Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

Методические рекомендации по выполнению

практических работ

по учебной дисциплине

**«Техническая механика»**

для специальности

**22.02.06 Сварочное производство**

(часть 1)

Челябинск 2021г.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | Методические рекомендации составлены в соответствии с программой учебной дисциплины «Техническая механика» для специальности 22.02.06 Сварочное производство | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией «Сварочное производство»  протокол № \_\_\_\_\_\_  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г.  Председатель ПЦК  Ю. А. Мороз | УТВЕРЖДАЮ  Заместитель директора  по УМР  \_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г. | |  |  |

Автор – Шичкина Г.Н. преподаватель ГБПОУ «ЮУрГТК»

Акт согласования

методических рекомендаций по выполнению

практических работ по дисциплине «Техническая механика»

для студентов специальности

**22.02.06 Сварочное производство**,

разработанных преподавателем «ЮУрГТК» Шичкиной Г.Н.

Представленные методические рекомендации разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика», составленной в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 22.02.06 Сварочное производство. Рассматриваемые методические рекомендации предусматривают выполнение 13-ти практических работ (28часов).

Тематика практических работ охватывает все разделы дисциплины, обеспечивает формирование умений, знаний по дисциплине (элементов компетенций выпускника), определяемые ФГОС по данной специальности. Содержание практических работ обеспечивает выполнение заданий второго уровня усвоения.

****Методические рекомендации соответствуют уровню подготовки выпускника среднего профессионального образования, определяемые ФГОС и могут быть рекомендованы для использования в образовательном процессе по специальности 22.02.06 Сварочное производство.

Технический директор ЗАО ВММ-2 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.Г.Девальд

**Пояснительная записка**

Методические рекомендации по выполнению практических работ предна-значены для студентов специальности 22.02.06 Сварочное производство.

Практические работы являются важным элементом изучения дисцип-лины. В результате выполнения практических работ студенты систематизи-руют и закрепляют теоретический материал, формируют элементы общих и профессиональных компетенций.

Рабочей программой учебной дисциплины предусмотрено выполнение 13-ти практических работ в объеме 28 часов, направленных на формирование:

**умений:**

* производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
* читать кинематические схемы;
* определять напряжения в конструкционных элементах.

**знаний:**

* основы технической механики;
* виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
* методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
* основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения.

**элементов компетенций**:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами

ПК 1.4. Хранить и использовать сварочную аппаратуру и инструменты в ходе производственного процесса

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами

ПК 2.2. Выполнять расчеты и конструирование сварных соединений и конструкций

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию

ПК 2.5. Осуществлять разработку и оформление графических, вычислительных и проектных работ с использованием информационно-компьютерных технологий

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений

ПК 3.3. Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки

ПК 4.1. Осуществлять текущее и перспективное планирование производственных работ

ПК 4.2. Производить технологические расчеты на основе нормативов технологических режимов, трудовых и материальных затрат

ПК 4.3. Применять методы и приемы организации труда, эксплуатации оборудования, оснастки, средств механизации для повышения эффективности производства

ПК 4.4. Организовывать ремонт и техническое обслуживание сварочного производства по Единой системе планово-предупредительного ремонта

ПК 4.5. Обеспечивать профилактику и безопасность условий труда на участке сварочных работ

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях

ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности

ОК 6. Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7. Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации

ОК 9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности

Все практические работы содержат наименование, цель, перечень эле-ментов формируемых умений, знаний, краткий теоретический материал, ход выполнения работы, структуру отчета, контрольные вопросы (с целью выявле-ния и устранения недочетов в освоении материала).

В практических работах приведены варианты индивидуальных заданий. Для получения дополнительной информации по вопросам учебной дис-циплины приведен список литературы.

В данных методических рекомендациях приведены работы, содержание которых предусматривает выполнение заданий второго уровня усвоения.

Отчеты студентов по практическим работам выполняются на листах формата А4 в соответствии со структурой отчетов, приведенными в методи-ческих рекомендациях.

**Перечень практических работ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № практической работы | Наименование практической работы | К-во  часов |
| 1 | Определение усилий в стержнях | 2 |
| 2 | Определение опорных реакций балок | 2 |
| 3 | Определение координат центра тяжести плоского сечения | 2 |
| 4 | Определение угловых, линейных скоростей и ускорений при вращательном движении твердого тела | 2 |
| 5 | Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений, определение абсолютного удлинения бруса. | 2 |
| 6 | Расчет на прочность при растяжении, сжатии | 2 |
| 7 | Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов | 2 |
|  | **Всего** | **14** |

**Практическая работа №1.**

**Название практической работы:** Определение усилий в стержнях.

**Цель**: освоение методики определения реакций связей стержневой системы.

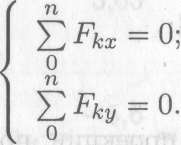
***Умения*** *(элементы)****:***–определять напряжения в конструкционных элементах

***Знания*** (актуализация)*: -* основы технической механики; (уравнения равновесия плоской системы сходящихся сил, формулы для определения проекции силы на ось);

**Теоретический материал**

Система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости и пересекаются в одной точке, называется плоской системой сходящихся сил.

Условие равновесия для данной системы сил в аналитической форме можно сформулировать следующим образом: *Плоская система сходящихся сил находится в равновесии, если равнодействующая сила системы равна нулю.*

 Системауравнений равновесия плоской сходящейся системы сил:

*Величина проекции силы на ось* равна произведению модуля силы на косинус острого угла между вектором силы иосью (рисунок 1;а). Проекция силы на ось имеет знак: *положительный при одинаковом направлении* вектора силы и оси и *отрицательный* при направлении вектора силы противоположно положи-тельному направлению оси (рисунок 1;а) *F1x = F1cosα1*;*F2x***=** *- F2*cosβ2

Частные случаи определения проекции силы на ось:

1. если сила *параллельна* оси, то ее проекция на эту ось *равна величине вектора силы* (рисунок 1, в);F4x ° = - F4

2. если сила *перпендикулярна* оси, то ее проекция на эту ось *равна нулю* (рисунок 1, *б)*: ;*F3x* = 0

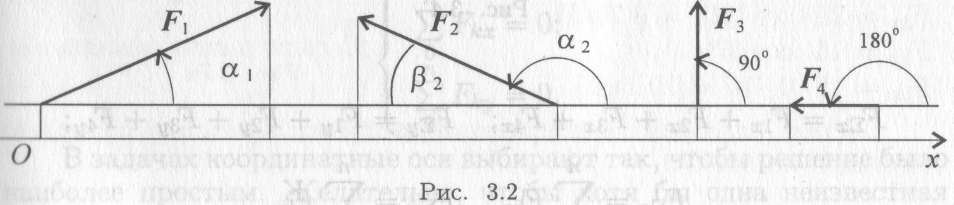
* а) б) в)*

Рисунок 1 - Проекция силы на ось.

В данной практической работе, используя уравнения равновесия плоской системы сходящихся сил, требуется определить реакции двух шарнирно соединенных между собой стержней, удерживающих грузы.

**Пример.** Определить реакции стержней, удерживающих грузы

*F1 =* 70 кН и *F2*= 100 кН (рис. 2,а).

Решение.

1. Рассматриваем равновесие шарнира В (рис.1,а)

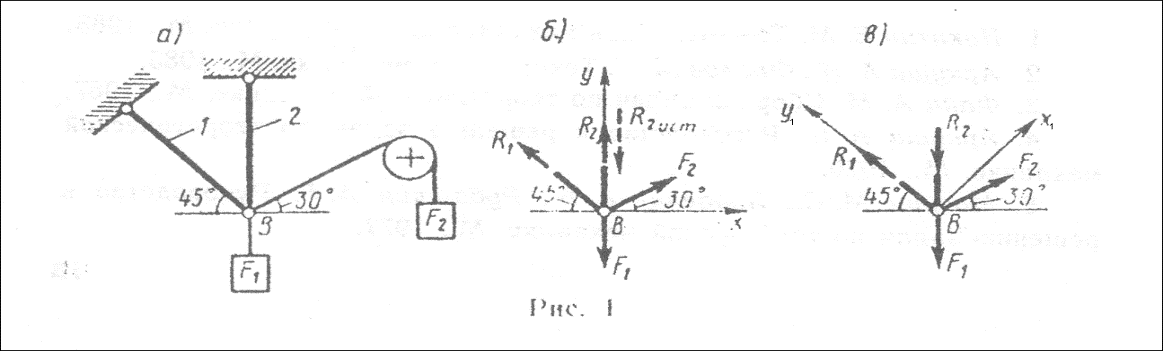


Рисунок 2 - Схема расчета к примеру

2.Освобождаем шарнир В от связей и изображаем действующие на него активные силы F1, F2.

3.Заменим связи их реакциями R 1, R2

4.Выбираем систему координат, совместив ось у по направлению R2 (рис.2,б) и составляем уравнения равновесия для системы сил, действующих на шарнир В:

∑ Fix = F2∙cos 30o – R1∙ cos45o = 0 (1)

∑ Fiy  = -F1 + F2 ∙cos60о+ R2 + R1∙ cos45о = 0 (2)

5. Определяем реакции стержней R1 и R2 , кН:

Из уравнения (1)



Подставляя найденное значение R1 в уравнение (2), получаем



Знак минус перед значением R2 указывает на то, что первоначально выбранное направление реакции неверно, следует направить реакцию R2 в противоположную сторону, т.е. к шарниру В (на рис. 2,б) (истинное направление реакции R2 показано штриховым вектором).

6. Проверяем правильность полученных результатов, выбрав новое расположение осей координат Χ1, Υ1 (рис. 2, в). Относительно этих осей составляем уравнения равновесия:

ΣFix1= — R2 ∙ cos 45° + F2 ∙ соs 15° — F1∙ cos 45° = 0, (3)

ΣFiy1 = R1 — F1∙cos45°— R2∙cos45° — F2 ∙cos75° = 0. (4) Из уравнения (3) находим



Подставляя найденное значение R2 в уравнение (4), получаем



R1 = 70∙ 0,707 + 66,6∙ 0,707 + 100 ∙0,258 = 122 kH

Значения реакций R1 и R2, полученные при решении уравнений (1) и (2), совпадают по величине и направлению со значениями, найденными из уравнений (3) и (4), следовательно, задача решена правильно.

**Задание к практической работе:** Определить реакции стержней (рисунок 3).

**Ход выполнения работы**:

1. Определить исходные данные для работы, в соответствие со своим вариантом (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные к практической работе.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ варианта** | № схемы | F1  кН | F2  кН |  | **№**  **варианта** | № схемы | F1  кН | F2  кН | |
| **1** | 2 | 3 | 4 | **14** | 2 | 3 | 4 | |
| **2** | 1 | 2 | 3 | **15** | 4 | 20 | 22 | |
| **3** | 2 | 4 | 5 | **16** | 5 | 2 | 4 | |
| **4** | 3 | 6 | 7 | **17** | 6 | 5 | 6 | |
| **5** | 4 | 8 | 9 | **18** | 7 | 8 | 4 | |
| **6** | 5 | 10 | 11 | **19** | 8 | 12 | 15 | |
| **7** | 6 | 20 | 30 | **20** | 9 | 2 | 3 | |
| **8** | 7 | 22 | 24 | **21** | 10 | 4 | 5 |
| **9** | 8 | 8 | 10 | **22** | 1 | 7 | 8 |
| **10** | 9 | 5 | 6 | **23** | 2 | 12 | 10 |
| **11** | 10 | 4 | 7 | **24** | 3 | 6 | 8 |
| **12** | 1 | 10 | 12 | **25** | 4 | 2 | 5 |
| **13** | 2 | 8 | 10 | **26** | 5 | 3 | 5 |

