ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

СИБИРСКИЙ КОЛЛЕДЖ ТРАНСПОРТА И СТРОИТЕЛЬСТВА

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

дисциплины ОП.12. Термодинамика
по специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ
базовая подготовка
среднего профессионального образования

Иркутск 2022

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа

РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической комиссией технической механики и электротехнических дисциплин
«08» июня 2022 г.
Председатель: _____ Эмерсали Н.Б.

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по УВР
_____ /А.П.Ресельс
«09» июня 2022 г.

Составитель:.Попов Д.Б. – преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПС СКТиС

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины, разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Содержание

1. Введение
2. Пояснительная записка
3. Перечень самостоятельных работ по технической механике
4. Содержание самостоятельных работ
5. Требования к написанию творческой работы
6. Требования к выполнению заданий по алгоритму
7. Требования к выполнению презентаций
8. Контроль результатов самостоятельной работы студентов
9. Критерии оценки результатов самостоятельной внеаудиторной работы студентов
10. Критерии оценки написания творческой работы
11. Критерии оценки выполнения заданий по алгоритму
12. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Введение

Самостоятельная учебная деятельность – нужная и плодотворная форма развития социальных и профессиональных качеств личности. В процессе учебного поиска, исследования, анализа, осуществляемого самостоятельно, растет интеллектуальный потенциал студента, повышается его креативность, укрепляется воля, совершенствуется профессиональное мастерство. Только через самообразование можно приобрести прочные знания, умения и навыки, необходимые в профессиональной деятельности.

Изучение учебной дисциплины ОП.12 Термодинамика базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных учащимися при изучении математики, физики, химии, строительных материалов, инженерной графики в курсе основной общеобразовательной школы и на первом курсе колледжа.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студента, творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Предлагаемые методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплине ОП.12 Термодинамика предназначены для студентов второго курса колледжа, позволяют систематизировать материалы по планированию и проведению самостоятельной работы студентов образовательного учреждения среднего профессионального образования.

Пояснительная записка

Самостоятельная работа студентов – вид учебной деятельности, требующий большой подготовительной работы преподавателя технической механики. Самостоятельная работа позволяет оптимально сочетать теоретические и практические составляющие обучения. При этом обеспечивается переосмысление места и роли теоретических знаний, их упорядочивание, что, в итоге, приводит к повышению мотивации обучающихся в их освоении. Самостоятельная работа планируется и организуется с целью углубления и расширения теоретических знаний формирования логического мышления, осуществления дифференцированного подхода к студентам, овладения умениями решать прикладные задачи в области профессиональных деятельности. Планомерная организация этой работы позволяет оперативно обновлять содержание образования, создавая предпосылки для формирования общих и профессиональных компетенций и обеспечивая качества подготовки специалистов на конкурентно-способном уровне.

В ходе выполнения самостоятельной работы по технической механике у студентов формируются следующие компетенции:

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

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

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

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

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий.

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

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.3. Осуществлять ремонтно-техническое обслуживание оборудования.

ПК 1.4. Выполнять дефектацию и ремонт узлов и деталей технологического оборудования.

ПК 2.1. Выполнять строительные работы при сооружении газонефтепроводов и газонфтехранилищ.

ПК 2.2. Обеспечивать техническое обслуживание газонефтепроводов и газонефтехранилищ, контролировать их состояние.

Самостоятельная работа выполняется под руководством преподавателя, но не при прямой помощи преподавателя, а под его опосредованным руководством, наблюдением. Возможны следующие виды самостоятельной работы студента по технической механике:

- решение заданий по образцу;
- выполнение заданий по алгоритму;
- типовые расчеты;
- составление и решение самостоятельно составленных заданий;
- выполнение расчетно-графических работ;
- составление отчетов по лабораторным работам;
- ответы на контрольные вопросы;
- составление или решение тематических кроссвордов по технической механике;
- составление формульной схемы «Домино»;
- разработка проекта, включающего элементы самостоятельного исследования, направленного на поиск новых методов решения поставленной задачи (например: „ Разрушение – друг или враг? ”).

Данные методические рекомендации составлены на основании «Рекомендации по планированию и организации самостоятельной работы студентов общеобразовательных учреждений среднего профессионального образования в условиях действия ГОС СПО» (Приложение к письму Министерства образования России от 29.12.2000 №16-52-138 ин. 16/13).

В новых социально – экономических условиях все более актуальной становится проблема формирования активной личности, способной самостоятельно ставить перед собой цели и задачи, а затем объективно оценивать результаты своей деятельности. Современному обществу требуются специалисты, обладающие логическим мышлением, умеющим рационально организовать свою деятельность и, главное, умеющим самостоятельно приобретать знания, необходимые для дальнейшего самообразования и карьерного профессионального роста.

Перечень самостоятельных работ по технической механике для студентов 2-го курса

Разделы и темы	Кол-во часов	Вид работы	Цель	Контроль
Раздел 1. Основы теоретической механики				
Тема 1.1. Статика. Основные понятия и аксиомы статики	2	Презентация лекции на тему: «Роль и значение механики в технике».	Обобщение ранее полученных знаний в курсе физики, раздел «Механика».	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил.	6	РГР Определение усилий в стержнях фермы.	Углубление изученного материала, формирование умений.	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.3 Плоская система произвольно расположенных сил.	4	РГР Определение опорных реакций балок.	Углубление изученного материала, формирование умений.	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.4. Центр тяжести.	4	РГР Определение координат центра тяжести	Углубление изученного материала, формирование умений	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.5 Пространственная система сил.	2	Презентация лекции на тему: «Сравнительная характеристика плоской и пространственной систем сил».	Углубление и обобщение. Ранее полученных знаний.	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.6. Кинематика	2	Работа с дополнительной литературой	Углубление и обобщение. Ранее полученных знаний	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 1.7. Динамика	2	Работа с литературой по теме занятия	Изучение нового материала.	Индивидуальная защита выполненного задания
Раздел 2. Сопротивление материалов				
Тема 2.1. Сопротивление	2	Презентация на тему: «История	Углубление изученного	Индивидуальная защита

материалов, основные положения.		развития сопротивления материалов».	материала.	выполненного задания
Тема 2.2.Растяжение и сжатие.	5	РГР Для заданного бруса построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений. Определить полное удлинение (укорочение) бруса.	Углубление изученного материала, формирование умений	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 2.3. Срез и смятие.	3	Работа с литературой по теме занятия	Изучение нового материала. Углубление изученного материала	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 2.4 Геометрические характеристики плоских сечений	3	РГР Определение главных центральных осевых моментов инерции.	Углубление изученного материала, формирование умений и навыков	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 2.5.Сдвиг и кручение.	3	РГР Определение диаметра вала из расчёта на прочность.	Углубление изученного материала, формирование умений	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 2.6. Изгиб.	6	РГР Построить Эп. Qy и Mx; подобрать сечение балки. Решение задач по теме.	Углубление изученного материала, формирование умений	Индивидуальная защита выполненного задания
Тема 2.7 Сложное сопротивление.	2	РГР Расчет вала при совместном действии изгиба и кручения.	Углубление изученного материала, формирование умений и навыков	Индивидуальная защита выполненного задания
Раздел 3 Детали машин				
Тема 3.1. Общие сведения о передачах.	1	Найти в интернет ресурсе сайт на тему: «Назначение механических передач».	Углубление и обобщение изученного материала.	Индивидуальная защита выполненного задания

Тема 3.2. Механические передачи. Детали и сборочные единицы передач	4	Работа с дополнительной литературой по теме занятия. Найти в интернет ресурсе материал на тему: «Передача винт – гайка».	Углубление и обобщение изученного материала.	Индивидуальная защита выполненного задания
	50			

Теоретическая механика. Статика.
Тема: Плоская система сходящихся сил.

Последовательность выполнения решения

1. Указывают точку (или тело), равновесие которой (которого) рассматривается.
2. Прикладывают к рассматриваемой точке (телу) заданные (известные) силы.
В задачах обычно заданной силой является груз, который направлен вниз (к центру тяжести земли).
При наличии блока груз действует на рассматриваемую точку вдоль нити.
Направление действия этой силы устанавливается из чертежа.
3. Мысленно отбрасывают связи, и, пользуясь принципом освобождаемости от связей, заменяют их действия реакциями связей, и прикладывают их к рассматриваемой точке (телу).
Направление реакции стержня заранее неизвестно, поэтому предполагаем стержень растянутым, т.е.
реакцию направляем от рассматриваемой точки (тела).
4. Выбирают положение прямоугольной системы координат. Начало координат совмещают с точкой, равновесие которой рассматривается. Одну из осей (любую) направляют так, чтобы она совпала с направлением одной из неизвестных реакций, а вторую перпендикулярно первой.
Затем определяют углы между реакциями и координатными осями, и указывают их на чебртеже.
5. Составляют уравнения проекций сил, сходящихся в рассматриваемой точке, на оси x и y.

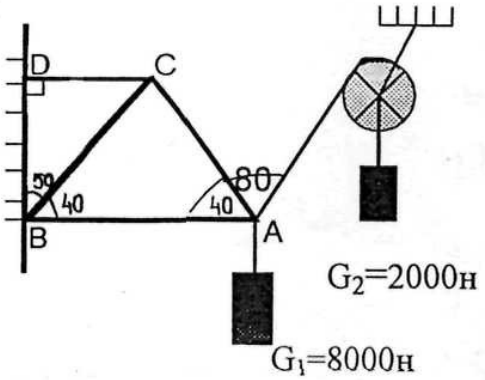
$$\sum X = 0$$
$$\sum Y = 0$$

Решают систему двух уравнений с двумя неизвестными.
Знак минус в ответе означает, что направление реакции на чертеже было выбрано неверно, т.е. если
стержень предполагается растянутым, то в действительности он будет сжатым, и наоборот.
6. Решают задачу графическим способом.
На основе полученной схемы сил, в выбранном масштабе строят замкнутый силовой многоугольник, и определяют неизвестные реакции.
7. После решения полученные результаты необходимо проверить. Для этого нужно сравнить величины, полученные аналитическим и графическим способами, и подсчитать погрешность.

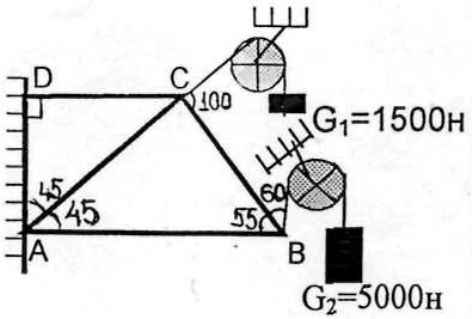
Задание к расчетно-графической работе:

Определить усилия в стержнях фермы аналитическим и графическим способами. Задание выбрать согласно своего варианта.

