

Государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Кунгурский колледж агротехнологий и управления»



**Методические указания к выполнению практических работ
по дисциплине**

ОП.02 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

для студентов специальности

20.02.02 «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине ОП.02 "Техническая механика" для студентов специальности 20.02.02 «Защита в чрезвычайных ситуациях» составлен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования (далее – СПО), утвержденным приказом Министерства просвещения России от, 25 декабря 2024 г. N 1060 с учетом профессионального стандарт профессии 12.020 «Спасатель», утвержденный, приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18.10.2023 № 766н.

Организация-разработчик: государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Кунгурский колледж агротехнологий и управления».

Составитель: Забирова Гульсина Кабировна, преподаватель общепрофессиональных дисциплин.

Пояснительная записка

Методические рекомендации к выполнению практических работ по дисциплине «Техническая механика» предназначены для организации работы обучающихся очного отделения специальности 20.02.02 "Защита в чрезвычайных ситуациях" на уроке.

Согласно учебному плану, обязательная аудиторная учебная нагрузка составляет 144 часа, в том числе 44 часа составляют практические занятия. Практические работы позволяют приобрести, систематизировать, закрепить знания, умения и навыки в соответствии с основными и профессиональными компетенциями.

Таблица 1.

Наименование умений или знаний, элементов компетенции	Виды аттестации	
	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
У.1 – выбирать и применять методы контроля состояния потенциально опасных промышленных и природных объектов	– различные виды опроса по изучаемым темам, – контроль оформления практических работ заданий, – грамотности ответов на контрольные вопросы, – контроль решения практических заданий (задач и тестов), в том числе по индивидуальным вариантам контроль составления глоссария, – фронтальный опрос, – технический диктант, – кроссворд.	экзамен
У.2 – конструктивные особенности промышленных зданий, объектов с массовым пребыванием людей		
У.3 – оценка собственных сил и выбор средств для проведения спасательных работ на этапах тушения пожара		
У.4 – применять современные приборы разведки и контроля среды обитания		
У.5 – составлять и вести оперативную документацию аварийно-спасательного формирования		
З.1 – основные подходы и методы обеспечения безопасности промышленных объектов		
З.2 – содержание и порядок составления планов ликвидации аварийных ситуаций на промышленных объектах		
З.3 – требования нормативных документов по вопросам безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности и поведению в чрезвычайных ситуациях		
З.4 – проводить техническое обслуживание оборудования, инструмента и приборов перед началом работ и после их окончания		

В результате освоения дисциплины обучающийся осваивает элементы компетенций.

Перечень общих компетенций, элементы которых формируются в рамках учебной дисциплины:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1.	Проводить мониторинг потенциально опасных промышленных и природных объектов.
ПК 1.2.	Осуществлять разработку, проведение и контроль проведения мероприятий по профилактике возникновения аварий и (или) инцидентов на опасных производственных объектах и снижению их последствий.
ПК 1.3	Выполнять работы по предупреждению аварий и обеспечению газовой безопасности на опасных производственных объектах.
ПК 1.7.	Проводить аварийно-спасательные работы при локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.
ПК 1.9	Осуществлять поиск пострадавших, оказание им первой помощи и психологической поддержки в зонах чрезвычайных ситуаций.
ПК 2.1.	Организовывать несение службы в аварийно-спасательных и пожарно-спасательных подразделениях.
ПК 2.2.	Устранять неисправности аварийно-спасательных средств и автотранспорта, не требующих специального оборудования.
ПК 2.3.	Осуществлять техническую эксплуатацию и безопасное применение аварийно-спасательного, пожарного оборудования (техники), беспилотных авиационных систем и робототехники.
ПК 2.4.	Управлять силами и средствами на этапах тушения пожара.
ПК 3.1.	Осуществлять дежурство в составе подразделения спасателей АСФ.
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
ОК 05.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 09.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Для оценки знаний используется **экзамен**. Вопросы и задания сформированы в соответствии с тематикой рабочей программы, учебным планом и календарно-тематическим планом дисциплины:

Раздел 1. Теоретическая механика

Тема 1.1 Аксиомы статики.

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил.

Тема 1.3. Пара сил. Момент силы относительно точки.

Тема 1.4 Плоская система сил.
Тема 1.5. Пространственная система сил.
Тема 1.6. Центр тяжести тела.
Тема 1.7. Основные понятия кинематики.
Тема 1.8. Простейшее движение твердого тела.
Тема 1.9. Сложное движение твердого тела.
Тема 1.10. Основные законы и аксиомы динамики.
Тема 1.11. Метод кинетостатики.
Тема 1.12. Трение. Работа силы. Мощность. КПД.
Тема 1.13. Основные теоремы динамики.

Раздел 2. Сопротивление материалов

Тема 2.1. Основные понятия.
Тема 2.2. Растяжение-сжатие.
Тема 2.3. Срез-смятие.
Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских сечений.
Тема 2.5. Кручение.
Тема 2.6. Прямой поперечный изгиб.
Тема 2.7. Продольный изгиб.
Тема 2.8. Сложная деформация.

Критерии оценивая теоретического вопроса и практической задачи:

Оценка «5» – ставится, если студент справился с заданием в полном объеме, либо допустил небольшие неточности в ответах.

Оценка «4» – ставится, если студент допустил небольшие неточности в ответе, но в целом ответил правильно.

Оценка «3» – ставится, если студент допустил недочеты при ответе, но знает основные понятия, раскрывает вопрос не в полном объеме.

Оценка «2» – ставится, если студент допустил грубые ошибки при ответе, либо не знает материал и путается в ответах.

Перед выполнением студентами практической работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, время выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки теста и практического выполнения задания.

Требования к оформлению расчетно-графических работ.

1. Расчетно-графические работы должны быть оформлены в виде пояснительных записок, выполняемых в тетрадях в клетку.
2. Обязательно наличие рамки и штампов на всех листах в соответствии с требованиями ГОСТ. На титульном листе каждой работы выполняется только рамка.
3. Текст работы рекомендуется располагать на одной стороне листа. Вторая сторона листа впоследствии может быть использована для внесения исправлений.
4. Пояснительная записка может быть выполнена компьютерным или рукописным способом. В последнем случае почерк должен быть разборчивым, а чернила должны быть одного цвета: синего или черного.
5. Пояснительная записка обязательно должна включать задание и графическое условие задач.
6. Все буквенные обозначения физических величин должны быть указаны на рисунке или пояснены в тексте.
7. Расчет численных значений величин должен быть оформлен следующим образом: после расчетной формулы, записанной в буквенных обозначениях, в нее подставляют численные значения величин, а затем приводят результат вычислений и обозначение единицы измерения величины.
8. Работы, сдаваемые на проверку, должны быть выполнены в полном объеме.
9. Исправления следует вносить путем зачеркивания неправильного результата и вписывания правильного результата выше или правее неправильного. Не допускается использование корректора для исправления неправильного результата и замечаний преподавателя.
10. При решении задач применять систему единиц СИ, а также кратные и дольные от них.
11. Для обозначения основных общетехнических величин использовать только стандартные символы.
12. Тщательно проверить правильность всех вычислений, обратить особое внимание на соблюдение правильности размерностей, подставленных в формулу значений.