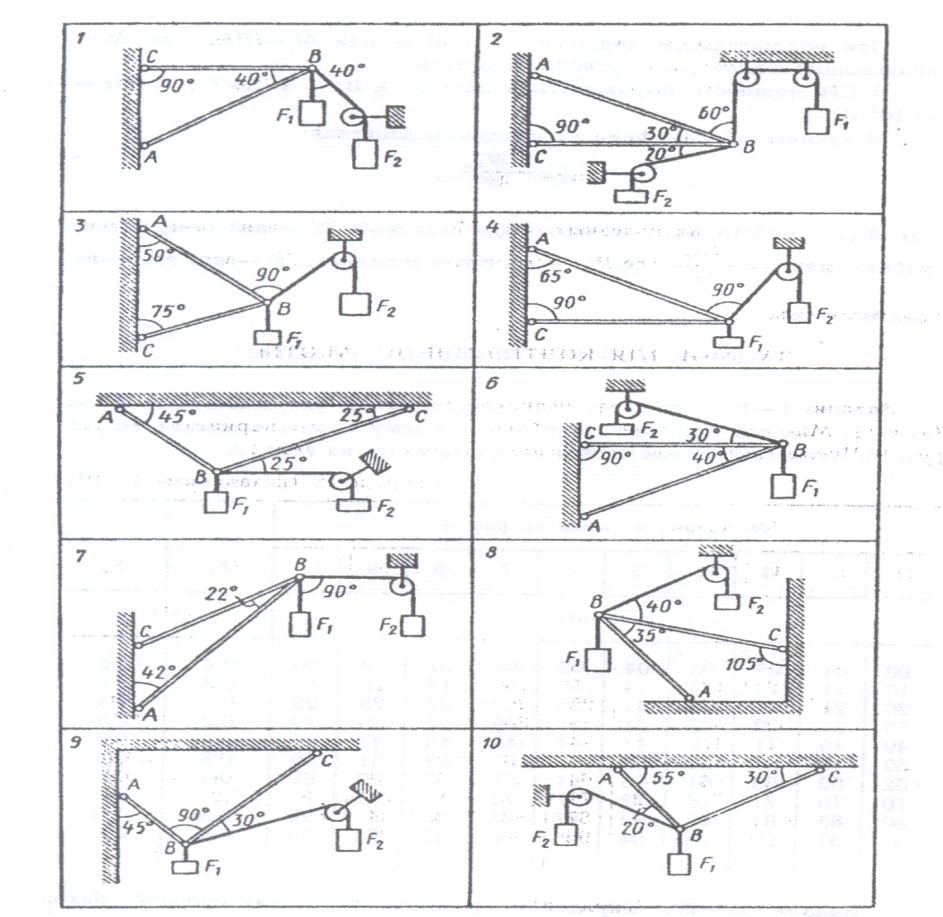


Рисунок 3 - Схемы стержней к практической работе

2. Выбрать тело (точку), равновесие которого следует рассматривать.

3. Освободить тело от связей и изобразить действующие на него активные силы и реакции отброшенных связей.

4. Выбрать оси координат и составить уравнения равновесия, используя уравнения равновесия системы сходящихся сил.

5. Определить реакции стержней из решения указанной системы уравнений.

6. Проверить правильность полученных результатов

7.Сделать вывод по работе.

8. Ответить на контрольные вопросы:

1).Какая система сил называется плоской сходящейся?

2). Запишите формулы для определения проекции силы на ось.

3). При каких условиях проекция силы на ось будет равна нулю? величине силы?

4). Сформулируйте условное правило знаков проекции силы на ось.

5).Запишите условие и уравнения равновесия плоской сходящейся системы сил.

**Структура отчета по практической работе**

1. Номер и название практической работы

2. Цель:

3. Задание:

4 Схема нагружения.

5. Расчетная схема.

6. Уравнения равновесия.

7. Проверка правильности решения.

8 Ответ.

9 Вывод по работе.

10 Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа №2**

**Определение опорных реакций балок**.

**Цель:** Формирование умений расчета реакций опор 2-х опорной и консольной балок.

***Умения:*** производить расчеты простейших сборочных единиц (определение нагрузок в опорах балочных систем)

***Знания:*** основы технической механики (уравнения равновесия статики для плоской произвольной системы сил, формулы для определения проекции силы на ось и момента силы относительно точки)

**Теоретический материал**

Балка- деталь, выполненная в виде прямолинейного бруса с одной опорой (жесткая заделка, рис.1в ) или двумя шарнирными опорами: шарнирно подвижной (рис.1б), и шарнирно неподвижной (рис1а).

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 1а. Шарнирно-неподвижная опора | Рисунок 1в. Жесткая заделка |
| Рисунок1б. Шарнирно-подвижная опора |  |

Внешние силы (нагрузки), действующие на балку (рис.3):

а) F- сосредоточенная сила, приложенная в (·) D (рис. 3);

б) m- сосредоточенный момент пары сил в (·) С (рис.3) ;

в) равномерно распределенная нагрузка, интенсивностью q на участке СВ; при решении задач эту нагрузку заменяют равнодействующей Fq, имеющей направление нагрузки, приложенной посередине длины действия нагрузки(рис2).

Fq = q ∙ ℓ



Рисунок 2. Равномерно распределенная Рисунок 3. Нагрузка, действующая

нагрузка. на балку

Силу F, приложенную под углом к оси балки, при решении задач необходимо разложить на 2 взаимно перпендикулярные составляющие:

Fx = F ∙ cosα; Fy = F ∙ cosβ (рис.4)



Рисунок 4. Разложение силы на составляющие

В задачах, предложенных в данной практической работе, на балку действует плоская произвольно расположенная система сил (активных и реактивных). Для определения реакций опор необходимо составить уравнения равновесия.

Три формы уравнений равновесия

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 1 форма |  | 2 форма |  | 3 форма |  |
|  |  |  |  |  |  |

Для решения задач в практической работе рекомендуется 2 форма.

Для составления уравнений равновесия необходимо уметь определять проекцию силы на оси координат: Fx = F ∙ cosα; Fy = F ∙ cosβ



Рисунок 5 - Проекция силы на ось

Проекция силы на ось равна произведению величины силы (модуля) на косинус *острого* угла между направлением силы и направлением оси.

Правило знаков:

-проекция (+), если направление силы совпадает с положительным направлением оси; проекция (-), если направление силы и оси противоположны.

Частные случаи определения проекции:

Момент силы относительно точки равен произведению величины силы на плечо: MA(F) = F ∙ /AK/,

где АК – *плечо силы* – кратчайшее расстояние от (·) А до линии действия силы.

Правило знаков момента силы относительно точки:

момент силы (+), если F стремится повернуть тело по часовой стрелке.

момент силы ( -) , если против часовой стрелки вокруг точки А.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Частный случай: MK(F) = 0, если линия действия силы проходит через точку К. |

Рисунок 7 - Вращательное действие

силы F вокруг точки А.

3. Рассмотрим несколько примеров.

*3.1 Пример №1.*

Определить опорные реакции двух опорной балки



Рисунок 9 - Расчетная схема к примеру 2.

1. Замена равномерно-распределенной нагрузки сосредоточенной силой Fq.

Fq=q∙1=6∙2.5=15(кН)

1. Разложение наклонной силы F на две составляющие:

Fх=F∙cos30º=12∙0.86=10,32(кН)

Fу=F∙cos60º=12∙0,5=6(кН)

1. Выбор положения прямоугольной системы координат.
2. Обозначение характерных точек.
3. Замена связи их реакциями.
4. Составление уравнений равновесия.

∑ *Fkx = - Rxa + FX = 0*

∑ *MA = M + Fy ∙AC – Rya ∙ AB + Fq ∙ AD = 0*

∑ *MB = M + Rya AB - Fy ∙CB + Fq ∙ BD = 0*

1. Вычисление опорных реакций.

Rxa=FX=10,32кН



Если полученная реакция имеет знак ( -), то следует сменить направление опорной реакции на противоположное.

1. Проверка: доказать, что ∑Fky = 0

∑ *Fkx= Rya- Fy + RYB - Fq =* -2,95-6+23,95-15 = 23,95 – 23,95 = 0

Вывод: решение верно.

Ответ: RXA=10.32кH; RYA=2.95кH; RYB=23.95кH

*3.2 Пример №2*

Определить опорные реакции жестко защемленной балки.



Рисунок 8 - Расчетная схема к примеру 1

Требуется определить: RYA, RYA ,MR

1. Замена равномерно – распределенной нагрузки силой Fq

Fq=q∙ℓ=5∙2=10кH

1. Выбор положения прямоугольной системы координат.
2. Замена связи реакциями связей RYA, RYA ,MR
3. Составление уравнений равновесия.

∑ *Fkx= RXA = 0*

∑ *Fky= RYA – F – Fq = 0*

*∑MA = MR + F ∙AB + Fq ∙ AC – M = 0*

1. Вычисление опорных реакций.

RXA = 0

RYA = F+ Fq= 8+10=18kH

MR = F∙AB+Fq∙AC-M=8∙2+104-10 = 46 kH

1. Проверка: доказать, что ∑ МВ = 0

Σ*MB = - MR + RYA ∙ AB + Fq ∙BC – M = -46 + 18 ∙2 +10 ∙ 2 - 10= 56 - 56=0* Вывод: решение верно

Ответ:RXA = 0; RYA = 18кH; MR = 46 кHм

**Задание к практической работе:** Определить реакции связей балок, нагру-женных плоской системой произвольно расположенных сил, приведенных на рисунке 10.

**Ход выполнения работы**

1. Определить исходные данные для работы, в соответствие со своим вариантом (таблица 1).

Таблица 1- Исходные данные к практической работе №2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вари-анта | № схемы | F1 , kH | F2, kH | q, kH | m, kHм |
| 1 | 1 | 6 | 12 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 8 | -6 | 2 | 5 |
| 3 | 3 | 10 | -8 | 8 | 6 |
| 4 | 4 | -12 | 15 | 10 | 8 |
| 5 | 5 | 20 | 50 | 15 | 10 |
| 6 | 6 | 5 | -19 | 20 | 25 |
| 7 | 7 | -8 | -20 | 32 | 16 |
| 8 | 8 | -14 | 23 | 6 | 50 |
| 9 | 9 | 25 | 28 | -8 | 42 |
| 10 | 10 | 30 | -17 | -10 | 18 |
| 11 | 1 | -32 | 16 | 16 | 10 |
| 12 | 2 | 16 | -5 | 30 | 5 |
| 13 | 3 | 4 | -42 | 28 | 25 |
| 14 | 4 | -3 | 30 | -8 | 8 |
| 15 | 5 | -7 | 20 | -5 | 16 |
| 16 | 6 | 9 | -19 | 14 | 32 |
| 17 | 7 | 19 | -4 | 6 | 4 |
| 18 | 8 | 28 | -16 | 10 | 8 |
| 19 | 9 | -30 | 5 | 8 | 10 |
| 20 | 10 | -20 | 10 | -4 | 6 |
| 21 | 1 | 7 | -26 | 2 | 4 |
| 22 | 2 | 8 | -20 | 12 | 25 |
| 23 | 3 | 40 | -35 | 20 | 18 |
| 24 | 4 | -24 | 20 | -3 | 14 |
| 25 | 5 | -18 | 25 | -10 | 12 |
| 26 | 6 | 25 | -15 | 10 | 4 |
| 27 | 7 | 19 | -20 | 25 | 18 |
| 28 | 8 | -32 | 30 | -18 | 10 |
| 29 | 9 | 28 | -25 | 5 | 9 |
| 30 | 10 | -15 | 10 | 16 | 4 |

Примечание: знак (-) указывает на изменение направленности нагрузки на противоположное

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1** |  |  |
| **2** |  |  |
| **3** |  |  |
| **4** |  |  |
| **5** |  |  |
| **6** |  |  |
| **7** |  |  |
| **8** |  |  |
| **9** |  |  |
| **10** |  |  |

Рисунок 10- Схемы нагружения к практической работе №2

2.Изобразить балку с заданными нагрузками с указанием их модулей в соответствии с вариантом.

3.Составить расчетную схему:

3.1.Выбрать оси координат x и y, совместив ось x с балкой, а ось y перпендикулярно оси x.

3.2. Равномерно распределенную нагрузку заменить ее равнодействующей силой Fq.

3.3.Освободить балку от опор и заменить их реакциями связей.

4.Составить уравнения равновесие статики для произвольной системы сил так, чтобы в каждом из уравнений была одна неизвестная реакция связи.

5.Проверить правильность определения реакций опор уравнениями равновесия, которые не использовались для решения задачи.

6.Сформулировать вывод по работе.

