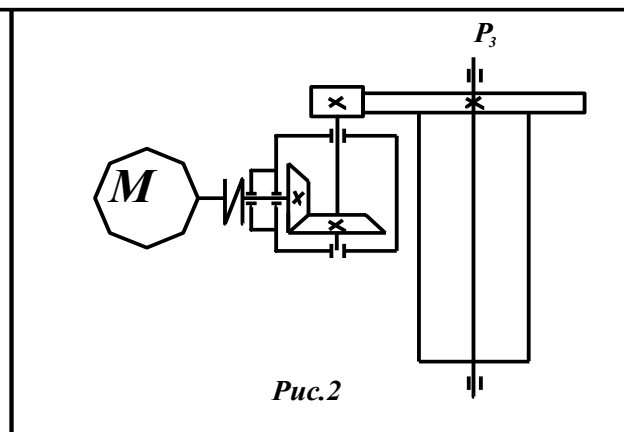
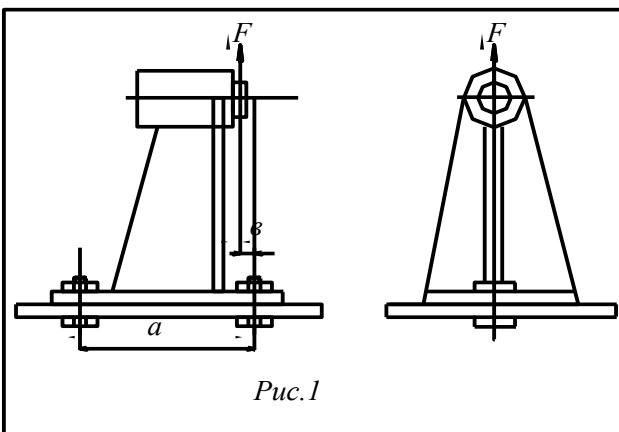
Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
V , м/с	20	20	24	24	26	26	28	28	30	30
D , мм	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480

Задача 3. Рассчитать плоскоременную передачу (рис. 28). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость его вращения ω_1 и угловая скорость вращения ведомого шкива ω_2 даны в табл. 28.

Таблица 28

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	10	10	10	10	12	12	12	15	15	15
ω_1 , рад/с	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
ω_2 , рад/с	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

Расстояние между центрами шкивов и режим работы передачи задать.