Критерии оценки:

Оценка	Критерии оценки знаний студентов
«5» отлично	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены. Расчетно-графическая работа выполнена полностью без ошибок и недочетов
«4» хорошо	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены. Расчетно-графическая работа выполнена полностью, но при наличии в ней более 1 негрубой ошибки и 1 недочета или 3 недочетов
«3» удовлетворительно	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. Расчетно-графическая работа выполнена на 2/3 всего объема; работа выполнена полностью, но при наличии в ней более 1 грубой ошибки и 2 недочетов, или 1 грубой ошибки и 1 негрубой ошибки, или 3 негрубые ошибки, или 4 недочета
«2» неудовлетворительно	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу. Расчетно-графическая работа правильно выполнена менее чем на 2/3 всего объема или число ошибок и недочетов превышает норму для оценки «3»

Перечень ошибок:

Грубые ошибки:

1. Незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, общепринятых символов обозначения технических величин, единиц их измерения.
2. Неумение выделять в ответе главное.
3. Неумение применять знания для решения задач: неправильно сформулированные вопросы задачи или неверные объяснения хода ее решения: незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенных на занятиях.

Негрубые ошибки:

1. Неточности формулировок, определений, понятий, законов, теорий, вызванные неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия.
2. Ошибки в условных обозначениях на расчетных схемах: неточности чертежей и схем.
3. Пропуск или неточное написание наименований единиц технических величин.
4. Нерациональный выбор хода решения.

Недочеты:

1. Нерациональные записи при вычислениях, нерациональные приемы вычислений, преобразований и решений задач.
2. Арифметические ошибки в вычислениях, грубо искажающие реальность результата.
3. Небрежное выполнение записей, чертежей и схем.
4. Орфографические и пунктуационные ошибки.

Практическая работа № 1 «Плоская система сходящихся сил»

Знать способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил.

Уметь определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

Расчетные формулы:

Равнодействующая системы сил:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma x} = \sum_{i=1}^n F_{kx i}; \quad F_{\Sigma y} = \sum_{i=1}^n F_{ky i};$$

где ΣF_x , ΣF_y — проекции равнодействующей на оси координат; F_{kx} , F_{ky} — проекции векторов сил системы на оси координат.

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}},$$

где $\alpha_{\Sigma x}$ — угол равнодействующей с осью Ox .

Условие равновесия

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{kx i} = 0; \\ \sum_{i=1}^n F_{ky i} = 0. \end{cases}$$

Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил должен быть замкнут.

Пример 1. Определение равнодействующей системы сил

Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами (рис. П1.1) Дано: $F_1 = 10$ кН; $F_2 = 15$ кН; $F_3 = 12$ кН; $F_4 = 8$ кН; $F_5 = 8$ кН; $\alpha_1 = 30^\circ$; $\alpha_2 = 60^\circ$; $\alpha_3 = 120^\circ$; $\alpha_4 = 180^\circ$; $\alpha_5 = 300^\circ$

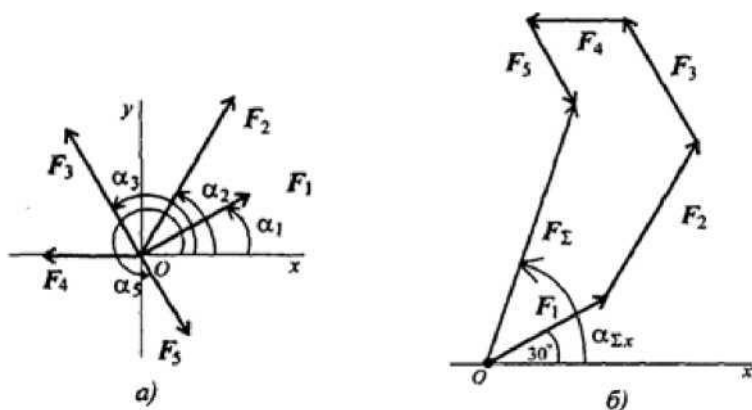
Решение

1. Определить равнодействующую аналитическим способом (рис. П1.1а)

$$\begin{cases} F_{1x} = 10 \cdot \cos 30^\circ = 8,66 \text{ кН}; \\ F_{2x} = 15 \cdot \cos 60^\circ = 7,5 \text{ кН}; \\ F_{3x} = -12 \cdot \cos 60^\circ = -6 \text{ кН}; \\ F_{4x} = -8 \text{ кН}; \\ F_{5x} = 8 \cdot \cos 60^\circ = 4 \text{ кН}; \\ F_{1y} = 10 \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ кН}; \\ F_{2y} = 15 \cdot \sin 60^\circ = 12,99 \text{ кН}; \\ F_{3y} = 12 \cdot \sin 60^\circ = 10,4 \text{ кН}; \\ F_{4y} = 0 \\ F_{5y} = -8 \cdot \sin 30^\circ = -4 \text{ кН} \end{cases}$$

$$\Sigma F_x = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad \Sigma F = \sqrt{6,16^2 + 21,43^2} = 22,36 \text{ кН};$$

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{\Sigma F}; \quad \cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{6,16}{22,36} = 0,2755; \quad \cos \alpha_{\Sigma x} = 74^\circ$$



2. Определить равнодействующую графическим способом.

Рис. П1.1а

С помощью транспортира в масштабе $2 \text{ мм} = 1 \text{ кН}$ строим многоугольник сил (рис. П1.1б). Измерением определяем модуль равнодействующей силы и угол наклона ее к оси Ox .

$$F_{\Sigma \text{гр.}} \approx 22 \text{ кН}; \quad \alpha_{\Sigma x} = 73^\circ$$

$$\frac{F_{\Sigma \text{ан}} - F_{\Sigma \text{гр.}}}{F_{\Sigma \text{ан}}} \cdot 100\% \leq 5\%$$

Результаты расчетов не должны отличаться более чем на 5%.

Исходные данные к примеру 1:

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
F_1 , кН	12	8	20	3	6
F_2 , кН	8	12	5	6	12
F_3 , кН	6	2	10	12	15
F_4 , кН	4	10	15	15	3
F_5 , кН	10	6	10	9	18
α_1 , град	30	0	0	15	0
α_2 , град	45	45	60	45	15
α_3 , град	0	75	75	60	45
α_4 , град	60	30	150	120	150
α_5 , град	300	270	210	270	300

Пример 2. Решение задачи на равновесие аналитическим способом.