7.Ответить на контрольные вопросы:

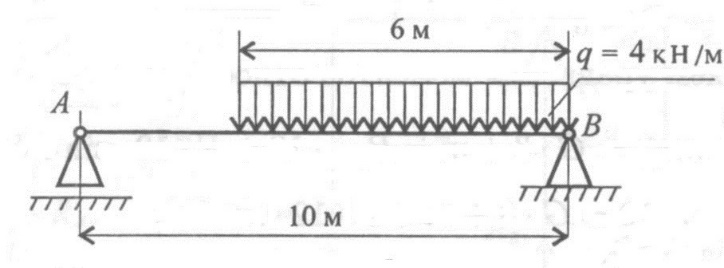
1).Запишите уравнения равновесия для плоской произвольной системы сил.

2).Запишите формулу для определения момента силы относительно точки.

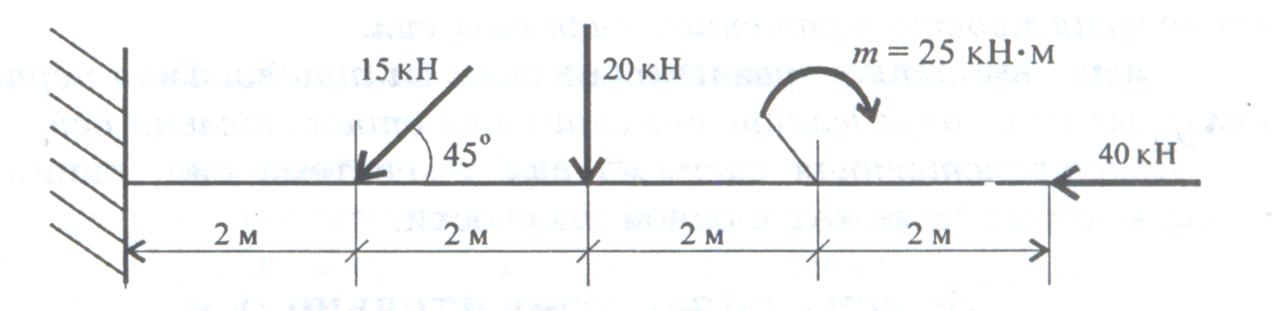
3). При каком условии момент силы относительно точки будет равен нулю?

4). Сформулируйте условное правило знаков момента силы относительно точки.

5).Замените равномерно распределенную нагрузку сосредоточенной силой и определите расстояние от точки ее приложения до точки А.



6). Определите реактивный момент в заделке.



**Структура отчета по практической работе:**.

1.Номер и название практической работы

2.Цель:

3.Задание к практической работе.

4.Задача №1

4.1. Схема нагружения с указанием модулей приложенных нагрузок.

4.2. Расчетная схема

4.3. Уравнения равновесия

4.4 Проверка правильности решения

4.5. Ответ

5. Задача №2

5.1. Схема нагружения с указанием модулей приложенных нагрузок.

5.2. Расчетная схема

5.3. Уравнения равновесия

5.4 Проверка правильности решения

5.5. Ответ

6. Вывод по работе

7.Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа №3**

**Название практической работы:** Определение координат центра тяжести плоских фигур

**Цель:** Освоение методики аналитического определения положения центра тяжести составных фигур.

***Умения (***элементы)*:* - определять напряжения в конструкционных элементах

***Знания*** *(актуализация):*- основы технической механики.

**Теоретический материал**.

Центр тяжести - этонематериальная точка тела, к которой приложены силы тяжести тела. Он может лежать в точке, где нет материальных частиц, принадлежащих данному телу.

При определении положения центра тяжести *аналитическим методом* исходят из того, что любую составную плоскую фигуру можно разбить на простейшие геометрические фигуры, положение центра тяжести которых можно определить следующим образом:

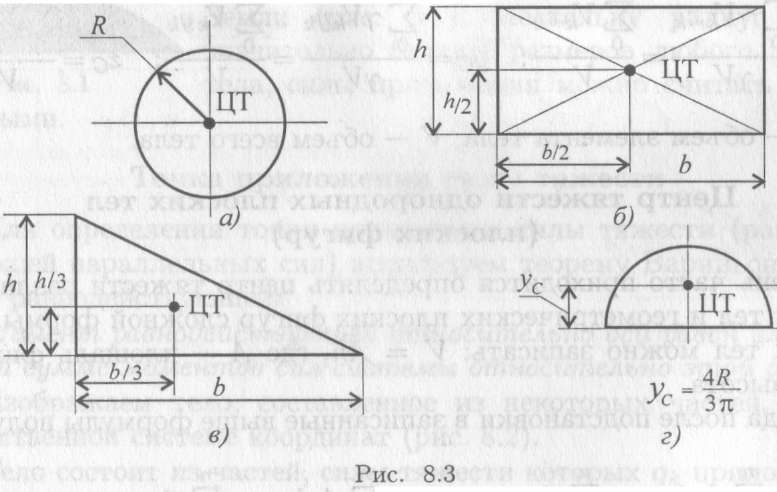


Рисунок 1 - Положение центра тяжести геометрических фигур

Для стандартных прокатных профилей собственные геометри­ческие характе-ристики известны. Они приводятся в соответствую­щих стандартах.

При решении задач используются следующие положения:

-центр тяжести симметричных фигур находится на оси симметрии;

- сложные сечения разделяются на простейшие геометрические фигуры, положение центра тяжести которых известны, либо на стандартные профили;

-пустотные фигуры рассматриваются как часть сечения с отрицательной площадью.

**Алгоритм определения положения центра тяжести:**

1.Фигура разбивается на известные геометрические фигуры которые нумеруются.

2.Определяются площади полученных фигур по формулам:

-для круга А = π ∙R2; - для полукруга ;



-прямоугольника ; -для прямоугольного треугольника ;



3.Определяется положение центра тяжести каждой фигуры.

4.Определяются координаты центра тяжести полученных фигур относительно выбранного положения осей прямоугольной системы координат.

5.Определяются координаты центра тяжести всей фигуры:

;



**Задание к практической работе:**

Определить координаты центра тяжести плоской фигуры (рису-

нок 2, таблица 1).

**Ход выполнения работы.**

1.Определить исходные данные для задания, в соответствие со своим вариантом (таблица 1).

Таблица1 - Исходные данные к заданию 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | схема | параметры | | | | |
| B,мм | b,мм | H,мм | h,мм | R, мм |
| 1 | а | 70 | 40 | 80 | - | 20 |
| 2 | б | 80 | 50 | 90 | - | 25 |
| 3 | в | 90 | 60 | 100 | - | 30 |
| 4 | г | 100 | 70 | 110 | - | 35 |
| 5 | д | 110 | 90 | 120 | 50 | 40 |
| 6 | е | 120 | 90 | 130 | 100 | 45 |
| 7 | а | 130 | 100 | 140 | - | 50 |
| 8 | б | 140 | 110 | 150 | - | 60 |
| 9 | в | 150 | 100 | 160 | - | 50 |
| 10 | г | 160 | 110 | 170 | - | 40 |
| 11 | д | 170 | 110 | 180 | 120 | 35 |
| 12 | е | 180 | 120 | 190 | 130 | 30 |
| 13 | а | 190 | 100 | 200 | - | 25 |
| 14 | б | 200 | 140 | 190 | - | 20 |
| 15 | в | 210 | 150 | 180 | - | 25 |
| 16 | г | 220 | 160 | 170 | - | 30 |
| 17 | д | 230 | 170 | 160 | 110 | 35 |
| 18 | е | 240 | 180 | 150 | 90 | 40 |
| 19 | а | 250 | 190 | 140 | - | 35 |
| 20 | б | 260 | 200 | 130 | - | 30 |
| 21 | в | 100 | 70 | 120 | - | 25 |
| 22 | г | 120 | 90 | 110 | - | 20 |
| 23 | д | 130 | 70 | 100 | 60 | 30 |
| 24 | е | 140 | 80 | 90 | 60 | 35 |
| 25 | а | 230 | 170 | 80 | - | 40 |
| 26 | б | 250 | 190 | 70 | - | 50 |

2.Вычертить эскиз фигуры в соответствии с заданием (рисунок 2).

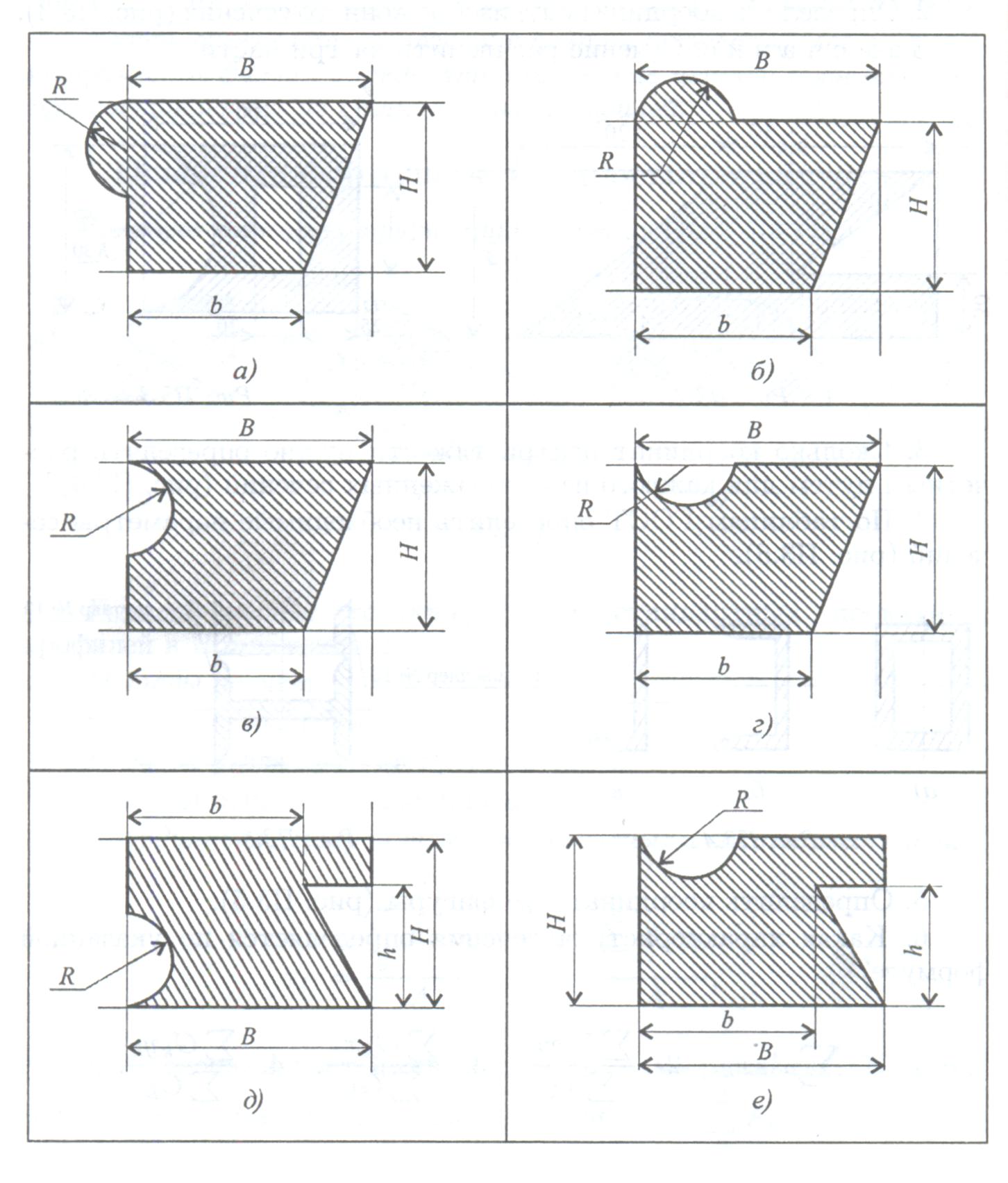


Рисунок 2 - Эскизы плоских фигур к заданию 1

3.Разбить фигуру на простейшие геометрические; показать положение центра тяжести каждой фигуры.

4.Определить площади простейших фигур.

5.Определить координаты центров тяжести полученных фигур относи-тельно выбранной системы координат XОY.

