

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Прикладная механика»
для студентов очной формы обучения
направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Невинномысск 2020

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Прикладная механика». Указания предназначены для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Составители

Г.В. Кукинова, канд. техн. наук, доцент

Отв. редактор

А.Л. Проскурнин, канд.хим.наук, доцент.

Содержание

1 Введение	4
2 Тема 1. Сопротивление материалов	6
3 Тема 2. Теория машин и механизмов	9
4 Тема 3. Детали машин	13

Введение

Цель лабораторных работ – углубленное изучение состояния элементов некоторых конструкций путем сопоставления и научного анализа результатов теоретических расчетов с данными опыта. В процессе подготовки и проведения лабораторных работ студенты знакомятся с постановкой задач исследования, методами экспериментального решения этих задач.

Личное участие каждого студента в экспериментальной и теоретической частях исследований является обязательным.

Материалы лабораторных работ представляются в виде индивидуальных отчетов, которые подлежат защите.

К работе с испытательными машинами и приборами в лаборатории студенты допускаются после инструктажа по технике безопасности.

Лабораторные занятия следует рассматривать как наиболее действенное практическое средство обучения, в процессе которого студенты должны приобретать навыки для выполнения научных исследований. Поэтому основными задачами лабораторных работ являются экспериментальное подтверждение теоретических выводов, полученных при изучении лекционного материала; развитие навыков, привычек и способностей к самостоятельному выполнению необходимых действий с приборами и установками; приобретение навыка практической оценки результатов опытов; глубокое изучение физической сущности функционирования различных деталей и узлов машин и методик выполнения работ, имеющих различный характер; использование методик обработки опытных данных; обобщение полученных результатов и оценка возможных ошибок. В процессе выполнения лабораторных задач студенты должны ознакомиться с методикой эксперимента, научиться замерять напряжения и деформации, усилия и вращающие моменты, перемещения и другие величины.

Перед тем как приступить к выполнению заданной лабораторной работы, студент должен усвоить краткие теоретические положения по теме, изучить объект исследования, приборы и инструменты, методику проведения эксперимента и обработка результатов и затем представить отчет.

После выполнения работы каждый студент представляет отчет, по которому производится опрос, имеющий целью установить степень усвоения студентом темы лабораторной работы.

Правила по технике безопасности для студентов при проведении лабораторных работ

1. Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя или лаборанта. Начинать работу можно только после ознакомления с методикой ее проведения. Включать установки в сеть, проводить исследования, связанные с работой на установках под руководством учебно-вспомогательного персонала или преподавателя. Студентам запрещается самостоятельно включать и выключать машины, проводить какие-либо операции на них и оставлять их без наблюдения в процессе работы.

2. К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после прослушивания инструктажа по технике безопасности и противопожарным мерам. После инструктажа каждый студент расписывается в специальном журнале.

3. При проведении лабораторных испытаний нельзя находиться в непосредственной близости от движущихся частей машины. Имеющиеся кожухи на установках должны быть плотно закрыты. При испытании хрупких или закаленных образцов необходимо пользоваться защитным экраном из органического стекла или металлической заслонкой.

4. Перед включением установок необходимо проверить заземление и положение тумблеров на «выкл.».

При работе на машинах и установках нельзя прикасаться к токоведущим частям, а также к электрощитам и электрорубильникам.

Во избежание ожогов не прикасаться к тормозному шкиву и колодкам во время работы.

Не трогать вращающиеся детали установок.

Запрещается работать неисправным инструментом. Прежде чем начать какие-либо действия, убедитесь, что они не принесут вреда окружающим.

Снятые детали и узлы редуктора следует положить на стол или подставку таким образом, чтобы они не могли упасть от случайного толчка. Передавая деталь для осмотра другому студенту, убедитесь, что он ее держит, прежде чем отпустить деталь самому.

При сборке редуктора не подкладывайте пальцы под детали и, особенно, под крышку редуктора. С деталями и моделями механизмов следует обращаться осторожно, не ронять их на пол. Не делайте резких нажимов при работе отверткой, ключами, съемниками.

Правила выполнения лабораторных работ

1. К выполнению лабораторных работ студенты допускаются после проведения инструктажа по технике безопасности. При нарушении этих правил студент удаляется с лабораторного занятия и считается его пропустившим. Студент несет материальную ответственность за поломки и повреждения лабораторного оборудования и инструментов, возникшие по его вине.

2. Перед выполнением лабораторных работ студенту необходимо ознакомиться с руководством к ним. К работе допускаются студенты, усвоившие теоретический материал, что проверяется преподавателем перед занятием.

3. Вся лабораторная проработка - замеры, наблюдения, вычисления выполняются каждым студентом самостоятельно.

4. Каждый студент составляет отчет по лабораторной работе, который должен содержать название, цель работы, общие положения и журнал испытания с выводами. Оформление отчета производится в соответствии с требованиями ГОСТа (рисунки в масштабе, единицы измерения в системе СИ).

5. Лабораторная работа считается выполненной при наличии подписи преподавателя. Отработка пропущенного лабораторного занятия производится в специально отведенное для этого время под руководством учебного лаборанта.

ТЕМА 1. Сопротивление материалов

Лабораторная работа 1. Испытание материалов на растяжение

Цель работы - изучение поведения образца материала в процессе растяжения и определение механических характеристик материала (предела пропорциональности σ_n , предела текучести σ_m , временного сопротивления (предела прочности) σ_b , относительного остаточного удлинения δ и относительного остаточного сужения ψ площади поперечного сечения).

1. Содержание работы

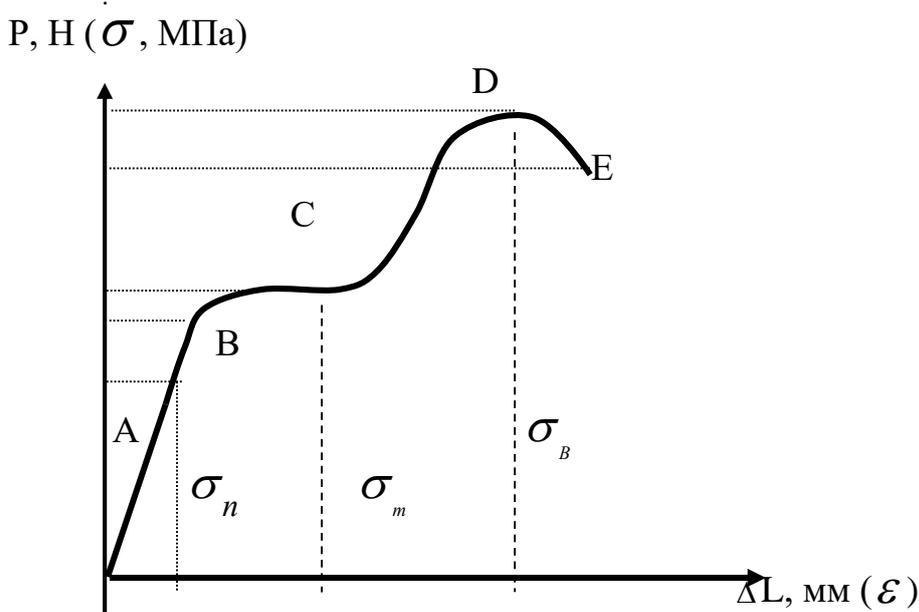
Образцы для испытаний на растяжение изготавливаются обычно цилиндрической формы с головками на концах для закрепления их в захватах машины. Перед установкой образца в испытательную машину производится измерение диаметра, и длины его рабочей части. Диаметр рабочей части измеряется по двум взаимно перпендикулярным направлениям в трех сечениях. Точность измерения диаметра 0,1 мм. Затем образец устанавливается в захваты испытательной машины. После проверки готовности машины к испытанию ее включают и растягивают образец до разрушения.

Растягивающее усилие создает напряжение в испытываемом образце и вызывает его удлинение; когда напряжение превзойдет прочность образца, он разорвется.

На рис. 1 приведена диаграмма растяжения малоуглеродистой стали, построенная в системе прямоугольных координат.

По оси ординат отложено усилие P в Н, а по оси абсцисс – деформация \mathcal{E} (абсолютное удлинение образца ΔL в мм. Эта диаграмма получается при постепенном увеличении растягивающего усилия вплоть до разрыва образца.

На диаграмме можно отметить несколько характерных точек. Участок ОА является отрезком прямой и показывает, что до точки А удлинение образца ΔL пропорционально усилию (нагрузке) P ; каждому приращению соответствует одинаковое увеличение деформации. Такая зависимость между удлинением образца и приложенной нагрузкой называется *законом пропорциональности или законом Гука*.



Наибольшее напряжение, которое может выдержать образец без отклонения от закона Гука, называется *пределом пропорциональности*:

$$\sigma_n = \frac{P_n}{F_0} \left[\frac{H}{\text{мм}^2} \right] \quad (1),$$

где σ_n - предел пропорциональности; P_n - нагрузка; F_0 - начальная площадь поперечного сечения образца.

При дальнейшем нагружении образца наблюдается отклонение от закона Гука; на диаграмме появляется криволинейный участок. До точки В деформации образца являются упругими. Деформация называется упругой, если она полностью исчезает после разгрузки образца. Наибольшее напряжение, до которого остаточная деформация столь пренебрежимо мала по сравнению с упругой деформацией, что можно считать материал деформирующимся вполне упруго, называется *пределом упругости*. Найти опытным путем точное значение напряжения, при котором в материале начинают появляться остаточные деформации, практически невозможно. Поэтому под пределом упругости условно понимают то напряжение, при котором остаточное удлинение при испытании на растяжение составляет некоторую определенную долю от первоначальной длины стержня. По разным нормам эта доля принимается различной: от 0,001 до 0,03 %. Часто эту долю принимают равной 0,01% от первоначальной длины испытываемого образца; в этом случае условный предел упругости обозначают $\sigma_{0,01}$.

Точки А и В лежат обычно близко друг от друга, поэтому практически предел упругости $\sigma_{0,01}$ для стали принимают равным пределу пропорциональности σ_n .

От точки С кривая переходит в горизонтальную или почти горизонтальную прямую, что указывает на значительное возрастание удлинения при постоянном или очень незначительном возрастании силы; материал как говорят, *течет*. Напряжение

$$\sigma_m = \frac{P_m}{F_0} \quad (2),$$

определяемое ординатой участка диаграммы, при котором наблюдается текучесть материала, называется *пределом текучести*. При этом значении напряжения значительно возрастает пластическая (остаточная) деформация. Когда напряжения в материале достигают предела текучести, полированная поверхность образца тускнеет и постепенно делается матовой. На поверхности образца появляются линии, наклоненные к оси образца под углом примерно в 45° . Эти линии носят название линий Чернова – Людерса, их появление свидетельствует о возникновении сдвигов кристаллов образца.

Текучесть характерна только для низкоуглеродистой отожженной стали и для латуни некоторых марок.

Высокоуглеродистые стали и другие металлы не имеют площадки текучести на диаграммах растяжения. Для таких металлов определяют условный предел текучести при величине остаточного удлинения равной 0,2 %. Напряжение, при котором растягиваемый образец получает остаточное удлинение, равное 0,2 % своей расчетной длины, называется *условным пределом текучести*:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0} \quad (3).$$

За площадкой текучести следует пологий криволинейный участок диаграммы СД. Материал снова начинает сопротивляться росту деформации, но, естественно, зависимость

между деформацией и силой уже не подчиняется закону Гука. Кроме упругого удлинения, образец получает значительное остаточное удлинение.

Участок СД диаграммы называют *зоной упрочнения*. Хотя на этом участке деформации развиваются достаточно интенсивно, но по сравнению с площадкой текучести здесь материал все же сопротивляется этим деформациям.

Точка Д диаграммы определяет наибольшее для данного испытания значение силы P_{\max} . На образце при этом значении силы наблюдается резкое местное сужение, так называемая *шейка*, намечается место последующего разрыва. Образец сильно удлиняется за счет пластической деформации шейки. Площадь сечения шейки уменьшается, и для доведения образца до разрушения требуется сила, меньшая P_{\max} ; это отражено участком DE диаграммы, отклоняющимся вниз, к оси абсцисс. Условное напряжение, отвечающее наибольшей нагрузке, предшествовавшей разрушению образца, называют *пределом прочности* при растяжении или *временным сопротивлением* разрыву и подсчитывают по формуле

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{P_{\max}}{F_0} \quad (4).$$

Действительные напряжения в сечении шейки не уменьшаются, а все время растут; площадь сечения шейки уменьшается более интенсивно, чем сила P . Разрушение образца происходит при некотором значении силы $P_{\text{разр}}$, меньшем P_{\max} ; величина

$$\sigma_{\text{разр}} = \frac{P_{\text{разр}}}{F_p} \quad (5),$$

где F_p - площадь сечения образца в месте разрыва – представляет собой *истинное напряжение при разрыве*.

Временное сопротивление можно рассматривать как наибольшее условное, т.е. отнесенное к первоначальной площади поперечного сечения образца, напряжение которое материал выдержал при испытании. Величина временного сопротивления оказывается значительно ниже истинного напряжения при разрыве. Принятие временного сопротивления, а не величины истинного напряжения при разрыве, за практическую характеристику прочности при растяжении пластического материала объясняется тем, что о прочности стержня можно судить только по первоначальной площади его поперечного сечения, т.к. об этом сечении можно получить определенные данные (по чертежу или путем обмера в натуре).

Чтобы судить о прочности стержня по величине истинного напряжения при разрыве, необходимо знать площадь сечения шейки в месте разрыва. Эта площадь не может быть заранее, при проектировании или изготовлении стержня, точно предугадана. Величина же временного сопротивления, умноженная на первоначальную площадь поперечного сечения проектируемого или изготовленного стержня, дает достаточно точное представление о величине наибольшей растягивающей силы, которую может выдержать стержень без разрушения.

От диаграммы растяжения в координатах P и Δl можно, разделив ее ординаты на F_0 , а абсциссы на l , перейти к диаграмме в координатах σ и ϵ , где $\sigma =$

$$\frac{P}{F_0}; \epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (6).$$

Величины F_0 и l - первоначальная площадь поперечного сечения, и первоначальная длина расчетной части образца постоянны, поэтому вид диаграммы растяжения в новых координатах такой же, как и в координатах P и Δl , но масштабы ординат и абсцисс будут соответственно отличаться.

Диаграмма растяжения в координатах σ , ε более удобна и лучше отражает физические свойства материала, т.к. она не зависит от геометрических размеров испытываемого образца: от его длины l и площади поперечного сечения F_0 .

Проводя испытания, на растяжение малоуглеродистой стали и других пластичных материалов, кроме значений предела пропорциональности, предела текучести и временного сопротивления, определяют также величину остаточного удлинения при разрыве и величину относительного сужения площади сечения в месте разрыва. Эти величины служат характеристиками пластичности материала. Обе эти величины служат характеристиками пластичности материала. Обе эти величины определяются в процентах; они вычисляются по формулам

$$\delta = \frac{\Delta l_{ост}}{l} 100\% \quad (7);$$

$$\psi = \frac{F - F_p}{F} 100\% \quad (8),$$

где $\Delta l_{ост}$ - остаточное удлинение при разрыве; F_p - площадь сечения в месте разрыва; для образца с круглым сечением

$$F_p = \frac{\pi d_{ш}^2}{4} \quad (9),$$

где $d_{ш}$ - диаметр образца в месте разрыва.

F_0 и l - первоначальная площадь поперечного сечения, и первоначальная длина расчетной части образца; для образца с круглым сечением $F_p = \frac{\pi d^2}{4}$.

Чем больше значения δ и ψ , тем пластичнее материал, тем больше его пластическая (остаточная) деформация без разрушения. Очевидно, что величина δ тем больше, чем значительнее протяженность диаграммы в направлении оси абсцисс, величина же ψ тем больше, чем длиннее участок DE диаграммы, соответствующий образованию и развитию шейки.

Чем пластичнее материал, тем большую работу надо затратить на его разрыв, тем большую кинетическую энергию удара он может поглотить. Поэтому материалы с высокими характеристиками пластичности (δ и ψ) хорошо сопротивляются ударным нагрузкам.

Если образец из мягкой стали нагрузить до напряжения, лежащего ниже предела упругости, а затем разгрузить, то никаких остаточных деформаций образец не получит и его механические свойства после разгрузки не изменятся. Если же образец предварительно нагрузить до напряжения выше предела текучести, то его механические свойства при повторных нагружениях будут отличаться от первоначальных свойств. Предположим, что образец из малоуглеродистой стали нагружен до возникновения в нем некоторого напряжения, превышающего предел текучести и характеризуемого точкой В диаграммы растяжения (рис.2).

Если затем снять нагрузку, то на диаграмме получится линия разгрузки ВС, параллельная участку ОА диаграммы, в пределах которого справедлив закон Гука. После

разгрузки образец сохранит определенную остаточную деформацию $\varepsilon_{ост}$, упругая часть $\varepsilon_{упр}$ полной деформации исчезнет. Из параллельности линий OA и BC следует вывод – упругие деформации возникают в образце и за пределом пропорциональности, причем здесь они по – прежнему следуют закону Гука, и модуль продольной упругости E сохраняет прежнее значение.

Т.е. полная деформация за пределом текучести складывается из остаточной (или пластической) и упругой деформаций

$$\varepsilon = \varepsilon_{ост} + \varepsilon_{упр}.$$

При повторном нагружении образца на диаграмме получается линия CDE (рис.2). Предел пропорциональности материала, как это следует из диаграммы, значительно повышается.