Грузы подвешены на стержнях и канатах и находятся в равновесии. Определить реакции стержней АВ и СВ.

Решение

1. Определяем (рис. П1.2а). при этом стержень точка В стержня АВ — Если убрать следовательно,

В снизу — реакция направлена вверх.

2. Освобождаем точку В от связи (рис. П1.2б).

3. Выберем направление осей координат, ось Ох совпадает с реакцией R₁.

4. Запишем уравнения равновесия точки В:

$$\sum_{\text{в}}^n F_{kx} = -R_1 + R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum_{\text{в}}^n F_{ky} = R_2 \cos 30^\circ - F_1 - F_2 \cos 45^\circ = 0.$$

5. Из второго уравнения получаем:

$$R_2 = \frac{F_1 + F_2 \cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{10 + 20 \cdot 0,7}{0,866} = 27,87 \text{ кН}.$$

Из первого уравнения получаем:

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ; \quad R_1 = 28,07 \text{ кН}.$$

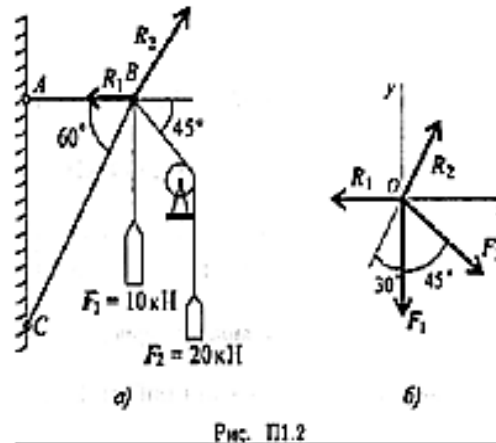
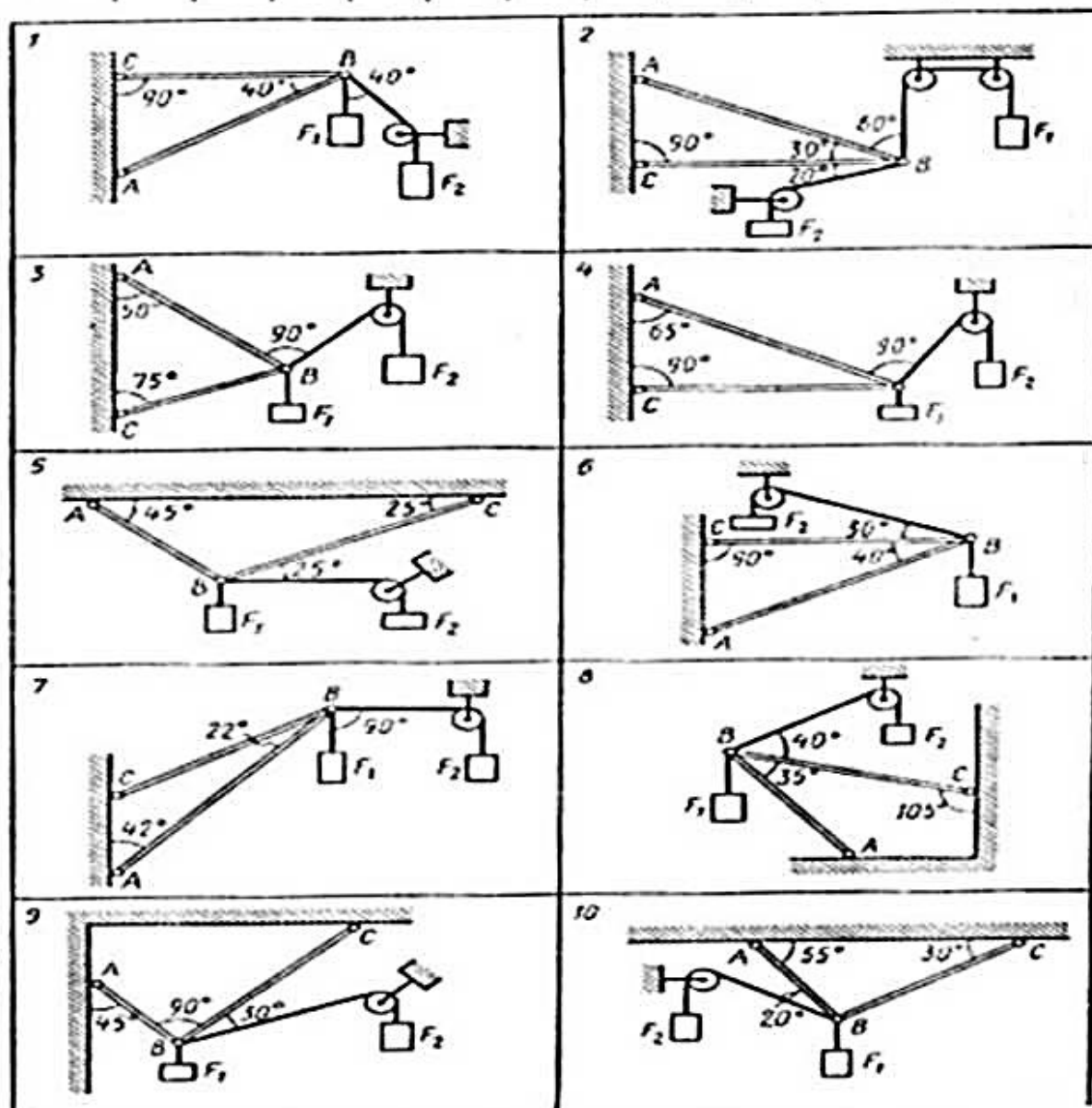


Рис. П1.2

вероятные направления реакций Мысленно убираем стержень АВ, СВ опускается, следовательно, отодвигается от стены: назначение тянуть точку В к стене. стержень СВ, точка В опустится, стержень СВ поддерживает точку

Исходные данные к примеру 2:

№ задачи и схемы на рис. 4										F ₁	F ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Варианты										αII	
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0,4	0,5
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	0,3	0,8
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	0,6	0,4
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	0,2	0,5
40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	0,5	0,8
50	48	57	56	55	54	53	52	51	50	0,8	0,4
60	60	63	61	66	64	67	65	69	68	0,4	0,2
70	75	71	76	72	77	73	78	74	79	1,2	0,8
80	85	81	86	82	87	83	88	84	89	0,8	1,0
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0,9	0,6



Задание. Используя схему рис. П1.1а, определить равнодействующую системы сил.

Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим способом.

Задание. Определить реакции стержней, удерживающих грузы F_1 и F_2 . Массой стержней пренебречь. Схему своего варианта см. на рисунке. Числовые данные своего варианта взять из таблицы.