6.Определить координату хс центра тяжести всей фигуры:

*xc=∑Aixi / ∑Ai*

7. Определить координату уcцентра тяжести всей фигуры:

Yс = *∑Aiyi/ ∑Ai*

8.Указать положение центра тяжести всей фигуры на эскизе.

9. Сформулировать вывод по работе.

10.Ответить на контрольные вопросы:

10.1 Сформулировать понятие «центр тяжести плоской фигуры».

10. 2.Указать положение центра тяжести простейших геометрических фигур: -прямоугольника;

-круга;

-полукруга;

-прямоугольного треугольника.

10. 3. Как изменятся координаты центра тяжести плоской фигуры хс, ус если увеличить высоту фигуры при заданном положении системы координат?

**Структура отчёта по практической работе**

1. Номер и название практической работы.

2.Цель.

3. Задание к практической работе.

3.1. Эскиз фигуры с указанием размеров в соответствии с вариантом.

3.2. Разбивка составной фигуры на простейшие:

3.3. Определение площадей простейших фигур:

3.4. Определение координат центра тяжести простейших фигур относительно выбранной системы координат:

3.5. Определение координаты Х с  центра тяжести всей фигуры

3.6. Определение координаты Ус центра тяжести всей фигуры

4..Вывод по работе.

5.Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа №4.**

**Название практической работы:** Определение угловых, линейных скоростей и ускорений при вращательном движении твердого тела.

**Цель:** формирование умений определения кинематических параметров точек вращающегося и поступательно движущегося твердого тела.

***Умения:*** *(элементы)* производить расчеты механических передач*;*

***Знания:*** *(актуализация) -* кинематические характеристики механизмов

**Теоретический материал.**

К простейшим движениям твердого тела относятся поступательное и вра-щательное движение вокруг неподвижной оси. При поступательном движении твердого тела все его точки имеют равные кинематические параметры. *Поступательное* движение может описываться законом

S = f ( t ).Мгновенная скорость поступательного движения V = ; ускорение а = V/ (t).



При *вращательном* движении вокруг неподвижной оси все точки твердого тела движутся по окружностям с радиусом, равным расстоянию от точки до оси вращения, в плоскостях, перпендикулярных оси вращения. Вращательное дви-жение описывается законом φ =f (t) и характеризуется следующими параметрами:

- φ - *угловое перемещение* - угол, на который поворачивается твердое тело вокруг неподвижной оси; φ, радиан, градус, оборот;

-ω - *угловая скорость* характеризует быстроту и направления вращательного движения твердого тела; ω, с-1; в случае задания движения функцией

φ =f (t), угловая скорость определяется первой производной от угла поворота по времени, т.е. ω=φ/ (t);

- n –*частота вращения* - скоростная характеристика; n, мин-1,



- ε - *угловое ускорение* характеризует быстроту изменения угловой ско-рости в единицу времени; ε, с-2 ; в случае задания движения функцией

φ =f (t), то угловое ускорение определяется как вторая производная от угло-вого перемещения по времени или как первая производная от угловой ско-рости по времени, т.е.: **ε = φ//(t)** или **ε = ω/ (t);** угловое ускорение имеет направление угловой скорости в случае ускоренного движения и противо-положно угловой скорости в случае замедленного вращения.

Все точки вращающегося твердого тела характеризуются следующими кинематическими параметрами:

-*линейной скоростью* V, направленной по касательной к окружности:

V=ω∙R, м/с

-*касательным ускорением aτ*, характеризующим изменение **величины** вектора скорости в единицу времени и направленным по касательной

к траектории: aτ = ε∙ R, м/с2

- *нормальным ускорением аn*, характеризующим изменение направления вектора скорости в единицу времени и направленным по радиусу к центру

кривизны траектории: , м/с2;



-*полным ускорением а*, определяемым векторной суммой касательного и нормального ускорений:



**Задание к практической работе:**

При запуске двигателя его шкив, диаметром d, в течение первых несколь-ких секунд вращается согласно уравнению φ =f (t). Определить скорости

и ускорения точек, расположенных на ободе шкива, в момент времени t. Изобразить на схеме кинематические параметры вращательного движения шкива и точек, расположенных на его ободе.

**Ход выполнения работы.**

1.Определить исходные данные для задания в соответствие со своим вариантом (таблица 1).

Таблица 1 - Исходные данные к заданию

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ варианта** | d,мм | φ =f (t) | t,c | **№ варианта** | d,мм | φ =f (t) | t,c |
| **1** | 200 | 0.2t3 | 3 | **13** | 120 | 0.4t3 | 5 |
| **2** | 140 | 0.6t3 | 4 | **14** | 130 | 0.8t3 | 6 |
| **3** | 150 | 0.9t3 | 5 | **15** | 140 | 0.5t3 | 4 |
| **4** | 160 | 0.2t3+3 | 6 | **16** | 150 | 0.2t3+8 | 3 |
| **5** | 170 | 0.4t3 | 7 | **17** | 160 | 1.2t3 | 7 |
| **6** | 180 | 0.2t3+4t | 8 | **18** | 170 | 0.3t3+2t | 8 |
| **7** | 190 | 2.2t3 | 9 | **19** | 180 | 3.2t3 | 9 |
| **8** | 200 | 0.5t3+3t | 2 | **20** | 190 | 4.2t3-6 | 10 |
| **9** | 230 | 0.2t3-2 | 10 | **21** | 200 | 0.2t3+2t | 4 |
| **10** | 220 | 4.2t3 | 5 | **22** | 150 | 0.6t3-5 | 6 |
| **11** | 210 | 2t3+4 | 7 | **23** | 160 | 2t3 | 3 |
| **12** | 160 | 0.7t3 | 6 | **24** | 140 | 5.2t3 | 7 |

2.Определить угловую скорость.

3. Определить угловое ускорение.

4.Определить линейную скорость точек, расположенных на ободе шкива.

5. Определить величину касательного ускорения.

6. Определить величину нормального ускорения.

7. Определить величину полного ускорения.

8.Вычертить схему изображения кинематических параметров движения твердого тела и его точек.

9.Сформулировать вывод по работе

10.Ответить на контрольные вопросы.:

10. 1.Назовите кинематический параметр, характеризующий быстроту и направление поступательного движения?

10. 2. Какой параметр характеризует изменение величины вектора скорости точки в единицу времени?

10. 3.Назовите кинематический параметр, характеризующий быстроту изменения угловой скорости в единицу времени.

10. 4.При каком движении угловое ускорение противоположно угловой скорости?

10.5.Какими кинематическими параметрами характеризуется по­ступательное движение?

**Структура отчета по практической работе.**

1.Номер и название практической работы

2. Цель:

3.Задание1:

4. Исходные данные.

5.Определение угловой скорости.

6.Определение углового ускорения.

7.Определение касательного ускорения.

8. Определение нормального ускорения

9.Определение полного ускорения.

10.Схема кинематических параметров.

11.Вывод по работе.

12.Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа№5.**

**Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений. Определение абсолютного удлинения бруса.**

**Цель :** освоение методики построения эпюр продольных сил и нормаль-ных напряжений и определения абсолютного удлинения бруса.

***Умения****:* определять напряжения в конструкционных элементах.

***Знания:*** (*элементы*) методика расчета элементов конструкций на прочность

**Теоретический материал.**

Внешние силы, вызывающие растяжение (сжатие), приложены вдоль продольной оси Z. При работе бруса на растяжение (сжатие) в его попереч-ном сечении возникает продольная сила N. *Продольная сила в любом попе-речном сечении численно равна алгебраической сумме проекций на его продольную ось всех приложенных к оставшейся части внешних сил.*

N =∑ Fizост.ч.

*Правило знаков для N:* при растяжении продольная сила положительная, при сжатии – отрицательная.

*Эпюра продольных сил –* график распределения продольных сил вдоль длины бруса.

*Правила построения эпюры продольных сил* ***ЭN****:*

1.Проводится базовая (нулевая) линия эпюры параллельно продольной оси бруса.

2.Базовая линия эпюры разбивается на участки. Границами участков являются точки приложения внешних нагрузок. Участки нумеруются *от свободного* конца.

3.Определяется величина продольной силы на каждом участке с использованием метода сечений.

4.Перпендикулярно базовой линии откладываются полученные значения продольных сил в произвольном масштабе. Через концы ординат проводятся прямые линии, проставляются знаки и выполняется штриховка перпендикулярно базовой линии.

Интенсивность распределения продольной силы по поперечному сечению характеризуют *нормальные напряжения:* (А – площадь поперечного сечения).



*Эпюра нормальных напряжений-* график распределения нормальных напряжений по длине бруса.

*Правила построения эпюры нормальных напряжений Эσ:*

1.Проводится базовая (нулевая) линия эпюры параллельно продольной оси бруса.

2.Границы участков эпюры определяются точками приложения внешних сил и точками изменения поперечного сечения.

3.Определяются значения напряжений на каждом из полученных участков.

Знак *Э*σ соответствует знаку *Э N*.

4.Перпендикулярно базовой линии откладываются полученные значения продольных сил в произвольном масштабе. Через концы ординат проводятся прямые линии, проставляются знаки и выполняется штриховка перпендику-лярно базовой линии.

Изменение длины бруса на отдельных участках определяется по формуле: ,



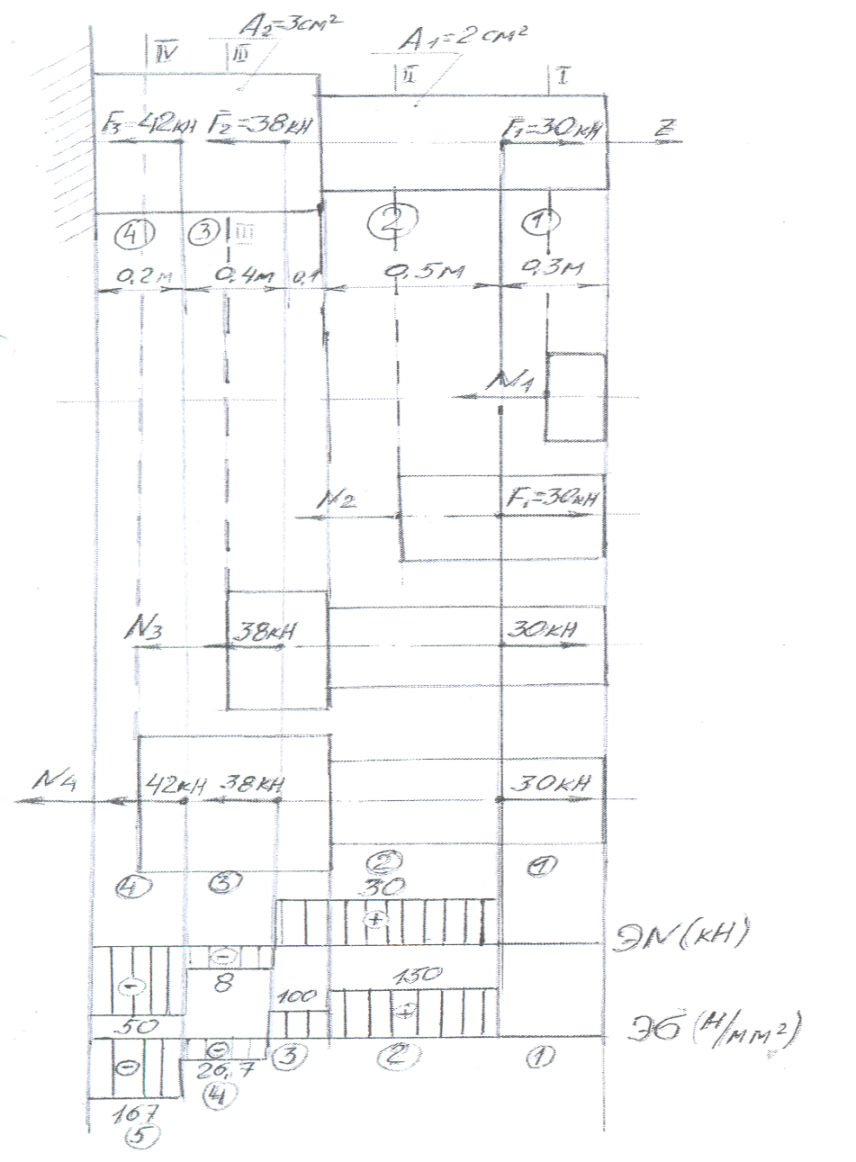
где *Е* –модуль продольной упругости, характеризующий жесткость материала при растяжении.