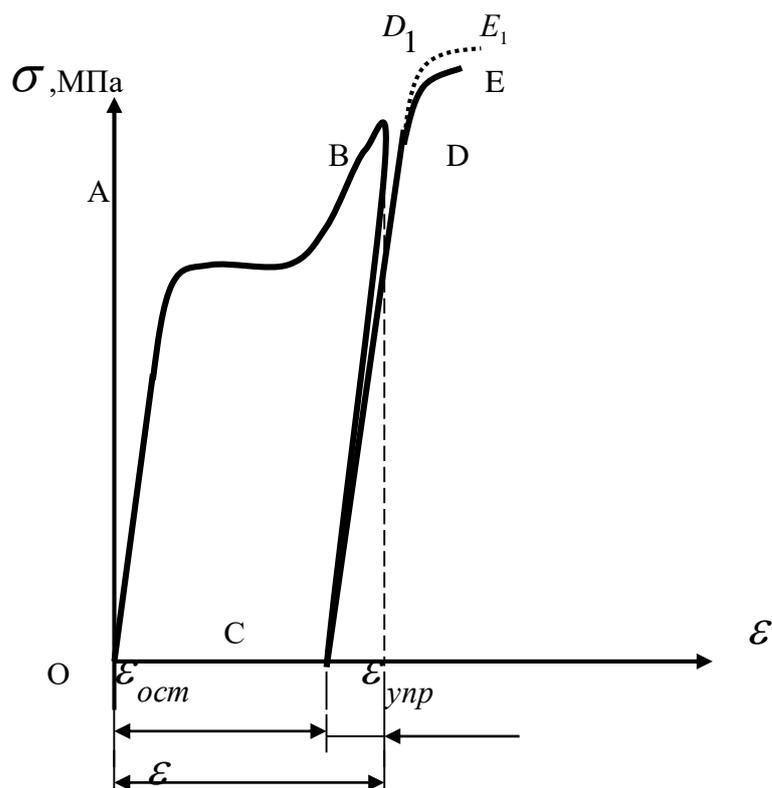


Рисунок 2

Он примерно принимает значение того напряжения, которое возникло в образце перед разгрузкой. Если образцу после разгрузки дать некоторое время «отдохнуть» и затем вновь растягивать, то предел пропорциональности повысится еще сильнее (штриховая линия CD_1E_1). Очевидно, остаточное удлинение (δ) образца, предварительно растянутого выше предела текучести, будет значительно ниже остаточного удлинения того же образца при однократном нагружении его до разрушения.

Повышение предела пропорциональности и уменьшение пластичности вследствие предварительной вытяжки сверх предела текучести называют *наклепом*. Действие наклепа на сталь аналогично действию закалки.

Временное сопротивление наклепанного материала остается таким же, каким было до наклепа.

Величины усилий для всех характерных точек диаграммы должны быть записаны в журнал.

После разрыва образца его части вынимают из захватов, устанавливают с помощью специальной пружины таким образом, чтобы в месте разрыва образца они плотно соприкасались друг с другом, и производя измерения длины рабочей части и диаметра шейки образца.

Зная величины усилий P_n , P_n' , P_m , P_{max} , $P_{разр}$, определяют механические характеристики материала образца, а именно:

- предел пропорциональности σ_n
- предел пропорциональности при повторной нагрузке (наклеп) σ_n'
- предел текучести σ_m
- временное сопротивление растяжению (предел прочности при растяжении) σ_σ
- истинное напряжение в момент разрыва $\sigma_{разр}$
- абсолютное остаточное удлинение образца $\Delta l_{ост}$
- относительное остаточное удлинение образца δ
- абсолютное остаточное сужение площади поперечного сечения ΔF
- относительное остаточное сужение площади поперечного сечения ψ
- полная работа, затраченная на разрыв образца U
- удельная работа a .

На основании полученных данных в журнале работ вычерчиваются диаграммы растяжения: одна в координатах «усилие – абсолютная деформация» и другая в координатах «напряжение – относительная деформация». На второй диаграмме показываются кривые *условной и истинной* диаграмм. Рисуются эскиз разрушенного образца.

2. Порядок выполнения работы.

- Ознакомиться с испытательной машиной.
- Обмерить с помощью штангенциркуля и микрометра длину и диаметр рабочей части образца.
- Зарисовать в журнале работ эскиз образца, указав размеры его рабочей части.
- Заложить образец в захваты машины и проверить готовность машины к испытанию.
- Включить машину и следить за состоянием испытываемого образца, показаниями силоизмерителя и работой диаграммного аппарата.
- Записать усилия, соответствующие характерным точкам диаграммы растяжения.
- После прохождения площадки текучести снять нагрузку и вновь нагрузить образец, продолжая испытание.
- После разрушения образца выключить машину, вынуть обе части разорвавшегося образца и снять диаграмму растяжения.
- Установить обе части образца в струбцину, измерить длину рабочей части и диаметр шейки после испытания и записать их в журнал.
- По данным испытания построить в журнале диаграммы растяжения в координатах «усилие – абсолютная деформация» и «напряжение – относительная деформация».
- Вычислить характеристики прочности и пластичности материала образца и указать их размерность.

3. Обработка опытных данных

Характеристика испытуемого образца

Материал

Таблица наблюдений

Размеры образца	До опыта	После опыта
Расчетная длина, см	$l =$	$l_1 =$
Диаметр, см	$d =$	$d_1 =$
Площадь поперечного сечения, см ³	$F =$	$F_u =$
Объем расчетной части образца, см ³	$V =$	

Масштаб диаграммы, снятой на машине: по оси ординат 1 см = 1 кН

По оси абсцисс 1 см = 0,01 см

Схемы образца

До опыта

После опыта

Результаты испытания:

Нагрузка, снятая с диаграммы, кН

$$P_n = \text{---}, P_n' = \text{---}, P_m = \text{---}, P_{\max} = \text{---}, P_{\text{разр}} = \text{---}.$$

1. Предел пропорциональности σ_n
2. Предел пропорциональности при повторной нагрузке (наклеп) σ_n'
3. Предел текучести σ_m
4. Временное сопротивление растяжению (предел прочности при растяжении) σ_σ
5. Истинное напряжение в момент разрыва $\sigma_{\text{разр}}$
6. Абсолютное остаточное удлинение образца $\Delta l_{\text{ост}}$
7. Относительное остаточное удлинение образца δ
8. Абсолютное остаточное сужение площади поперечного сечения ΔF
9. Относительное остаточное сужение площади поперечного сечения ψ
10. Полная работа, затраченная на разрыв образца

$$U = \left[P_n + \frac{2}{3}(P_{\max} - P_n) \right] \Delta l$$

11. Удельная работа $a = U/V$

Диаграмма растяжения

1) в координатах «усилие – абсолютная деформация»

2) в координатах «напряжение – относительная деформация».

Контрольные вопросы

1. Что называется, пределом прочности (определение, его характеристика, расчетная формула)?
2. Что называется, пределом текучести (определение, его характеристика, расчетная формула)?
3. Что называется, пределом упругости (определение, его характеристика, расчетная формула)?
4. Что называется, пределом пропорциональности (определение, его характеристика, расчетная формула)?
5. Построить диаграмму для малоуглеродистых сталей, показать характерные точки.
6. Построить диаграмму для высокоуглеродистых сталей.
7. Какое характерное отличие между этими диаграммами?
8. Что называется, относительное сужение образца (определение, его характеристика, расчетная формула)?
9. Что называется, относительное удлинение образца (определение, его характеристика, расчетная формула)?
10. Какие характеристики пластичности образца определялись в ходе данной лабораторной работы?
11. Какие механические характеристика прочности образца определялись в ходе данной лабораторной работы?
12. Что называется, шейкой образца?
13. Как определяется предел упругости образца (закон Гука)?
14. Как на шкале испытательной машины можно зафиксировать предел текучести образца?

Тема 2. Теория машин и механизмов

Лабораторная работа 2. Механические системы и их элементы

Задание: 1. Изучить устройство механизмов, предложенных преподавателем, и характер движения их звеньев.

2. Составить схемы механизмов с обозначением звеньев и кинематических пар

Цель работы: Ознакомиться с механическими системами и их элементами: деталями машин и механизмов, элементами механических конструкций и т.д.

Оборудование: Макеты плоских механизмов.

Краткие теоретические сведения

Абсолютно твердым называется тело, деформациями которого можно пренебречь. Абсолютно твердые тела рассматриваются в “Прикладной механике”, методы которой позволяют, используя законы аналитической механики, решать основную и обратную задачу механики - определение положения тела в пространстве по заданному начальному положению, начальной скорости и силам, действующим на тело или наоборот. Частным случаем обратной задачи является определение сил, действующих на неподвижные объекты со стороны их опор.

Все механические системы состоят из элементов, которые классифицируются в зависимости от:

- а) рабочих нагрузок;
- б) геометрической формы.

Брус - тело, один из размеров которого несоизмеримо больше двух других размеров.

Стержень - это брус с прямолинейной осью.

Пластина - тело, ограниченное двумя плоскостями, расстояние между которыми намного меньше размеров этих плоскостей.

Оболочка - тело, ограниченное двумя криволинейными поверхностями, расстояние между которыми намного меньше их размеров.

Массив – тело, у которого все три измерения одного порядка.

Вал - брус, испытывающий кручение. Чаще всего валы совершают вращательное движение.

Балка - брус, подверженный изгибу.

Если брус испытывает одновременно изгиб и кручение - его называют *валом*.

Механические конструкции можно разделить на два больших класса:

- строительные конструкции;

- машины и механизмы

Элементами строительных конструкций, как правило, являются балки и стержни, испытывающие растяжение и сжатие. Основой сложных строительных конструкций являются фермы и рамы. *Фермой* называют стержневую конструкцию, в которой стержни соединены между собой шарнирно. В *рамах* все или часть стержней соединены между собой жестко, например, сваркой.

Элементы машин и механизмов называют *звеньями*. Если звенья механизма выполнены в виде стержней, *механизм называют стержневым или рычажным*, например, механизм двигателя внутреннего сгорания. Стержневые механизмы, как правило, предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот. Они могут выполнять также и другие функции.

Механизмы другого типа предназначены для преобразования параметров вращательного движения. К ним относятся:

- зубчатые механизмы;

- цепные передачи;

- ременные передачи;

- фрикционные передачи.

Особый класс механизмов - **кулачковые механизмы**, основным звеном которого является *кулачок* - звено с криволинейной рабочей поверхностью, которые выполняют, как правило, очень важные вспомогательные функции, например, распределительный вал автомобиля, предназначенный для управления впускными и выпускными клапанами двигателя.

В механизме одно звено называется *неподвижным звеном, или стойкой*. Стойка на схеме показывается штриховкой. Подвижные звенья соединяются между собой и со стойкой с помощью *кинематических пар*. Если все точки механизма при его работе описывают траектории, лежащие в параллельных плоскостях, *механизм называется плоским*. В плоских механизмах звенья могут соединяться с помощью вращательных кинематических пар (шарнир), поступательных пар (ползун с направляющей), а также с помощью пар, которые позволяют относительно плоскопараллельное движение звеньев (зубчатая пара, кулачковая пара).

Рычажные механизмы. Звенья рычажных механизмов разделяются по характеру их абсолютного движения.

Кривошип - звено, совершающее полный оборот (вращающееся звено).

Шатун - звено, совершающее плоскопараллельное движение.

Ползун - звено, совершающее поступательное движение

Коромысло - звено, совершающее возвратно-вращательное движение (неполное вращение).

Кулиса - подвижное звено, которое является направляющей для другого подвижного звена, называемого *кулисным камнем или ползуном*.

В зависимости от сочетания звеньев рычажные механизмы разделяют на следующие виды:

- кривошипно-ползунный механизм;
- кривошипно-шатунный механизм;
- кулисный механизм.

Кривошипно-ползунные механизмы являются основой двигателей внутреннего сгорания, поршневых насосов, прессов.

Кривошипно-шатунные механизмы используют в механизмах качающихся конвейеров, прессов и многих других механизмах, как правило, в составе более сложных устройств.

Кулисные механизмы широко используют в приводах поперечно-строгальных и продольно-строгальных станков.

Зубчатые механизмы. Зубчатые механизмы предназначены для преобразования частоты вращения и вращающего момента и используются в частности для согласования высокоскоростных двигателей с рабочими органами машин, имеющими малые частоты вращения.

Зубчатые механизмы делятся на:

- а) цилиндрические - с параллельными осями валов;
- б) конические - с пересекающимися осями валов;
- в) гипоидные - с перекрещивающимися осями.

Цепные передачи. Основными элементами цепных передач являются приводная цепь и цепные звездочки, одна из которых является ведущей, другая – ведомой.

Ременная передача. Передача вращения от одного вала к другому в ременной передаче осуществляется с помощью плоских, клиновых или круглых ремней, которые натянуты на шкивы, насаженные на валы **Фрикционная передача.** Передача вращения в фрикционной передаче осуществляется с помощью катков за счет сил трения между ними. Для обеспечения требуемой силы трения катки часто выполняют из материалов с высоким коэффициентом трения. Фрикционные передачи могут выполняться с регулируемой скоростью вращения. В этом случае фрикционная передача называется *вариатором*.

Кулачковые механизмы. Существует большое разнообразие кулачковых механизмов. Они различаются по характеру движения кулачка (ведущего звена) и толкателя (ведомого звена), различным конструктивным признакам.

Механизм есть система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других тел. Если в преобразовании движения кроме твердых тел участвуют жидкие или газообразные тела, то механизм называется соответственно гидравлическим или пневматическим.

Каждая подвижная деталь или группа деталей, образующая одну жесткую подвижную систему тел, носит название подвижного звена механизма. Все неподвижные детали образуют одну жесткую неподвижную систему тел, называемую неподвижным звеном или стойкой. Из подвижных звеньев выделяют входные и выходные звенья. Входным звеном называется звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев. Выходным звеном называется звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

Соединение двух звеньев допускающее их относительное движение называется кинематической парой.

Для звеньев, входящих в кинематическую пару, накладывают условия связи на относительное движение звеньев. Класс кинематической пары определяется числом условий связи, налагаемых ею на относительное движение звеньев.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с механизмом, выделенным для проведения лабораторной работы. Медленно вращая входное звено механизма, проследить движение остальных

- звеньев, установить неподвижные элементы кинематических пар.
2. Вычертить на черновике от руки схему механизма. Проставить на ней размерные цепи, подлежащее измерению. Произвести измерение всех размеров и начертить кинематическую схему в данном масштабе.
 3. Пронумеровать все звенья (в том числе и стойку) арабскими, а кинематические пары - римскими цифрами. Определить характер движения всех звеньев относительно стойки. Установить класс всех кинематических пар.
 4. Определить число степеней свободы механизма.
 5. По заданному преподавателем входному звену расчленить кинематическую цепь ведомых звеньев на структурные группы, определив класс, вид и порядок каждой из них.
 6. Составить формулу структурного строения механизма и определить его класс.
 7. Составить таблицы звеньев и кинематических пар.
 8. Начертить траекторию точки одного из звеньев по заданию преподавателя.

Форма отчета

1. Схемы механизмов.
2. Звенья механизмов

Таблица 1.1

№ звена	Название	Характер движения

3. Кинематические пары

Таблица 1.2

Обозначение пары	Название пары	Номера звеньев, соединяемых парой

4. Чертеж траектории заданной точки.

Контрольные вопросы

1. Понятие абсолютно твердого тела.
2. Дайте определение бруса, стержня, пластины, оболочки, массива.
3. Дайте определение балки и вала.
4. Дайте определение фермы и рамы.
5. Перечислите виды механизмов.
6. Охарактеризуйте назначение и устройство кулачкового механизма.
7. Перечислите названия звеньев механизма.
8. Что такое кинематическая пара.
9. Виды кинематических пар.
10. Характеристика движения звена.

Лабораторная работа 3. Структурный анализ машин и механизмов

- Цель работы:** 1. Изучение теории структурного анализа и синтеза механизмов.
 2. Освоение методики проведения структурного анализа механизмов.
 3. Освоение методики проведения структурного синтеза механизмов.
 4. Кинематическое исследование механизмов.

1. Теоретическая часть

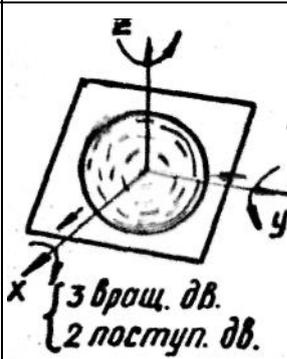
Механизм есть система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других тел. Если в преобразовании движения кроме твердых тел участвуют жидкие или газообразные тела, то механизм называется соответственно гидравлическим или пневматическим.

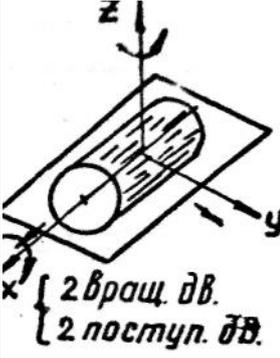
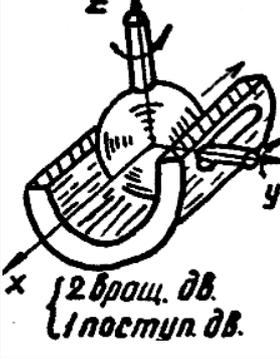
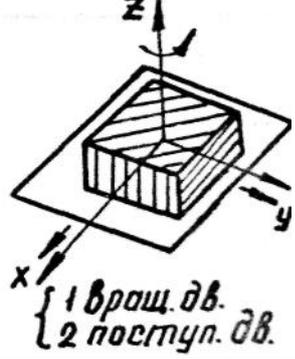
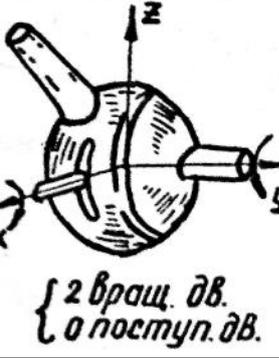
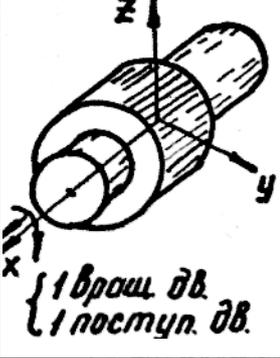
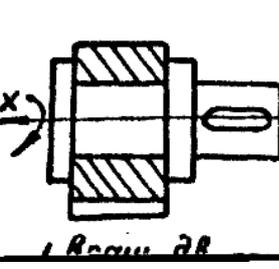
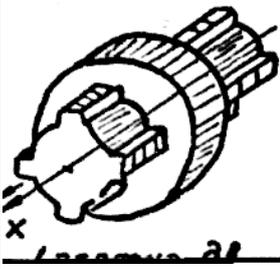
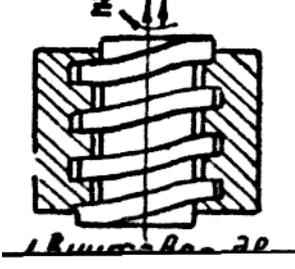
Каждая подвижная деталь или группа деталей, образующая одну жесткую подвижную систему тел, носит название **подвижного звена** механизма. Все неподвижные детали образуют одну жесткую неподвижную систему тел, называемую **неподвижным звеном или стойкой**. Из подвижных звеньев выделяют входные и выходные звенья. **Входным** звеном называется звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев. **Выходным** звеном называется звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

Соединение двух звеньев допускающее их относительное движение называется **кинематической парой**.

Для звеньев, входящих в кинематическую пару, накладывают условия связи на относительное движение звеньев. Класс кинематической пары определяется числом условий связи, налагаемых ею на относительное движение звеньев.