Практическое занятие № 2 «Плоская система произвольно расположенных сил».

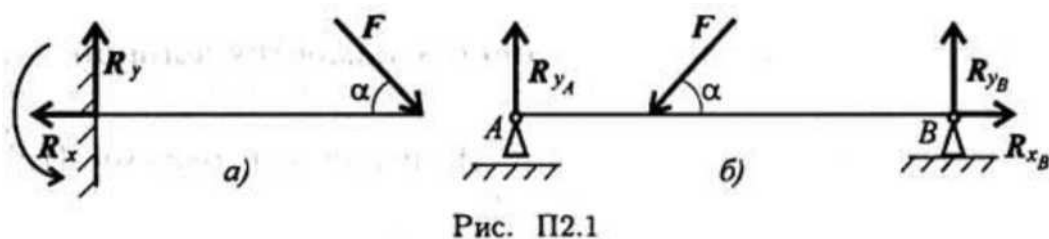
Знать теорему Пуансо о приведении силы к точке.

Уметь приводить произвольную плоскую систему сил к точке, определяя величины главного вектора и главного момента системы.

Знать три формы уравнений равновесия и уметь ими пользоваться при определении реакций в опорах балочных систем.

Основные формулы и предпосылки расчета.

Виды опор балок и их реакции (рис. П2.1).



Моменты пары сил и силы относительно точки (рис. П2.2).

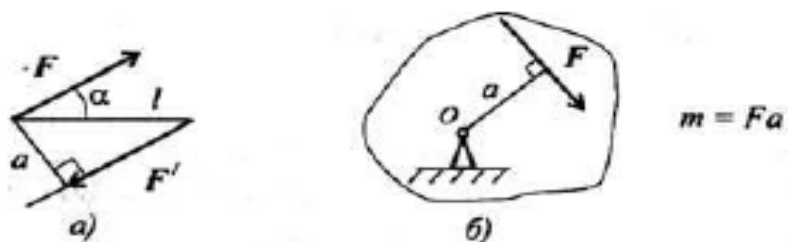


Рис. П2.2

Главный вектор

$$F_{rn} = \sqrt{\left(\sum_0^n F_{kx}\right)^2 + \left(\sum_0^n F_{ky}\right)^2}.$$

Главный момент

$$M_{rлO} = \sum_0^n m_{kO}.$$

Условия равновесия

$$1. \quad \sum_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum_0^n m(F_k)_A = 0.$$

Проверка:

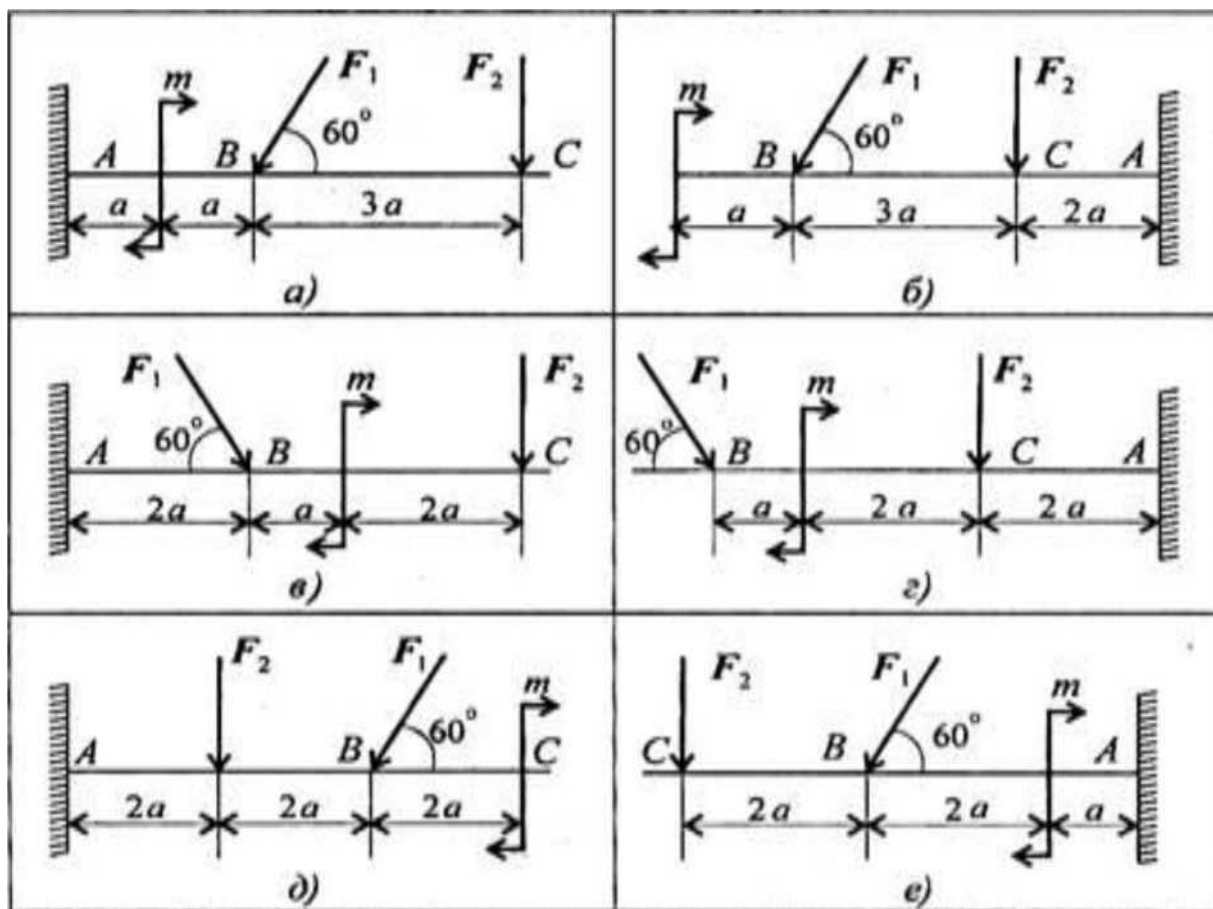
$$2. \quad \sum_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum_0^n m(F_k)_A = 0; \quad \sum_0^n m(F_k)_B = 0.$$

Проверка:

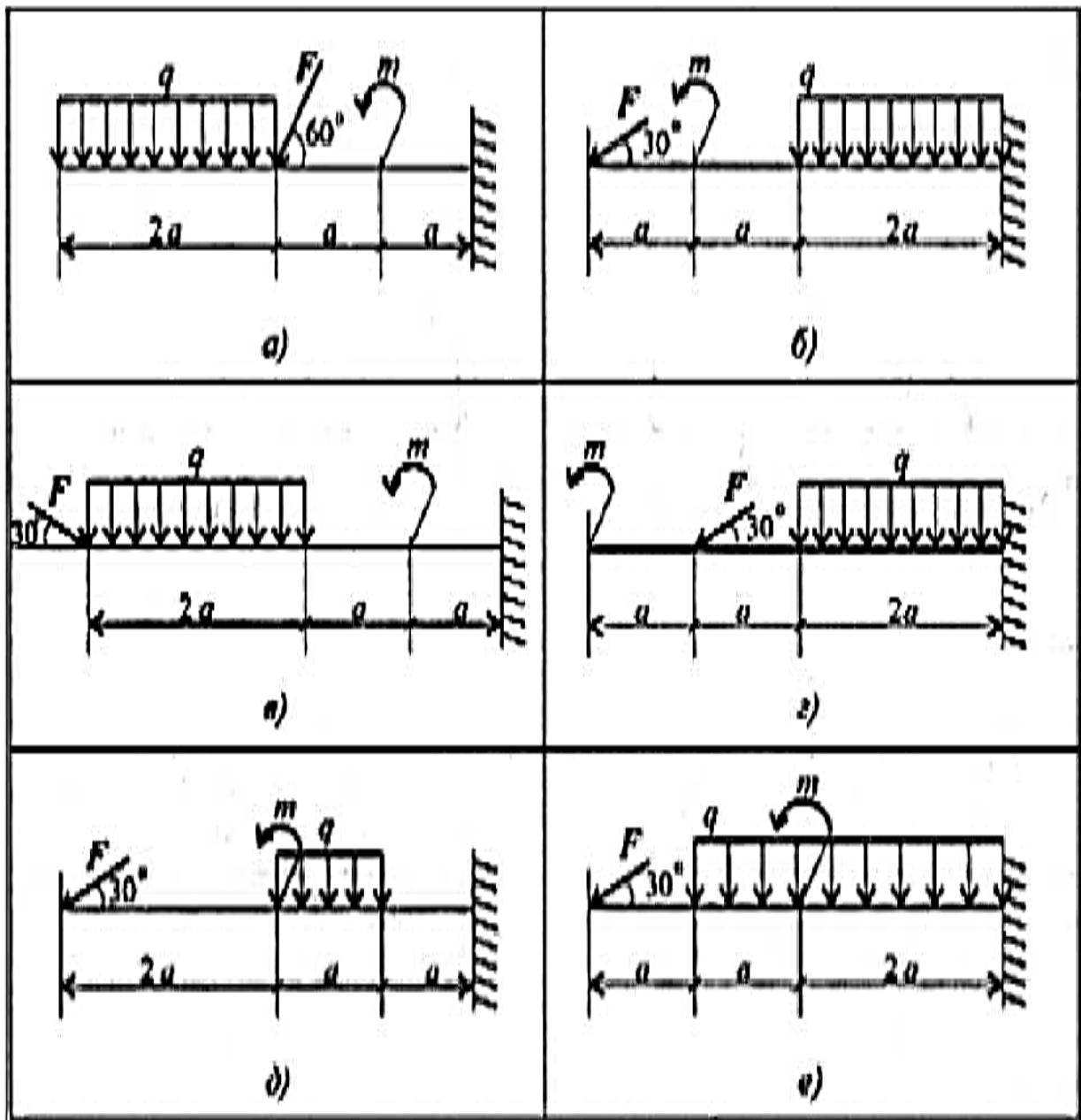
$$\sum_0^n F_{ky} = 0.$$

Определение реакций в опорах балочных систем под действием сосредоточенных сил и пар сил.

Задание. Определить величины реакций в опоре заземленной балки. Провести проверку правильности решения.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
F_2 , кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
m , кН*м	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
a , м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

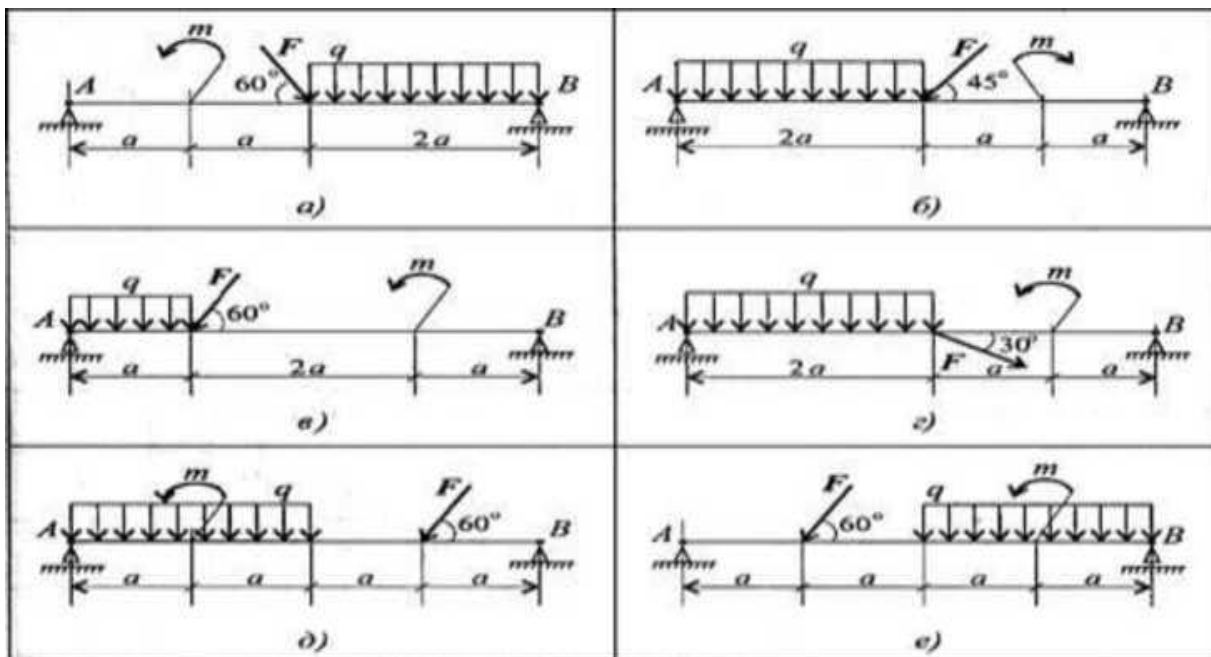


Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
q , кН/м	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
m , кН·м	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
a , м	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