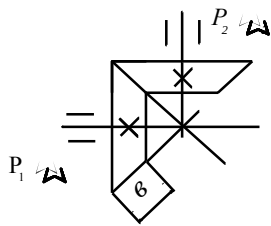


Рис.9

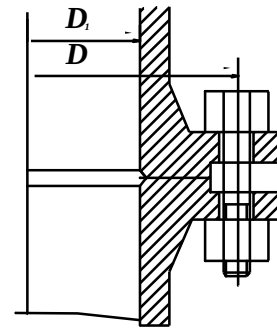


Рис.10

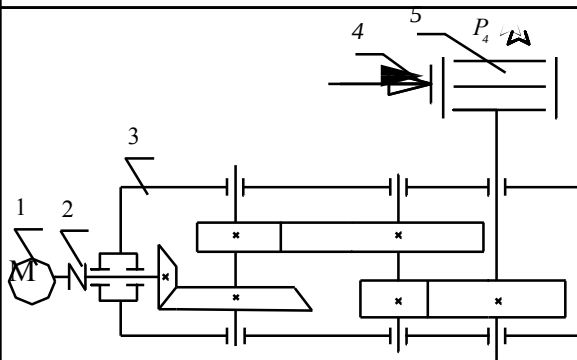


Рис.11

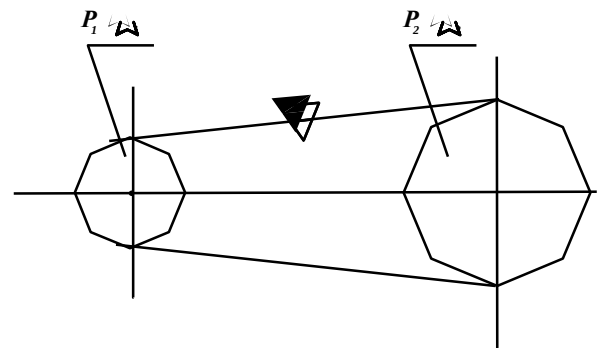


Рис.12

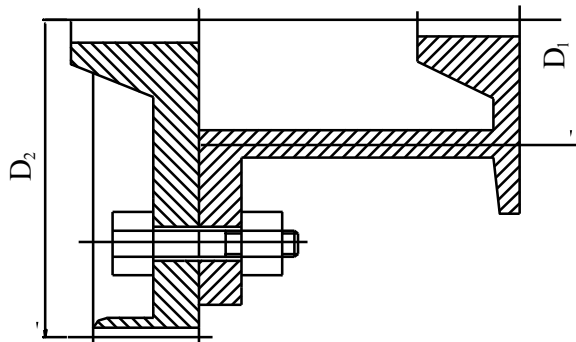


Рис.13

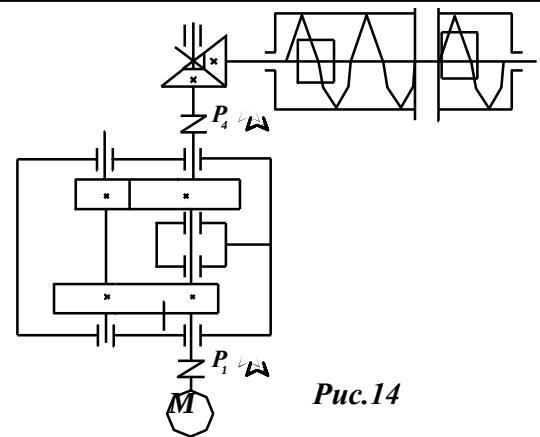


Рис.14

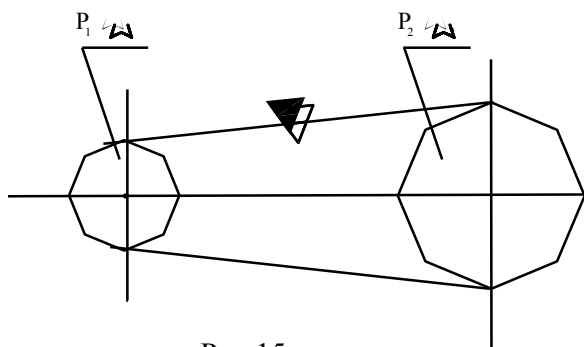


Рис.15

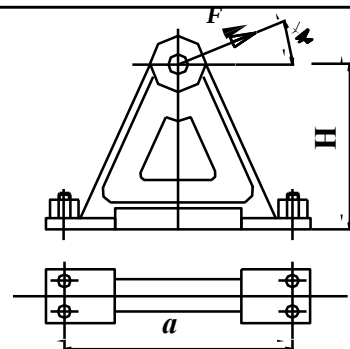
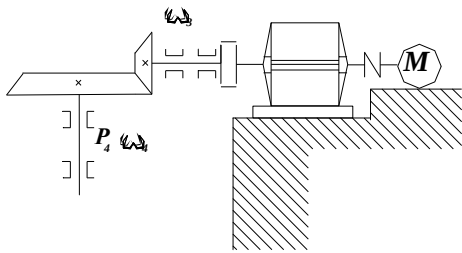
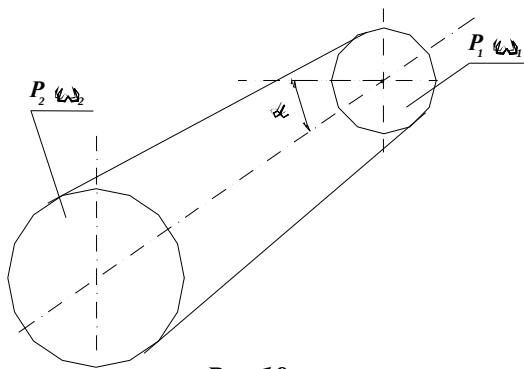