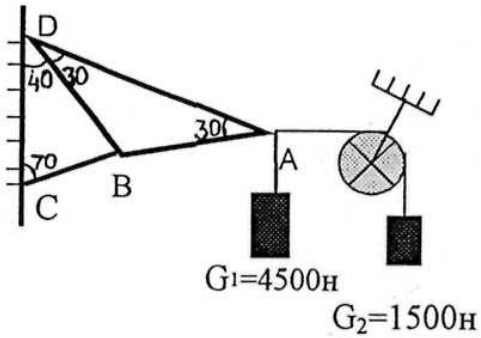
1


D
C
50
40
80
40
B
A
G2=2000н
G1=8000н

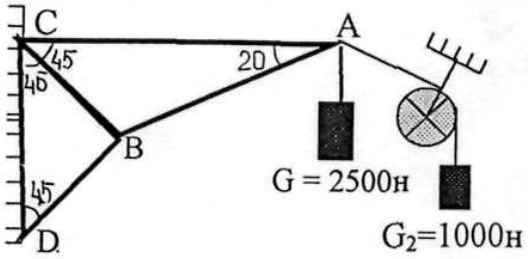
2


D
C
100
G1=1500н
45
45
60
55
A
B
G2=5000н

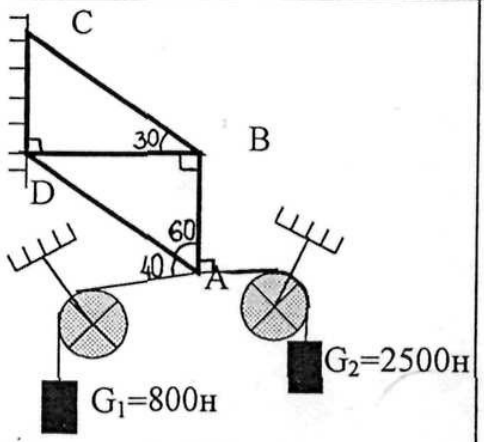
3


D
40
30
30
70
B
C
A
G1=4500н
G2=1500н

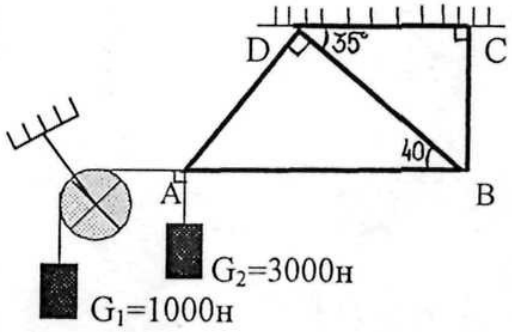
4


C
A
45
20
45
B
G = 2500н
45
D
G2=1000н

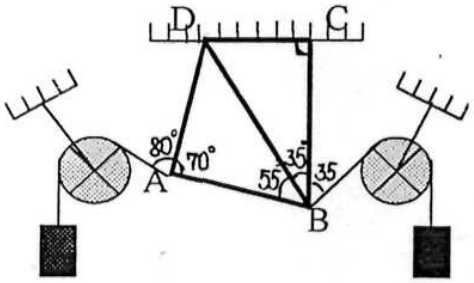
5


C
30
B
D
60
40
A
G2=2500н
G1=800н

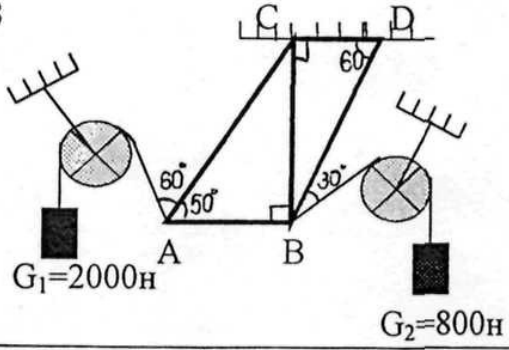
6


D
35°
C
40
A
B
G2=3000н
G1=1000н

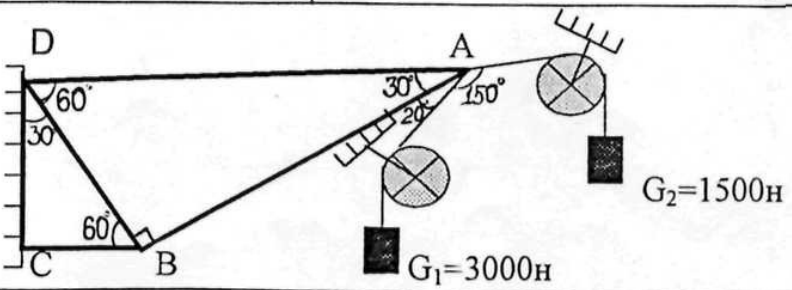
7


D
C
80°
70°
35
55
35
A
B
G1=6000н
G2=4000н

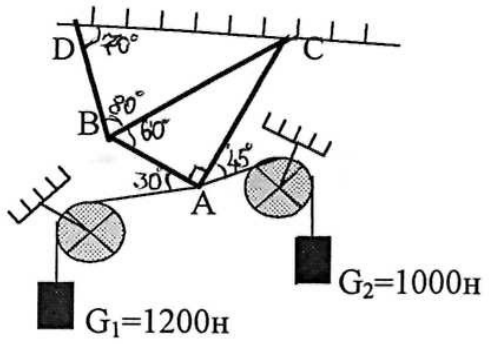
8


C
D
60
60°
50°
30°
A
B
G1=2000н
G2=800н

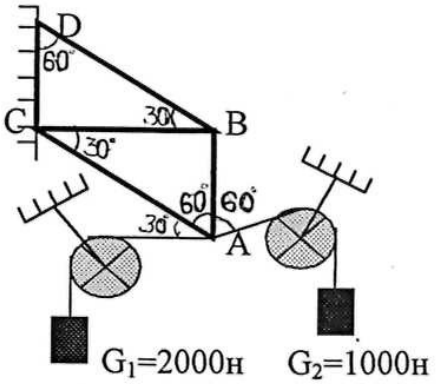
9


D
A
60°
30°
150°
30
20°
60°
C
B
G2=1500н
G1=3000н

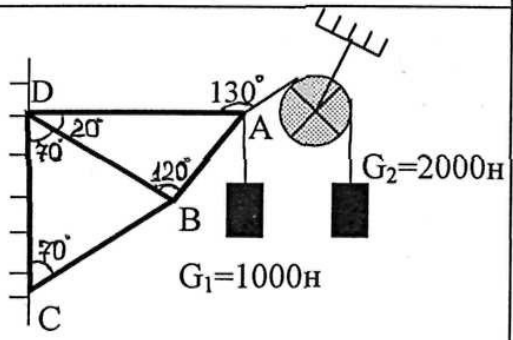
10



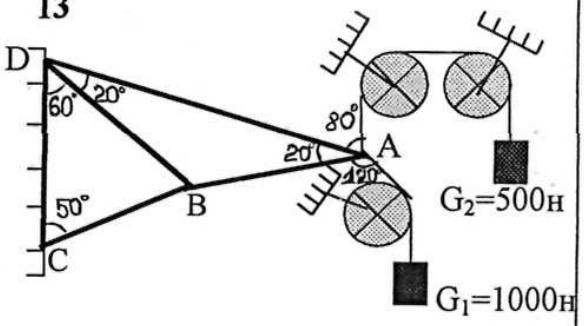
11



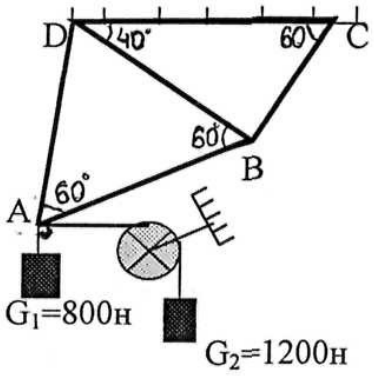
12



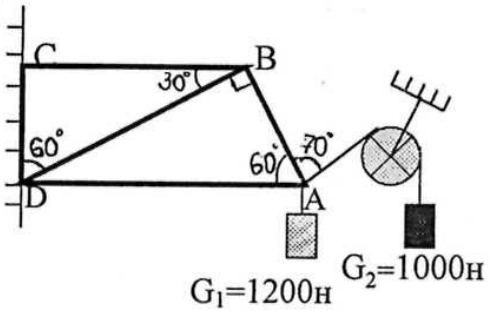
13



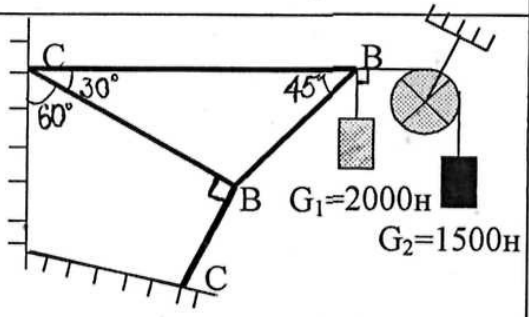
14



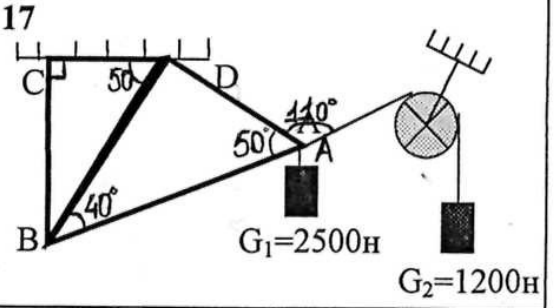
15



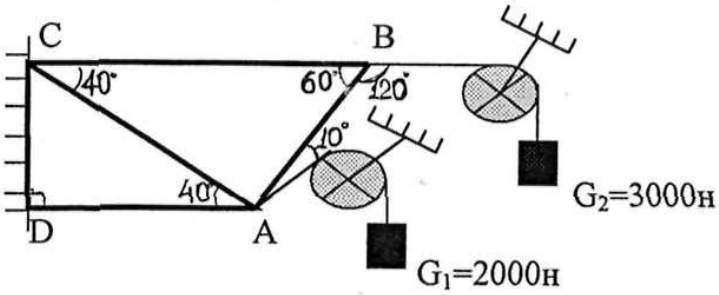
16



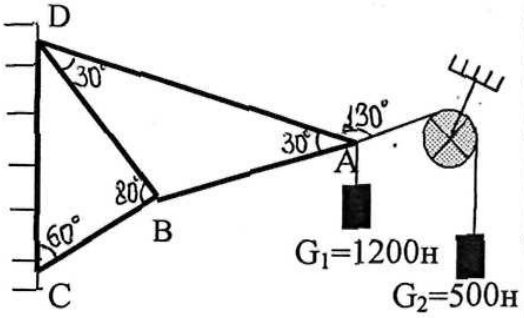
17



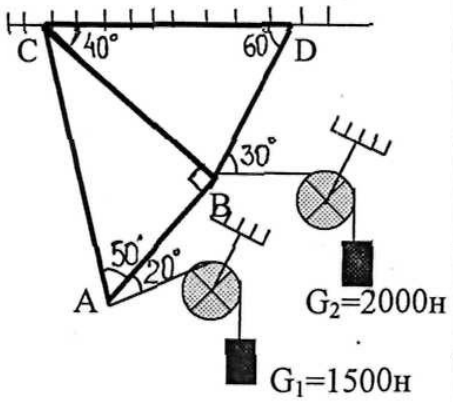
18



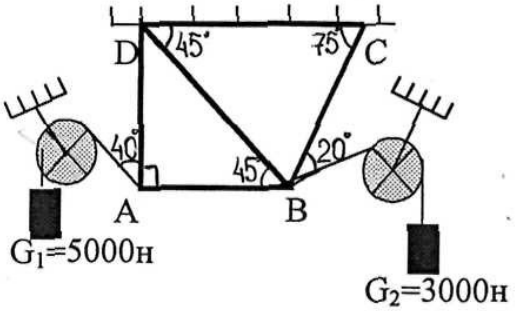
19



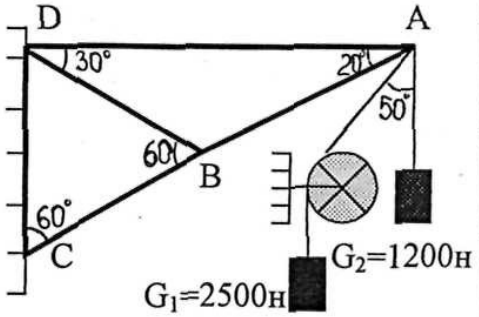
20



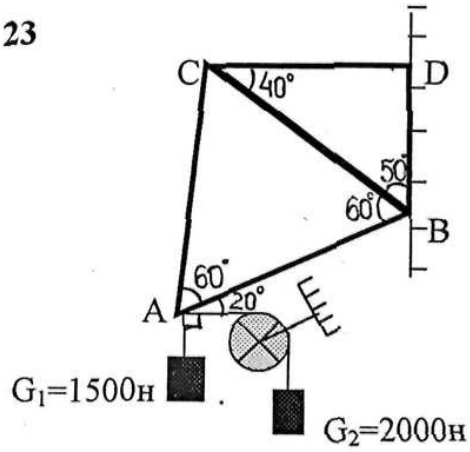
21



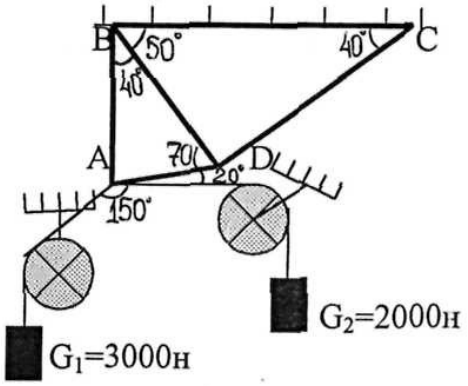
22



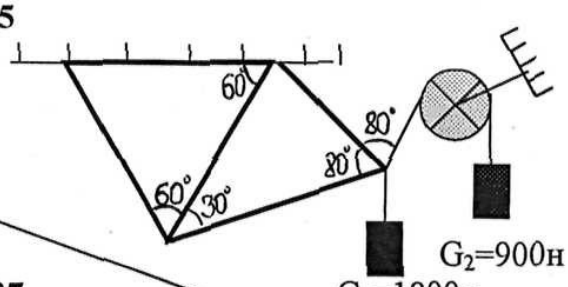
23



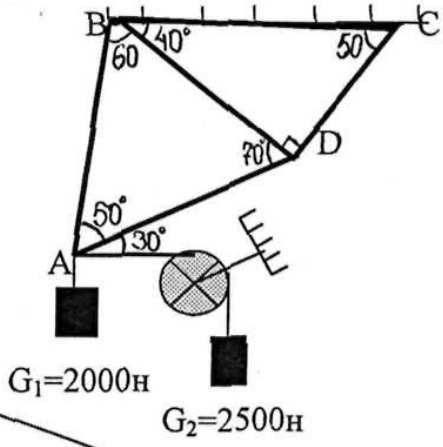
24



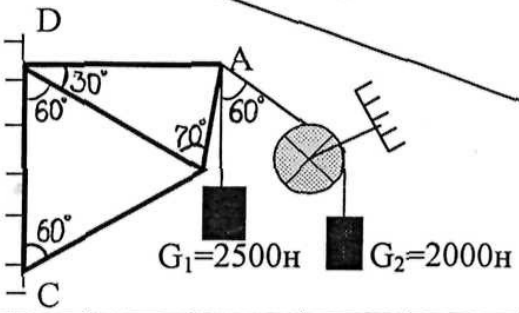
25



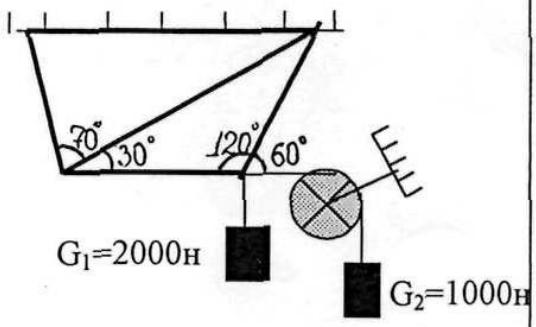
26



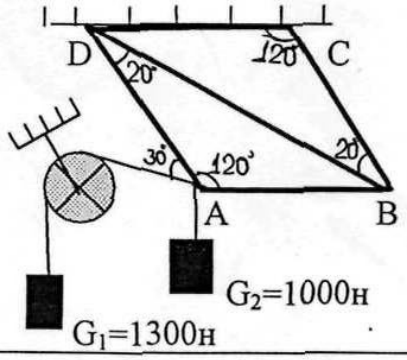
27



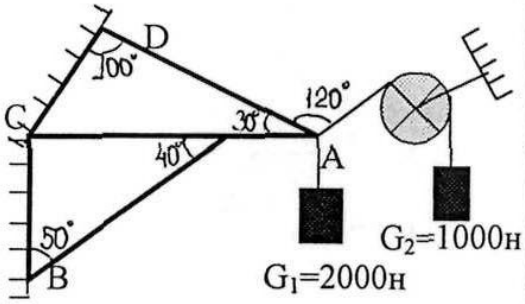
28



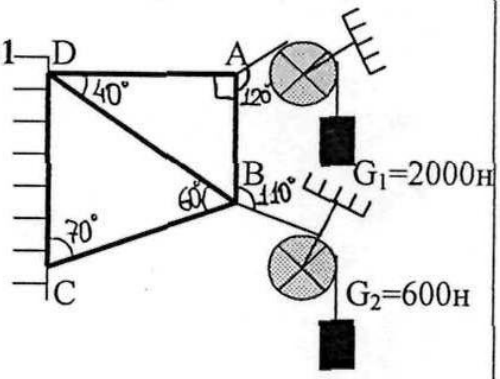
29



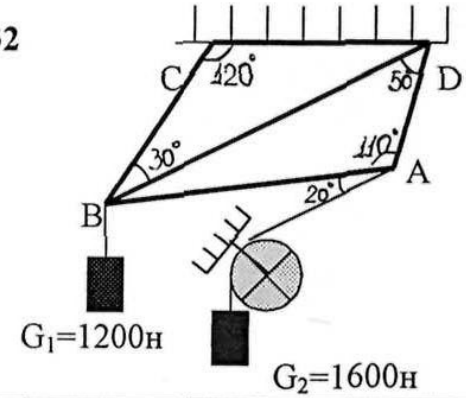
30



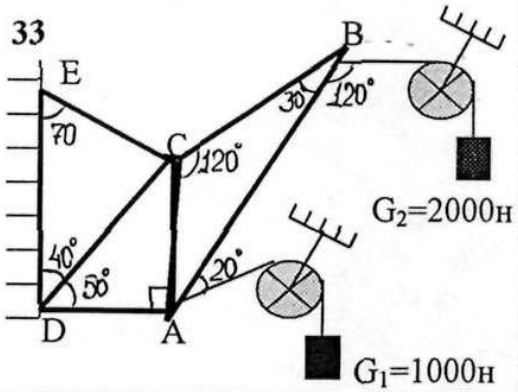
31



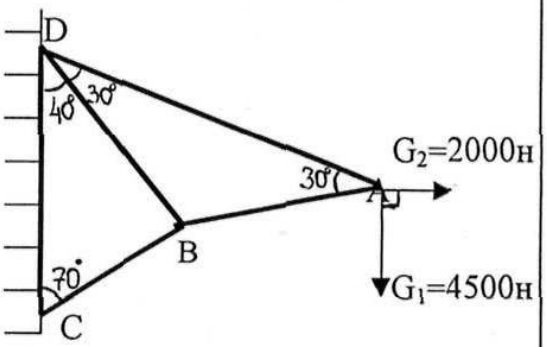
32



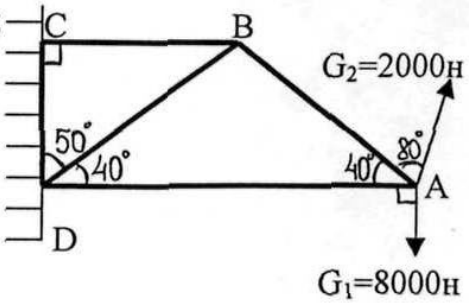
33



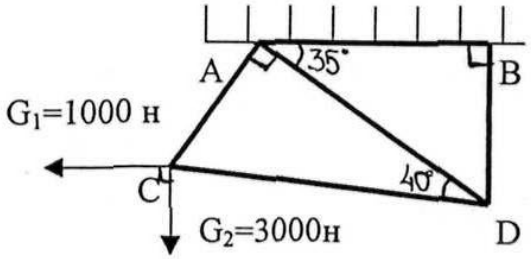
34



35



36



Теоретическая механика. Статика

Тема: Плоская система произвольно расположенных сил

Последовательность решения.