Таблица 1. Классификация кинематических пар

Классы	Число условий связи S	Число степеней свободы Н	Виды и наиболее распространенные конструкции к.п. Внутри каждого класса		
			1 вид	2 вид	3 вид
I	1	5		Технически неосуществим. { 2 вращ. дв. 3 поступ. дв.	Теоретически невозможен

II	2	4	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ вращ. д.в.} \\ 1 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ вращ. д.в.} \\ 2 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	<p>Технически неосуществим</p> <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \\ 3 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>
III	3	3	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ вращ. д.в.} \\ 0 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ вращ. д.в.} \\ 1 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \\ 2 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>
IV	4	2	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ вращ. д.в.} \\ 0 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \\ 1 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	<p>Технически неосуществим</p> <p> $\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ вращ. д.в.} \\ 2 \text{ поступ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>
V	5	1	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>	 <p> $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ вращ. д.в.} \end{array} \right.$ </p>

Кинематическая пара, в которой требуемое относительное движение звеньев может быть получено постоянным соприкосновением ее элементов по поверхности (в пространстве) или по линии (на плоскости), называется **низшей парой**. **Высшей парой** называется кинематическая пара, в которой требуемое относительное движение звеньев может быть получено только соприкосновением её элементов по линиям (в пространстве) и в точках (на плоскости).

Для уменьшения контактных напряжений элементов кинематической пары желательно, чтобы они соприкасались по поверхности.

Кинематической цепью называется система звеньев, образующих кинематические пары. Все кинематические цепи подразделяются на плоские и пространственные. В плоской кинематической цепи при закреплении одного из звеньев все другие совершают плоское движение, параллельное одной и той же неподвижной плоскости.

Кинематическая цепь, звенья которой не образуют замкнутых контуров, называется **открытой** (рис.1а). Кинематическая цепь, звенья которой образуют один (рис.1б) или несколько (рис.1в) замкнутых контуров, называется **замкнутой**.

Число степеней свободы механизма

Общее число координат в пространстве, определяющих положение n подвижных звеньев механизма, равно $6 \cdot n$. Каждая кинематическая пара класса m дает m уравнений связи, в которые входят координаты звеньев.

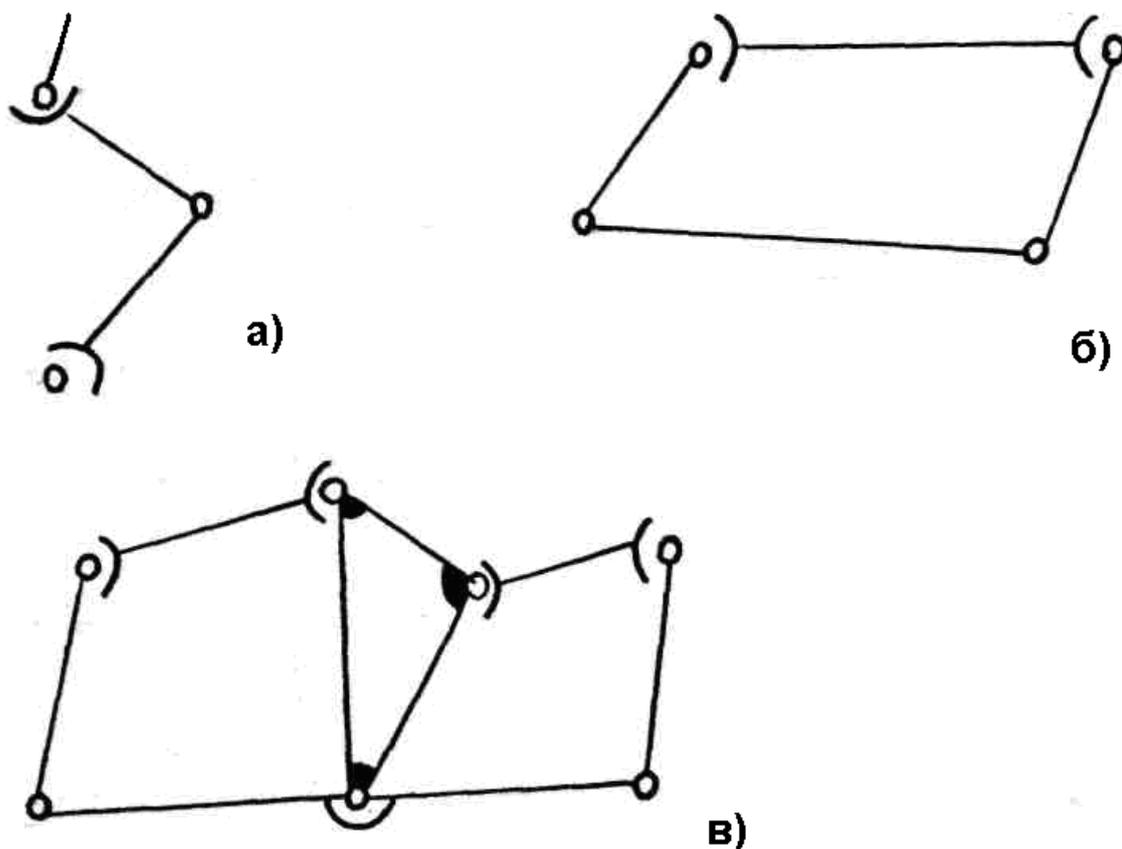


Рис. 1. К определению кинетических цепей.

Общее число этих уравнений равно

$$5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2 + p_1$$

где p_5 ; p_4 ; p_3 ; p_2 ; p_1 - количества кинематических пар соответственно V, IV, III, II и I классов.

Если все уравнения связи независимы, т.е. ни одно из них не может быть получено как следствие других, то разность между общим числом координат и числом уравнений, связывающих эти координаты, дает число независимых координат (число степеней свободы механизма).

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \quad (1)$$

Для плоского механизма, т.е. механизма, все подвижные звенья которого совершают плоское движение, параллельное одной и той же неподвижной плоскости, формула (1) примет вид.

$$W = 3n - 2p_2 - p_1 \quad (2)$$

В плоском механизме кинематические пары первого класса обычно являются низшими, а кинематические пары второго класса - высшими.

Структурный синтез механизмов

Структурным синтезом механизма называется проектирование структурной схемы механизма, под которой понимается вся схема механизма, указывающая стойку, подвижные звенья, виды кинематических пар и их взаимное расположение.

Звено, которому приписывается одна или несколько движений называется **начальным** звеном. Определение положений всех звеньев механизма начинают с определения положения начального звена. Начальное звено не обязательно совпадает с входным звеном.

В механизме с одной степенью свободы положение всех звеньев определяется положением начального звена. На (рис. 2а и 2б) показаны начальные звенья, входящие со стойкой во вращательную и поступательную кинематическую пару.

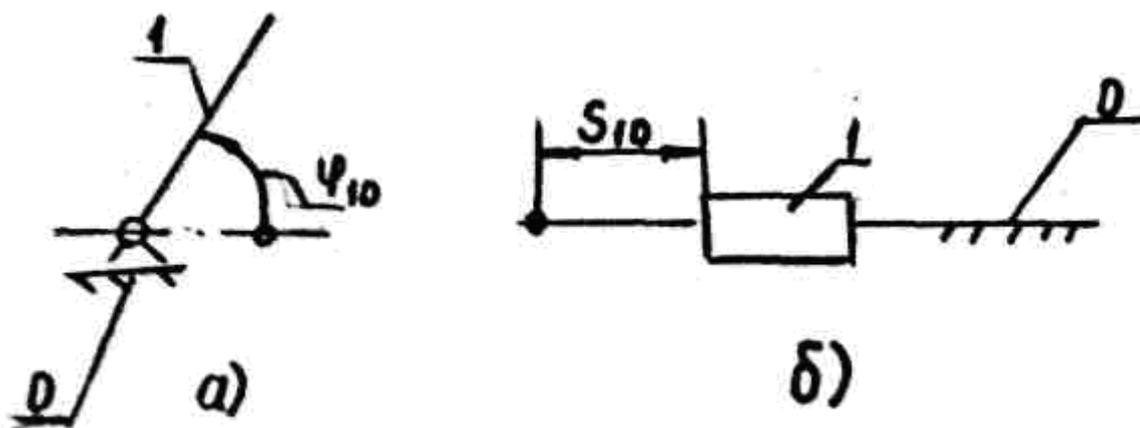


Рис.2. Виды начальных звеньев

Число степеней свобода этих звеньев относительно стойки равно $W = 1$. Механизм в целом тоже должен иметь $W = 1$. Поэтому можно присоединять только такие кинематические цепи, которые удовлетворяют условию $W = 0$. (группы Асура).

Класс механизма определяется наивысшим классом групп, входящих в механизм.

Структурный анализ механизма включает:

- 1) определение общего числа подвижных звеньев;
- 2) определение числа кинематических пар, их класса и вида;
- 3) определение степени подвижности механизма;
- 4) расчленение механизма на структурные группы;
- 5) определение класса, вида и порядка отсоединенных структурных групп;
- 6) определение класса механизма.

Кинематический анализ механизма:

- 1) Построение плана скоростей;
- 2) Построение плана ускорений;
- 3) Определение угловых скоростей и ускорений.

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Ознакомиться с механизмом, выделенным для проведения лабораторной работы. Медленно вращая входное звено механизма, проследить движение остальных звеньев, установить неподвижные элементы кинематических пар.

2.2. Вычертить на черновике от руки схему механизма. Проставить на ней размерные цепи, подлежащее измерению. Произвести измерение всех размеров и начертить кинематическую схему в данном масштабе.

2.3. Пронумеровать все звенья (в том числе и стойку) арабскими, а кинематические пары - римскими цифрами. Определить характер движения всех звеньев относительно стойки. Установить класс всех кинематических пар.

2.4. Определить число степеней свободы механизма.

2.5. По заданному преподавателем входному звену расчленить кинематическую цепь ведомых звеньев на структурные группы, определив класс, вид и порядок каждой из них.

2.6. Составить формулу структурного строения механизма и определить его класс.

2.7. Построить план скоростей и ускорений.

Контрольные вопросы

1. Как называется система определенным образом взаимосвязанных тел (звеньев), предназначенная для преобразования заданных движений одного или нескольких тел в требуемое движение других тела?
2. Что называется, безмасштабным графическим изображением механизма с применением условных обозначений звеньев и кинематических пар?
3. Выходным или входным называется звено, движение которого преобразуется в заданные движения других звеньев?
4. Как называется идеальная удерживающая связь, между двумя подвижными звеньями?
5. Как называют кинематические пары, образованные элементами в виде линии или точки?
6. Какие кинематические цепи называются структурными группами или группами Ассура?

Тема 3. Детали машин

Лабораторная работа 4. Проектирование геометрических параметров цилиндрической зубчатой пары

Задание:

1. Определить делительные диаметры d .
2. Найти диаметры вершин d_a и диаметры впадин зубьев d_f .

Цель работы: Научить студентов самостоятельно определять параметры зубчатых передач, округлять их в соответствии с единым рядом главных параметров, выполнять геометрический расчет цилиндрической зубчатой передачи.

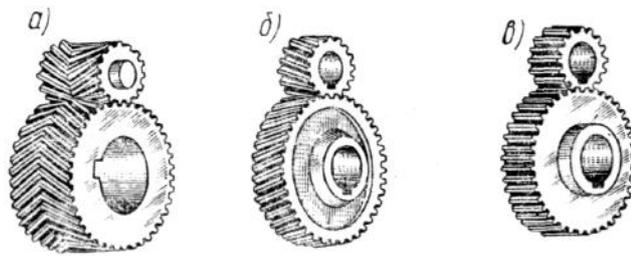
Оборудование:

1. Зубчатое цилиндрическое колесо.
2. Штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

Зубчатая передача, в которой образующие боковых поверхностей зубьев параллельны образующим делительного цилиндра шестерни и колеса, называется прямозубой цилиндрической.

Косозубая цилиндрическая передача имеет наклон контактной линии к основанию зуба, утолщение зуба в опасном сечении, большее значение коэффициента перекрытия и большую длину контактных линий, поэтому такая передача прочнее прямозубой, имеет плавный ход вследствие постепенного входа зубьев в зацепление и работает относительно бесшумно, даже при высоких скоростях. Недостатком косозубой передачи является наличие осевой силы F_a , стремящихся сдвинуть колесо вдоль оси вала. Косозубые передачи не рекомендуется применять в тихоходных передачах, так как более простые и дешевые прямозубые передачи хорошо работают в этих условиях.



Зубчатые колеса передач в большинстве случаев изготавливают из сталей, подвергнутых термическому или химико-термическому упрочнению.

Для зубчатых колес используют:

1. Качественные среднеуглеродистые стали (35;45;50)
2. Легированные хромистые (40X; 35XM; 18XГТ; 25XГМ) и хромоникелевые (40XН; 20XН2М; 12XН3А; 40XН2МА).

Для унификации марок сталей в производстве и для упрощения изготовления запасных частей марки сталей рекомендуется выбирать из следующего сортамента:

- 1) нормализация – 35; 45;
- 2) улучшение – 45; 40X; 35XM; 40XН;
- 3) закалка ТВЧ – 35XM; 40XН;
- 4) цементация – 20XН2М; 18XГТ; 12XН3А; 25XГМ;
- 5) азотирование – 40XН2МА.

Ширину зубчатых колес определяем по следующей формуле,

$$\text{ширина колеса } b_2 = \Psi_{\text{ва}} * a_w,$$

где $\Psi_{\text{ва}}$ – коэффициент ширины венца, принимается из ряда: 0,25, 0,315, 0,4;
 a_w – межцентровое расстояние.

Значение b округляем в соответствии с единым рядом главных параметров: 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100.

Суммарное число зубьев для прямозубых передач.

$$Z_{\Sigma}' = Z_1 + Z_2 = 2a_w/m$$

Полученное предварительное значение округляют до ближайшего меньшего целого числа Z_{Σ} .

Для получения нормального зацепления зубчатые колеса выполняют с относительным смещением.

Для обеспечения нормального зацепления зубчатые колеса выполняют с относительным сцеплением.

$$X_1 = Z_{\Sigma}' - Z_2/2$$

X_1 лежит в пределах ± 1 .

Для определения суммарного числа зубьев косозубых колес предварительно находят угол наклона зубьев β'

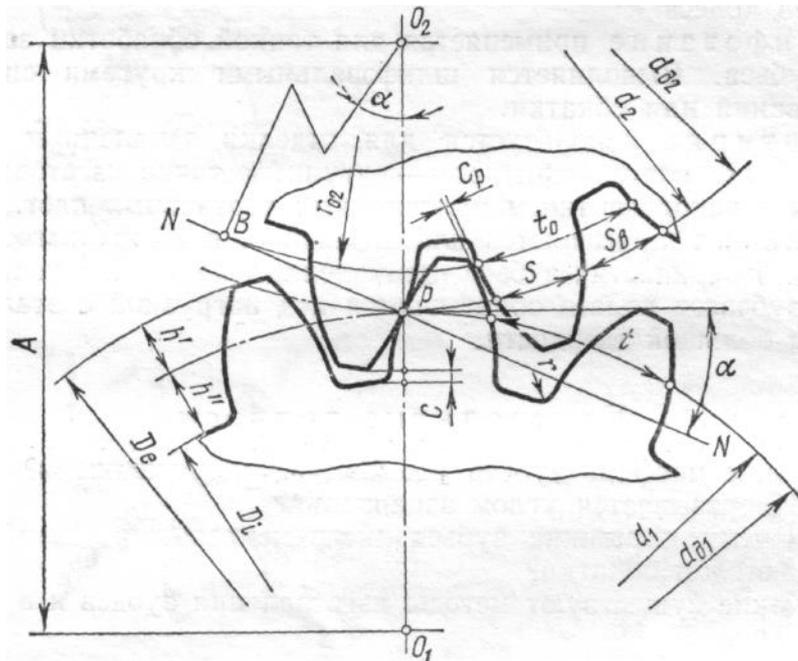
$$\beta' = \arcsin \frac{3.5m_n}{b_2}$$

Угол наклона линии зуба принимают в интервале $\beta = 8 \div 15^\circ$.

Суммарное число зубьев:

$$Z_\Sigma' = Z_1 + Z_2 = \frac{2a_w}{m_n} \cos \beta'$$

Полученное значение Z_Σ' округляют до ближайшего меньшего целого числа и принимают за окончательное значение Z_Σ .



Геометрический расчет передачи:

делительный диаметр

$$d = m_n \cdot Z$$

для косозубых колес

$$d = m_n \cdot Z / \cos \beta$$

диаметр вершин зубьев

$$d_a = d + 2m_n$$

диаметр впадин зубьев

$$d_f = d - 2.5m_n$$

при высотной коррекции

$$X_\Sigma = X_1 + X_2 = 0$$

$$\text{и } X_2 = -X_1$$

$$d_a = d + 2m_n (1 + X)$$

$$d_f = d - 2m_n (1.25 - X)$$

Исходные параметры:

$a_w = 125$ мм.

$m_n = 2$

$T = 120$ н м.

$Z = 32$

Геометрический расчет:

Ширина колеса $b =$

Делительный диаметр $d =$

Диаметр вершин зубьев $d_a =$

Диаметр впадин зубьев $d_f =$

Результаты испытаний:

Получили:

Ширина колеса $b =$

Делительный диаметр $d =$

Диаметр вершин зубьев $d_a =$

Диаметр впадин зубьев $d_f =$

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете способы обработки зубьев?
2. Назовите наиболее распространённые конструкции зубчатых колёс.
3. Можно ли применить для изготовления пары зубчатых колёс разный материал?
4. Каковы основные параметры зубчатого зацепления?
5. Как определить модуль зубьев?
6. Основное условие для обеспечения постоянства передаточного числа зубчатого зацепления.
7. Какой профиль зуба получил наибольшее распространение?
8. В каких случаях наблюдается подрезание зубьев?
9. Перечислите внешние признаки нарушения работоспособности зубчатого зацепления.
10. Как увеличить сопротивляемость зубьев выкрашиванию?

Лабораторная работа 5. Изучение конструкции узла на основе вала

Задание:

1. Определить наличие цапф, посадочных поверхностей, переходных участков.
2. Оценить назначение буртиков, конических участков, шпоночных канавок, шлицев и других конструктивных особенностей вала.
3. Провести измерения размеров вала и составить его эскиз с указанием всех конструктивных особенностей и размеров.
4. Используя размеры вала, оценить допускаемую величину вращающего момента, передаваемого валом.
5. Используя справочную литературу, по размерам вала подобрать сочленяемые с ним детали.