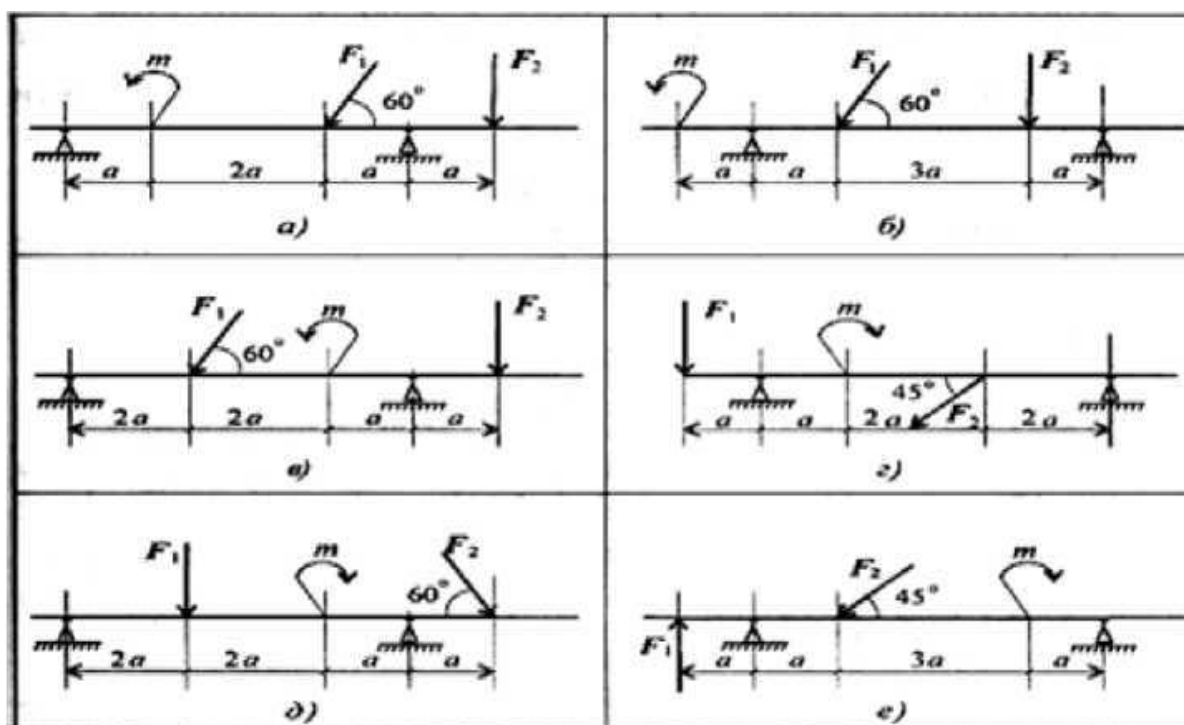
Расчетно-графическая работа № 4

Определение реакций в опорах балочных систем под действием сосредоточенных сил и пар сил.

Задание. Определить величины реакций в шарнирных опорах балки. Провести проверку правильности решения.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
q , кН/м	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
m , кН м	15	25	35	45	55	45	35	25	15	5
a , м	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	0,6	0,6



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	10	12	14	10	18	20	22	24	26	28
F_2 , кН	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
m , кН*М	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
a , м	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Практическое занятие № 3 «Центр тяжести»

Знать методы определения центра тяжести тела и плоских сечений, формулы для определения положения ЦТ плоских сечений. Уметь определять положение центра тяжести сложных геометрических фигур, определять положение центра тяжести фигур, составленных из стандартных профилей.

Основные формулы и предпосылки расчета.

Центры тяжести простейших сечений (рис. ПЗ.1).

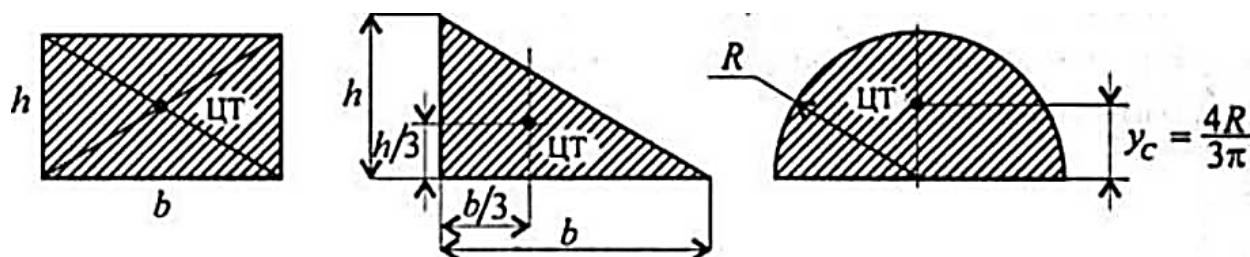


Рис. ПЗ.1

Геометрические характеристики стандартных прокатных профилей в справочниках материалов и в Приложении 2.

Методы расчета:

1. метод симметрии;
2. метод разделения на простые части;
3. метод отрицательных площадей.

Координаты центров тяжести сложных и составных сечений:

$$x_C = \frac{\sum_{k=1}^n A_k x_k}{A}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^n A_k y_k}{A},$$

где A_k — площади частей сечения; x_k , y_k — координаты ЦТ частей сечения; A — суммарная площадь сечения.

Пример 1.

Определить положение центра тяжести фигуры, представленной на рис.3.2.

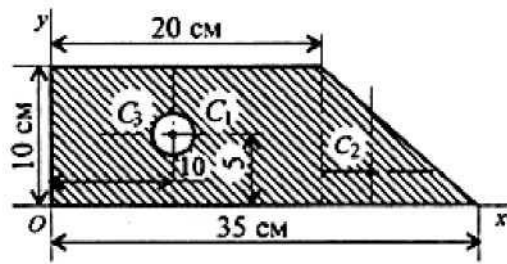


Рис.3.2

Решение

Разбиваем фигуру на три части:

1 — прямоугольник, $A_1 = 10 \times 20 = 200 \text{ см}^2$;

2 — треугольник, $A_2 = 1/2 \times 10 \times 15 = 75 \text{ см}^2$;

3 — круг, $A_3 = \pi D^2$:

$$A_3 = 3,14 \times 3^2 = 28,3 \text{ см}^2.$$

ЦТ фигуры 1: $x_1 = 10 \text{ см}$; $y_1 = 5 \text{ см}$.

ЦТ фигуры 2: $x_2 = 20 + 1/3 \cdot 15 = 25 \text{ см}$; $y_2 = 1/3 \cdot 10 = 3,3 \text{ см}$.

ЦТ фигуры 3: $x_3 = 10 \text{ см}$; $y_3 = 5 \text{ см}$;

$$x_C = \frac{200 \cdot 10 + 75 \cdot 25 - 28,3 \cdot 10}{200 + 75 - 28,3} = 14,5 \text{ см}.$$

Аналогично определяется $y_C = 4,5 \text{ см}$.

Пример 2.

Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечение состоит из листа и прокатных профилей (рис. 3.3).

Примечание. Часто рамы сваривают из разных профилей, создавая необходимую конструкцию.

Таким образом, уменьшается расход металла и образуется конструкция высокой прочности.