Удлинение всего бруса определяется алгебраической суммой удлинений отдельных участков:

Δℓ= ∑ Δℓι

**Пример:** Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений,

Определить удлинение свободного конца, если Е = 2∙105н/ мм2

1 .Определение величины продольных сил на каждом участке, N1 = О

N2=30 кН;

N3=30 -38 = -8(Кн);

N4 = 30- 38 -42 = - 50(Kн)

2.Построение ЭN по найденным значениям продольных сил.

3.Определение величины  
напряжений на каждом участке

;



4.Построение Эσ

5.Определение удлинений отдельных участков

; ;



;



6.Удлинение бруса: *Δl= 0,375 + 0,05 – 0,053 – 0,167 = 0,16(мм)*

**Задание к практической работе:** Для заданной схемы нагружения построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений, определить абсолютное удлинение бруса. Исходные данные принять по таблице в соответствии с вариантом. Схемы нагружения брусьев приведены на рисунке 1.

**Таблица -** Исходные данные к практической работе.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **вар** | Схе-ма | F1,  кн | F2  кн | F3,  кн | А1  см2 | А2  см2 | а  м | **№**  **вар** | Схе-ма | F1,  кн | F2,  кн | F3,  кн | А1  см2 | А1  см2 | а  м |
| **1** | а | 10 | 24 | 2 | 1 | 2 | 0,6 | **14** | б | 8 | 13 | 15 |  | 2 | 0,6 |
| **2** | б | 14 | 13 | 3 | 1,4 | 1,9 | 0,8 | **15** | в | 7 | 4 | 16 | 1,4 | 1,9 | 0,8 |
| **3** | в | 39 | 23 | 4 | 1,9 | 2,5 | 1 | **16** | г | 6 | 8 | 26 | 1,9 | 2,5 | 1 |
| **4** | г | 23 | 15 | 5 | 2,5 | 2,8 | 0,5 | **17** | д | 23 | 45 | 13 | 2,5 | 2,8 | 0,5 |
| **5** | д | 15 | 24 | 6 | 1 | 2 | 0,6 | **18** | е | 14 | 32 | 27 | 1 | 2 | 0,6 |
| **6** | е | 32 | 4 | 7 | 1,4 | 1,9 | 0,8 | **19** | а | 24 | 24 | 28 | 1,4 | 1,9 | 0,8 |
| **7** | а | 8 | 16 | 8 | 2,5 | 2,8 | 0,8 | **20** | б | 31 | 14 | 24 | 2,5 | 2,8 | 0,5 |
| **8** | б | 5 | 25 | 9 | 1,9 | 2,5 | 1 | **21** | в | 34 | 16 | 23 | 1,9 | 2,5 | 1 |
| **9** | в | 9 | 30 | 10 | 1 | 2 | 0,6 | **22** | г | 5 | 24 | 15 | 1 | 2 | 0,6 |
| **10** | г | 12 | 14 | 11 | 1,4 | 1,9 | 0,8 | **23** | д | 16 | 18 | 40 | 1,4 | 1,9 | 0,8 |
| **11** | д | 45 | 15 | 12 | 1,6 | 2,2 | 1 | **24** | е | 17 | 21 | 24 | 1,6 | 2,2 | 1 |
| **12** | е | 24 | 6 | 13 | 2,5 | 2,8 | 0,8 | **25** | а | 24 | 26 | 34 | 2,5 | 2,8 | 0,8 |
| **13** | а | 23 | 8 | 14 | 1 | 2 | 0,6 | **26** | б | 20 | 34 | 32 | 1 | 2 | 0,6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

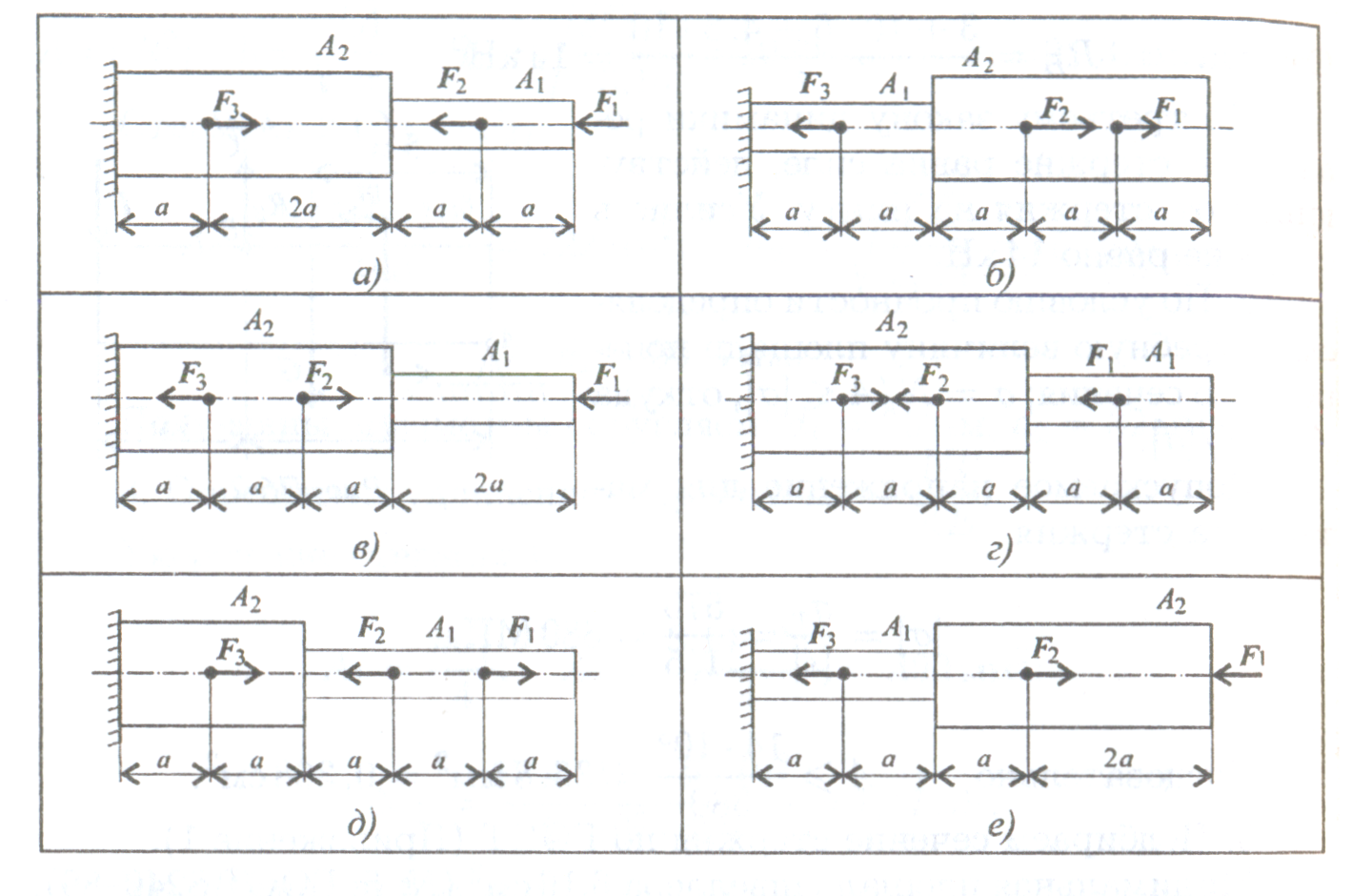


Рисунок - Схемы нагружения бруса

**Ход выполнения работы.**

1. Построить эпюру продольных сил:
   1. разбить базовую линию эпюры на участки с последующей их нумерацией от свободного конца;

1.2.определить величину продольной силы на каждом участке;

1.3.отложить полученные значения ординат и соединить их прямыми

линиями, параллельно базовой линии;

2.Построить эпюру нормальных напряжений:

2.1.разбить базовую линию эпюры на участки с последующей их

нумерацией от свободного конца;

1. определить величину нормальных напряжений на каждом участке;
2. отложить полученные значения ординат и соединить их прямыми линиями, параллельно базовой линии.

3.Определить значения абсолютного удлинения на каждом участке.

4.Определить величину абсолютного удлинения всего бруса.

5.Ответить на контрольные вопросы.

6. Сформулировать вывод по работе.

**Контрольные вопросы**.

1. Назовите внутренние силовые факторы (В.С.Ф.), возникающие в поперечном сечении бруса при растяжении.
2. Как определяется величина продольной силы в поперечном сечении?
3. Как определяется величина нормальных напряжений в любом поперечном сечении?
4. Какой линией изображаются эпюры продольных сил и нормальных напряжений?
5. В каких сечениях эпюра нормальных напряжений скачкообразно изменяет свое значение?
6. Как проверить правильность построения эпюры продольных сил?
7. Как определить величину абсолютного удлинения отдельного участка?

**Структура отчета**

**1.**Номер и наименование работы

2.Цель:

3.Задание: Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений, определить абсолютное удлинение бруса.

4.Схема нагружения:

5.Определение продольных сил на каждом участке и построение эпюры продольных сил.

6.Определение нормальных напряжений на каждом участке и построение эпюры нормальных напряжений.

7.Определение удлинений отдельных участков бруса.

8.Определение удлинения всего бруса.

9. Вывод по работе

10. Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа №6**

**Расчет на прочность при растяжении, сжатии.**

**Цель:** Освоение методики расчета элементов конструкции на прочность и жесткость.

***Умения:*** определять напряжения в конструкционных элементах (производить расчеты на прочность при растяжении, сжатии)

***Знания:*** методика расчета элементов конструкций на прочность при различных видах деформации (методика проектного и проверочного расчетов на прочность при растяжении, сжатии)

**Теоретический материал**

Сущность расчетов на прочность элементов конструкций заключается в определении величины максимальных напряжений и в сравнении их с ве-личиной допускаемых напряжений в соответствии с условием прочности.

Условие прочности при растяжении:

,



где σmax– максимальные расчетные напряжения, мПа;

N- продольная сила, зависящая от внешних нагрузок, Н;

А – площадь поперечного сечения, мм2,

[σ] – допускаемое нормальное напряжение, мПа

,



где σпред –предельное напряжение;

для пластичных материалов σпред= σт;

для хрупких материалов σпред= σпч;

[S]- требуемый коэффициент запаса прочности

На основании условия прочности могут быть выполнены проектный и проверочный виды расчетов. Сущность проектного расчета заключается в определении размеров поперечного сечения:

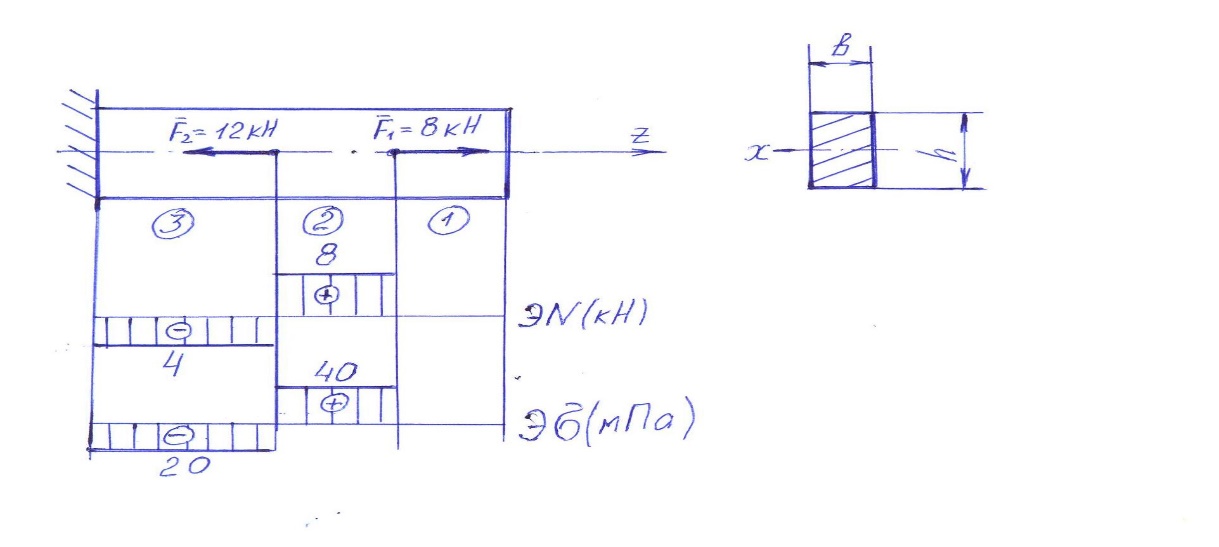


Проверочный расчет заключается в проверке выполнения условия прочности.