Цель работы: Ознакомиться с назначением и конструкциями валов и сочленяемых с ними деталей, критериями их работоспособности и расчёта, получить практические навыки по конструированию узлов на основе вала.

Оборудование:

1. Вал механизма.
2. Штангенциркуль.
3. Справочная литература.

Краткие теоретические сведения

Валом называется деталь, предназначенная для поддержания вращающихся частей механизмов и передающая вращающий момент. Так как возникновение вращающих моментов обусловлено наличием сил, например, сил натяжения ремней, сил в зацеплении зубчатых колёс, валы, кроме крутящих моментов, как правило, нагружены и изгибающими моментами.

Валы делят по следующим основным признакам.

По назначению:

- а) валы передач, т.е. несущие детали передач: зубчатые колёса, шкивы, цепные звёздочки, муфты;
- б) специальные валы, несущие, кроме деталей передач, рабочие органы машин: кривошипы, инструменты, зажимные патроны и т.д.

По форме геометрической оси:

- а) прямые;
- б) коленчатые;
- в) гибкие (с изменяющейся осью).

По форме поперечного сечения:

- а) цилиндрические;
- б) шлицевые;
- в) гранёные;
- г) фасонно–профильные.

По наличию осевого отверстия:

- а) сплошные;
- б) полые;
- в) с отверстием на части длины.

По изменению сечения вдоль оси:

- а) постоянного сечения;
- б) ступенчатые с цилиндрическими и коническими участками.

По расположению и числу опор:

- а) консольные;
- б) двухопорные;
- в) многоопорные.

По выполняемым функциям:

- а) входные;
- б) выходные;
- в) промежуточные.

Опорные части валов называют цапфами. Цапфа на конце вала называется шипом (отсюда название – подшипник), цапфа на промежуточном участке вала называется шейкой. Участок вала, предназначенный для восприятия осевых нагрузок, называется пятой. Обычно это – торец вала, иногда буртик, т.е. выступ на валу.

Передача вращающего момента между валами и насаженными на них деталями осуществляется с помощью шпоночных соединений (рис. 5.1,а,б,в,ж,з), посадки с натягом (рис. 5.1,е), с помощью зубчатого (шлицевого) соединения (рис. 5.1,и), а при небольших передаваемых моментах – за счет сил трения между гайкой или шайбой и ступицей колеса (рис. 5.4,г,д). От осевого смещения относительно вала детали удерживаются с помощью винтов (рис.

5.1,б), буртиков и резьбовых соединений (рис. 5.1,в,г,д), с помощью конических участков и резьбовых соединений (гаек) (рис. 5.1,з,е), стопорных колец (рис. 5.1,а), распорных втулок.

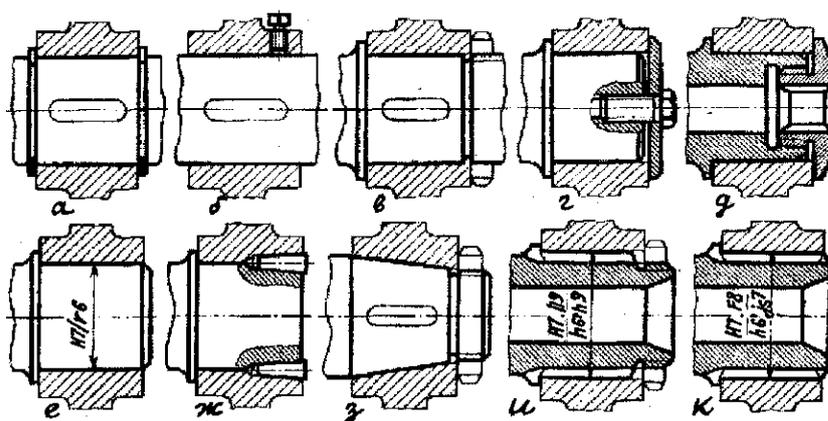


Рис. 5.1. Крепление деталей на валах

Валы являются ответственными тяжело нагруженными деталями, поэтому они изготавливаются из качественных углеродистых или легированных сталей, подвергаются термической или химико-термической обработке.

Основными критериями работоспособности валов являются усталостная прочность (выносливость) от длительно действующих переменных напряжений, статическая прочность и жесткость. Как правило, проверка на статическую прочность проводится по третьей или четвертой гипотезам прочности по максимальным напряжениям, возникающим при перегрузках привода. Чаще всего кратность перегрузки определяется характеристиками приводного двигателя.

Проектирование вала начинают с определения диаметра его выходного конца, на который насаживается муфта или другой элемент передачи (шкив ременной передачи, цепная звёздочка или зубчатое колесо внешней передачи). Этот диаметр определяется лишь из условия кручения по пониженным допускаемым напряжениям $[\tau] = (10...30)$ МПа.

При установке на выходном конце вала муфты, не передающей изгибающий момент (например, компенсирующей), допускаемое напряжение принимают наиболее высоким $[\tau] = (25...30)$ МПа. При наличии изгибающего момента допускаемое напряжение принимают в пределах $[\tau] = (15...20)$ МПа.

Расчёт проводят на основании условия прочности на кручение

$$\tau = \frac{T}{W_p} \leq [\tau], \quad (5.1)$$

где τ – действующее напряжение, Мпа; T – крутящий момент, Нмм; W_p – полярный момент сопротивления поперечного сечения вала, мм³.

Для сплошного круглого сечения

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3,$$

где d – диаметр вала, мм.

Из (5.1):

$$d \geq 3 \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$$

Вращающие моменты, передаваемые муфтами, можно оценить по значениям допускаемых моментов, приведенных в справочных таблицах на муфты, приняв коэффициент запаса $k \approx 1,3...1,5$.

Момент, который может передать шпоночное соединение, можно определить из условия прочности шпонки по напряжениям смятия и среза:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot A_{см}},$$

где T – передаваемый момент, Нмм; d – диаметр вала, мм; $A_{см}$ – площадь смятия шпонки, определяется формой и размерами шпонки, мм².

$$\tau_{ср} = \frac{2T}{d \cdot A_{ср}} \leq [\tau_{ср}],$$

где $A_{ср}$ – площадь среза шпонки, которая определяется её формой и размером, мм².

При оценке назначения вала редуктора и его отдельных конструктивных элементов, прежде всего, обращают внимание на наличие выходных концов вала. Если нет выходных концов, то вал – промежуточный, при этом у него должно быть не менее двух посадочных участков для зубчатых колёс, имеющих, как правило, шпоночные пазы. Эти участки могут иметь одинаковые или различные размеры, могут разделяться буртиками. Кроме посадочных поверхностей для зубчатых колёс промежуточные валы должны иметь шипы (цапфы на концах вала). Пример промежуточного вала приведен на рис. 5.2.

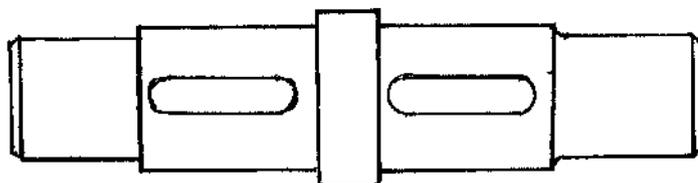


Рис. 5.2. Промежуточный вал

Входные и выходные валы имеют выходные концы, предназначенные для крепления на них муфт, шкивов, внешних зубчатых колёс, цепных звёздочек. Входной вал от выходного можно отличить по следующим признакам. При одинаковой длине входные валы имеют значительно меньшие диаметры, чем выходные. Отношение длины участка вала между серединами цапф к диаметру цапфы для входных валов обычно лежит в пределах 1, 8..2,5, а для выходных валов это отношение составляет 2, 5..3,5 и более. Если выходной конец вала имеет конусный участок с резьбой на конце, то на него предполагается насаживать не муфту, а какой-то элемент передачи (шкив, звёздочку), следовательно, этот конец вала будет нагружен радиальной силой и будет испытывать кроме кручения изгиб. На входных и выходных валах следует различать участки под уплотнительные устройства, имеющие более высокую чистоту обработки, чем остальные участки.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно осмотрите вал, предложенный преподавателем. Определите наличие цапф, посадочных поверхностей, переходных участков. Оцените назначение буртиков, конических участков, шпоночных канавок, шлицев и других конструктивных особенностей вала.
2. Проведите измерения размеров вала и составьте его эскиз с указанием всех конструктивных особенностей и размеров в соответствии с рис. 5.3.
3. Используя размеры вала, оцените допускаемую величину вращающего момента, передаваемого валом, по выражению (5.1).
4. Используя справочную литературу, по размерам вала подберите сочленяемые с ним детали: муфты, подшипники качения, шпонки и др., выпишите их основные справочные данные, определите вращающие моменты, которые могут передавать данные детали. Сопоставьте значения моментов, передаваемых навесными деталями, с рассчитанным значением допускаемого момента вала.

5. Составьте отчёт о работе.

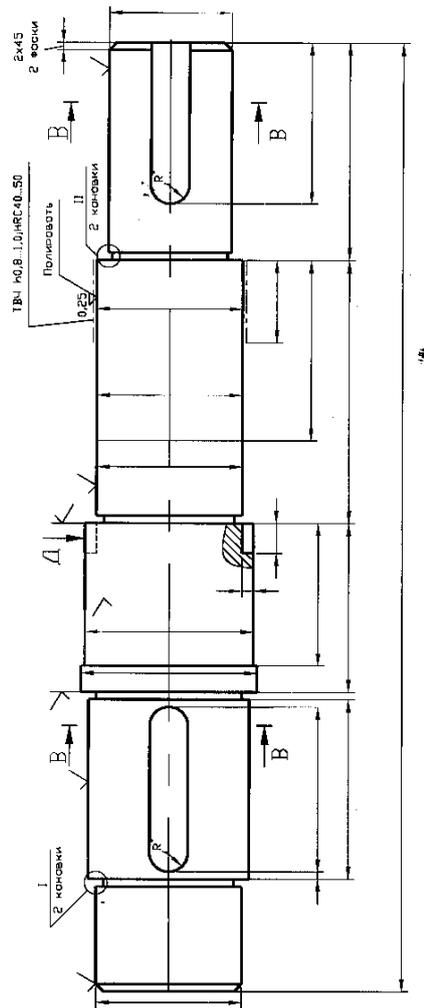
Форма отчета

1. Эскиз вала.
2. Допускаемая величина вращающего момента, передаваемого валом.
3. Параметры муфты, подшипников качения, шпонки и др.
4. Вращающий момент, передаваемый муфтой, шпонкой.

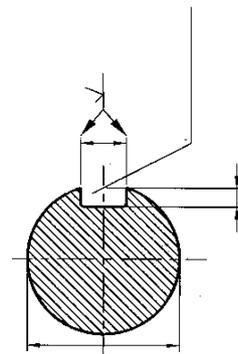
Контрольные вопросы

1. Какие детали называют валами?
2. Перечислите внутренние усилия, возникающие в поперечном сечении вала.
3. Перечислите напряжения, возникающие в поперечном сечении вала.
4. Критерии работоспособности валов. Влияние на работоспособность вала материала и химико-термической обработки.
5. Материалы, используемые для изготовления валов.
6. Химико-термическая обработка вала.
7. Классификация валов.
8. Понятия входного, выходного и промежуточных валов.
9. Назначение и конструкция выходных участков входного и выходного валов.
10. Способы соединения валов с муфтами, зубчатыми колесами, цепными звездочками, шкивами ременных передач и т.д.
11. Как, используя размеры вала, определить величину выходного момента редуктора?
12. Полярный момент сопротивления поперечного сечения вала.
13. Как определяются изгибающие моменты в опасном сечении вала при действии вертикальных и горизонтальных силовых факторов?
14. Осевой (экваториальный) момент сопротивления вала.
15. Эквивалентные напряжения в поперечном сечении вала по 3-ей и 4-ой гипотезам прочности.
16. Какие напряжения принимают в качестве допускаемых при расчете валов на изгиб, кручение и при сложном напряженном состоянии?
17. Проектировочный расчет валов. Определение диаметра вала из условия кручения.
18. Конструирование вала. Порядок определения диаметров основных участков вала, определение длин участков вала.
19. Перечислите детали и узлы, с которыми валы соединяются сборочными операциями.
20. Как закрепляются детали на выходных концах валов и на промежуточных участках?
Что такое галтель, для чего она предназначена?

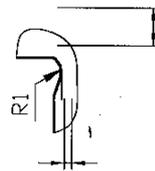
6.



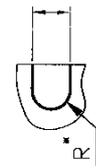
В-В



I-II
M4:1



Вид Δ



1. НВ 260...285
2. Размеры овеспеч. INSTR.
3. Неэкзонные пред. откл.
размеров: валов $\text{H}14$,
остальных $+\text{IT}14/2$

Рис. 5.3. Эскиз вала

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Прикладная механика»
для студентов очной формы обучения
направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Составитель *Г.В. Кукинова, канд. техн. наук, доцент.*

Отв. редактор *А.Л. Проскурнин, канд.хим.наук, доцент.*

Редактор Л.Д. Бородастова

Подписано в печать Формат 60 × 84 1/16

Уч.-изд. л. 1,4 п.л. Усл. печ. л. 0,5 п.л. Тираж 50 экз.

Северо-Кавказский федеральный университет

Невинномысский технологический институт (филиал)

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина,

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ
по дисциплине «Прикладная механика»
для студентов очной формы обучения
направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Невинномысск 2020

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Прикладная механика». Указания предназначены для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составители

Г.В. Кукинова, канд. техн. наук, доцент

Отв. редактор

А.Л. Проскурнин, канд. хим. наук, доцент.

Содержание

1 Введение	4
2 Тема 1. Сопротивление материалов	5
3 Тема 2. Теория машин и механизмов	9
4 Тема 3. Детали машин	14

Введение

Дисциплина «Прикладная механика» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование профессиональной компетенции обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, обучающихся по направлению 18.03.01 Химическая технология.

Последовательность тем соответствует логической структуре ее прохождения. Предлагаемые методические указания содержат материал, который рекомендуется использовать студентам при подготовке к практическим занятиям.

Для подготовки к практическим занятиям студент должен изучить материал по соответствующей теме, используя основную и дополнительную литературу, а также используя периодические издания СМИ.

Практические занятия - один из основных информационных компонентов учебного процесса подготовки будущих специалистов. Они придают материалу, полученному на лекциях, профессиональную направленность, трансформируя теоретические знания в умения и навыки во время практических и лабораторных занятий, активных производственных практик.

Практические работы решают одну из важнейших задач дидактики - связь теории с практикой. При этой форме подготовки специалиста могут быть практически учтены все изменения в программах, отражающие новые достижения в области науки и техники, а также методические рекомендации, построенные на изучении передового педагогического опыта. Практические занятия имеют большое воспитательное значение, способствуют развитию мышления и приобретению профессиональной уверенности у студентов. Практические работы призваны обеспечить реализацию целого комплекса целей и задач:

- развитие и воспитание у студентов навыков высокой культуры труда, навыков выполнения заданий в срок;
- способность к самостоятельному анализу состояния конкретной учебно-научной проблемы, к выполнению практического задания с обсуждением предлагаемых вариантов его решения;
- понимание студентами теоретических основ, на которых базируется данная практическая работа, связи теории с практикой;
- развитие творческого мышления, технических способностей и наблюдательности в ходе реальных технологических процессов;
- умение анализировать и обобщать полученные результаты; делать из них логические выводы и находить им практическое применение;
- формирование интереса к самостоятельному поиску, эксперименту;
- выработка умения четко, точно, лаконично и грамотно формулировать свои мысли, участвовать в научной дискуссии;
- умение руководить познавательной деятельностью учащихся и направлять их интерес к технике, формировать рационализаторский подход к существующим технологиям;
- умение пользоваться учебной, научно-популярной и справочной литературой, графиками, таблицами и соответствующими схемами;
- умение подбирать аудиовизуальные средства обучения и дидактические материалы по конкретным темам программы.

Таким образом, практические занятия таят в себе большие резервы для творческой самостоятельности студентов. И как результат, знания, полученные при выполнении данных лабораторно-практических работ, помогут до минимума сократить срок адаптации молодого специалиста в первоначальный период работы.

ТЕМА 1. Сопротивление материалов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы

Знать: необходимые сведения из области теоретических основ сопротивления материалов, а также методы расчёта на прочность, жёсткость деталей машин и механизмов, являющихся общими для различных областей, дать первые практические навыки расчётов и проектирования деталей и механизмов.

Уметь: выбирать материалы, определять формы и размеры деталей, обеспечивая их высокую прочность и надёжность при минимальной массе и стоимости.

Наименование формируемых компетенций

Код	Формулировка
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию
ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования

Практическое занятие 1. Нахождение центра тяжести тел.

Цель занятия: освоить практические и теоретические способы определения центров тяжести тел.

Задачи: научиться определять центр тяжести тел, состоящих из простых по форме фигур.

Оборудование: Установка для определения центра тяжести плоских фигур

1. *Симметрия.* Если однородное твердое тело имеет плоскость, ось или центр симметрии, то его центр тяжести лежит, соответственно, в данной плоскости, оси или центре.

2. *Разбиение.* Для тел, состоящих из простых по форме тел, используется способ разбиения. Тело разбивается на части, центр тяжести которых находится методом симметрии. Центр тяжести всего тела определяется по формулам центра тяжести объема (площади).

Пример. Определить координаты центра тяжести пластины

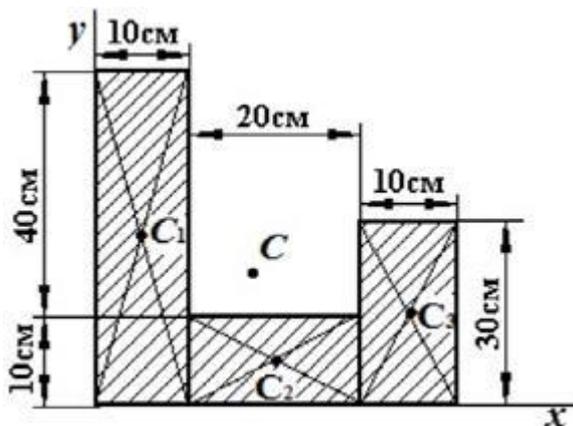


Рис.6.3

Решение: Для нахождения центра тяжести пластины разбиваем ее на три прямоугольника и отмечаем центры тяжести каждого из них: C_1 , C_2 и C_3 . Затем определяем координаты центров тяжести каждого прямоугольника и их площади:

$$S_1 = 500 \text{ см}^2; x_{c1} = 5 \text{ см}; y_{c1} = 25 \text{ см}.$$

$$S_2 = 200 \text{ см}^2; x_{c2} = 20 \text{ см}; y_{c2} = 5 \text{ см}.$$

$$S_3 = 300 \text{ см}^2; x_{c3} = 35 \text{ см}; y_{c3} = 15 \text{ см}.$$

Тогда координаты центра тяжести пластины, будут равны:

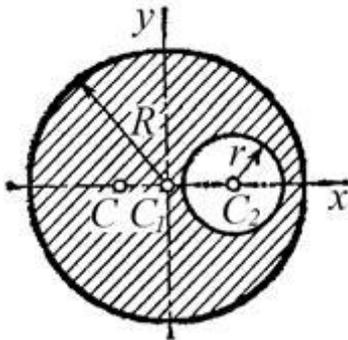
$$x_C = \frac{500 \cdot 5 + 200 \cdot 20 + 300 \cdot 35}{1000} = 17.0 \quad \text{см}; \quad y_C = \frac{500 \cdot 25 + 200 \cdot 5 + 300 \cdot 15}{1000} = 18.0$$

см.