1. Освобождаются от опор и заменяют их действие на балку опорными реакциями. В шарнирно-неподвижной опоре в общем случае действия нагрузки возникают две реакции : горизонтальная H_A и вертикальная V_A. В шарнирно-подвижной опоре при любой нагрузке возникает одна реакция –по направлению опорного стержня V_B, то есть реакция перпендикулярна опорной плоскости.
2. Определяют плечо силы, не перпендикулярной оси балки. Плечо силы определяется относительно обеих опор. Для этого из каждой точки опоры опускают на силу или линию ее действия перпендикуляры – они являются плечами силы относительно левой и правой опоры. Рассматривая прямоугольный треугольник, образованный осью балки, линией действия силы и перпендикуляром, находят величину каждого плеча.
3. Составляют уравнения равновесия:

$$\sum M_A = 0$$
$$\sum M_B = 0$$
$$\sum X = 0$$

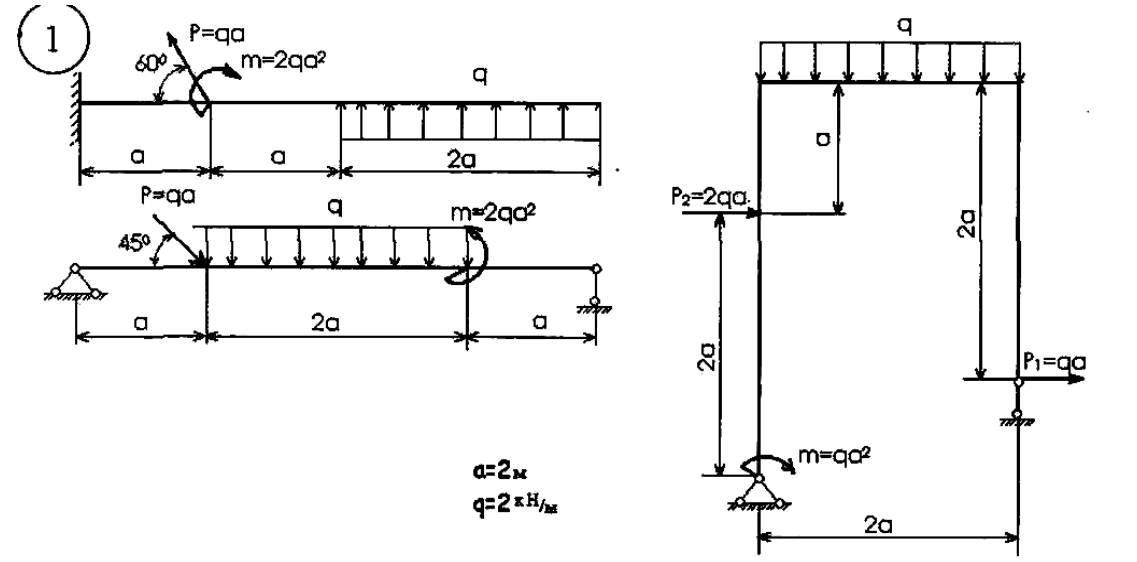
Решая уравнения, находят неизвестные реакции V_A, H_A, V_B.

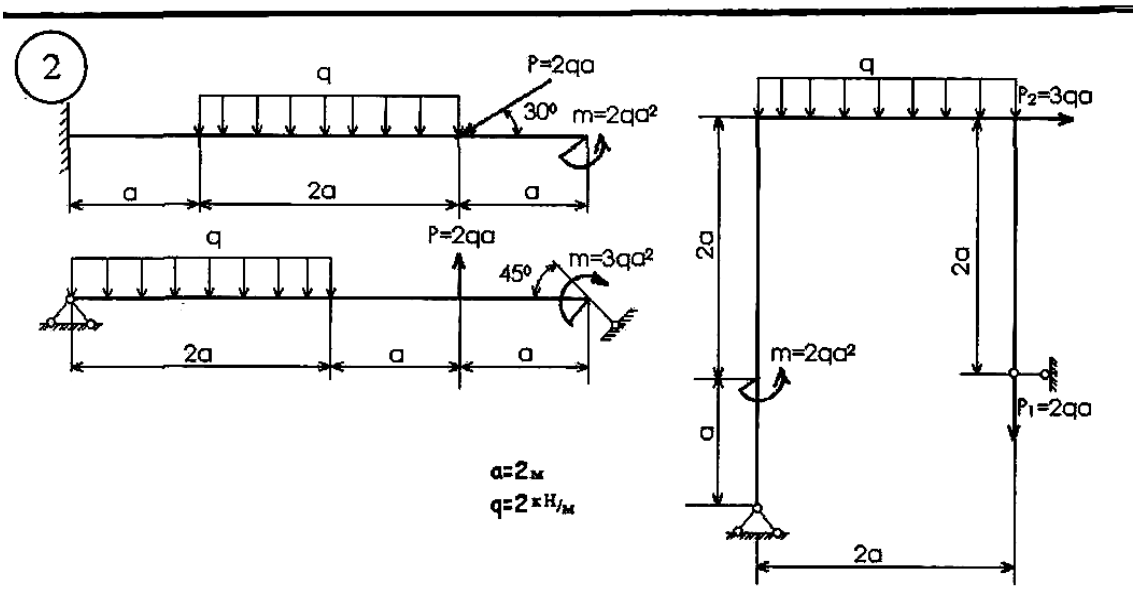
4. Выполняют проверку решения по уравнению

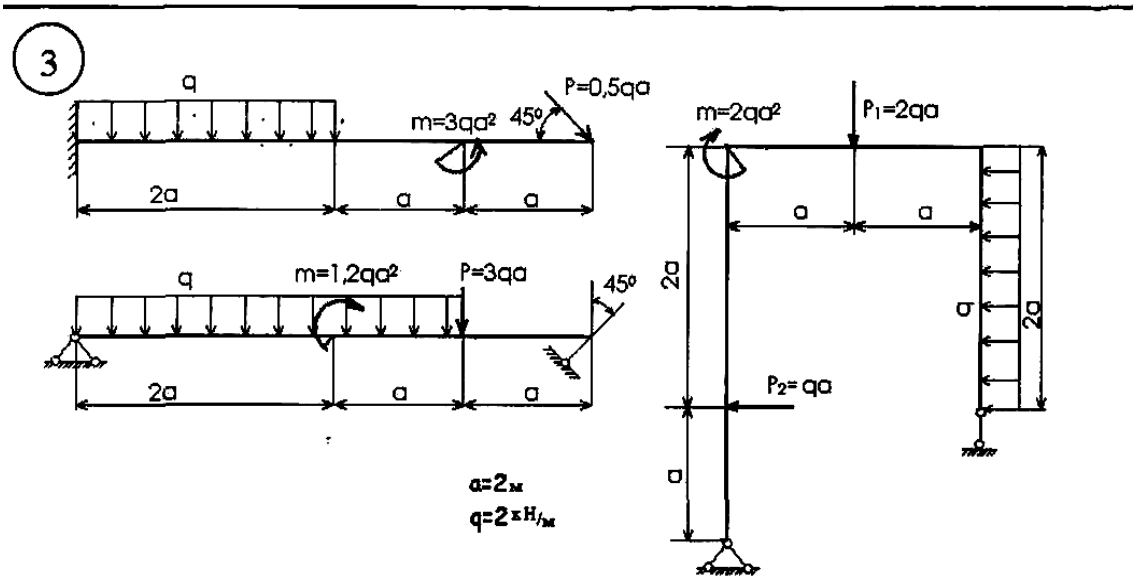
$$\sum Y = 0$$

Задание к расчетно-графической работе:

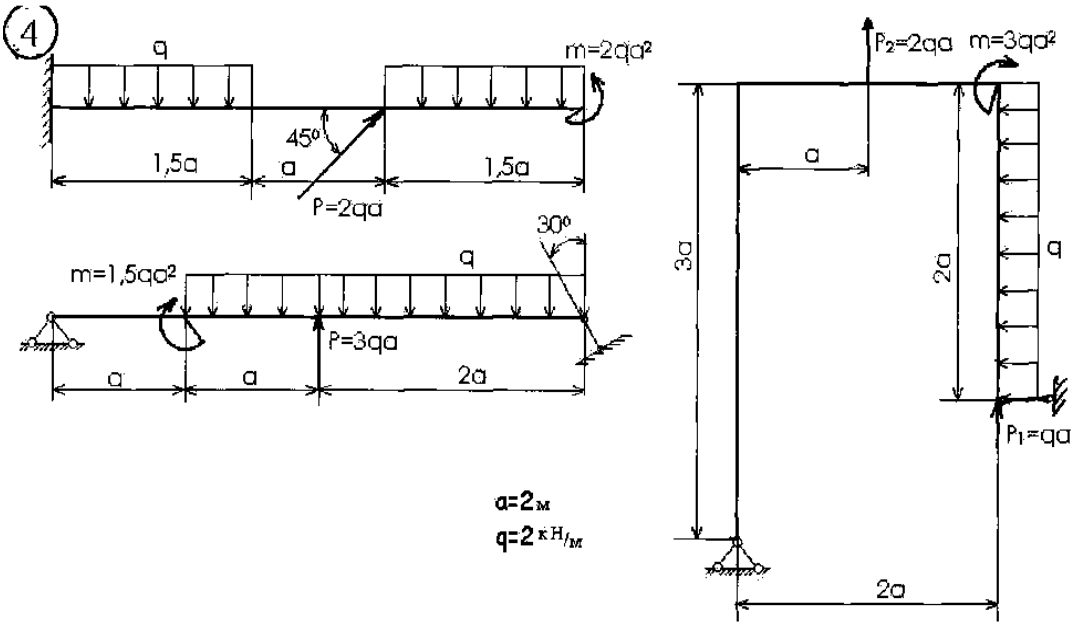
Определить опорные реакции простых балок и рамы. Данные выбрать согласно своего варианта.