Примеры выполнения.

Пример 1.

Проверить прочность элемента конструкции, если σт =180 мПа, [S] = 3,

******b=10мм, h =20мм

1.Определение положения наиболее опасного участка

1.1. Построение эпюры продольных сил:

N = ΣFi ост. ч.

N1= 0; N2 = 8кН; N3 = 8-12 = -4кН

1.2. Построение эпюры нормальных напряжений.



σ1=0;



1.3. Наиболее опасный участок 2

2.Определение величины допускаемого напряжения



3.Оценка прочности элемента конструкции: прочность обеспечена, т.к.

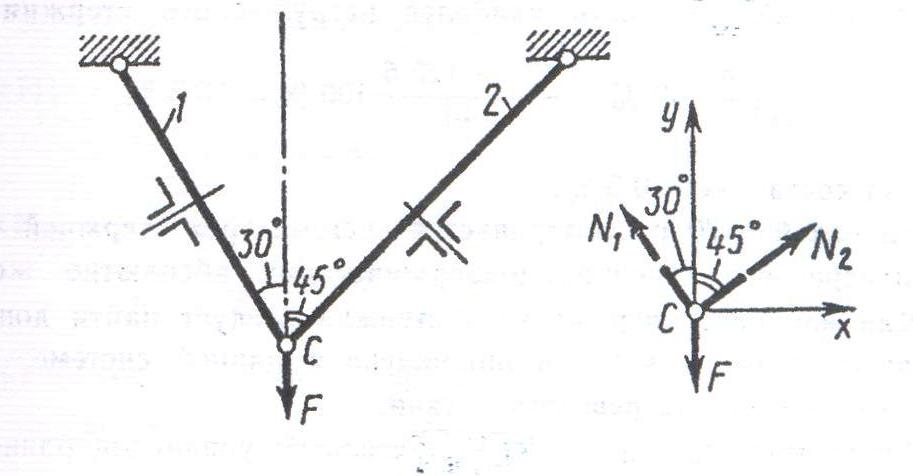
σmax =40мПа < [σ] = 60 мПа

Ответ: прочность элемента конструкции обеспечена

Пример 2.

Для заданной системы двух стержней одинакового поперечного сечения, составленного из двух равнобоких уголков, нагруженного силой F= 170 кН,

подобрать по ГОСТ8509-72 соответствующий номер уголка, определить про-цент недогрузки или перегрузки наиболее нагруженного стержня при принятых стандартных размерах сечения, приняв [σ] =140 мПа.



Решение:

1. В шарнире С приложена уравновешенная система сходящихся сил, для которой составляем уравнения равновесия для определения реакций стержней N1 ,N2:

ΣХ = -N1∙sin30о + N2∙sin45о - F = 0; (1)

ΣУ = N1∙cos 30о + N2∙сos45о =0; (2)

Из (1) (3)



Выражение (3) подставим в выражение (2):

1,41N2∙ sin30o +N2∙ сos45o – F =0 (4)

Решая уравнения (3), (4) определим величину N2 .N1



N1= 1,41 N2= 1,41∙88,3 =124,5 кН

Наиболее нагруженным является стержень 1

2.Выполняем проектный расчет:



Необходимая площадь поперечного сечения одного уголка



По ГОСТ 8509-72 назначаем уголок № 6,3 площадью А=4.96 см2, таким обра-зом требуемая площадь наиболее нагруженного стержня:

[А] = 2А1=2∙4,96 =9,92 см2

Рабочее напряжение в поперечном сечении наиболее нагруженного стержня:



Прочность наиболее нагруженного стержня обеспечена

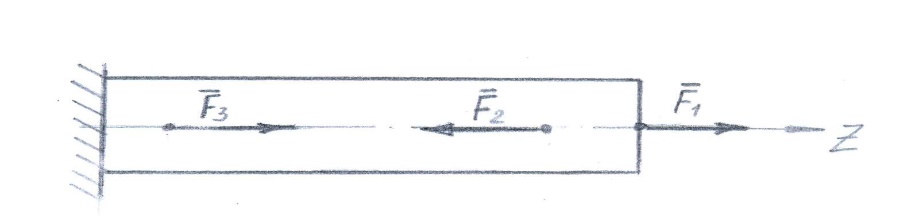
Недогрузка составляет :



Ответ: равнополочный уголок № 6,3, недогрузка составляет 10,3%

**Задание к практической работе:**

**Задача №1.** Для заданной схемы нагружения проверить прочность элемента конструкции. В случае невыполнения условия прочности предложить возможные варианты обеспечения прочности (таблица 1)



**Задача №2.**

Для заданной системы двух стержней одинакового поперечного сечения, составленного из двух равнобоких уголков, нагруженного силой F= 170 кН,

подобрать по ГОСТ8509-72 соответствующий номер уголка, определить про-цент недогрузки или перегрузки наиболее нагруженного стержня при принятых стандартных размерах сечения, приняв [σ] =140 мПа.( таблица 2)

**Ход выполнения работы**

1.Задание № 1.1.1. Записать условие задачи и исходные данные в соответствии с вариантом (таблица 1)

Таблица 1 - Исходные данные к заданию №1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п\п | F1,кН | F2, кН | F3,кН | , м | ,м | а | мм | σт, мПа | [S] | Поперечное сечение | Размеры поперечного сечения, мм |
| 1 | 30 | 10 | 5 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,25 | 240 | 4 | круговое  кольцо | d=56 d0=48 |
| 2 | 16 | 15 | 10 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | d=58 d0=52 |
| 3 | 8 | 13 | 17 | 0.5 | 0,4 | 0.5 | d=70 d0=62 |
| 4 | 14 | 16 | 11 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | d=48 d0=40 |
| 5 | 27 | 14 | 8 | 0,6 | 0.5 | 0,3 | d=50 d0=44 |
| 6 | 24 | 11 | 6 | 0.5 | 0,6 | 0.2 | 0.15 | 220 | 2 | круг | 40 |
| 7 | 18 | 12 | 5 | 0,6 | 0,4 | 0.2 | 45 |
| 8 | 7 | 13 | 26 | 0,6 | 0,3 | 0,5 | 50 |
| 9 | 12 | 20 | 36 | 0,5 | 0,3 | 0.7 | 54 |
| 10 | 9 | 33 | 16 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 55 |
| 11 | 16 | 25 | 28 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0.2 | 190 | 3 | квадрат | a= 40 |
| 12 | 8 | 13 | 14 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | a= 45 |
| 13 | 15 | 24 | 29 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | a= 48 |
| 14 | 14 | 16 | 9 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | a= 50 |
| 15 | 18 | 27 | 31 | 0,2 | 0.3 | 0,4 | a= 54 |
| 16 | 20 | 29 | 33 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0.35 | 200 | 2 | прямоугольник | b=20 h=40 |
| 17 | 20 | 29 | 31 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | b=30 h=40 |
| 18 | 10 | 15 | 18 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | b=40 h=60 |
| 19 | 12 | 16 | 19 | 0,5 | 0,3 | 0.2 | b=20 h=60 |
| 20 | 17 | 26 | 30 | 0.2 | 0,5 | 0,5 | b=35 h=80 |
| 21 | 16 | 20 | 11 | 0,3 | 0,6 | 0.3 | 0,45 | 240 | 3 | круг | 45 |
| 22 | 14 | 16 | 10 | 0.4 | 0,6 | 0.2 | 35 |
| 23 | 17 | 19 | 13 | 0.5 | 0,5 | 0,6 | 45 |
| 24 | 20 | 18 | 12 | 0.6 | 0,4 | 0.3 | 50 |
| 25 | 13 | 17 | 9 | 0.5 | 1,0 | 0.8 | 55 |

1.2. Выполнить схему нагружения (рисунок 3).

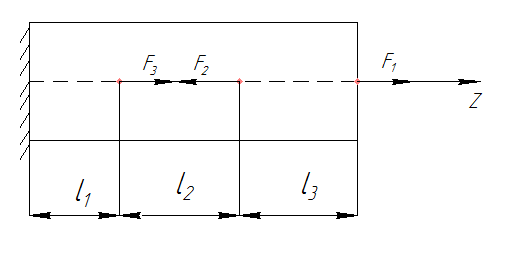
****

Рисунок 3 - Схема нагружения к заданию №1

1.3. Определить величину продольной силы на каждом участке и построить эпюру продольных сил.

1.4. Определить величину нормальных напряжений на каждом участке и построить эпюру нормальных напряжений.

1.5. Определить положение наиболее опасного участка.

1.6. Записать условие прочности при растяжении, сжатии и проверить его выполнение.

1.7. Выполнить анализ полученного результата.

1.8. Определить абсолютное удлинение отдельных участков и построение эпюры абсолютных удлинений.

1.9. Оценка жесткости бруса.

2.Задание № 2.

2.1. Записатьусловие задачи и исходные данные в соответствии с вариантом (таблица 2).

Таблица 2 - Исходные данные к заданию №2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№вар** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| № схемы | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| F,кН | 75 | 200 | 150 | 90 | 100 | 85 | 32 | 45 | 67 | 80 | 76 | 65 | 50 | 70 | 80 |
| **№вар** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| №схемы | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 4 | 5 |
| F,кН | 38 | 25 | 45 | 58 | 60 | 45 | 35 | 46 | 18 | 50 | 80 | 45 | 65 | 90 | 100 |

2.2. Выполнить схему нагружения в соответствии с вариантом (таблица 2, рисунок 4).