Ответ: $x_C = 17.0$ см; $y_C = 18.0$ см.

3. *Дополнение.* Этот способ является частным случаем способа разбиения. Он используется, когда тело имеет вырезы, срезы и др., если координаты центра тяжести тела без выреза известны.

Пример. Определить центр тяжести круглой пластины, имеющей вырез радиусом $r = 0,6 R$ (рис. 6.4).



Решение: Круглая пластина имеет центр симметрии. Поместим начало координат в центре пластины O_1 . Площадь пластины без выреза $S_1 = \pi R^2$, $x_{c1} = 0$, площадь выреза $S_2 = \pi r^2 = \pi 0,36 R^2$. Площадь пластины с вырезом $S_2 = \pi R^2 (1 - 0,36) = 0,64 \pi R^2$; $x_{c2} = R - r = 0,4 R$. Пластина с вырезом имеет ось симметрии $O_1 x$, следовательно, $y_c = 0$.

$$x_C = \frac{S_1 \cdot 0 - S_2 \cdot x_{c2}}{S} = - \frac{\pi R^2 \cdot 0,36 \cdot 0,4 R}{\pi R^2 \cdot 0,64} = -0,225 R$$

1. *Интегрирование.* Если тело нельзя разбить на конечное число частей, положение центров тяжести которых известны, тело разбивают на произвольные малые объемы.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы определения центра тяжести вы знаете?
2. Как определить координаты центра тяжести?

Практическое занятие 2. Определение напряжений при растяжении-сжатии

Цель занятия: ознакомиться с видами определения напряжений при растяжении-сжатии.

Задачи: выполнить в составе мини-группы практическую работу по определению напряжений при растяжении-сжатии.

При растяжении (сжатии) бруса нормальные напряжения распределены по его поперечному сечению равномерно.

$\sigma = \frac{N}{A}$ - нормальное напряжение, возникающее в материале при растяжении (сжатии), A - площадь поперечного сечения, N - сила вызывающая деформацию.

Для нормальных напряжений принимают то же правило знаков, что и для продольных сил, т.е. при растяжении считают напряжения положительными.

Принцип Сен-Венана: Распределение напряжений существенно зависит от способа нагружения внешних сил лишь вблизи места нагружения. В частях, достаточно удалённых от места приложения сил, распределение напряжений практически зависит только от статического эквивалента этих сил, а не от способа их приложения.

Контрольные вопросы:

1. Назовите правило знаков для нормальных напряжений.
2. Сформулируйте принцип Сен-Венана.

Практическое занятие 3. Построение эпюр внутренних усилий

Цель занятия: ознакомиться с правилами построения эпюр внутренних усилий балки при изгибе.

Задачи: выполнить в составе мини-группы практическую работу по построению эпюр внутренних усилий деформаций балки при изгибе.

Контрольные вопросы:

1. Назовите внутренние усилия в балке при изгибе.
2. Что такое эпюра внутренних усилий деформаций балки при изгибе?

Практическое занятие 4. Определение критической силы

Цель занятия: научиться определять применимость формулы Эйлера.

Задачи: изучить формы закрепления стержней.

Оборудование: модель «Влияние условий закрепления сжатого стержня на форму упругой линии при потере устойчивости»

Контрольные вопросы:

1. Определение гибкости стержня.
2. Формула Ясинского.

Вопросы и задания:

Базовый уровень

1. Опасное сечение. Расчет на прочность.
2. Зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и величиной распределенной нагрузки (формула Журавского).
3. Напряжения и деформации при прямом изгибе.

4. Нейтральная линия. Ядро сечения.
5. Нормальные напряжения. Условие прочности при чистом изгибе.
6. Три типа прочностных задач при расчете на изгиб.
7. Касательные напряжения при поперечном изгибе.
8. Условие прочности при поперечном изгибе по третьей и четвертой теории прочности.
9. Дифференциальные уравнения упругой линии при изгибе.
10. Прогиб и угол поворота при изгибе.
11. Потеря устойчивости сжатого стержня.
12. Способы определения критической силы.
13. Пределы применимости формулы Ясинского для определения критической силы.
14. Коэффициенты приведения длины для различных типов закрепления стержней.
15. Область применения формулы Эйлера.
16. Критерии выбора рациональных сечений стержней, работающих на устойчивость.
17. Рациональный выбор материала при расчете на устойчивость.
18. Статический момент сечения относительно оси.
19. Осевой момент инерции относительно оси (определение, расчетная формула, размерность).
20. Центробежный момент инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей (определение, расчетная формула, размерность).
21. Полярный момент инерции относительно некоторого полюса (определение, расчетная формула, размерность).
22. Расчетные формулы для определения осевых моментов инерции для простейших фигур.
23. Главные оси и главные моменты инерции.
24. Прочность, жесткость, устойчивость детали и конструкции.
25. Гипотезы и допущения сопротивления материалов.
26. Внешние и внутренние силы. Распределённая нагрузка.
27. Равнодействующие внутренних сил.
28. Составляющие главного момента и главного вектора.
29. Продольные силы в сечении. Правило знаков для определения продольных сил.
30. Поперечные силы в сечении. Правило знаков для определения продольных сил.
31. Крутящие моменты в сечении. Правило знаков для определения крутящих моментов.
32. Изгибающие моменты в сечении. Правило знаков для изгибающих моментов.
33. Эпюра внутренних силовых факторов. Правило построения.
34. Прямой, поперечный, чистый изгиб.
35. Балки равного сопротивления. Полная проверка прочности.
36. Применение теорий прочности в расчетах. Выбор теорий прочности.
37. Понятие о расчете многоопорных балок.
38. Совместное действие крутящих и изгибающих моментов с продольной силой.
39. Рациональные формы сечения сжатых стоек.
40. Проектирование отдельных узлов аппаратов с использованием автоматизированных прикладных систем.

Повышенный уровень

1. Расчеты с учетом температурных напряжений, влияние концентраторов напряжений на допускаемые напряжения
2. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных сечений. Практическое применение эллипса инерции
3. Основные понятия о кручении некруглых профилей. Статически неопределимые случаи кручения. Понятие о расчете сварных
4. Балки равного сопротивления. Полная проверка прочности
5. Применение теорий прочности в расчетах. Выбор теорий прочности.

6. Понятие о расчете многоопорных балок
7. Совместное действие крутящих и изгибающих моментов с продольной силой. Практическое применение понятия ядра
8. Рациональные формы сечения сжатых стоек. Порядок подбора сечений сжатых стоек по допускаемому напряжению на устойчивость
9. Частные случаи действия динамической нагрузки.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

- 1 Рязанцева, И. Л. Прикладная механика. Схемный анализ и синтез механизмов и машин Электронный ресурс: Учебное пособие / И. Л. Рязанцева. - Омск: Омский государственный технический университет, 2017. - 184 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-8149-2556-5, экземпляров неограничено
- 2 Островская, Э. Н. Прикладная механика: учебное пособие / Э.Н. Островская, О.Р. Каратаев; Министерство образования и науки России ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань: КНИТУ, 2017. - 108 с.: ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5- 7882-2283-7, экземпляров неограничено

Дополнительная литература:

- 1 Селиванов, Ю. Т. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебное пособие / Ю. Т. Селиванов. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 80 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5- 8265-1807-6, экземпляров неограничено
- 2 Бегун, П. И. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебник / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. - Прикладная механика, 2020-03-02. - Санкт-Петербург: Политехника, 2016. - 464 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-57325-1089-8, экземпляров неограничено

Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование

ТЕМА 2. ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы

Знать: структурную и функциональную классификацию механизмов, методы кинематического анализа и синтеза механизмов.

Уметь: провести структурный, кинематический и динамический анализ и синтез механизмов.

Наименование формируемых компетенций

Код	Формулировка
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию

ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
------	---

Практическое занятие 5. Кинематические пары и их классификация

Цель занятия: формирование знаний по классификации кинематических пар.

Задачи: ознакомиться с принципами образования механизмов.

Контрольные вопросы:

1. Основные понятия и определения в теории механизмов.
2. Кинематические пары и их классификация.
3. Кинематические цепи.

Практическое занятие № 6. Определение степени подвижности плоских и пространственных механизмов

Цель занятия: Определение числа степеней свободы механизма.

Задачи: ознакомиться с применением формулы Чебышева для плоских механизмов.

Контрольные вопросы:

1. Для чего в механизме присутствуют звенья, создающие лишнюю степень свободы.
2. Как определить число степеней свободы пространственного механизма?
3. Сформулируйте формулу Сомова-Мальшева.

Практическое занятие 7. Структурная классификация механизмов

Цель занятия: изучить структурную классификацию механизма.

Задачи: освоить порядок структурного анализа.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность структурного анализа?
2. Когда возникает необходимость структурного анализа?
3. Назовите принципы образования механизмов.

Практическое занятие 8. Составление кинематических схем

Цель занятия: изучить способы составления кинематических схем.

Задачи: освоить порядок составления кинематических схем.

Контрольные вопросы:

1. Что называется неподвижным звеном или стойкой?
2. Какие твердые тела называются звеньями?
3. Какая деталь называется подвижным звеном механизма?

Вопросы и задания:

Базовый уровень

1. Кинематические пары и их классификация
2. Определение степени подвижности плоских и пространственных механизмов

3. Структурная классификация механизмов
4. Кинематическое исследование шарнирного четырехзвенника
5. Кинематика механизмов с неподвижными осями вращения зубчатых колес
6. Кинематика дифференциальных зубчатых механизмов
7. Кинематика планетарных зубчатых механизмов
8. Геометрические параметры эвольвентного зацепления
9. Методы нарезания зубчатых колес
10. Основные понятия теории машин и механизмов
11. Классификация сил, действующих на звенья механизма
12. Силовой расчет структурной группы ВВП
13. Силовой расчет структурной группы ВВВ
14. Силовой расчет структурных групп с учетом сил трения
15. Механический КПД
16. Определение приведенного момента инерции механизма
17. Приведение сил и моментов пар сил к звену приведения
18. Классификация зубчатых механизмов
19. Основные геометрические параметры эвольвентного зацепления
20. Понятие о нулевой, положительной и отрицательной зубчатой передаче
21. Классификация кулачковых механизмов
22. Методы кинематического анализа кулачковых механизмов
23. Принципы и методы проектирования механизмов.
24. Синтез механизмов с низшими парами.
25. Основы проектирования механизмов с высшими парами.
26. Синтез передаточных механизмов.
27. Синтез кулачковых механизмов и механизмов прерывистого действия
28. Силовой анализ механизмов.
29. Динамическая модель механизма.
30. Трение в машинах и механизмах, коэффициент полезного действия.
31. Уравновешивание масс звеньев механизма.
32. Уравновешивание сил инерции звеньев механизма.
33. Уравновешивание вращающихся тел.
34. Исследование кинематики рычажных механизмов методом планов.
35. Кулачковые механизмы. Общие сведения. Классификация.
36. Кинематическое исследование механизмов методом кинематических диаграмм.
37. Выбор схемы и закона движения выходного звена кулачкового механизма.
38. Задачи силового исследования механизмов.
39. Кинематический анализ планетарных механизмов.
40. Силы инерции плоских и пространственных механизмов.

Повышенный уровень

1. Задачи и методы кинестатического анализа машин и механизмов
2. Задачи и методы динамического синтеза машин и механизмов
3. Группы нулевой степени подвижности и их классификации.
4. Задачи и методы кинематического анализа.
5. Исследование кинематики рычажных механизмов методом планов.
6. Кулачковые механизмы. Общие сведения. Классификация.
7. Кинематическое исследование механизмов методом кинематических диаграмм.
8. Выбор схемы и закона движения выходного звена кулачкового механизма.
9. Задачи силового исследования механизмов.
10. Кинематический анализ планетарных механизмов.
11. Силы инерции плоских и пространственных механизмов.
12. Синтез планетарных механизмов.

13. Задачи и методы динамического исследования.
14. Основная теорема зацепления.
15. Классификация структурных групп.

Основная литература:

- 1 Рязанцева, И. Л. Прикладная механика. Схемный анализ и синтез механизмов и машин Электронный ресурс: Учебное пособие / И. Л. Рязанцева. - Омск: Омский государственный технический университет, 2017. - 184 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-8149-2556-5, экземпляров неограничено
- 2 Островская, Э. Н. Прикладная механика: учебное пособие / Э.Н. Островская, О.Р. Каратаев; Министерство образования и науки России ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань: КНИТУ, 2017. - 108 с.: ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5- 7882-2283-7, экземпляров неограничено

Дополнительная литература:

- 1 Селиванов, Ю. Т. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебное пособие / Ю. Т. Селиванов. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 80 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5- 8265-1807-6, экземпляров неограничено
- 2 Бегун, П. И. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебник / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. - Прикладная механика, 2020-03-02. - Санкт-Петербург: Политехника, 2016. - 464 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-57325-1089-8, экземпляров неограничено

Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование

Тема 3. Детали машин.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы

Знать: способы задания движения, скорость и ускорение точки в декартовых осях.

Уметь: находить скорости и ускорения точек тела в различных видах движений.

Наименование формируемых компетенций

Код	Формулировка
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию
ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования

Практическое занятие 9. Конструирование литых деталей корпуса

Цель занятия: ознакомиться с конструированием литого корпуса современных редукторов.

Задача: изучить геометрические параметры литой корпусной детали.

При конструировании литой корпусной детали стенки следует по возможности выполнять одинаковой толщины. Толщину стенок литых деталей стремятся уменьшить до величины, определяемой условиями хорошего заполнения формы жидким металлом. Поэтому чем больше размеры корпуса, тем толще должны быть его стенки. Основной материал корпусов - серый чугун не ниже марки СЧ15.

Для редукторов вычисляют толщину δ стенки, отвечающую требованиям технологии литья, необходимой прочности и жесткости корпуса.

Плоскости стенок, встречающиеся под прямым углом или тупым углом, сопрягают дугами радиусом r и R . Если стенки встречаются под острым углом, рекомендуют их соединять короткой вертикальной стенкой. В обоих случаях принимают: $r \approx 0,5\delta$; $R \approx 1,5\delta$, где δ - толщина стенки. Формовочные уклоны задают углом β или катетом a в зависимости от высоты h . Толщину наружных ребер жесткости у их основания принимают равной $0,9...1,0$ толщины основной стенки δ . Толщина внутренних ребер из-за более медленного охлаждения металла должна быть $0,8\delta$. Высоту ребер принимают $h_p \geq 5\delta$. Поперечное сечение ребер жесткости выполняют с уклоном.

Часто к корпусной детали прикрепляют крышки, фланцы, кронштейны. Для их установки и крепления на корпусной детали предусматривают опорные платики. Эти платики при неточном литье могут быть смещены. Учитывая это, размеры сторон опорных платиков должны быть на величину C больше размеров опорных поверхностей прикрепляемых деталей. Для литых деталей средних размеров $C = 2...4$ мм. При конструировании корпусных деталей следует отделять обрабатываемые поверхности от "черных" (необрабатываемых). Обрабатываемые поверхности выполняют в виде платиков, высоту h которых можно принимать $h = (0,4...0,5) \delta$.

Во избежание поломки сверла поверхность детали, с которой соприкасается сверло в начале сверления, должна быть перпендикулярна оси сверла. Корпуса современных редукторов очерчивают плоскими поверхностями, все выступающие элементы (бобышки, подшипниковые гнезда, ребра жесткости) устраняют с наружных поверхностей и вводят внутрь корпуса, лапы под болты крепления к основанию не выступают за габариты корпуса, проушины для транспортировки редуктора отлиты заодно с корпусом. При такой конструкции корпус характеризуют большая жесткость и лучшие виброакустические свойства, повышенная прочность в местах расположения болтов крепления, уменьшение коробления при старении, возможность размещения большего объема масла, упрощение наружной очистки, удовлетворение современным требованиям технической эстетики. Однако масса корпуса из-за этого несколько возрастает, а литейная оснастка усложнена.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды выступающих элементов корпусов редукторов.
2. Как выполняют поперечное сечение ребер жесткости?

Практическое занятие 10. Основы проектирования механизмов, стадии разработки

Цель занятия: ознакомиться с основами проектирования механизмов.

Задача: изучить стадии разработки машин.

Проектированием называется процесс разработки комплексной технической документации, содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для производства машины. По типу изображения объекта различают *чертежное* и *объемное проектирование*; последнее включает выполнение макета или модели объекта. Для деталей машин характерен чертежный метод проектирования.

Совокупность конструкторских документов, полученных в результате проектирования, называется **проектом**.

Правила проектирования и оформления проектов стандартизованы в Единой системе конструкторской документации (ЕСКД), которая устанавливает пять стадий разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности, а именно:

– **техническое задание** устанавливает основное назначение и технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию;

– **техническое предложение** – совокупность конструкторских документов, содержащих технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания, сравнительной оценки возможных решений с учетом особенностей разрабатываемого и существующих подобных изделий, а также патентных материалов;

– **эскизный проект** – совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения, дающие общие представления об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие его основные параметры и габаритные размеры;

– **технический проект** – совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве изделия и исходные данные для разработки рабочей конструкторской документации.

Разработка технической документации включает чертежи узлов и деталей, спецификации, технические условия на изготовление, сборку, испытание изделия и др.

В соответствии с разработанной в процессе проектирования конструкторской документацией в дальнейшем создается *технологическая документация*, которая определяет технологию изготовления изделия.

Контрольные вопросы: 1. Перечислите виды рабочей конструкторской документации.

2. Какие *чертежи* включает разработка технической документации?