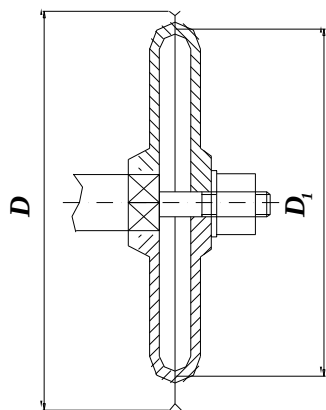
Рис.16



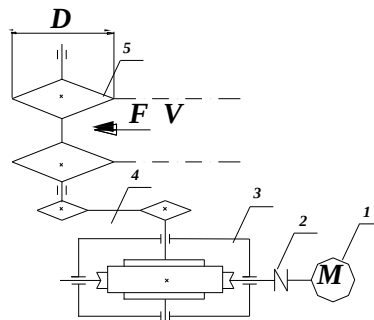
Puc.17



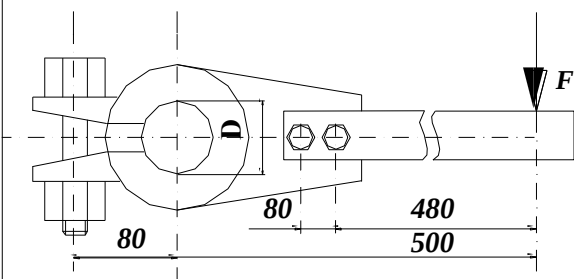
Puc.18



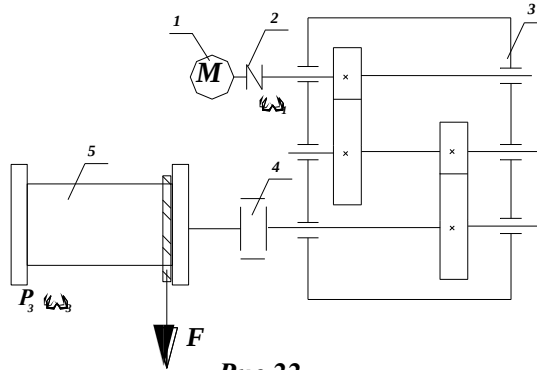
Puc.19



Puc.20



Puc.21



Puc.22

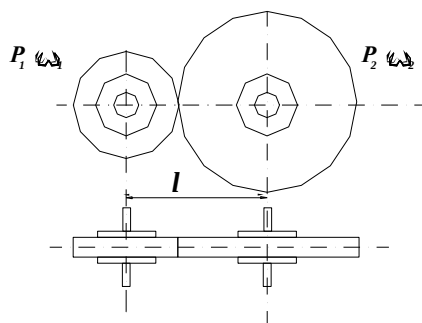
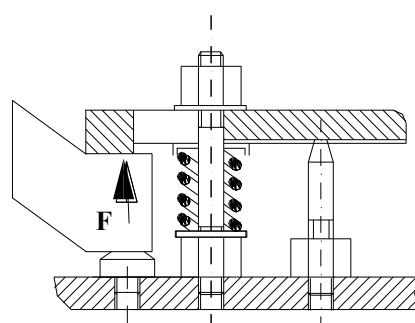
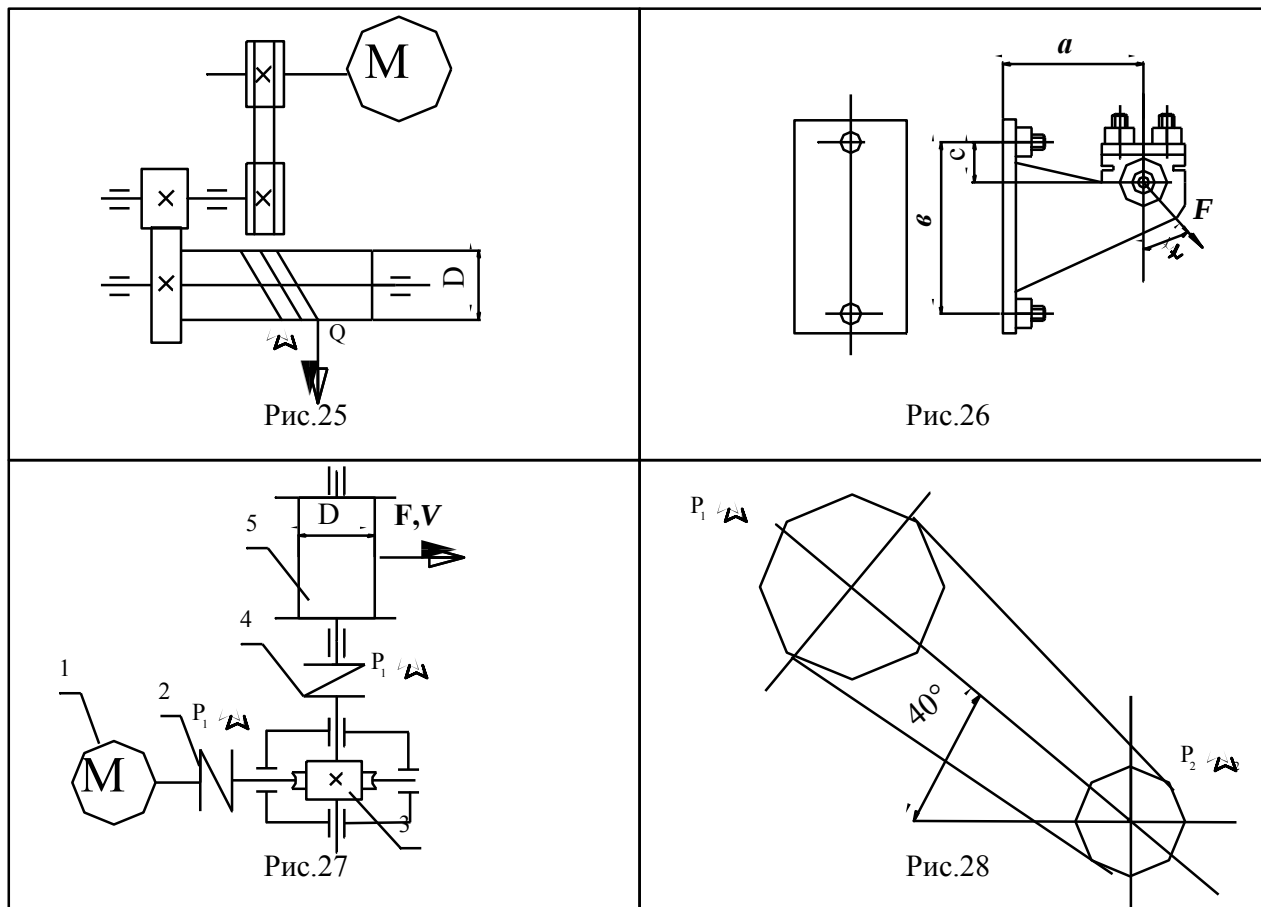


Рис.23



Puc.24



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основной

1. **Гузенков П.Г.** Детали машин. – М.: Высш. шк., 1982. – 331 с.
2. **Иванов М.Н.** Детали машин. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
3. **Иоселевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С.** Прикладная механика. – М.: Машиностроение, 1989. – 576 с.

Дополнительной

4. **Биргер И.А., Шор Б.Ф., Иоселевич Г.Б.** Расчеты на прочность деталей машин. – М.: Машиностроение, 1992. – 704 с.
5. Детали машин. Атлас конструкций / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Высш. шк., 1992. – 370 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	1
УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСА.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Раздел 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА И НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	5
Раздел 2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПО ГЛАВНЫМ КРИТЕРИЯМ РАБОТОСПОСОБНОСТИ	5
Раздел 3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА, КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН.....	6
УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ.	12
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	28

Бойцов Юрий Александрович
Молодова Юлия Игоревна

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Часть II. ДЕТАЛИ МАШИН

Методические указания
и контрольные задания по курсу
для студентов специальностей 270200; 270700;
271000; 271100; 060800; 320700; 210200
факультета заочного обучения и экстерната

Редактор
Л.Г. Лебедева

Корректор
Н.И. Михайлова

Подписано в печать 07.10.2003. Формат 60×84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Печ. л. 2,00. Уч.-изд. л. 1,75
Тираж 500 экз. Заказ ? С 68

___СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