Для стандартных прокатных профилей собственные геометрические характеристики известны.

Они приводятся в соответствующих стандартах.

Решение.

Обозначим фигуры номерами и выпишем из таблиц необходимые данные:

1. швеллер № 10 (ГОСТ 8240-89); высота $B = 100\text{ мм}$; ширина полки $B = 46\text{ мм}$; площадь сечения $A_1 = 10,9\text{ см}^2$;
2. двутавр № 16 (ГОСТ 8239-89); высота 160 мм ; ширина полки 8 мм ; площадь сечения A_2

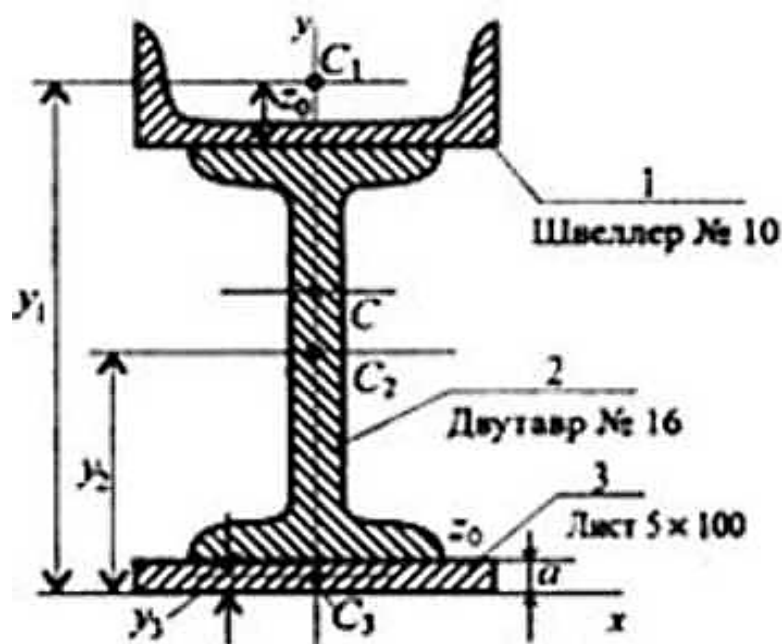


Рис. 3.3.

3. лист 5×100 ; толщина 5 мм ; ширина 100 мм ; площадь сечения $A_3 = 0,5 \times 10 = 5\text{ см}^2$.

Координаты центров тяжести каждой фигуры можно определить по чертежу.

Составное сечение симметрично, поэтому центр тяжести находится на оси симметрии, и координата $x_C = 0$.

Определение центра тяжести составного сечения:

Швеллер 1: $y_1 = a + h_2 + z_0$; $y_1 = 0,5 + 16 + 1,44 = 17,54\text{ см}$.

Двутавр 2: $y_2 = a + \frac{h_2}{2}$; $y_2 = 0,5 + 16/2 = 8,5\text{ см}$.

Лист 3: $y_3 = a/2 = 0,25\text{ см}$.

$$y_C = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$y_C = \frac{10,9 \cdot 17,54 + 20,2 \cdot 8,5 + 5 \cdot 0,25}{10,9 + 20,2 + 5} = 10\text{ см}.$$

Пример 3.

Определить координаты центра тяжести сечения, показанного на рис. 3.4 а. Сечение состоит из двух уголков 56×4 и швеллера № 18. Выполнить проверку правильности определения положения центра тяжести. Указать его положение на сечении.

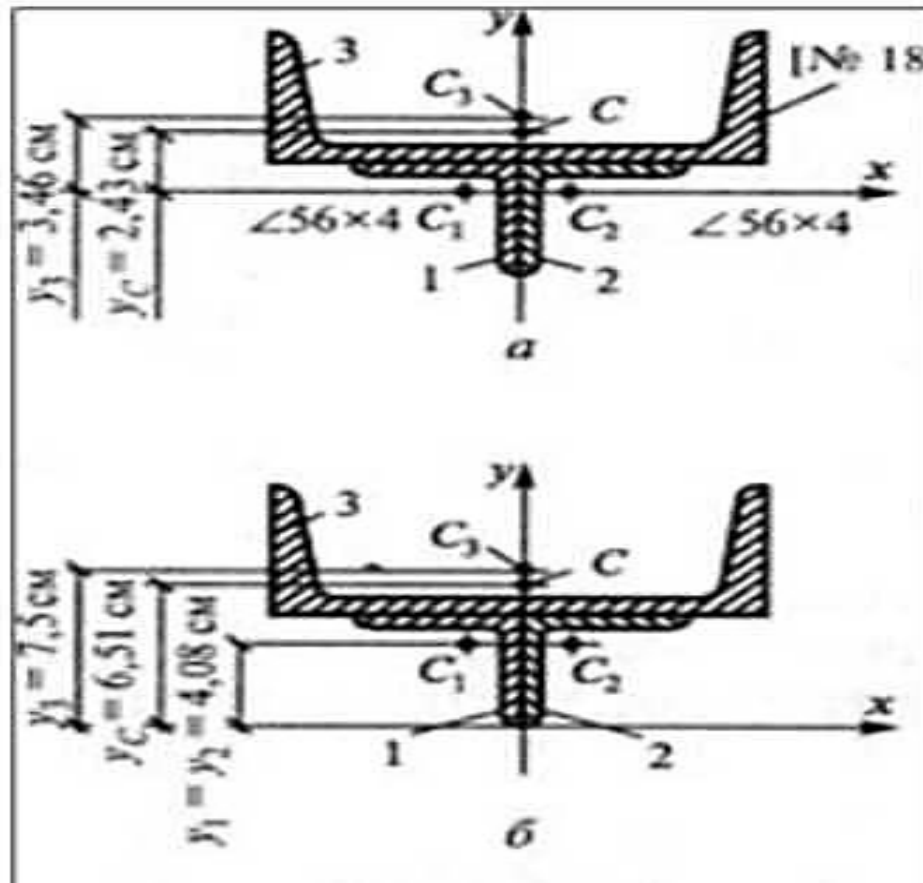


Рис. 3.4а.