Вопросы и задания:

Базовый уровень

1. В чем заключается принципиальное отличие машины от механизма?
2. Классификация механизмов, узлов и деталей.
3. Какие факторы влияют на выбор материала детали, критерии работоспособности
4. В чём заключается отличие проверочного расчета от проектного?
5. Классификация заклепочных швов по назначению и конструктивным признакам
6. В чем заключаются достоинства и недостатки заклепочных соединений?
7. Приведите методику расчета прочных заклепочных швов при осевом нагружении?
8. Приведите достоинства и недостатки сварных соединений по сравнению с заклепочными?
9. Приведите методику расчета сварных соединений при осевом нагружении?
10. Паяные соединения.

11. Приведите достоинства и недостатки клеевых соединений по сравнению со сварными?
12. Соединения с натягом, шпоночные и штифтовые соединения.
13. Клеммовые и профильные соединения.
14. Дайте классификацию резьб, применяемых в машиностроении
15. Что называется, шагом и ходом резьбы?
16. Объясните, почему метрические резьбы с мелким шагом рекомендуется применять в соединениях в подверженных знакопеременным нагрузкам?
17. Назовите способы стопорения резьбовых соединений, приведите примеры
18. Какие функции в машинах могут выполнять передачи. Назовите основные виды передач
19. Достоинства и недостатки зубчатых передач. Классификация зубчатых передач.
20. Что такое усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев, в каких передачах оно наблюдается и как его можно предупредить.
21. В чем отличие методики расчета прямозубой и косозубой цилиндрической передачи.
22. Червячные передачи их достоинства и недостатки, применение в машиностроении.
23. Виды разрушения зубьев червячных колес.
24. Планетарные и волновые передачи.
25. Рычажные и фрикционные передачи.
26. Достоинства и недостатки клиноременных передач, методика расчета.
27. Достоинства и недостатки цепных передач, методика расчета.
28. Передачи винт-гайка.
29. Валы и оси, конструкция и расчеты на прочность.
30. Достоинства и недостатки подшипников качения, их применение в машиностроении. Основные причины выхода из строя подшипников качения.
31. Что служит причиной заклинивания подшипников качения.
32. Что необходимо учитывать при конструировании подшипниковых узлов конических прямозубых передач
33. По каким параметрам подбирают тип подшипников.
34. Основное назначение смазки подшипников качения и виды смазки.
35. Для чего применяют уплотнения подшипниковых узлов и виды уплотнений
36. Виды смазки редукторов.
37. Назначение и виды муфт и уплотнительных устройств
38. Коническая зубчатая передача. Ее достоинства и недостатки
39. Расчет клиноременной передачи.
40. Определение основных параметров червячной передачи.

Повышенный уровень

1. Цепные передачи. Классификация, достоинства и недостатки.
2. Определение основных параметров цилиндрической передачи.
3. Ременные передачи. Классификация, достоинства, недостатки, область применения
4. Механические передачи. Параметры вращательного движения.
5. Цилиндрическая зубчатая передача. Геометрические соотношения в цилиндрической прямозубой передаче.
6. Смазка и смазочные материалы редукторов.
7. Классификация редукторов и их комплектующие.
8. Материалы зубчатых колес. Способы термообработки.
9. Подбор приводных цепей. Классификация цепей. Достоинства и недостатки приводных цепей.
10. Допуски и посадки деталей машин.
11. Неразъемные соединения деталей машин. Достоинства, недостатки и область применения.

12. В чем отличие методик расчета прямозубой и косозубой цилиндрической передачи
13. Разъемные соединения деталей машин. Достоинства, недостатки и область применения.
14. Виды зубчатых передач. Их классификация
15. Подшипники. Их классификация и область применения
16. Достоинства и недостатки зубчатых передач. Классификация зубчатых передач
17. Критерии работоспособности деталей машин.
18. Что такое коррегирование зубчатых колес.
19. Материалы зубчатых колес. Их классификация по области применения.
20. Достоинства и недостатки клиноременных передач, методика расчета.

Основная литература:

- 1 Рязанцева, И. Л. Прикладная механика. Схемный анализ и синтез механизмов и машин Электронный ресурс: Учебное пособие / И. Л. Рязанцева. - Омск: Омский государственный технический университет, 2017. - 184 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-8149-2556-5, экземпляров неограничено
- 2 Островская, Э. Н. Прикладная механика: учебное пособие / Э.Н. Островская, О.Р. Каратаев; Министерство образования и науки России; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань: КНИТУ, 2017. - 108 с.: ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5- 7882-2283-7, экземпляров неограничено

Дополнительная литература:

- 1 Селиванов, Ю. Т. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебное пособие / Ю. Т. Селиванов. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 80 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5- 8265-1807-6, экземпляров неограничено
- 2 Бегун, П. И. Прикладная механика Электронный ресурс: Учебник / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. - Прикладная механика, 2020-03-02. - Санкт-Петербург: Политехника, 2016. - 464 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-57325-1089-8, экземпляров неограничено

Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ
по дисциплине «Прикладная механика»
для студентов очной формы обучения
направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Составители

Г.В. Кукинова, канд. техн. наук, доцент.

Отв. редактор

А.Л. Проскурнин, канд.хим.наук, доцент.

Редактор Л.Д. Бородастова

Подписано в печать

Формат 60 × 84 1/16

Уч.-изд. л. 0,9 п.л.

Усл. печ. л. 0,5 п.л.

Тираж 50 экз.

Северо-Кавказский федеральный университет

Невинномысский технологический институт (филиал)

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графических работ
по дисциплине «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»
для студентов очной формы обучения направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Невинномысск 2020

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА». Указания предназначены для студентов очной формы обучения, направления подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Составитель

Г.В. Кукинова, к.т.н., доцент

Отв. редактор

Д.В. Казаков, к.т.н., доцент

Содержание

1 Введение	4
2 Выбор варианта	5
3 Задания к расчетно-графической работе	5
4 Требования к выполнению и оформлению расчетно-графической работы	33
5 Список рекомендуемой литературы	35

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания и задания по курсу «Прикладная механика» составлены в соответствии с программой данного курса, читаемого в ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Невинномысский технологический институт (филиал).

Решение задач развивает навыки самостоятельной и творческой работы студентов. Студент должен уметь:

- пользоваться справочной литературой, ГОСТами, а также графическими материалами;
- выполнять расчеты деталей, узлов и механизмов в машинах, пользуясь справочной литературой, ГОСТами и другой нормативной документацией;
- применять навыки в области основных законов и расчетных соотношений сопротивления материалов, теории машин и механизмов, конструирования деталей машин современной техники;
- выполнять анализ технической документации, подбора оборудования, подготовки заявок на приобретение и ремонт оборудования.

Прикладная механика обучает выполнению расчётов, обеспечивающих надёжность конструкций под нагрузкой. Под надёжностью понимается главным образом прочность и жёсткость конструкций. Прикладная механика решает многие практические задачи на основе элементарной теории, в которой подходы к расчёту являются более упрощёнными и поэтому более «грубыми», а сами конструкции более простыми.

Прикладная механика тесно связана с математикой и физикой, использует их формулы для решения многих задач практики. Расчётно-графические работы выполняются по разделам «Сопротивление материалов», «Детали машин». Для выполнения контрольных работ студенту рекомендуется использовать литературу, приведенную в конце методических указаний.

Выбор варианта. Вариант группы задач студент выбирает в соответствии с последним номером своего студенческого билета, а числовые данные к по предпоследнему номеру.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Первая группа задач

1.1 Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

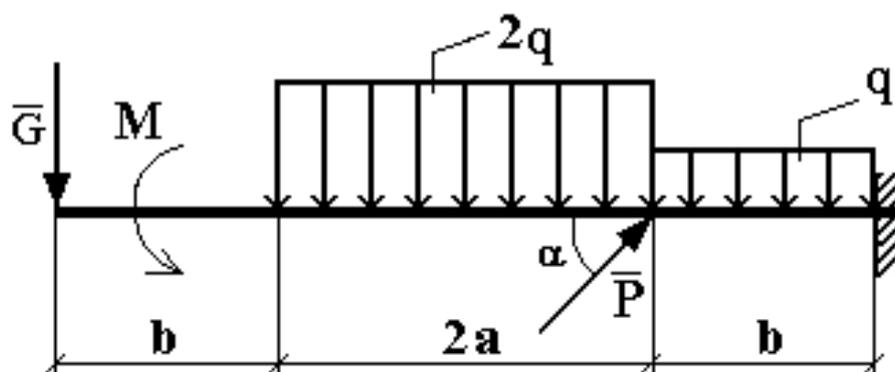


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

1.2. Рассчитать сварные швы для крепления боковин 1 неподвижного блока к основанию 2 (рис.1), по данным табл. 2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН α ,	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
рад H ,	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$
мм	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
A , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290

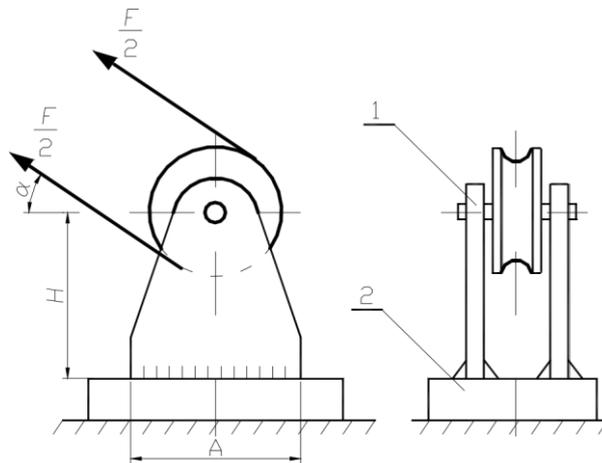


Рис. 1 Блок неподвижный:

1

1– боковина; 2 – основание

1.3 Рассчитать шпильки, которыми крышка прикреплена к паровому цилиндру (рис. 2). Давление пара в цилиндре часто меняющееся от 0 до максимального значения p . Максимальное рабочее давление пара p , внутренний диаметр цилиндра D и наружный диаметр крышки и фланца цилиндра D_1 приведены в табл. 3. Недостающими данными задаться.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

p , МПа	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,51
D , мм	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
D_1 , мм	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500

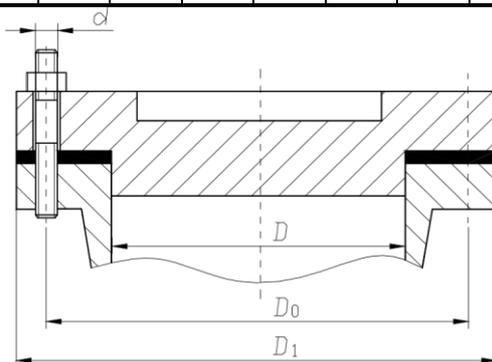


Рис. 2

1.4 Рассчитать глобоидную передачу редуктора (рис. 3). Передаваемая червяком мощность P_1 , угловая скорость его ω_1 и угловая скорость червячного колеса ω_2 приведены в табл. 4. Срок службы редуктора 35 000 ч.

Таблица 4

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	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	4	5	8	4	5	6	10	6	10	6
ω_2 , рад/с										

1.5 По данным предыдущей задачи 1.4 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 3) и подобрать для него подшипники качения. Расстояние между подшипниками вала принять конструктивно. Рассчитать шпоночное соединение червячного колеса с валом. Недостающими данными задаться. Привести рабочий эскиз вала (пример конструкции вала показан на рис. 4).

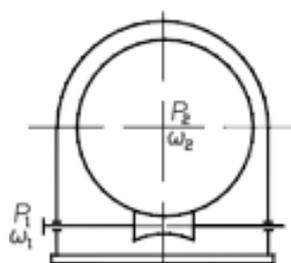


Рис. 3

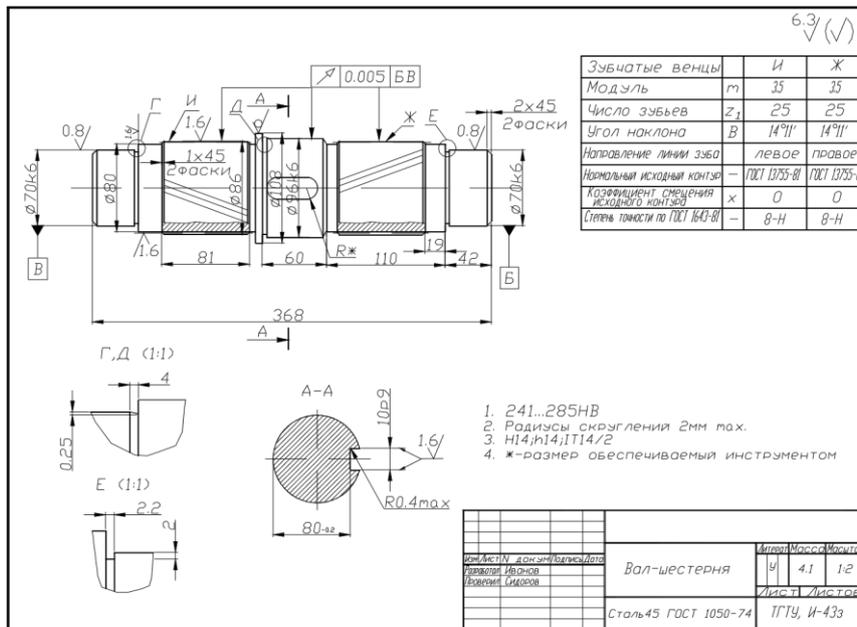


Рис. 4

Вторая группа задач

2.1 Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

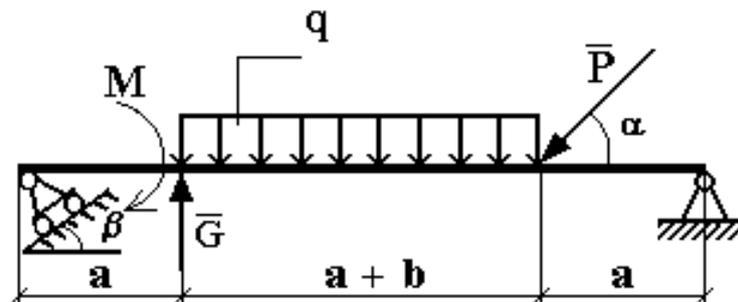


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

2.2 Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер к стальной колонне (рис. 5). Материал электрода и метод сварки назначить самостоятельно.

Данные для расчета приведены в табл. 2

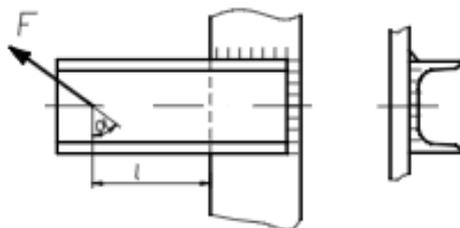


Рис. 5

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
α , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$
l , мм	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100

2.3 Рассчитать болты, которыми стойка прикрепляется к плите (рис. 6), по данным табл. 3.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a , мм	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
b , мм	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

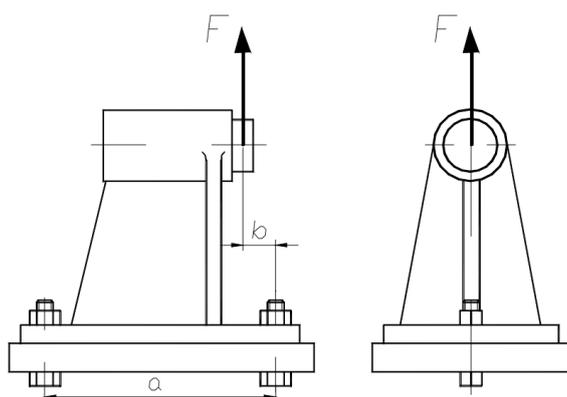


Рис. 6

2.4. Рассчитать зубчатые колеса коробки передач (рис. 7). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость этого вала ω_1 и передаточные числа u_{\max} и u_{\min} приведены в табл. 4.

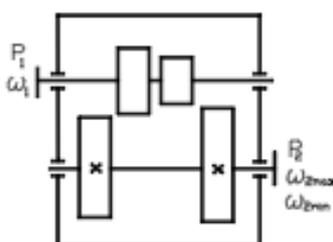


Рис. 7

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	6	7	8	6	7	8	8	9	10	12
ω_1 , рад/с	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
u_{\max}	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
u_{\min}	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

2.5 По данным задачи 2.4 рассчитать выходной вал коробки передач (рис. 7) и подобрать для него подшипники качения. Расстоянием между подшипниками, а также между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шлицевое соединение вала с блоком зубчатых колес. Выходной вал коробки скоростей соединяется со следующим валом посредством зубчатой муфты. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Третья группа задач

3.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

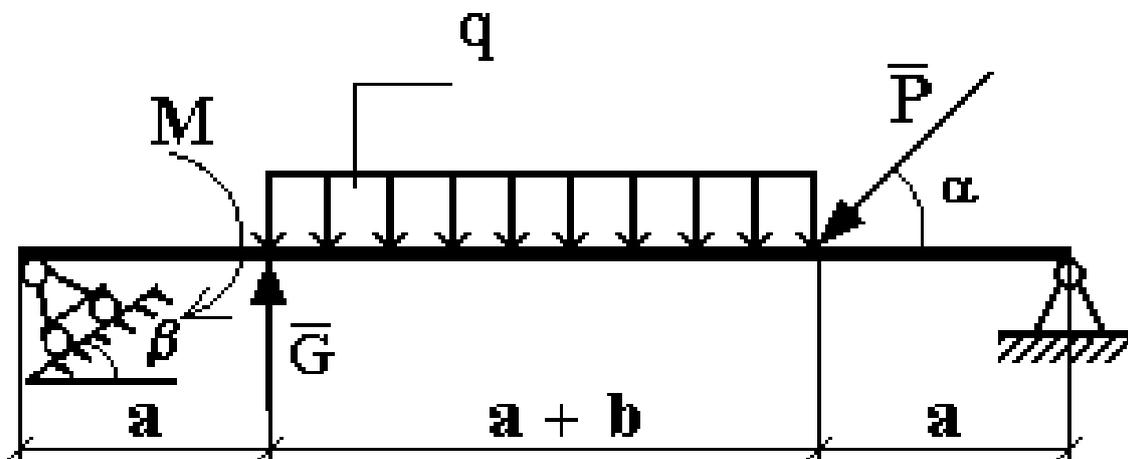


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила $P, кН$	Изгибающий момент $M, кН·м$	Сосредоточенная сила $G, кН$	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

3.2 Рассчитать сварные швы, соединяющие зубчатый венец колеса с его диском и диск со ступицей (рис. 8). Передаваемая зубчатым колесом мощность P , угловая скорость его ω и диаметры D и d приведены в табл. 2. Материал обода и ступицы – сталь 30, материал диска – сталь 15.