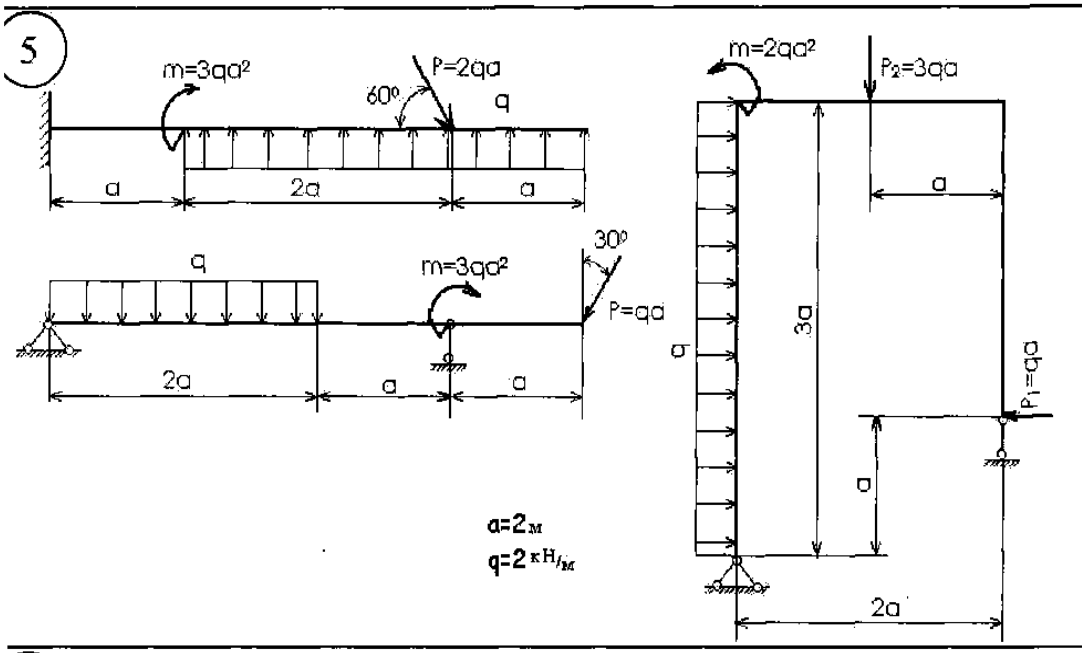


4



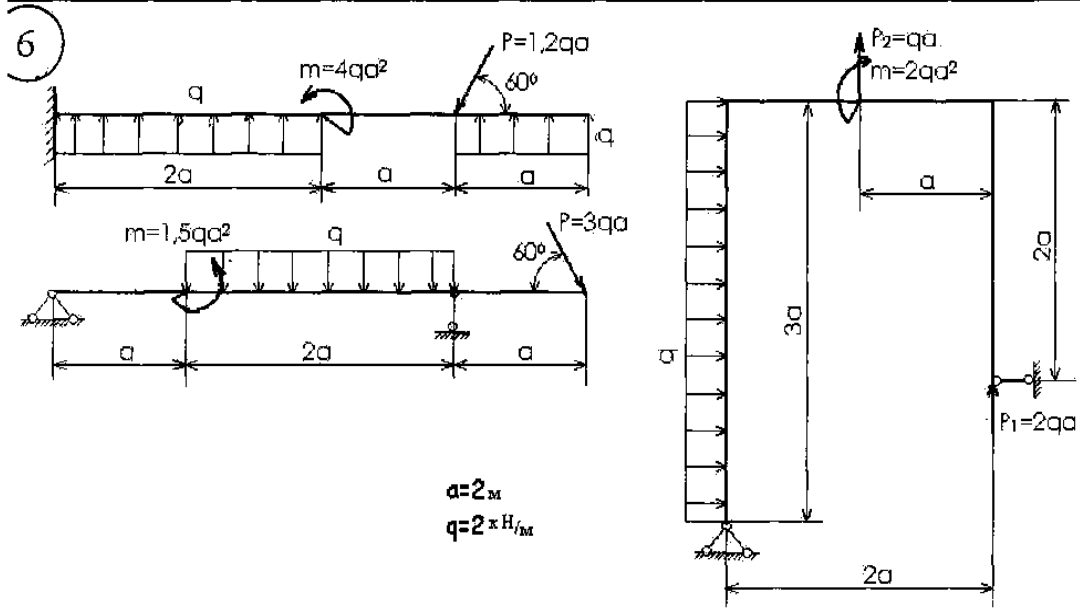
a=2м
q=2 кН/м

5



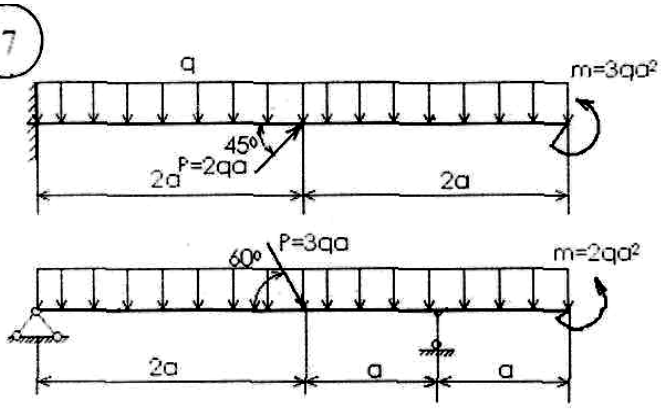
a=2м
q=2 кН/м

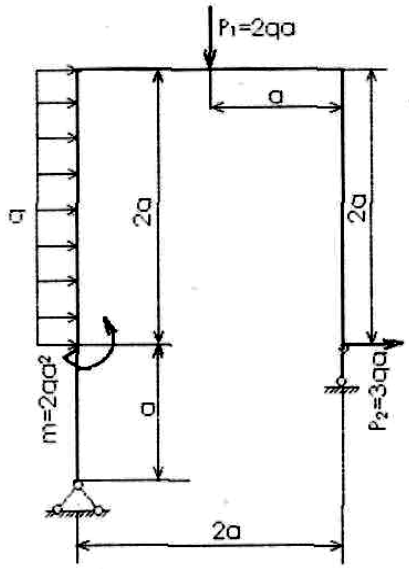
6



a=2м
q=2 кН/м

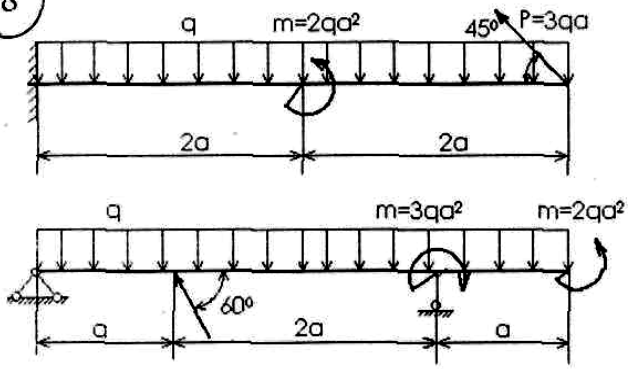
7

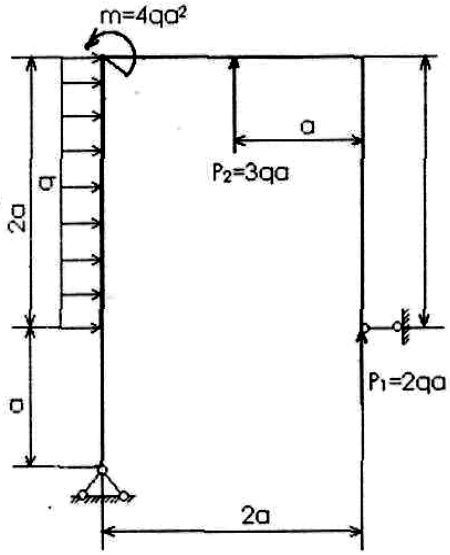




a=2м
q=2 кН/м

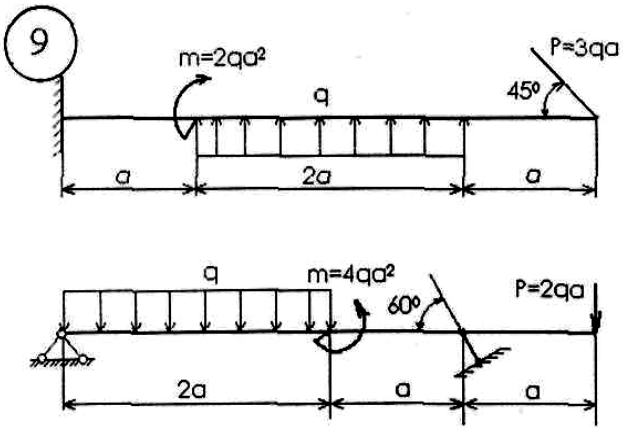
8

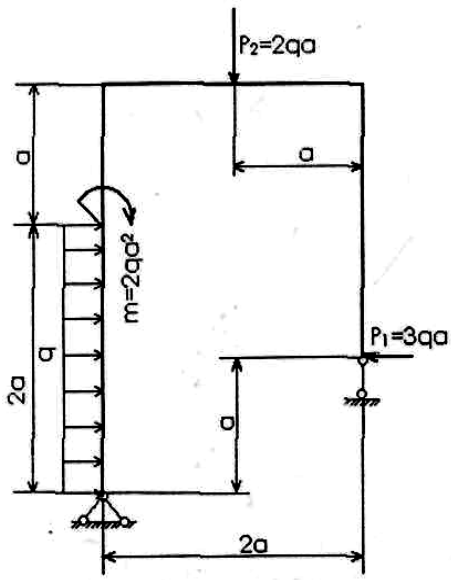




a=2м
q=2 кН/м

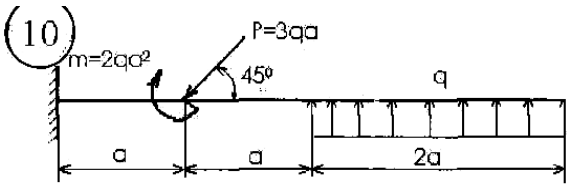
9

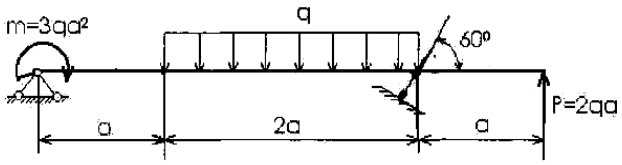


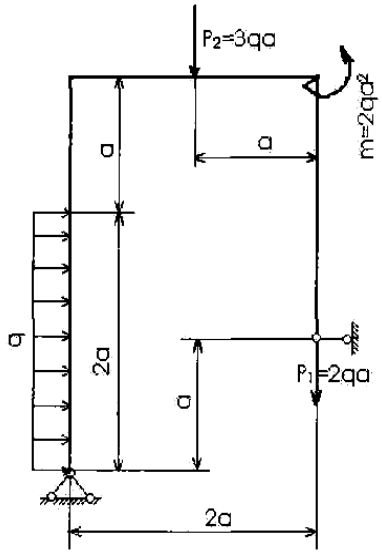


a=2м
q=2 кН/м

10

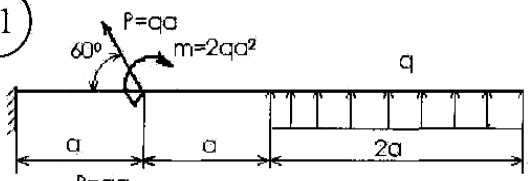


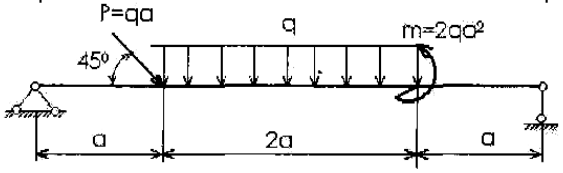


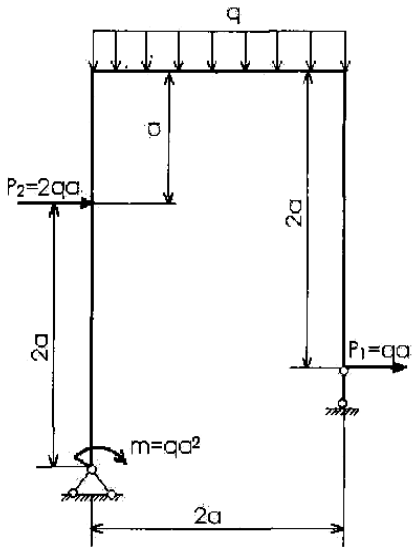


a=2м
q=2кН/м

11

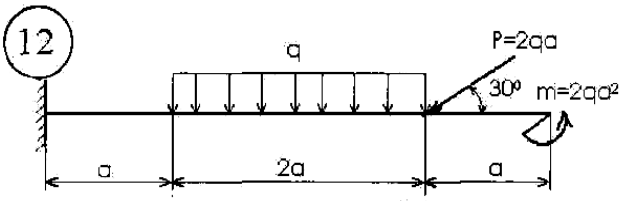


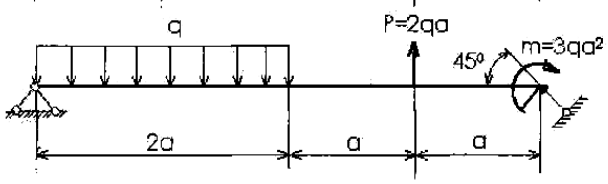


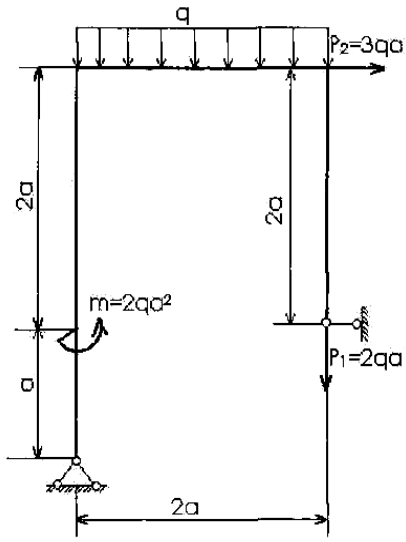


a=3м
q=6кН/м

12

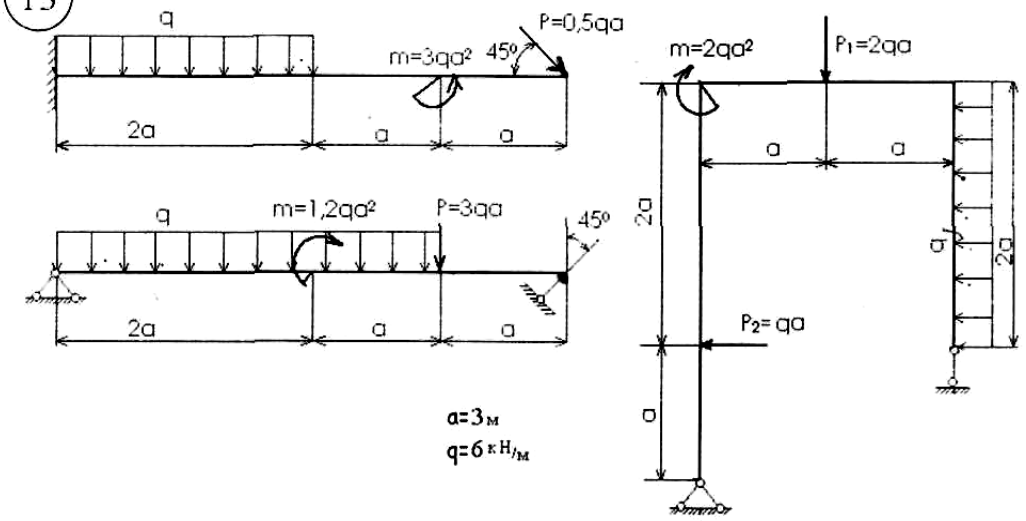




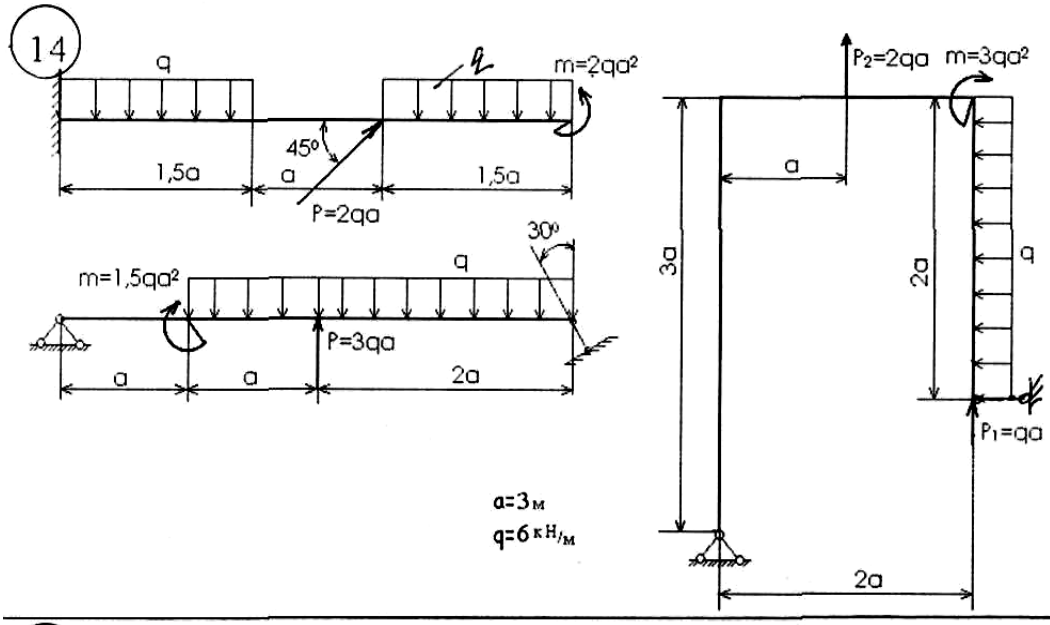


a=3м
q=6кН/м

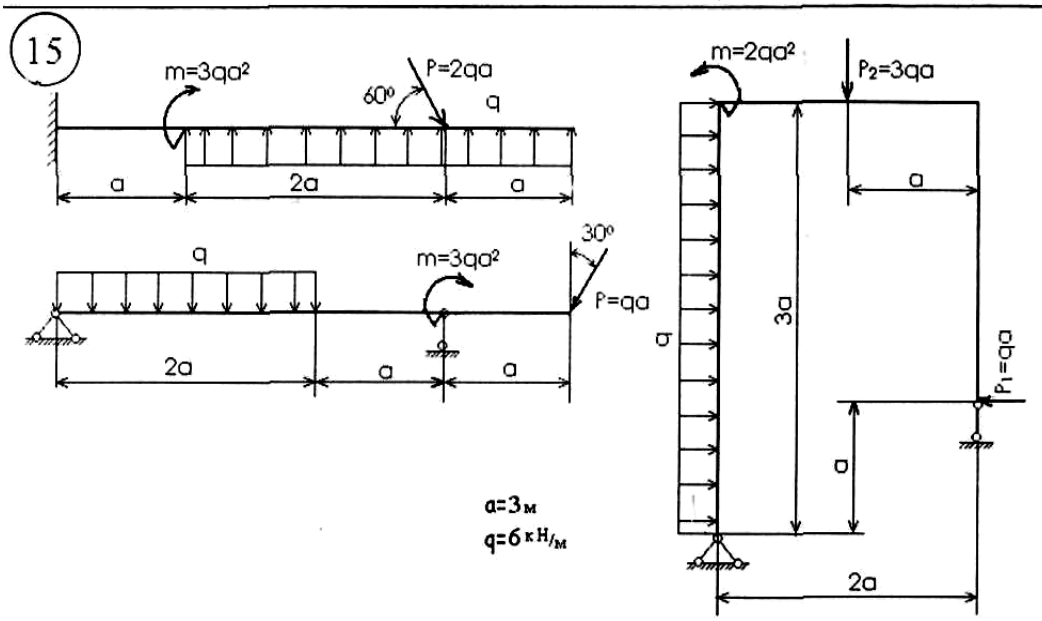
13


q
m=3qa²
45°
P=0,5qa
2a
a
a
m=1,2qa²
P=3qa
45°
m=2qa²
P₁=2qa
P₂= qa
a=3м
q=6кН/м

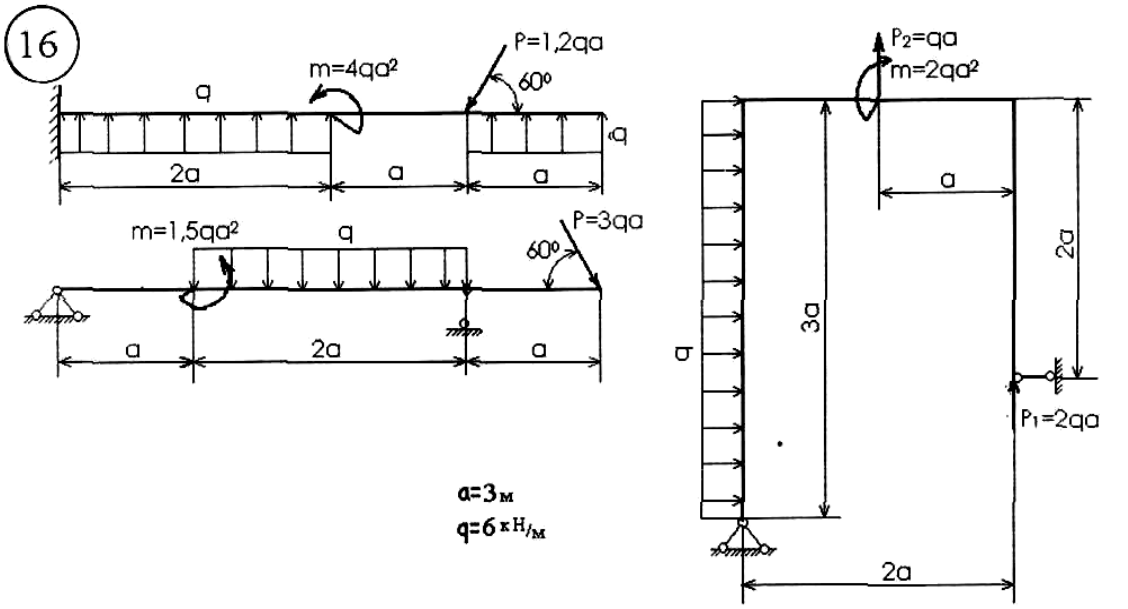
14


q
m=2qa²
45°
1,5a
a
1,5a
P=2qa
30°
m=1,5qa²
P=3qa
2a
P₂=2qa
m=3qa²
3a
2a
P₁=qa
a=3м
q=6кН/м