Решение

1. Разобьем сечение на профили проката: два уголка 56 * 4 и швеллер № 18. Обозначим их 1, 2, 3 (см. рис. 3.4 а).
2. Укажем центры тяжести каждого профиля, используя табл. 1 и 4 прил. I, и обозначим их C₁, C₂, C₃.
3. Выберем систему координатных осей. Ось y совместим с осью симметрии, а ось x проведем через центры тяжести уголков.
4. Определим координаты центра тяжести всего сечения. Так как ось y совпадает с осью симметрии, то она проходит через центр тяжести сечения, поэтому X_C = 0. Координату Y_C определим по формуле

$$y_C = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Пользуясь таблицами приложения, определим площади каждого профиля и координаты центров тяжести:

$$A_1 = 4,38 \text{ см}^2, y_1 = 0; A_2 = 4,38 \text{ см}^2, y_2 = 0;$$

$$A_3 = 20,7 \text{ см}^2, y_3 = z_{0(\text{ст})} + z_{0(\text{шв})} = 1,52 + 1,94 = 3,46 \text{ см.}$$

Координаты y_1 и y_2 равны нулю, так как ось x проходит через центры тяжести уголков. Подставим полученные значения в формулу для определения y_c :

$$y_c = \frac{4,38 \cdot 0 + 4,38 \cdot 0 + 20,7 \cdot 3,46}{4,38 + 4,38 + 20,7} = \frac{71,62}{29,46} = 2,43 \text{ см.}$$

5. Укажем центр тяжести сечения на рис. 3.4а и обозначим его буквой C . Покажем расстояние $Y_c = 2,43$ см от оси x до точки C . Поскольку уголки симметрично расположены, имеют одинаковую площадь и координаты, то $A_1 = A_2$, $y_1 = y_2$. Поэтому формула для определения Y_c может быть упрощена:

$$y_c = \frac{2A_1 y_1 + A_3 y_3}{2A_1 + A_3}.$$

6. Выполним проверку. Для этого ось x проведем по нижнему краю полки уголка (рис.3.4 б). Ось y оставим, как в первом решении. Формулы для определения X_c и Y_c не изменяются:

$$x_c = 0; y_c = \frac{2A_1 y_1 + A_3 y_3}{2A_1 + A_3}.$$

Площади профилей останутся такими же, а координаты центров тяжести уголков и швеллера изменятся. Выпишем их:

$$A_1 = A_2 = 4,38 \text{ см}^2; y_1 + y_2 = b_{\text{ст}} - z_{0(\text{ст})} = 5,6 - 1,52 = 4,08 \text{ см};$$

$$A_3 = 20,7 \text{ см}^2; y_3 = b_{\text{ст}} + z_{0(\text{шв})} = 5,6 + 1,94 = 7,54 \text{ см.}$$

Находим координату центра тяжести:

$$y_c = \frac{2 \cdot 4,38 \cdot 4,08 + 20,7 \cdot 7,54}{2 \cdot 4,38 + 20,7} = 6,51 \text{ см.}$$

По найденным координатам X_c и Y_c наносим на рисунок точку C . Найденное двумя способами положение центра тяжести находится в одной и той же точке. Проверим это.

Разница между координатами Y_c , найденными при первом и втором решении, составляет:

$$6,51 - 2,43 = 4,08 \text{ см.}$$

Это равно расстоянию между осями x при первом и втором решении:

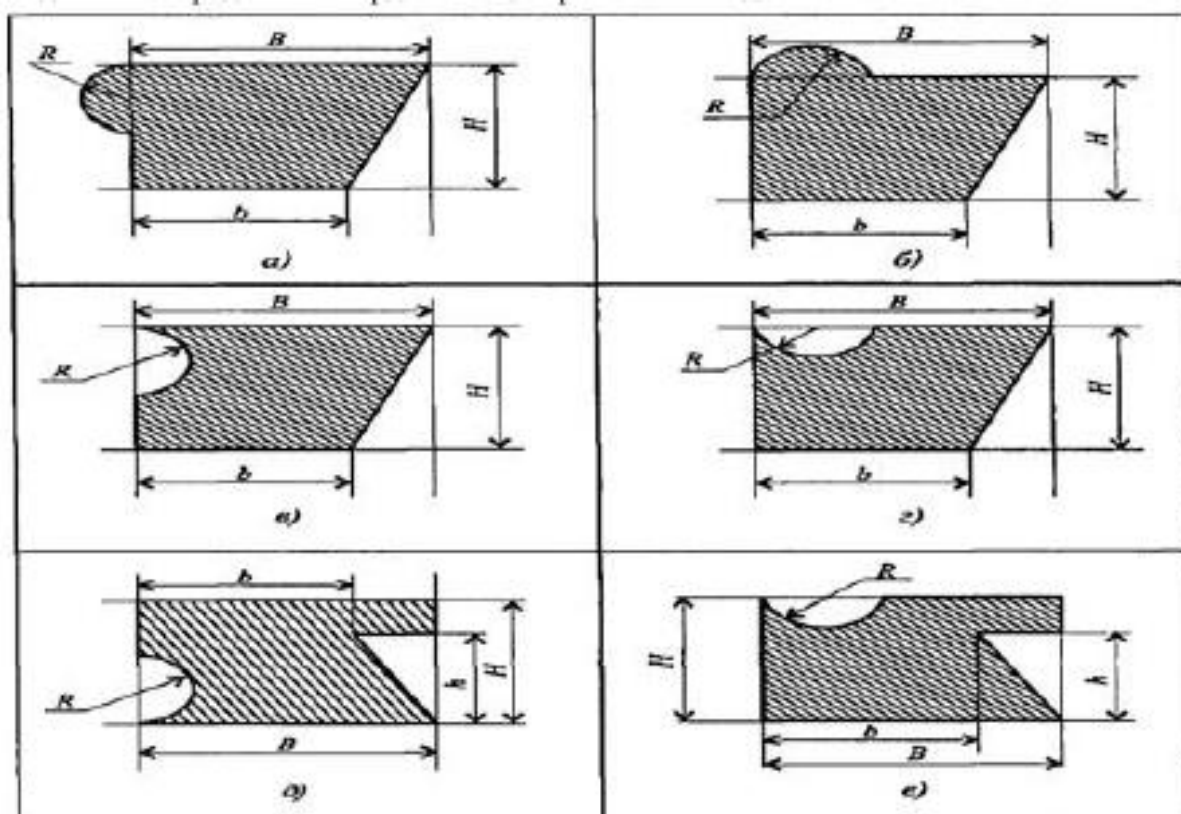
$$5,6 - 1,52 = 4,08 \text{ см.}$$

Ответ: $Y_C = 2,43$ см, если ось x проходит через центры тяжести уголков, или $Y_C = 6,51$ см, если ось x проходит по нижнему краю полки уголка.

Расчетно-графическая работа №5

Определение центра тяжести фигур

Задание 1. Определить координаты центра тяжести заданного плоского сечения.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
b , мм	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
H , мм	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
h , мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R , мм	20	25	25	30	30	40	40	50	50	60

Задание 2. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами, $a \times b$ и прокатных профилей по ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89 и ГОСТ 8509-86. Уголок выбирается наименьшей толщины. Размеры стандартных профилей в Приложении 5-7.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ швеллера	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ двутавра	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ уголка	8	8	9	9	10	10	11	11	12,5	14
a , мм	180	200	200	220	220	240	240	260	270	300
δ , мм	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6