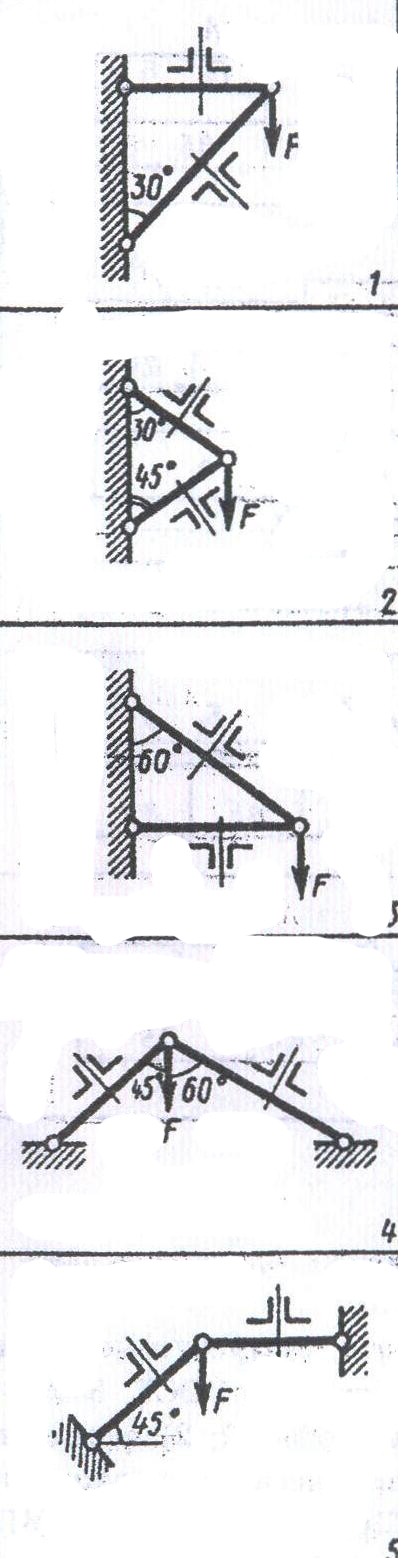
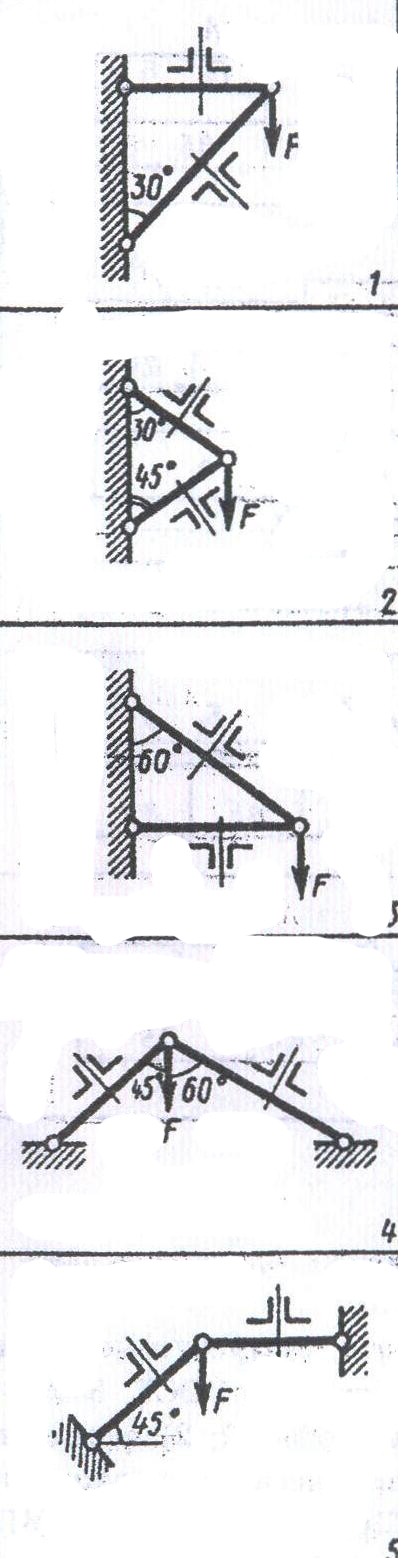
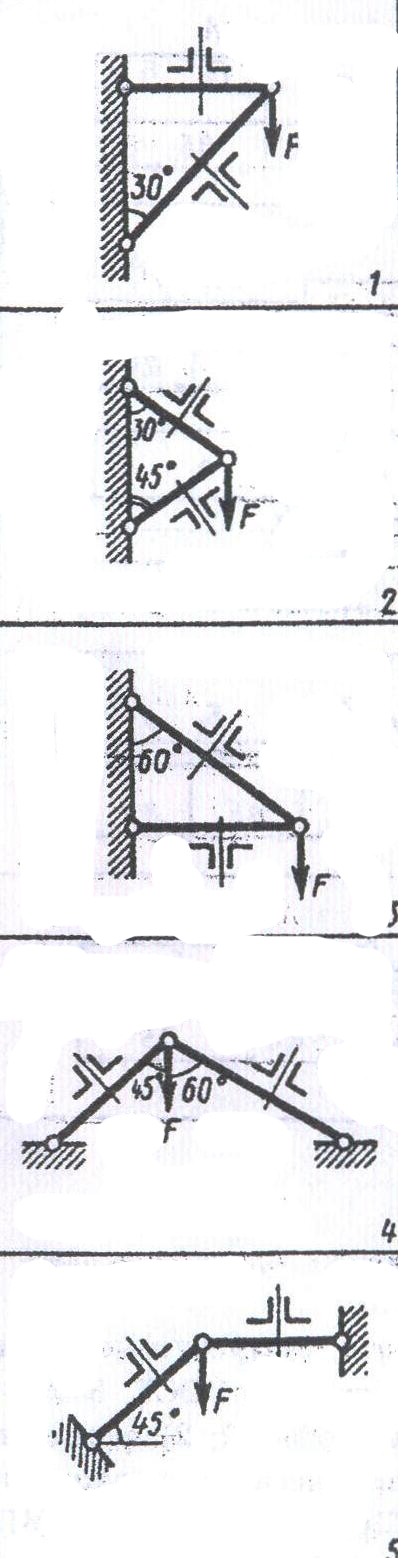


Схема 1. Схема 2. Схема 3.

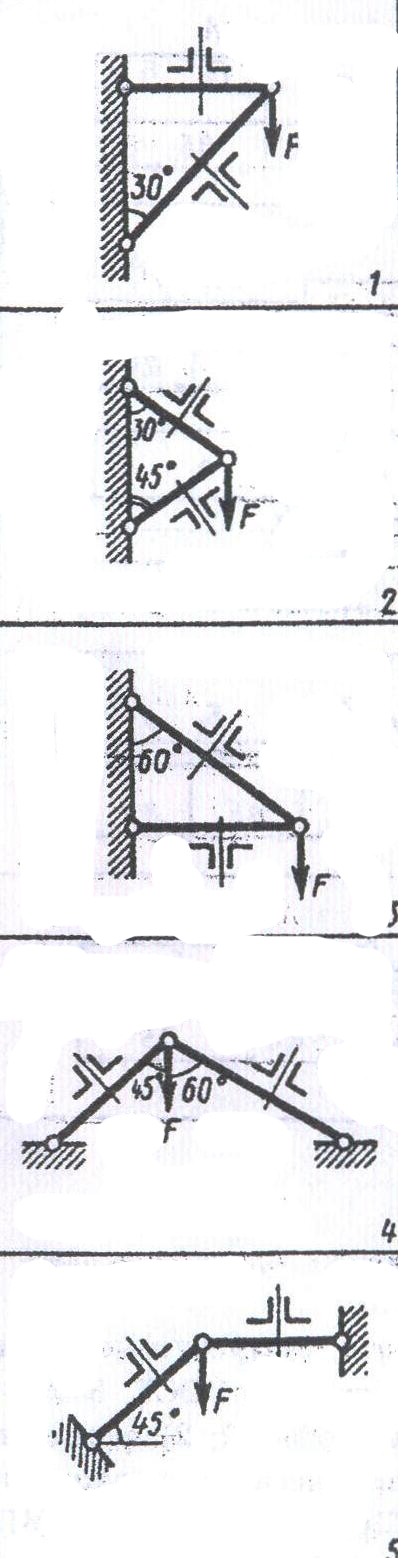
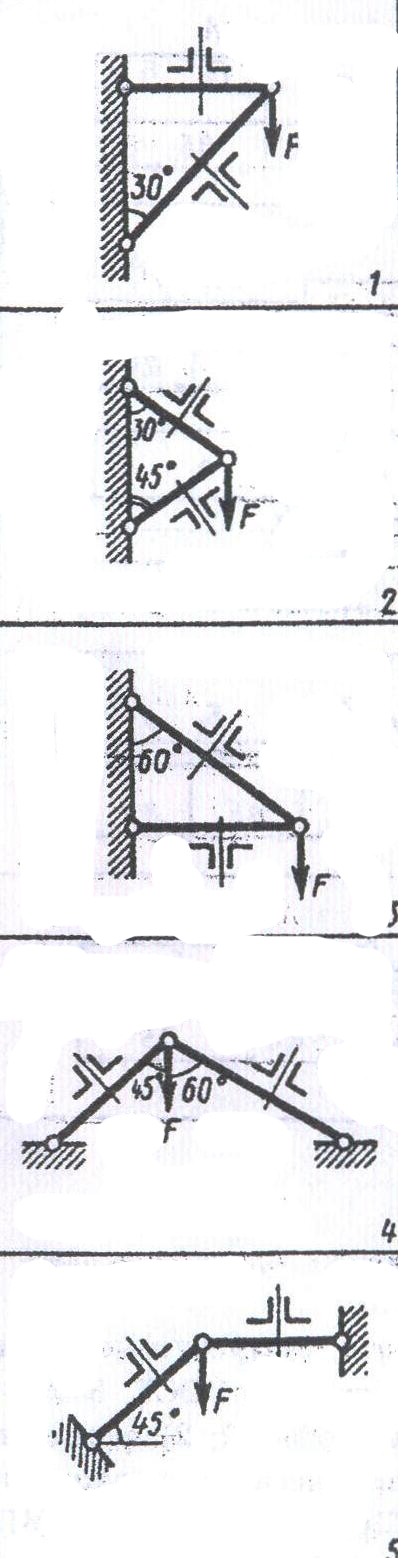
   
 Схема 4. Схема 5.

Рисунок 4 - Схемы нагружения стержней к заданию №2.

2.3. Выполнить расчетную схему.

2.4. Составить уравнения равновесия:

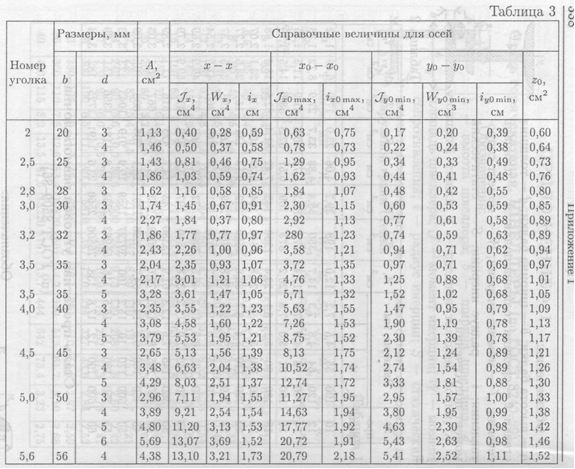
ΣХ = 0; ΣУ = 0;

2.5. Определить величину продольных сил в стержнях.

2.6. Определить из условия прочности требуемую площадь поперечного сечения наиболее нагруженного стержня.

2.7. Принять по ГОСТ 8509-86 требуемый № профиля (таблица 3)

Таблица 3 - Сталь прокатная угловая равнополочная (по ГОСТ 8509-86)

****

2.8. Определить процент перегрузки или недогрузки наиболее нагружен-ного стержня.

3. Сформулировать вывод по работе.

4. Ответить на контрольные вопросы:

4.1. Запишите формулы для определения продольной силы и нормальных напряжений при растяжении, сжатии.

4.2. Запишите условия прочности и жесткости при растяжении, сжатии.

4.3. Сформулируйте сущность проверочного и проектного расчетов на прочность и жесткость при растяжении, сжатии.

4.4 Укажите цель построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений.

4.5.Сформулируйте основные правила построения и контроля эпюры продольных сил.

**Структура отчета по практической работе**

1.Номер и название работы

2.Цель:

3.Задание № 1

3.1. Условие задачи и исходные данные.

3.2. Схема нагружения.

3.3. Определение величины продольной силы на каждом участке и построение эпюры продольных сил.

3.4. Определение величины нормальных напряжений на каждом участке и построение эпюры нормальных напряжений.

3.5. Определение положения наиболее опасного участка.

3.6. Запись условия прочности при растяжении, сжатии и проверка его выполнения.

3.7. Проведение анализа полученного результата.

3.8. Определение абсолютного удлинения отдельных участков .

3.9. Определение абсолютного удлинения бруса.

3.10 Оценка жесткости бруса

4.Задание №2.

4.1. Условие задачи и исходные данные.

4.2. Выполнение схемы нагружения.

4.3. Выполнение расчетной схемы.

4.4. Составление уравнений равновесия:

4.5. Определение величины продольных сил в стержнях.

4.6. Определение из условия прочности требуемой площади поперечного сечения наиболее нагруженного стержня.

4.7. Выбор по ГОСТ 8509-86 требуемого № профиля.

5.Вывод по работе.

6.Ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа №7**

**Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.**

**Цель:** освоение методики построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

***Умения:*** определять напряжения в конструкционных элементах (построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов)

***Знания:*** методика расчета элементов конструкций на прочность (правила построения и контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов)

**Теоретический материал**

Изгиб – это такой вид нагружения бруса, при котором в его поперечных сечениях возникают изгибающие моменты. Изгиб, при котором в поперечных сечениях кроме изгибающих моментов возникают и поперечные силы, называется поперечным; если поперечные силы не возникают, то изгиб называется чистым.