15

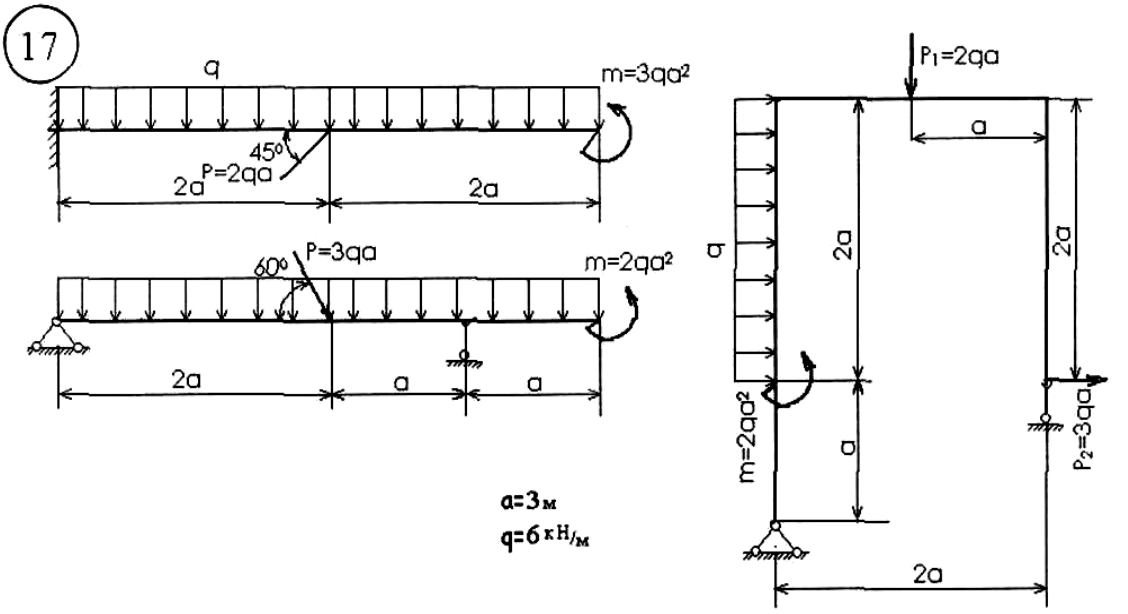

m=3qa²
P=2qa
60°
q
a
2a
30°
m=3qa²
P=qa
m=2qa²
P₂=3qa
3a
P₁=qa
a=3м
q=6кН/м

16



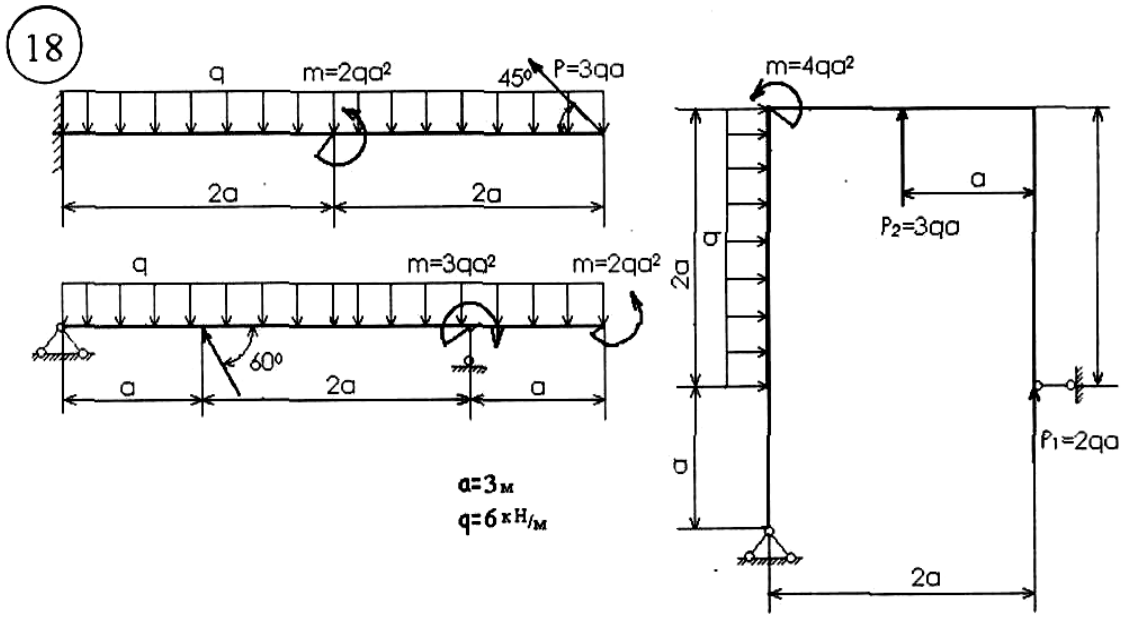
a=3м
q=6кН/м

17



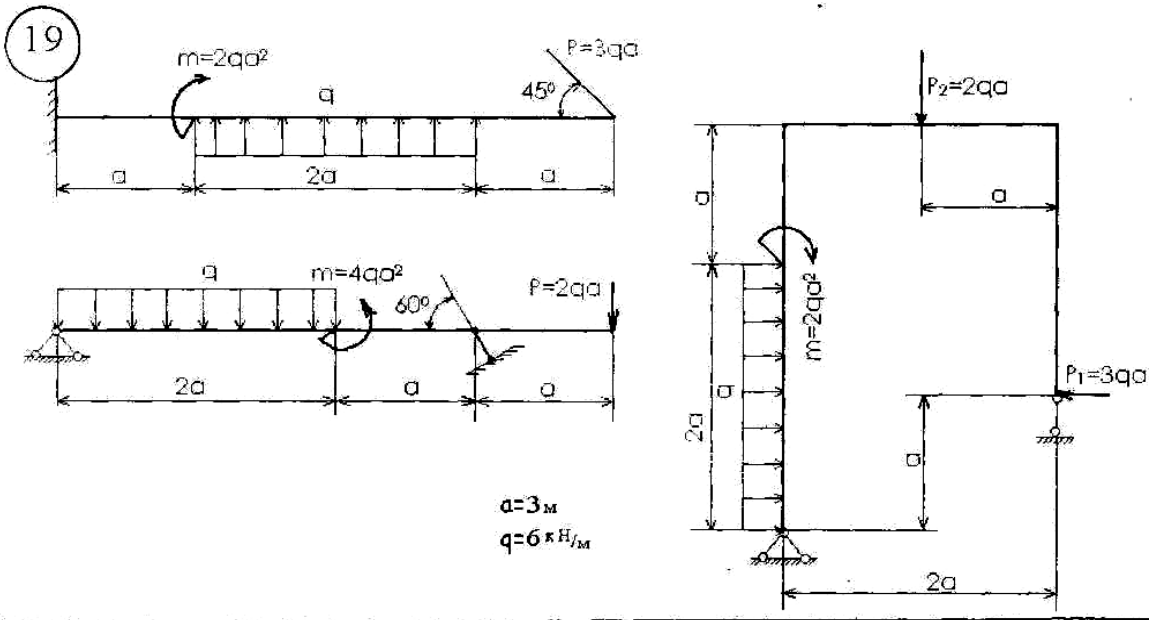
a=3м
q=6кН/м

18



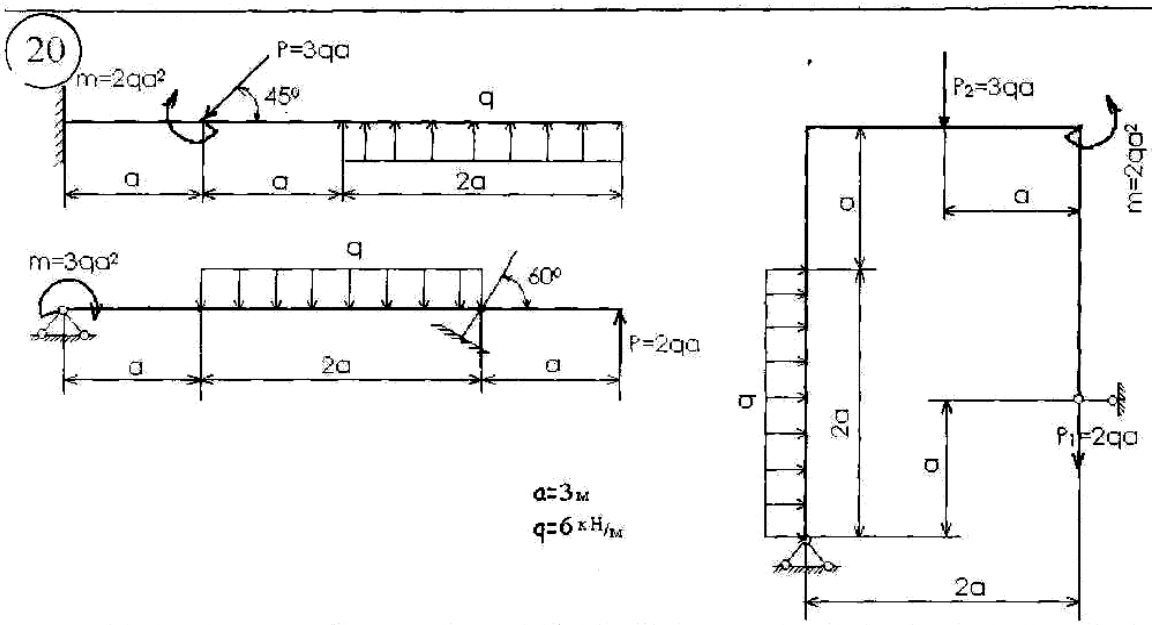
a=3м
q=6кН/м

19



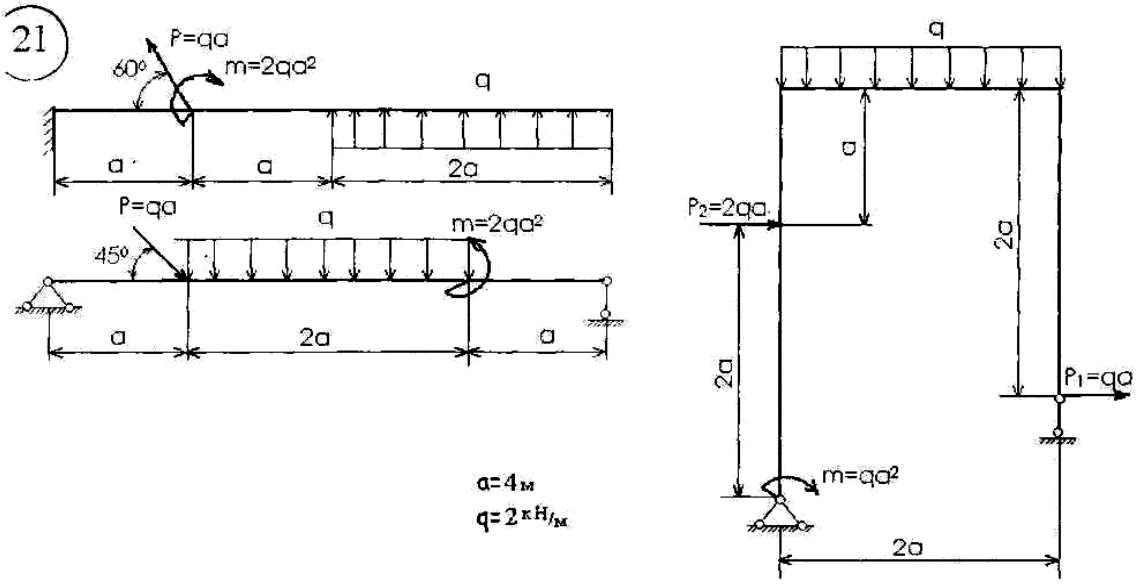
a=3м
q=6 кН/м

20



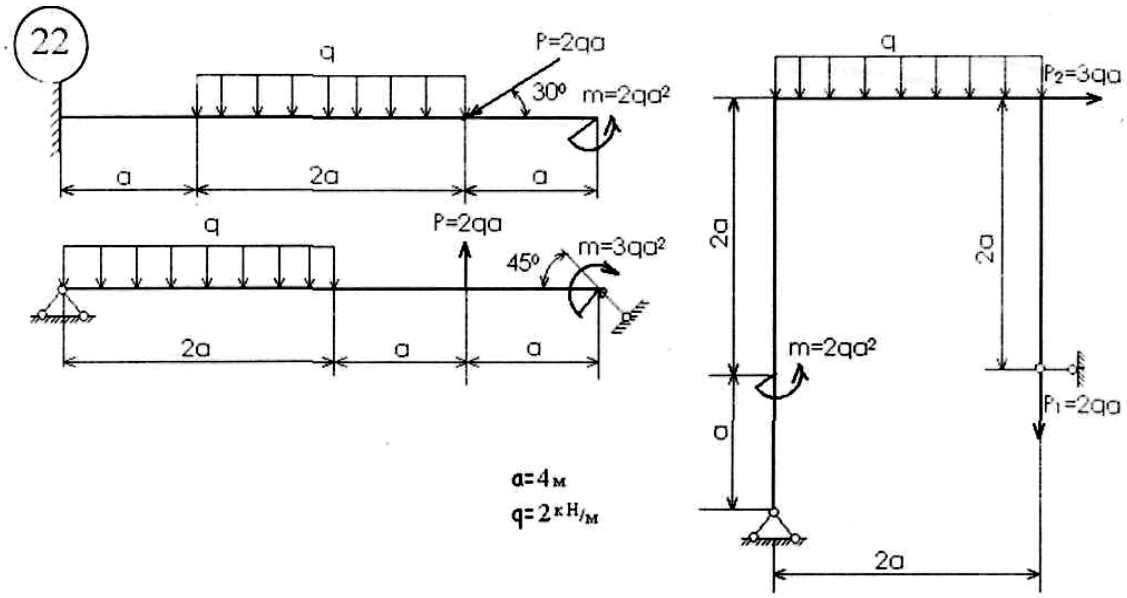
a=3м
q=6 кН/м

21



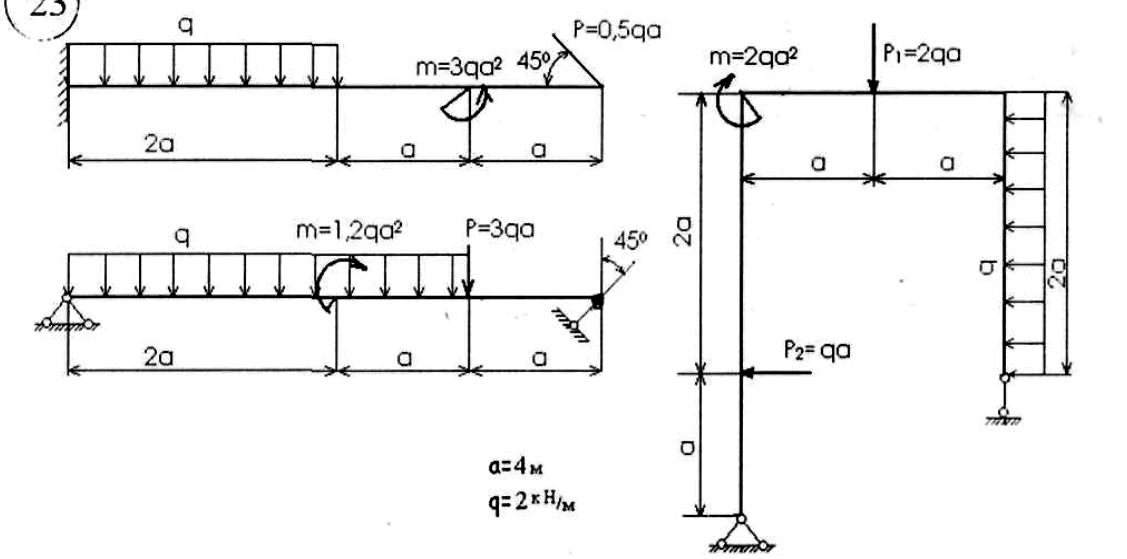
a=4м
q=2 кН/м

22



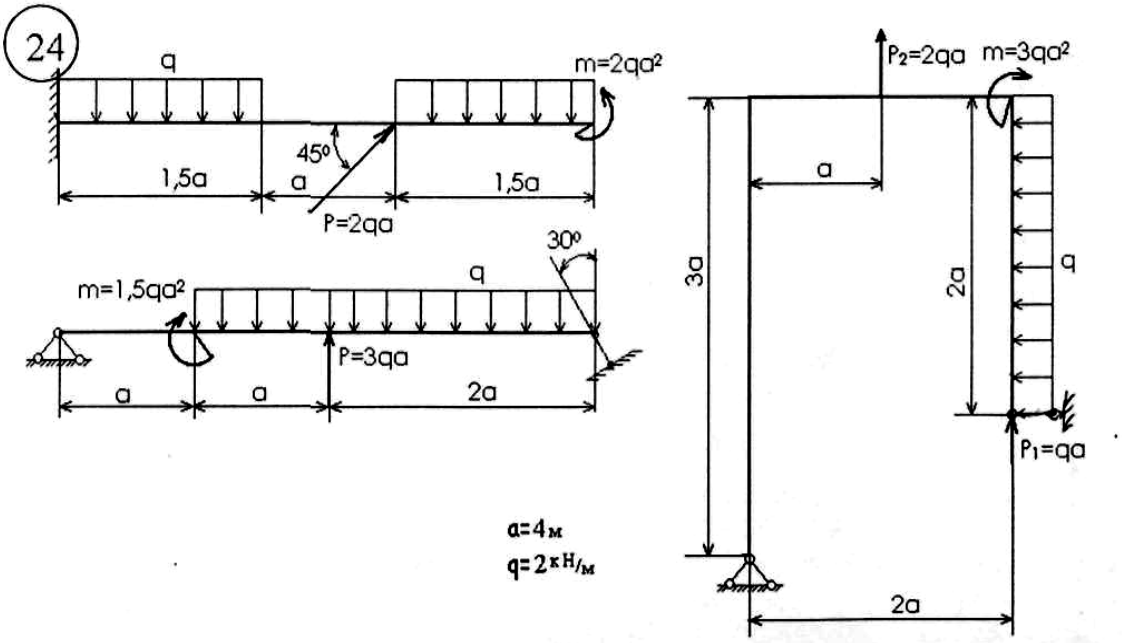
a=4м
q=2кН/м

23



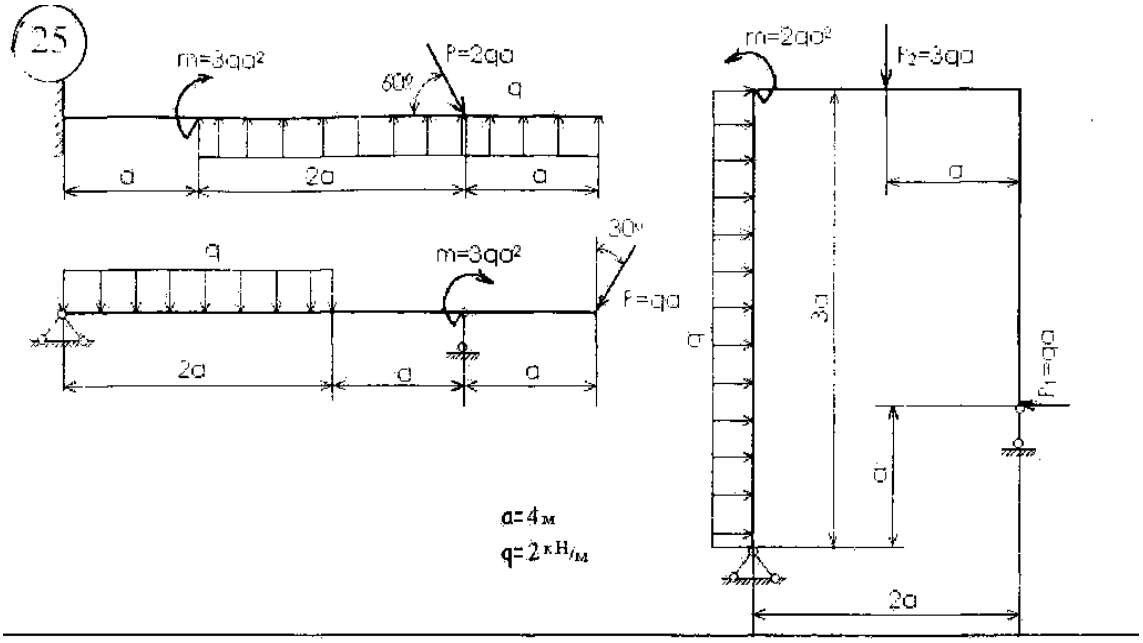
a=4м
q=2кН/м

24



a=4м
q=2кН/м

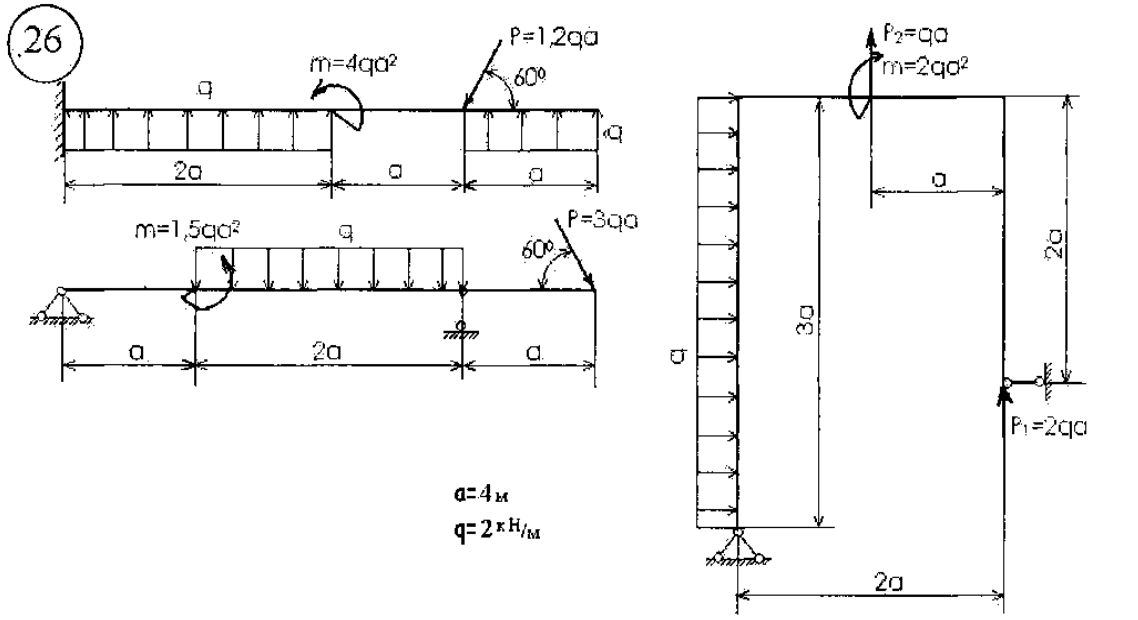
25



a=4м

q=2кН/м

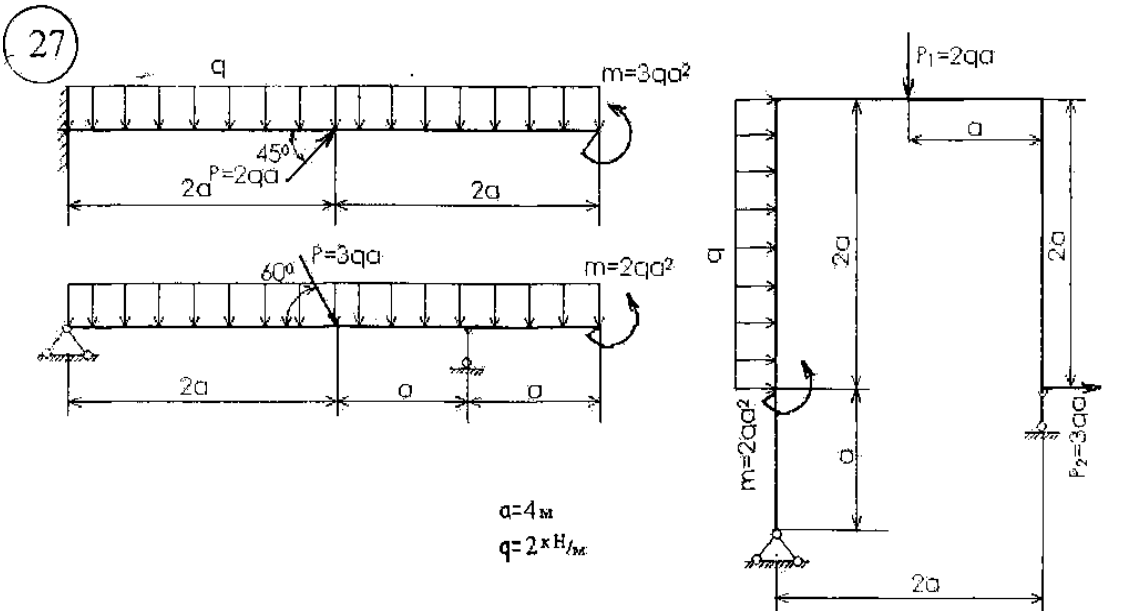