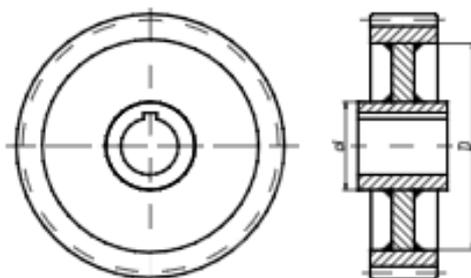


Рис. 8

Таблица 2

Велич.	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, кВт$	15	18	20	22	25	28	30	32	35	38
ω , рад/с	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$D, мм$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
$d, мм$	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105

3.3 Рассчитать болты фланцевой муфты (рис. 9). Передаваемая муфтой мощность P , угловая скорость муфты ω , диаметр окружности центров болтов D и число болтов z приведены в табл. 3. Материал половин муфты – чугун.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
ω , рад/с	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
D , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
z , шт.	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

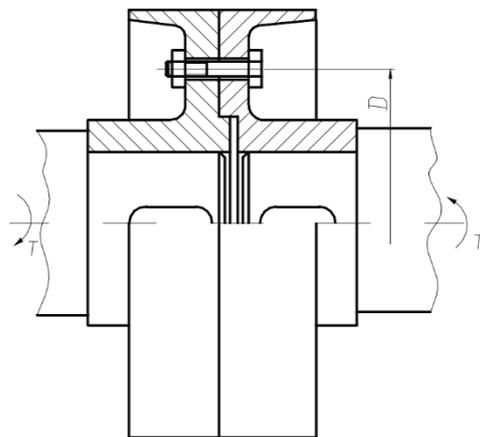


Рис. 9

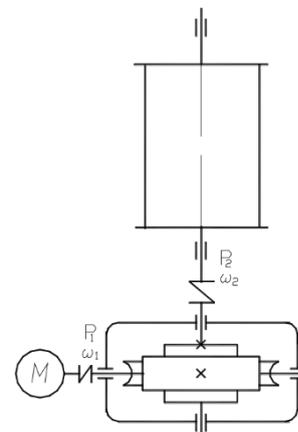


Рис. 10

3.4 Рассчитать червячную передачу редуктора для привода лебедки (рис. 10). Мощность электродвигателя P_1 , угловая скорость ω_1 и угловая скорость барабана ω_2 приведены в табл. 4. Недостающими данными задаться. Срок службы редуктора 30 000 ч.

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
ω_1 , рад/с	78	78	78	78	10	10	10	15	15	15
ω_2 , рад/с	6	6	6	6	10	10	10	12	12	12

3.5 По данным задачи 3.4 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 10) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояние между подшипниками выбрать конструктивно. Вал колеса соединяется с валом барабана посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Четвертая группа задач

4.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

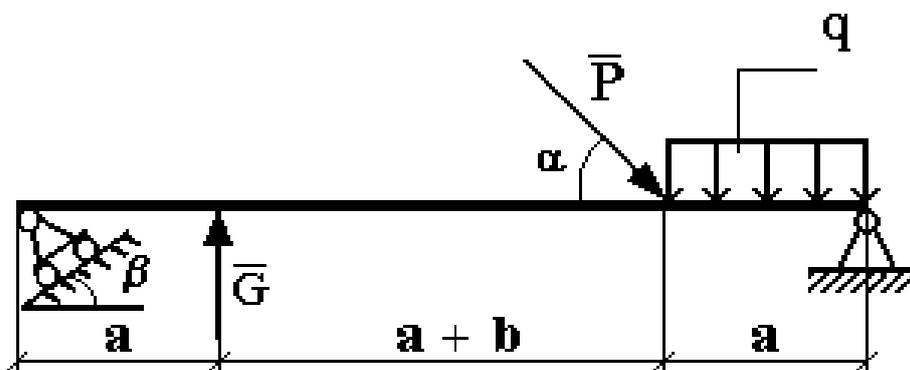


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

4.2 Рассчитать сварное соединение двух уголков с косынкой (рис. 11). На оба уголка действует растягивающая сила $2F$, приведенная в табл.2.

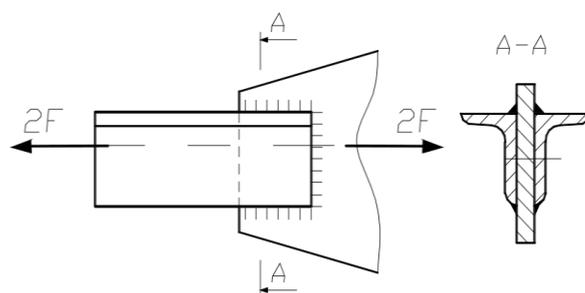


Рис. 11

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2F$, кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

4.3 Определить диаметр шпильки для станочного прихвата (рис. 12) по данным табл. 3. Недостающими данными задаться.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,5
a , мм	12	12	14	15	16	12	13	14	15	16
b , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	11	12	12	13	11	11	12	12	13
	0	5	0	5	0	0	5	0	5	0

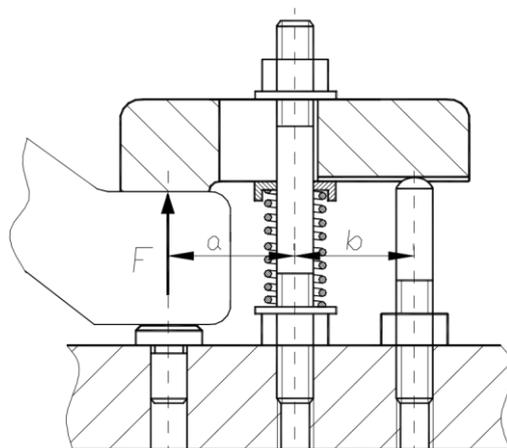


Рис. 12

4.4 Рассчитать зубчатые передачи редуктора привода ленточного транспортера (рис. 13). Мощность электродвигателя P_1 , угловая скорость его ω_1 и угловая скорость барабана ω_3 приведены в табл. 4. Срок службы редуктора 28 000 ч.

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
ω_1 , рад/с	15	15	15	10	10	10	8,5	9	9,5	10
ω_3 , рад/с	0	0	0	0	0	0	77	77	77	77
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6

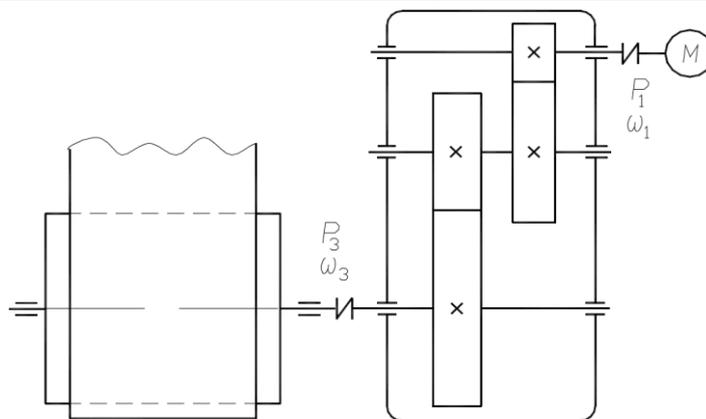


Рис. 13

4.5 По данным задачи 4.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 13) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Пятая группа задач

5.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

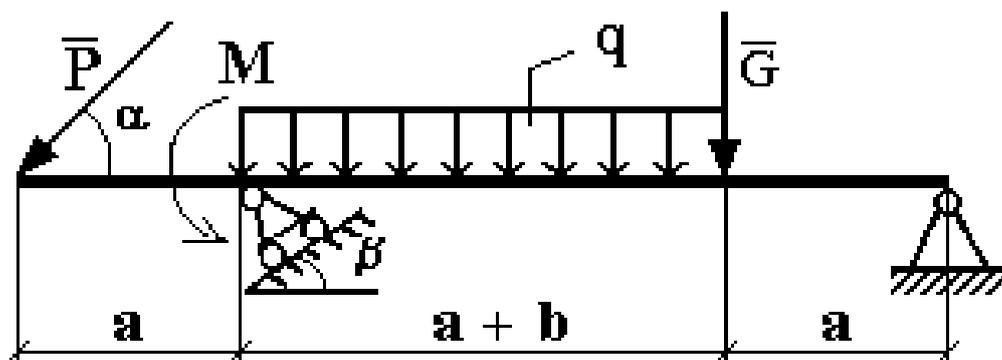


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

5.2 Рассчитать сварное соединение, состоящее из серьги, блоков и швеллера (рис. 14), по данным табл. 2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

h , мм	20	20	25	25	25	30	30	35	40	40
δ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α , рад	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/4$

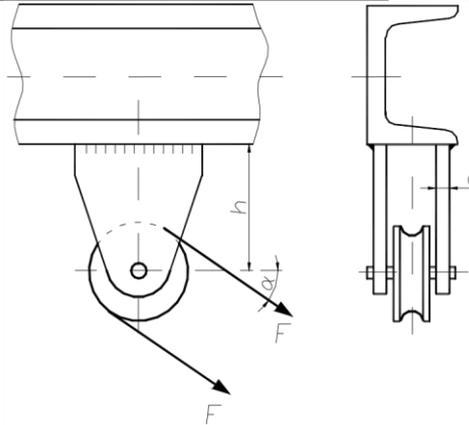


Рис. 14

5.3 Рассчитать болты крепления чугунного кронштейна с подшипником (рис. 15) к кирпичной стене по данным табл. 14. Недостающими данными задаться.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
a , мм	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
a , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b , мм	34	36	38	40	42	34	36	38	40	42
c , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	70	90	50	70	90	50	70	90	50

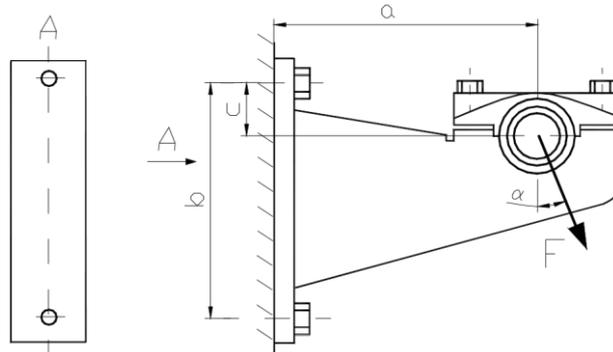


Рис. 15

5.4 Рассчитать планетарную зубчатую передачу редуктора (рис. 16). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость ведущего вала ω_1 и угловая скорость ведомого вала ω_2 приведены в табл. 15. Сроком службы зубчатых колес редуктора задаться.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	12	11	10	9	12	11	10	12	11	10
ω_1 ,	15	15	15	15	10	10	10	77	77	77
рад/с	0	0	0	0	0	0	0	8	10	12
ω_2 ,	20	22	24	26	12	14	16			
рад/с										

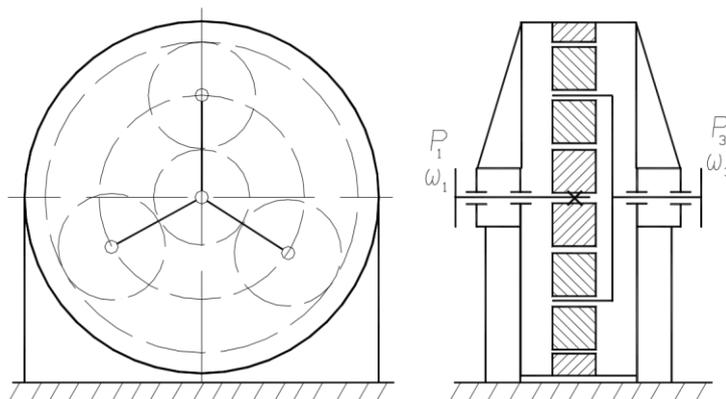


Рис. 16

5.5 По данным задачи 5.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 16) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками и от зубчатого колеса до ближайшего подшипника задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Шестая группа задач

6.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

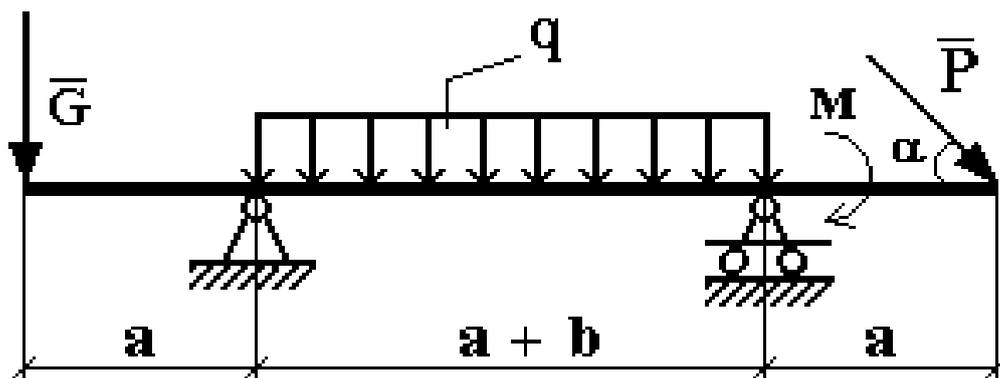


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

6.2 Определить размеры h и δ листов 1 и 2, прикрепленных к швеллерам колонны (рис. 17), и рассчитать сварные швы их по данным табл.2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
L , м	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

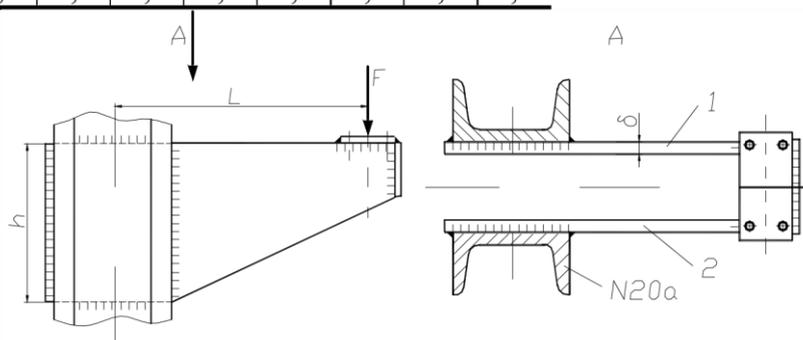


Рис. 17

6.3 Рассчитать болты, соединяющие крышку с цилиндрическим сосудом для сжатого воздуха (рис. 18). Давление воздуха в цилиндре по манометру p , наружный диаметр центрирующего выступа и внутренний диаметр прокладки D , наружный диаметр крышки фланца цилиндра и прокладки D_1 приведены в табл. 3. Недостающими данными задаться.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p , МПа	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
D , мм	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
D_1 , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.4 Рассчитать червячную передачу ручной тали (рис. 19). Вес поднимаемого груза F , усилие рабочего на тяговую цепь F_r , диаметр тягового колеса $D_{т.к}$ и диаметр звездочки D_3 приведены в табл. 4. Режим работы кратковременный. Срок службы передачи 18 000 ч.

6.5 По данным задачи 6.3 рассчитать вал звездочки и червячного колеса (рис. 19) и подобрать для него подшипники качения. Расстояние между опорами вала принять равным шестикратной ширине червячного ко-

леса. Рассчитать шлицевое соединение вала со звездочкой. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

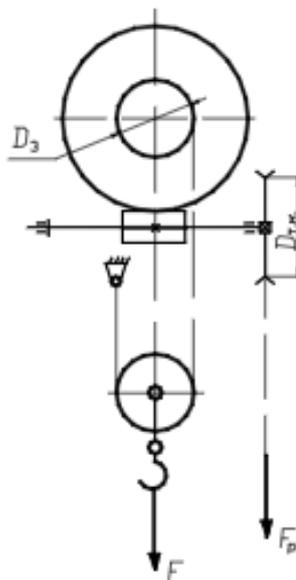


Рис. 19

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	15	15	15	18	18	18	22	22	25	25
F_p , Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$D_{т.к.}$ мм	30	30	30	31	31	31	32	32	33	33
D_3 , мм	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16
	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5

Седьмая группа задач

7.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

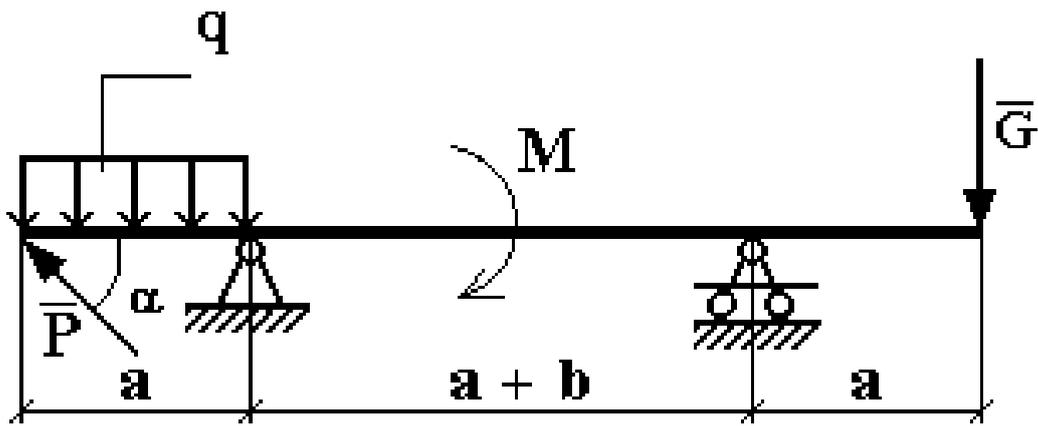


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

7.2 Рассчитать сварное соединение для клеммового рычага (рис. 20) по данным табл. 2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
L , см	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58

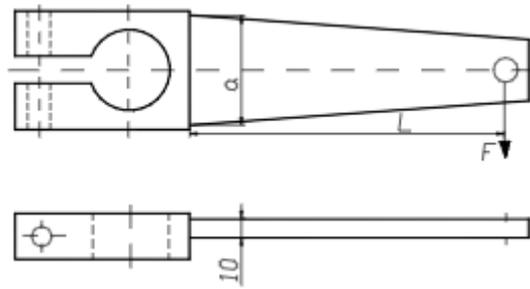


Рис. 20

7.3 Рассчитать болты фланцевого соединения водопроводных труб (рис. 21). Давление воды внутри труб по манометру p , диаметр труб D и диаметр окружности центров болтов D_1 приведены в табл. 3. Недостающими данными задаться.