*Величина поперечной силы* в любом поперечном сечении определяется алгебраической суммой внешних сил, приложенных к оставшейся части:

Q =∑ Fi ост.ч.

*Изгибающий момент* в произвольном поперечном сечении численно равен алгебраической сумме моментов внешних сил, приложенных к оставшейся части относительно рассматриваемого сечения:

M=∑Mсеч(Fiocт. ч.)

*Правило знаков изгибающих моментов*: ( при мысленном закреплении в рассматриваемом сечении), изгибающему моменту приписывается знак плюс, если внешняя нагрузка изгибает оставшуюся часть выпуклостью вниз, если выпуклостью вверх – то знак минус.

*Правила построения эпюр поперечных сил:*

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра изображается прямой линией, наклоненной к оси балки.
2. На участке, свободном от действия равномерно распределенной нагрузки, эпюра- прямая линия, параллельная оси.
3. Поперечная сила скачкообразно изменяет свое значение в сечении, в котором приложена сосредоточенная сила, величина скачка равна величине приложенной силы.
4. В концевом сечении поперечная сила равна нулю, если не приложена сосредоточенная сила (активная или реактивная).

*Правила построения эпюр изгибающих моментов:*

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра изображается квадратичной параболой, обращенной навстречу нагрузке.
2. На участке, свободном от действия равномерно распределенной нагрузки, эпюра – наклонная прямая.

3.Изгибающий момент скачкообразно изменяет свое значение в сечении, в котором приложен сосредоточенный момент, величина скачка равна величине приложенного момента.

4.В концевом сечении изгибающий момент равен нулю, если не приложен внешний сосредоточенный момент. Если же в концевом сечении приложена

пара сил, то изгибающий момент равен моменту приложенной пары.

5.На участке действия равномерно распределенной нагрузки в точке, где эпюра поперечных сил плавно переходит через ноль, на эпюре изгибающих

возникает экстремум.

Анализ эпюры изгибающих моментов позволяет определить положение наиболее опасного сечения (по величине максимального изгибающего момента).

*Контроль правильности построенных эпюр:*

1.ЭQ скачкообразно изменяет свое значение в точках приложения сосредоточенных сил, величина скачка определяется величиной приложенной силы.

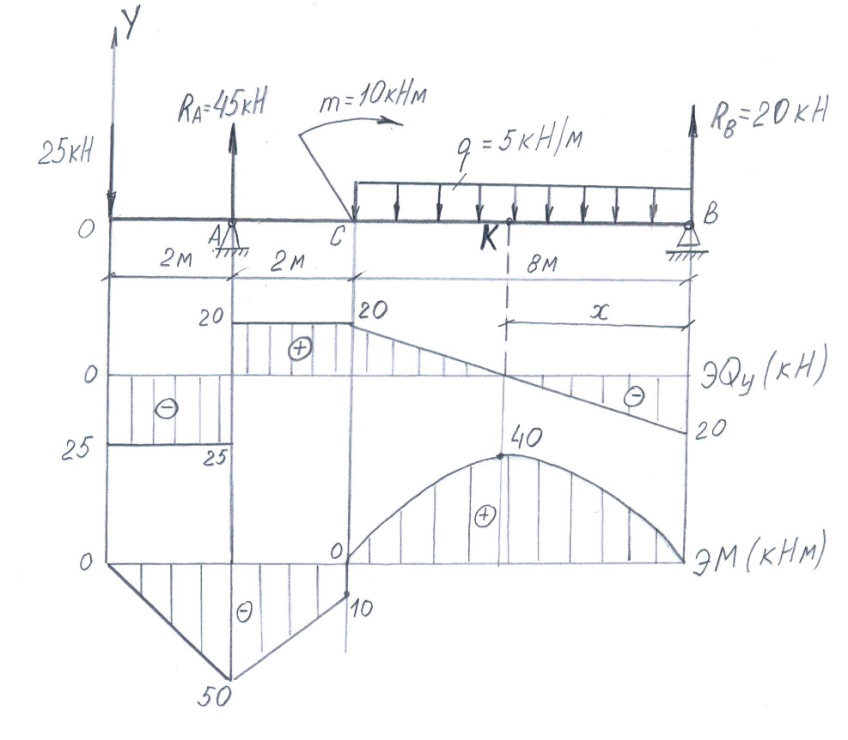
2. ЭQ – прямая, параллельная оси эпюры на участках, свободных от действия равномерно распределенной нагрузки и наклонная прямая на участках действия равномерно распределенной нагрузки.

3. ЭМ скачкообразно изменяет свое значение в точках приложения сосре-

доточенных моментов, величина скачка определяется величиной приложенного момента.

1. ЭМ- наклонная прямая на участках, свободных от действия равномерно распределенной нагрузки и парабола, обращенная выпуклостью навстречу нагрузке на участках действия равномерно распределенной нагрузки.

**Пример:** Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

****

1. Определение реакций связей.

1.1.∑ МА = 0; -25∙ 2+ 10 +(5 ∙8) ∙6 –RB ∙10 = 0

-RB∙10 = 50-10-240; RB =20 (кН)

1.2. ∑ МВ =0; -25 ∙12 + RА ∙10 +10 – (5∙ 8)∙ 4 = 0;

RА ∙10 = 300 – 10 +160; RА = 45 (кН)

* 1. Проверка правильности решения: доказать, что ∑Fiy = 0

∑Fiy =-25+45-(5 8) +20 = -65 + 65 = 0.

1. Построение эпюры поперечных сил (ЭQY)

QY = ∑ Fiy ост.ч., кН

Qyo = -25 (по правилу концевого сечения)

QслеваYA = -25; QсправаYA = -25 + 45 = 20

QYC = -25 + 45 = 20; QYB = - 20 (по правилу концевого сечения)

3. Построение эпюры изгибающих моментов (ЭМх)

М х = ∑ М сеч (Fiy ост. ч.), кНм

М хо = 0 (по правилу концевого сечения)

М хА = - 25 2 = - 50

Мслевахс = - 25 4 + 45 2 = - 10

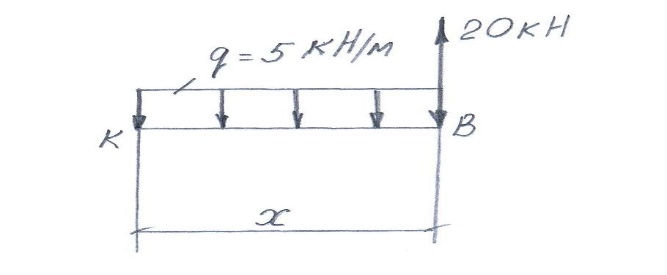
М справахс = - 25 4 + 45 2 + 10 = 0

М хВ = 0 (по правилу концевого сечения)

На участке действия равномерно распределенной нагрузки

ЭQyплавно переходит через «0», поэтому на эпюре изгибающих моментов в точке К возникает экстремальное значение момента.

Из условия QyK = 0 определяем длину участка ВК

 QyK = - 20 + 5∙х = 0; 5х = 20; х = 4(м)

Определим момент в точке К:

МК =20∙ х – (5∙ х) ∙х/2 = 20∙ 4 – 5∙ 4∙ 2 = 40(кН

**Задание к практической работе:**

Для заданных схем нагружения балок: определить реакции связей, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

**Ход выполнения практической работы.**

1.Записать задание и выбрать исходные данные в соответствии с вариантом по таблице 1

Таблица 1 - Исходные данные к практической работе №4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вари-анта | № схемы | F1 , kH | F2 , kH | q , kH/м | m, kHм |
| 1 | 1 | 6 | 12 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 8 | -6 | 2 | 5 |
| 3 | 3 | 10 | -8 | 8 | 6 |
| 4 | 4 | 12 | 15 | 10 | 8 |
| 5 | 5 | 20 | 50 | 15 | 10 |
| 6 | 6 | 5 | 19 | 20 | 25 |
| 7 | 7 | 8 | 20 | 32 | 16 |
| 8 | 8 | 14 | 23 | 6 | 50 |
| 9 | 9 | 25 | 28 | 8 | 42 |
| 10 | 10 | 30 | 17 | 10 | 18 |
| 11 | 1 | 32 | 16 | 16 | 10 |
| 12 | 2 | 16 | 5 | 30 | 5 |
| 13 | 3 | 4 | 42 | 28 | 25 |
| 14 | 4 | 3 | 30 | 8 | 8 |
| 15 | 5 | 7 | 20 | 5 | 16 |
| 16 | 6 | 9 | 19 | 14 | 32 |
| 17 | 7 | 19 | 4 | 6 | 4 |
| 18 | 8 | 28 | 16 | 10 | 8 |
| 19 | 9 | 30 | 5 | 8 | 10 |
| 20 | 10 | 20 | 10 | 4 | 6 |
| 21 | 1 | 7 | 26 | 2 | 4 |
| 22 | 2 | 8 | 20 | 12 | 25 |
| 23 | 3 | 40 | 35 | 20 | 18 |
| 24 | 4 | 24 | 20 | 3 | 14 |
| 25 | 5 | 18 | 25 | 10 | 12 |
| 26 | 6 | 25 | 15 | 10 | 4 |
| 27 | 7 | 19 | 20 | 25 | 18 |

2.Выполнить схему нагружения в соответствии с вариантом по таблице 1 и рисунку 3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1** |  |  |
| **2** |  |  |
| **3** |  |  |
| **4** |  |  |
| **5** |  |  |
| **6** |  |  |
| **7** |  |  |
| **8** |  |  |
| **9** |  |  |
| **10** |  |  |

Рисунок 3 - Схемы нагружения к практической работе №4.

3.Определить реакции связей (для двух опорной балки):

3.1. заменить связи реакциями связей;

3.2. составить уравнения равновесия и определить реакции связей;

3.3. произвести контроль правильности определенных реакций.

4.Построить ЭQ:

4.1. определить величину поперечной силы в характерных точках (в сечениях приложения сосредоточенных сил расчет произвести дважды: слева и справа от сечения);

4.2. построить ЭQ по полученным ординатам.

5. Построить ЭМ:

5.1. определить величину изгибающего момента в характерных точках (в се-чениях приложения сосредоточенных моментов расчет произвести дважды: слева и справа от сечения);

5.2. построить ЭМ по полученным ординатам.

6. Произвести контроль правильности построенных эпюр.

7. Определить положение наиболее опасного сечения.

8. Сформулировать вывод по работе.

9.Ответить на контрольные вопросы.

9.1. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях при поперечном изгибе?

9.2. Запишите формулу для определения поперечной силы, укажите правило знаков.

9.3. Запишите формулу для определения изгибающего момента, укажите правило знаков.

9.4. Объясните причину скачкообразного изменения ординат ЭQ и ЭМ .

9.5. С какой целью строятся ЭQ и ЭМ?

**Структура отчета по практической работе**

1.Номер и название работы

2.Цель**:**

3.Задача №1**.**

3.1.Схема нагружения.

3.2. Исходные данные:

3.3. Расчет реакций связей.

3.4. Определение величины поперечной силы в характерных точках и построение ЭQ.

3.5. Определение величины изгибающего момента в характерных точках и построение ЭМ.

3.6. Контроль правильности построенных эпюр.

3.7. Определение положения наиболее опасного сечения.

4. Задача 2**.**

4.1. Схема нагружения.

4.2. Исходные данные:

4.3. Определение величины поперечной силы в характерных точках и построение ЭQ.

4.4. Определение величины изгибающего момента в характерных точках и построение ЭМ.

4.5. Контроль правильности построенных эпюр.

4.6. Определение положения наиболее опасного сечения.

5. Вывод по работе.

6. Ответы на контрольные вопросы:

**Критерии оценивания практических работ.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Критерии оценивания | Оценка |
| 1 | Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями без помощи преподавателя | 5 (отлично) |
| 2 | Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями с несущест-венными ошибками, исправленными самос-тоятельно | 4 (хорошо) |
| 3 | Выполнение работы в основном в соответс-твии с методическими рекомендациями с несущественными ошибками, исправлен-ными с помощью преподавателя | 3 (удовлетворительно) |

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

При подготовке и выполнении практических работ необходимо пользоваться теоретическим материалом, представленным в данных методических рекомендациях (в разрезе каждой практической работы) и ГОСТами на детали, узлы и соединения.