26



a=4м

q=2кН/м

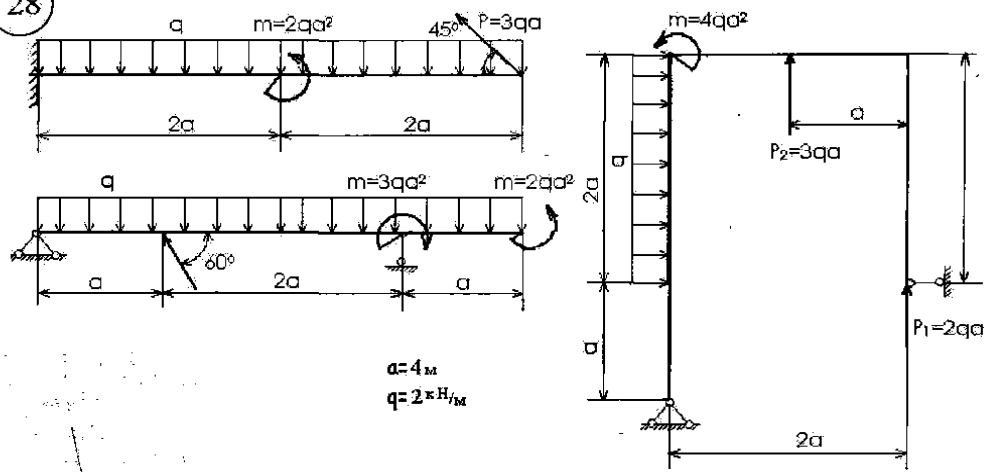
27



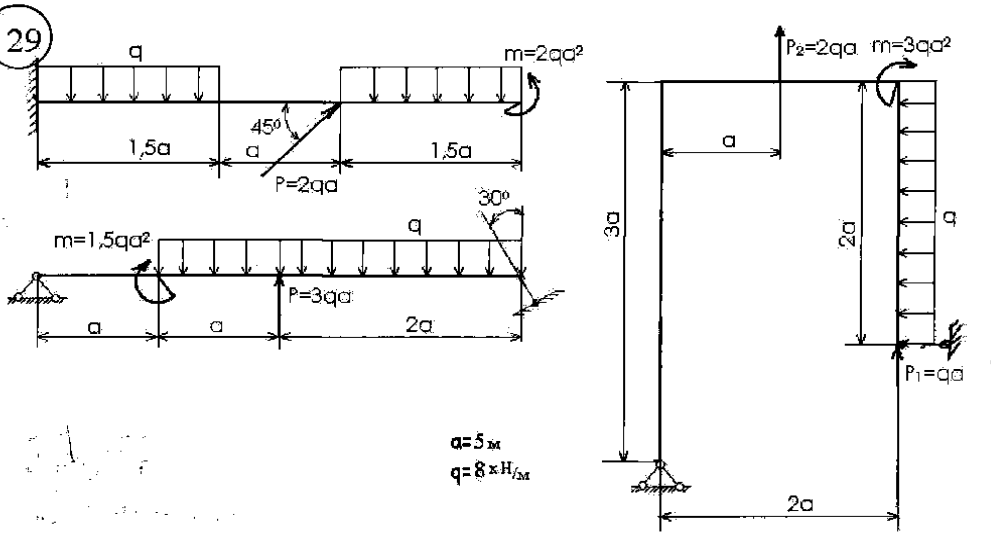
a=4м

q=2кН/м

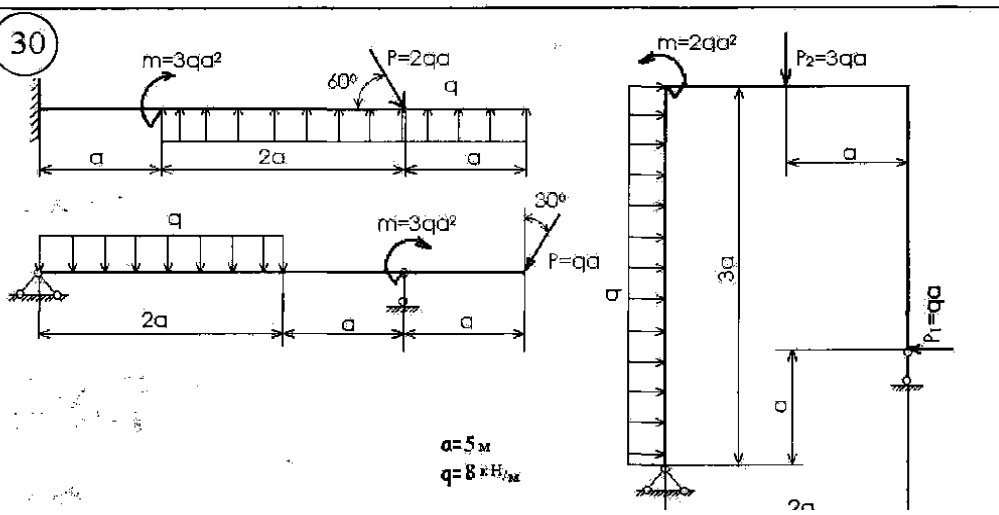
28


q
m=2qa²
45°
P=3qa
2a
2a
q
m=3qa²
m=2qa²
60°
a
2a
a
m=4qa²
a
P₂=3qa
2a
q
a
P₁=2qa
2a
a=4м
q=2кН/м

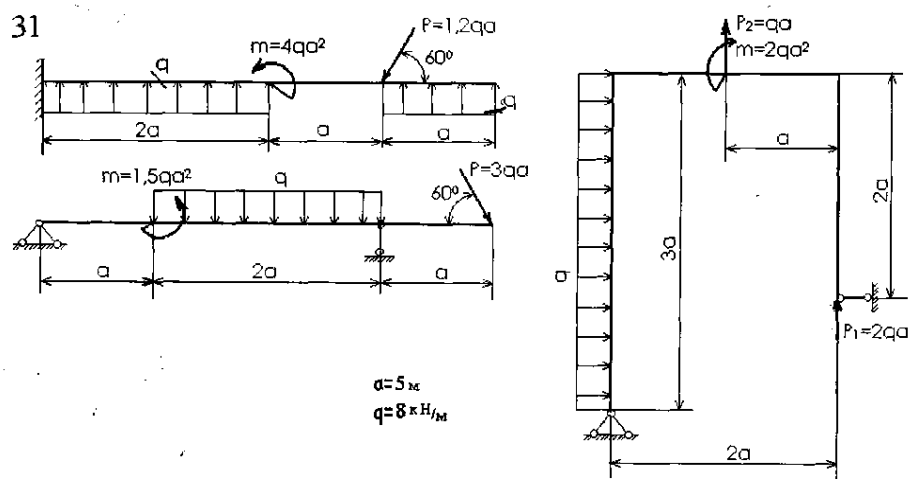
29


q
m=2qa²
45°
1,5a
a
1,5a
P=2qa
30°
m=1,5qa²
q
P=3qa
a
a
2a
P₂=2qa
m=3qa²
a
3a
2a
q
P₁=qa
2a
a=5м
q=8кН/м

30


m=3qa²
P=2qa
60°
q
a
2a
a
q
m=3qa²
30°
P=qa
2a
a
a
m=2qa²
P₂=3qa
a
3a
q
P₁=qa
a
2a
a=5м
q=8кН/м

31


P=1,2qa
m=4qa²
60°
q
q
2a
a
a
m=1,5qa²
q
P=3qa
60°
a
2a
a
P₂=qa
m=2qa²
a
2a
3a
q
P₁=2qa
2a
a=5м
q=8кН/м

Теоретическая механика. Статика.
Тема: Центр тяжести
Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи.