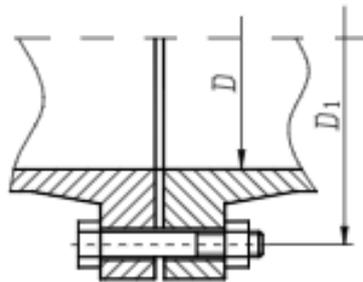


Рис. 21

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p , МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,5
D , мм	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D_1 , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.4 Рассчитать цилиндрическую зубчатую передачу коническо-цилиндрического прямозубого редуктора (рис. 22). Мощность на ведущем валу редуктора P_1 , его угловая скорость ω_1 , угловая скорость ведомого вала ω_3 приведены в табл. 4. Сроком службы задаться.

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
ω_1 , рад/с	77	77	77	10	10	10	15	15	15	15
ω_3 , рад/с	7	8	9	0	0	0	0	0	0	0
				10	11	12	13	14	15	16

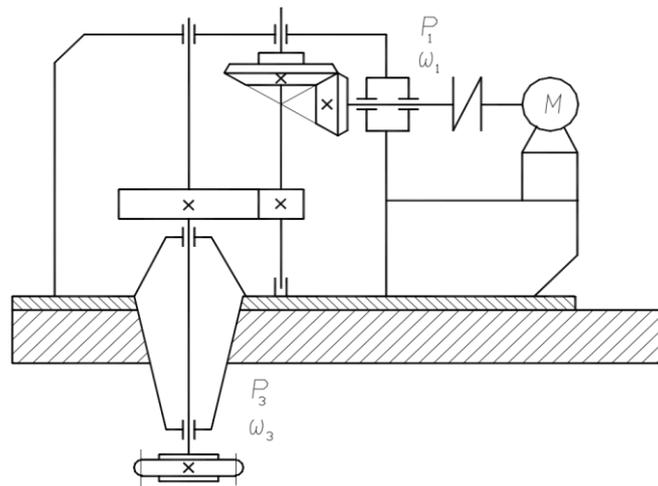


Рис. 22

7.5 По данным задачи 7.4 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 22) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между подшипниками и шестерней задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателей посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Восьмая группа задач

8.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

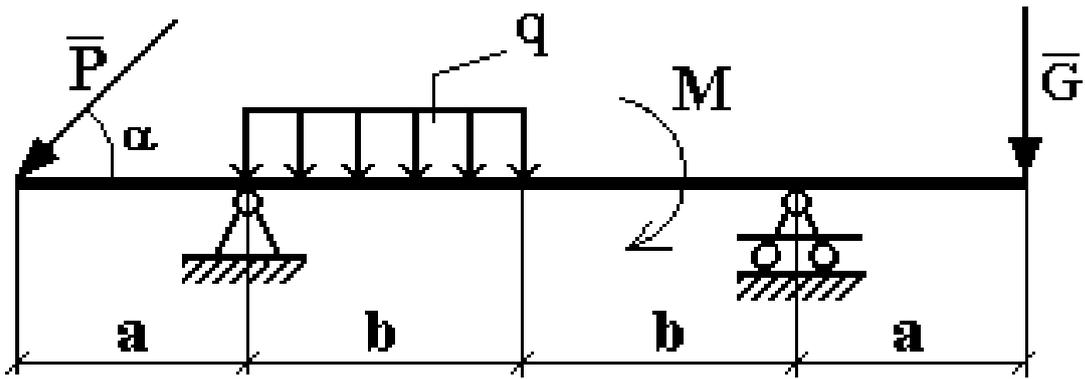


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

8.2 Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2 (рис. 23) по данным табл. 2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b , см	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
a , см	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
α , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

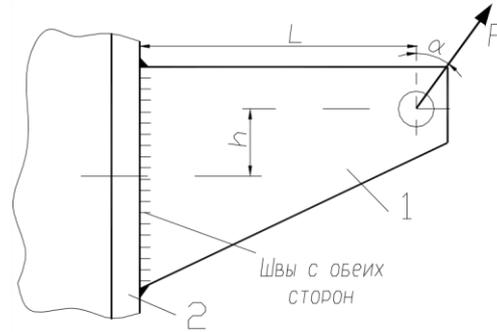


Рис. 23

8.3 Рассчитать болты, которыми полоса 1 прикреплена к швеллерной балке 2 (рис. 24), по данным табл. 3. Определить диаметр болтов для двух случаев, когда они стоят: а) без зазора; б) с зазором. Коэффициент трения между полосой и балкой $f = 0,2$.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
α , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

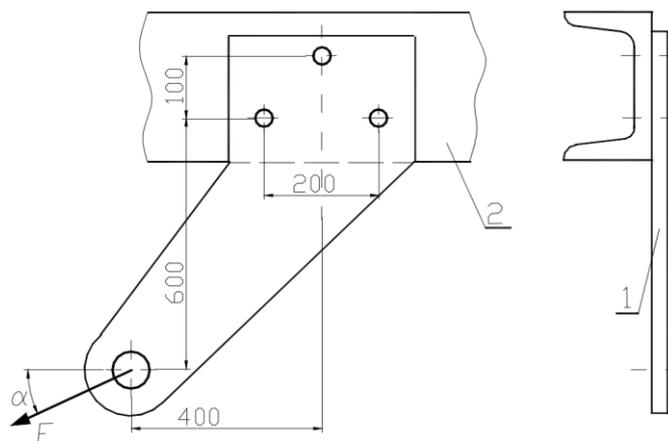


Рис. 24

8.4 Рассчитать колеса косозубо-прямоугольного соосного редуктора (рис.

25). Мощность на ведомом валу редуктора РЗ, угловая скорость ведомого вала ω_3 и передаточное число редуктора и приведены в табл. 4. Сроком службы зубчатых колес задаться.

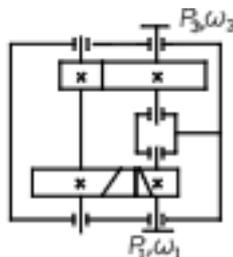


Рис. 25

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
ω_3 , рад/с	5	5	6	6	5	5	7	7	6	6
i	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

8.5 По данным задачи 8.3 рассчитать промежуточный вал редуктора (рис. 25) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Девятая группа задач

9.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

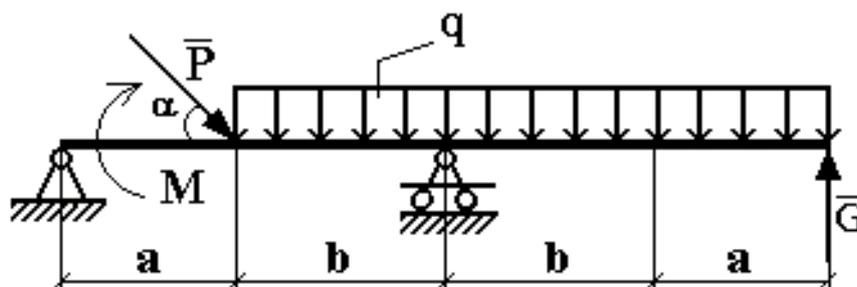


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, м$	$b, м$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

9.2 Рассчитать сварное соединение двух уголков с плитой (рис. 26). Угол $\alpha = \pi/6$ рад, а действующая на уголки сила F приведена в табл. 2.

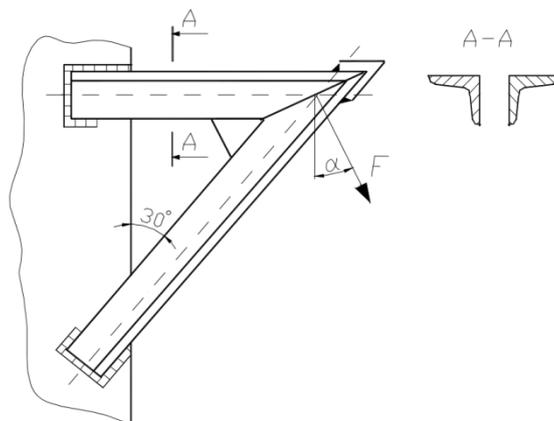


Рис. 26

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

9.3 Рассчитать болт клеммового соединения, посредством которого рычаг неподвижно закрепляется на валу (рис. 27). Диаметр вала D , сила, действующая на рычаг, F , радиус рычага R и расстояние от оси болта до вала a

приведены в табл. 3. Материал вала – сталь, материал рычага – чугун.

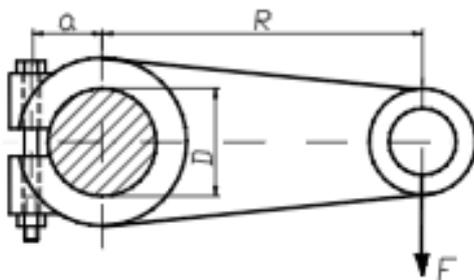


Рис. 27

Таблица 3

Вели-	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
F , Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R , мм	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
α , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42

9.4 Рассчитать червячную передачу редуктора (рис. 28). Передаваемая червяком мощность P_1 , угловая скорость его ω_1 и передаточное число передачи и приведены в табл. 4. Недостающими данными задаться. Срок службы передачи 20 000 ч.

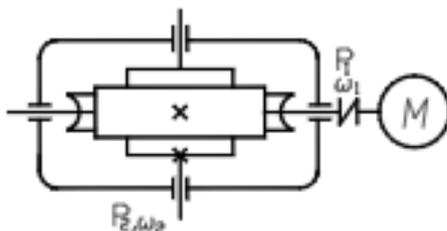


Рис. 28

Таблица 4

Вели- чина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ω_1 , рад/с	77	77	77	10	10	10	15	15	15	15
u	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22

9.5 По данным задачи 9.4 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 28) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между

подшипниками задаться. Вал колеса соединяется со следующим валом посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала (рис. 4).

Десятая группа задач

10.1. Для заданной схемы балки требуется написать выражения Q и M , для каждого участка в общем виде, построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , найти наибольшее значение изгибающего момента M и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из таблицы 1.

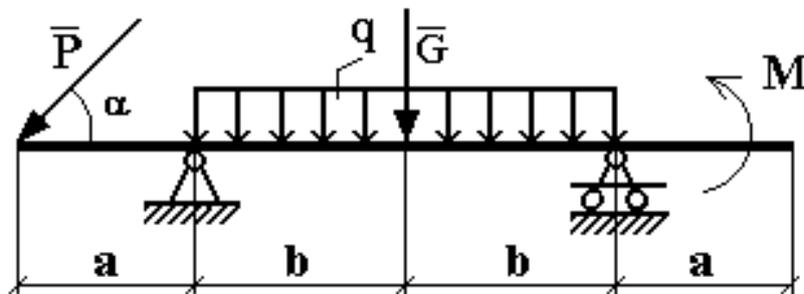


Таблица 1.

Вариант	Данные величины						
	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	Угол α , град	Сосредоточенная сила P , кН	Изгибающий момент M , кН·м	Сосредоточенная сила G , кН	Равномерно распределяемая нагрузка q
1	2,0	3,2	30	10	7	20	22
2	2,2	3,4	45	10	7	19	21
3	2,4	3,6	60	11	8	18	20
4	2,6	3,8	90	11	8	16	19
5	2,8	4,0	30	12	9	15	18
6	3,0	4,2	45	12	9	14	17
7	3,2	4,4	60	13	10	13	16
8	3,4	4,6	90	13	10	12	15
9	3,6	4,8	30	14	11	11	14
10	3,8	5,0	60	14	11	10	13

10.2 Рассчитать сварное соединение двутавровой балки с колонной (рис. 29) по данным табл. 2.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
L , м	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

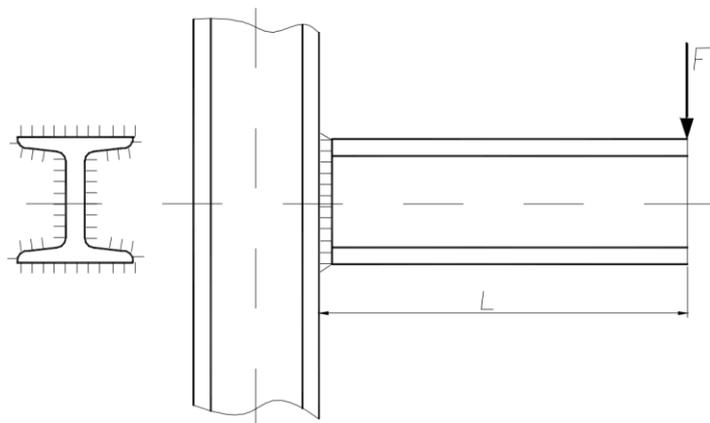


Рис. 29

10.3 Рассчитать болты крепления зубчатого колеса к барабану лебедки (рис. 30). Вес поднимаемого груза F , диаметр барабана D_1 и диаметр окружности центров болтов D_2 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
D_1 , мм	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45
D_2 , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

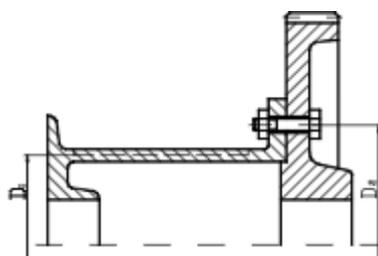


Рис. 30

10.4 Рассчитать коническую зубчатую передачу редуктора и открытую цилиндрическую зубчатую передачу привода шаровой мельницы (рис. 31). Мощность на зубчатом колесе мельницы P_3 , угловая скорость его ω_3 и передаточное число привода i приведены в табл. 30. Срок службы передачи 30 000 ч .

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3, \text{кВт}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\omega_3, \text{рад/с}$	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
m	12	14	15	16	12	14	15	16	12	15

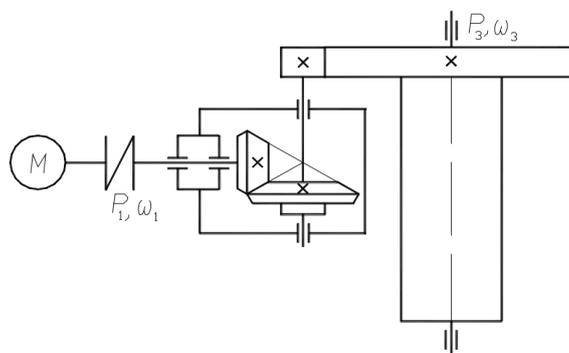


Рис. 31

10.5 По данным задачи 10.4 рассчитать ведущий вал редуктора (см. рис. 31) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипником задаться. Ведущий вал соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

Требования к выполнению и оформлению расчетно-графической работы

Прежде чем приступить к выполнению задания, следует изучить соответствующий теоретический материал по учебнику или конспекту лекций и подробно разобрать приведенные там примеры; разобрать задачи, рассмотренные на практических занятиях. Приступая к решению задания, надо разобраться в условии задачи и рисунке.

1. Расчетно-графическая работа выполняется на сброшюрованных листах формата А4, строго по варианту, назначенному преподавателем. Первый лист является титульным.
2. Все страницы должны иметь поля: слева - 20 мм, справа - 5 мм, сверху - 5 мм, снизу - 5 мм.
3. Перед выполнением задания необходимо записать его условие, выбранные исходные данные и в соответствии с ними изобразить расчетную схему.
4. Решение записывается подробно и аккуратно со всеми вычислениями, вспомогательными чертежами и пояснениями. Требуемые величины находятся сначала в алгебраической форме и записываются в виде

формулы. Затем в эту формулу подставляются известные числовые величины в соответствии с их позицией в формуле и после знака равенства записывается результат и его размерность. Промежуточные вычисления при этом опускаются. Вычисления проводятся с точностью до третьей либо четвертой значащей цифры.

5. Расчетные схемы рисуются крупно на отдельной странице с помощью чертежных инструментов, строго в масштабе, с указанием всех размеров, числовых данных и осей. Углы должны вычерчиваться точно с использованием транспортира. Многие величины, определяемые в ходе решения задач, являются векторными, поэтому следует определить не только их модули, но и построить (изобразить) эти векторы на рисунках.
6. Пометки, сделанные преподавателем при проверке, не убираются. Следует иметь в виду, что преподаватель при проверке работы отмечает, как правило, лишь место появления ошибки и ее характер.
7. Разобравшись по учебнику с теоретическим материалом, студент должен исправить допущенную ошибку, а затем внести исправления во все расчеты, оказавшиеся ошибочными, начиная с места появления ошибки и до конца решения задачи.
8. Работа считается зачтенной только после ее *защиты* преподавателю, проводимой в форме собеседования.
9. Работа, не соответствующая своему варианту, или выполненная с нарушением изложенных требований, не засчитывается и возвращается для исправления.

Требования к оформлению графиков и схем

1. Графики и схемы вычерчиваются на листах формата А4 и должны иметь разницу и основную надпись по ГОСТ 2.104-68 (форма 1).
2. Оси графиков и схем проводятся толщиной 0,8-1,2 мм. Масштабные коэффициенты должны быть расположены по осям координат.
3. Каждое изображение на листе должно иметь наименование и масштабный коэффициент построения. Надпись делается над построением.
4. Шрифт надписи - на номер больше принятой для обозначений в схеме или графике.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Механика / В. Кушнарченко, Ю. Чирков, А. Ефанов и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2014.

2. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / П. Островская, Э. Н. Прикладная механика: учебное пособие / Э. Н. Островская, О. Р. Каратаев; Министерство образования и науки России; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань: КНИТУ, 2017. - 108 с.: ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5- 7882-2283-7, экземпляров неограничено

Дополнительная литература:

1. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 2005.
2. Поляков А.А. Механика химических производств: Учебное пособие. – М.: Альянс, 2007.
3. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник. - М.: Высшая школа, 2009.
4. Гуревич Ю.Е., Косов М.Г., Схиртладзе А.Г. Детали машин и основы конструирования: учебник. - М.: Академия, 2012. – (Бакалавриат).
5. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник. - М.: Высшая школа, 2009.

Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 Министерство образования и науки РФ www.mon.gov.ru
- 7 Российский образовательный портал www.edu.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению расчетно-графических работ
по дисциплине «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»
для студентов очной формы обучения направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Составитель

Г.В. Кукинова, к.т.н., доцент

Отв. редактор

Д.В. Казаков, к.т.н., доцент

Редактор Л.Д. Бородастова

Подписано в печать

Формат 60 × 84 1/16

Уч.-изд. л. 0,6 п.л.

Усл. печ. л. 0,5 п.л.

Тираж 50 экз.

Северо-Кавказский федеральный университет

Невинномысский технологический институт (филиал)

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1