1. Разбивают сечение на простые фигуры. Такими фигурами являются стандартные профили прокатной стали, или простые геометрические фигуры. Простые фигуры, образующие сечение, обозначают цифрами 1, 2, 3, .., n.
2. Пользуясь таблицами ГОСТов, указывают центры тяжести каждого профиля (фигуры) и обозначают их C_1, C_2, C_3, …, C_n.
3. Выбирают систему координатных осей. В задачах для самостоятельной работы все сечения имеют одну ось симметрии, поэтому рекомендуется одну из координатных осей совмещать с ней. Вторую ось координат направляют перпендикулярно к первой так, чтобы она пересекла центры тяжести одной или большего числа фигур. При этом начало координат может совпасть с центром тяжести одной из фигур или не совпасть с ним. Вторую ось можно направить так, чтобы она прошла через нижнюю (крайнюю) точку сечения. В первом случае вычисления окажутся более простыми.
4. Выписывают формулы для определения координат центра тяжести сечения:

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + ... + A_n y_n}{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}$$

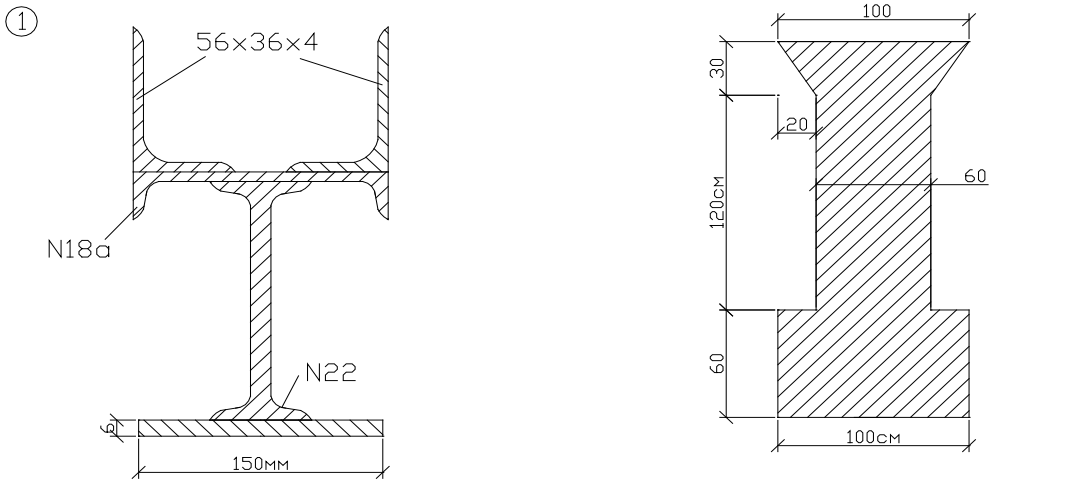
$$x_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 + ... + A_n x_n}{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}$$

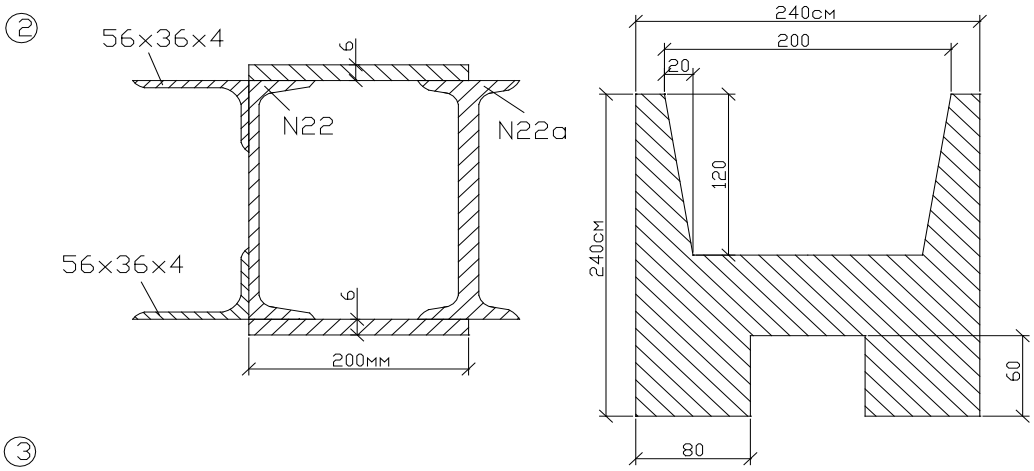
   Пользуясь таблицами ГОСТов, определяют площади профилей прокатной стали A1, A_2, A_3, …, A_n, координаты центров тяжести их x_1, x_2, …, x_n, и y_1, y_2, …y_nотносительно выбранных осей координат. Количество слагаемых в числителе и знаменателе формул зависит от числа профилей, из которых состоит сечение. Полученные величины подставляем в формулу и находим x_c и y_c. Следует помнить, что если координатная ось x совмещена с осью симметрии, то y_c=0, а если ось y совмещена с осью симметрии, то x_c=0.
5. указывают положение центра тяжести на рисунке, придерживаясь определенного масштаба, и показывают расстояние от центра тяжести до координатных осей.

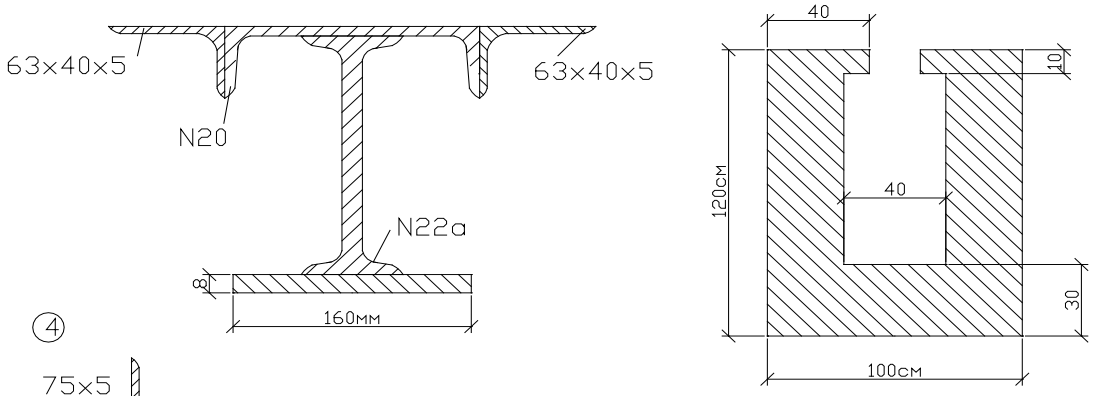
   Для проверки решения можно изменить положение координатных осей (или одной оси) и найти координаты центра тяжести относительно новых осей. Положение центра тяжести не зависит от того, как выбрана система координатных осей.

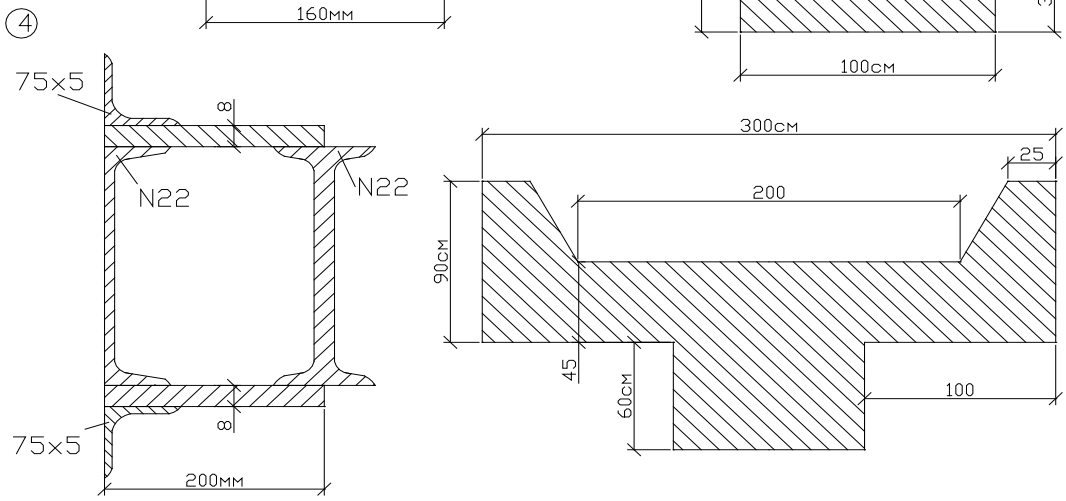
Задание для расчетно-графической работы:

Определить координаты центра тяжести сечения по данным своего варианта. Показать положение центра тяжести на сечении. Чертеж выполнить в масштабе, на миллиметровой бумаге с обязательным соблюдением всех размеров.

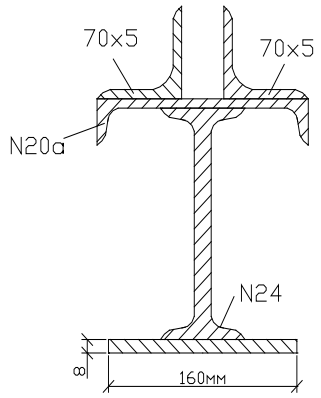


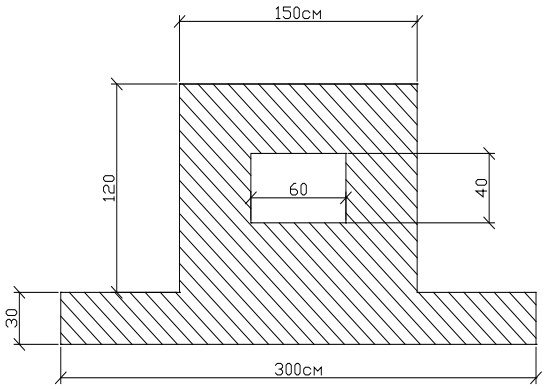




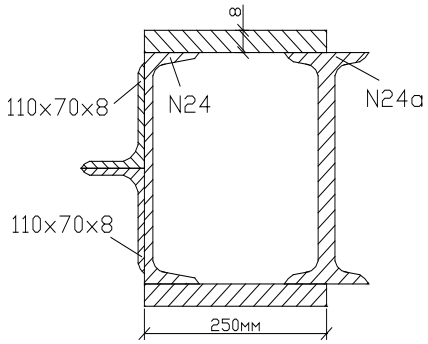


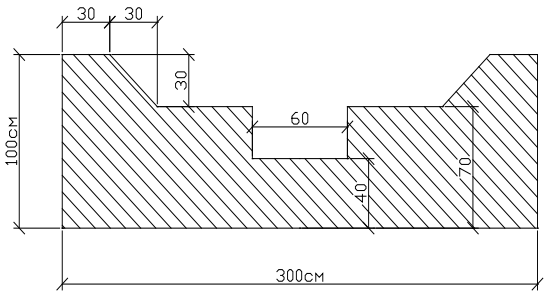
⑤


70x5
70x5
N20a
N24
8
160мм

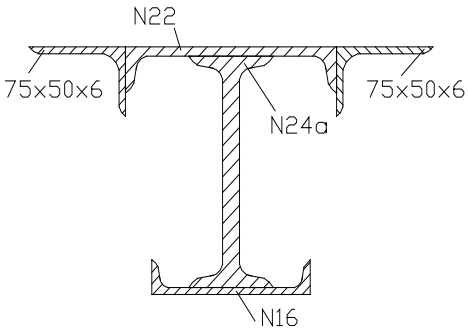

150см
120
60
40
30
300см

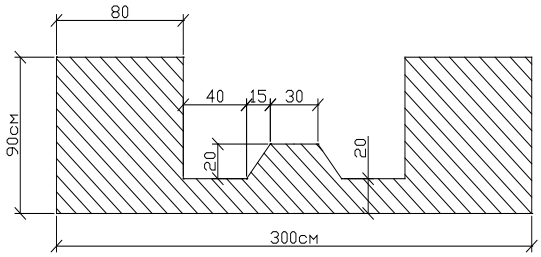
⑥


8
110x70x8
N24
N24a
110x70x8
250мм

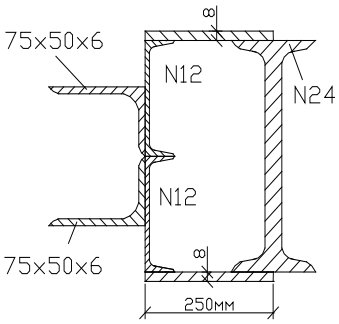

30
30
30
60
100см
40
70
300см

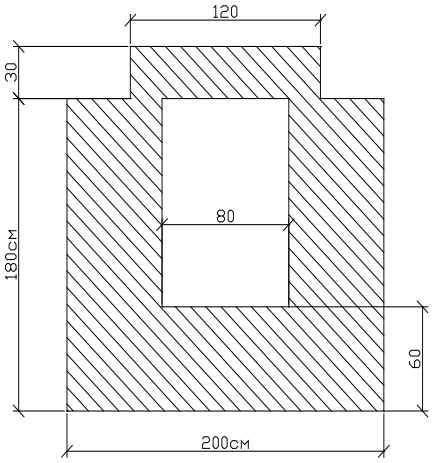
⑦


N22
75x50x6
75x50x6
N24a
N16

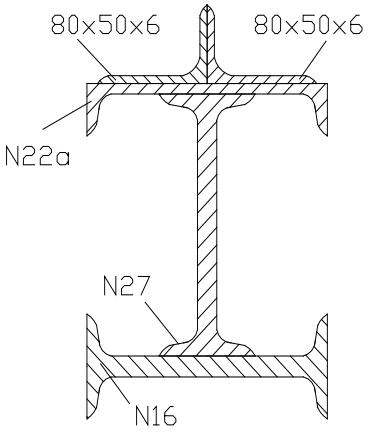

80
40
15
30
90см
20
20
300см

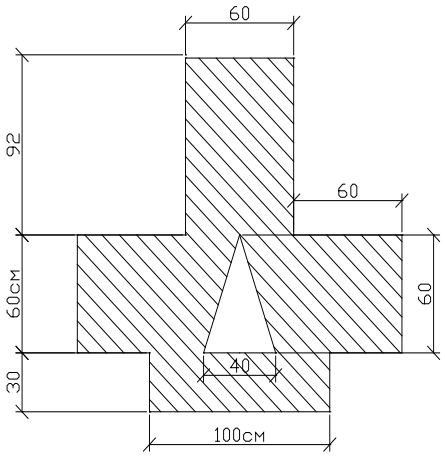
⑧


8
75x50x6
N12
N24
N12
75x50x6
8
250мм

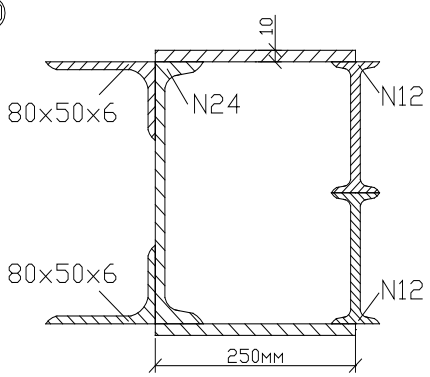

120
30
80
180см
60
200см

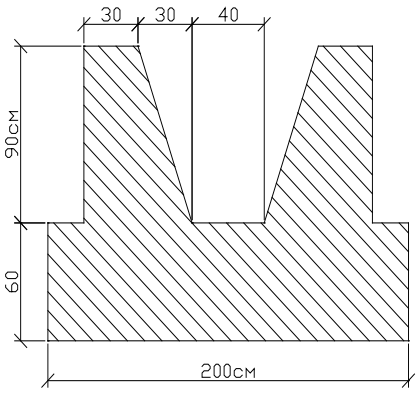
⑨


80x50x6
80x50x6
N22a
N27
N16

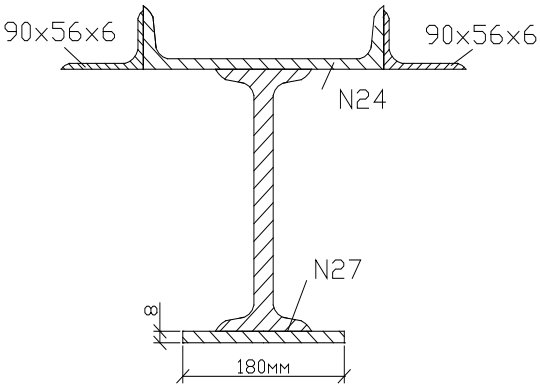

60
92
60
60см
60
30
40
100см

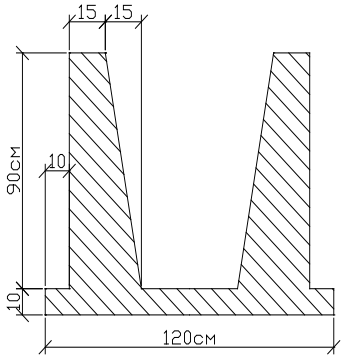
⑩


10
80x50x6
N24
N12
80x50x6
N12
250мм

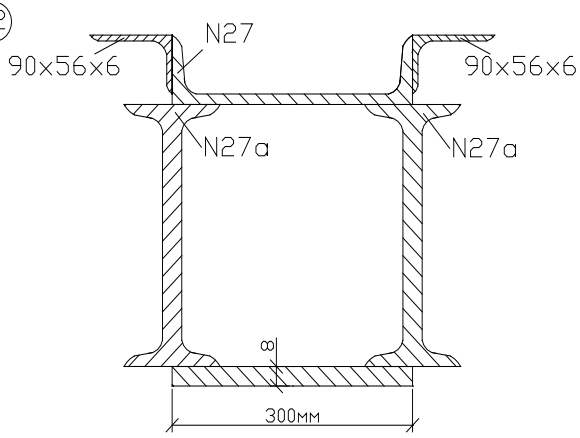

30
30
40
90см
60
200см

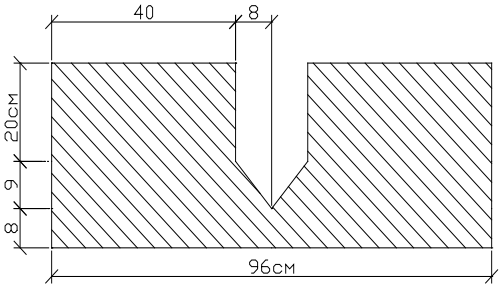
⑪


90x56x6
90x56x6
N24
N27
8
180мм

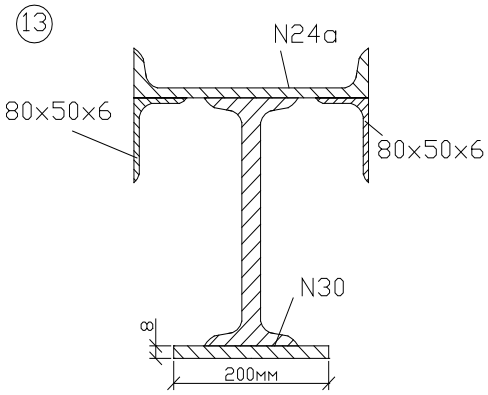

15
15
90см
10
10
120см

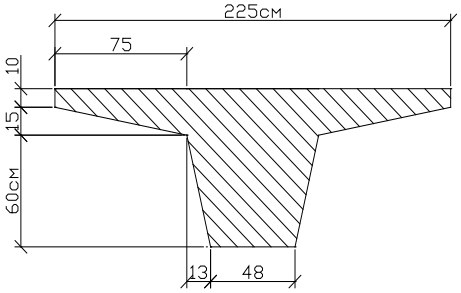
⑫


N27
90x56x6
90x56x6
N27a
N27a
8
300мм

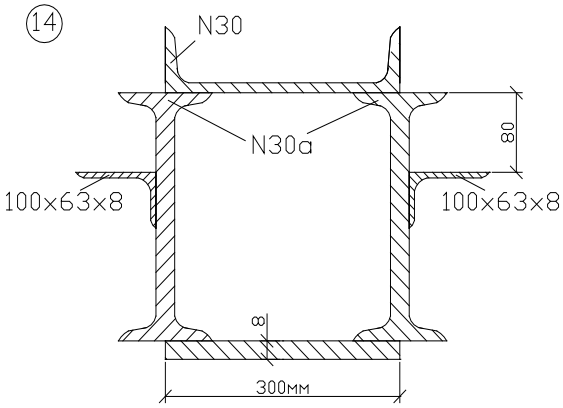

40
8
20см
9
8
96см

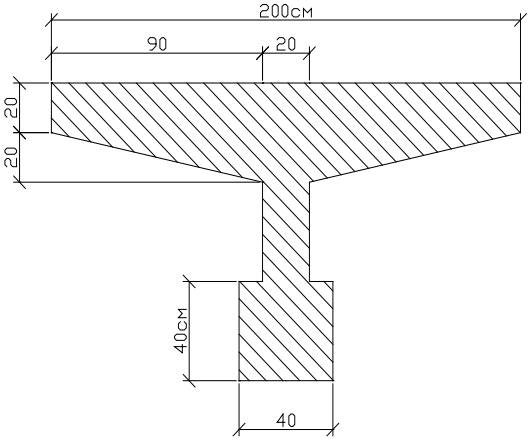
13


N24a
80x50x6
80x50x6
N30
8
200мм

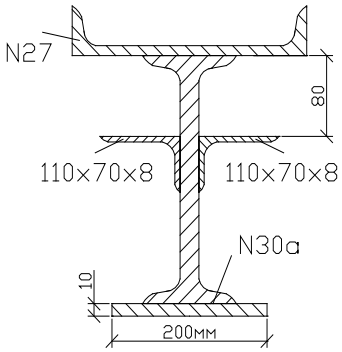

225см
75
10
15
60см
13
48

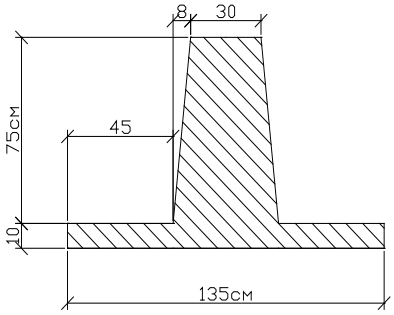
14


N30
N30a
80
100x63x8
100x63x8
8
300мм

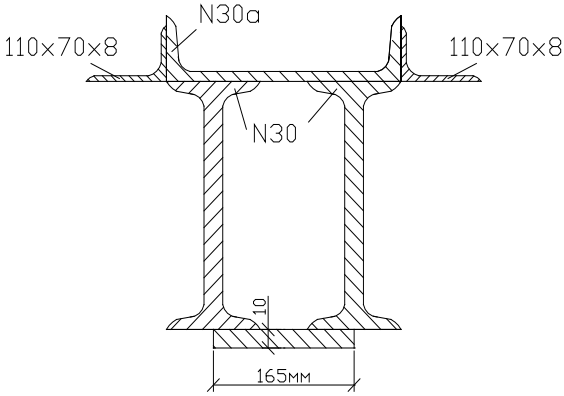

200см
90
20
20
20
40см
40

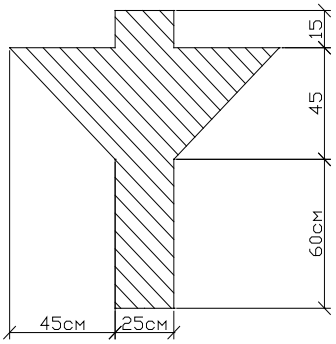
15


N27
80
110x70x8
110x70x8
N30a
10
200мм

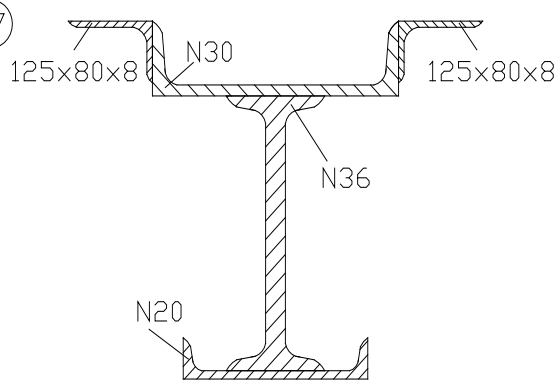

8
30
75см
45
10
135см

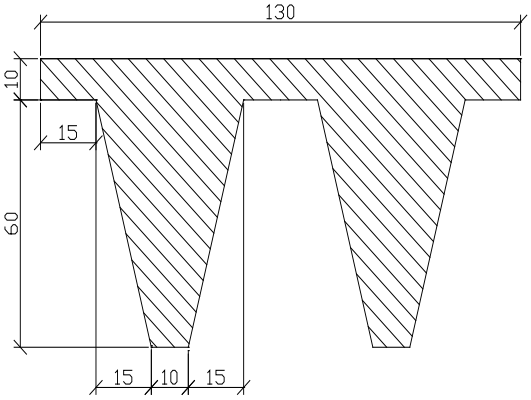
16


N30a
110x70x8
110x70x8
N30
10
165мм

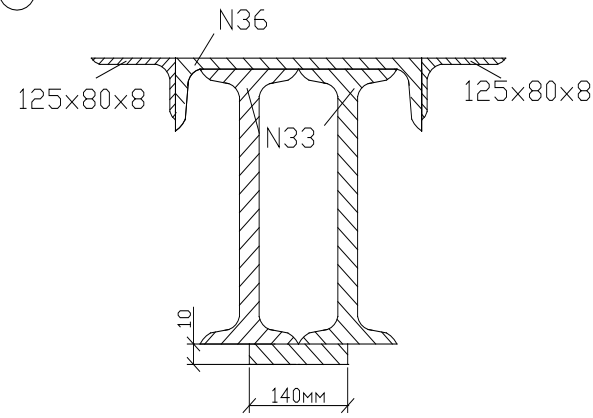

15
45
60см
45см
25см

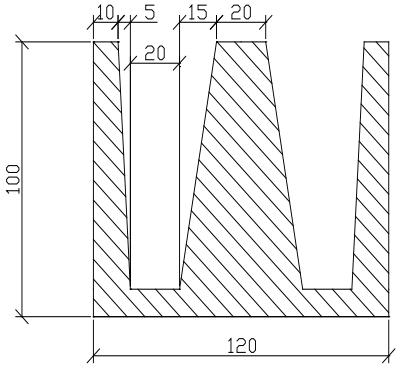
17


125×80×8
N30
125×80×8
N36
N20

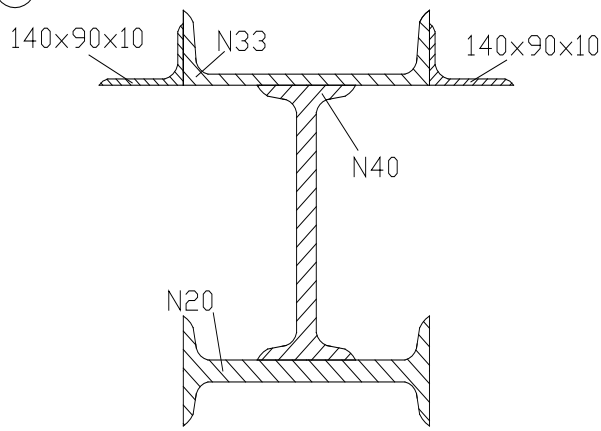

130
10
15
60
15
10
15

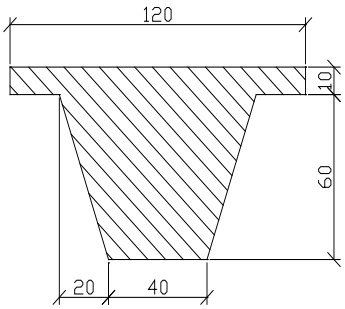
18


N36
125×80×8
125×80×8
N33
10
140мм

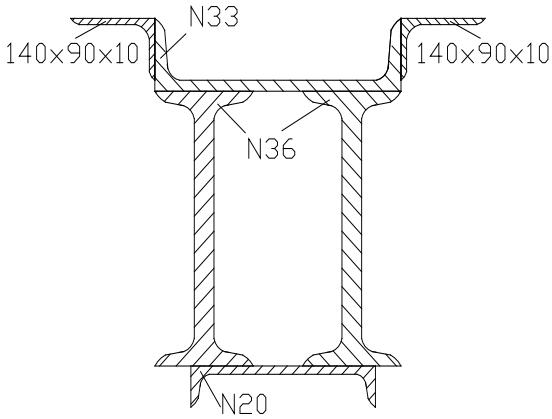

10
5
15
20
20
100
120

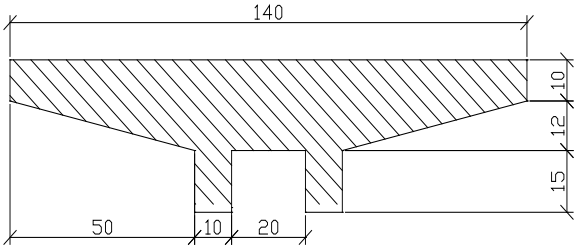
19


140×90×10
N33
140×90×10
N40
N20

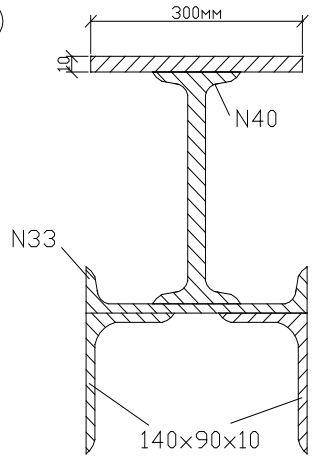

120
10
60
20
40

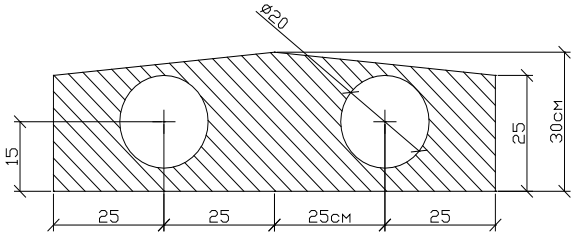
20


N33
140×90×10
140×90×10
N36
N20

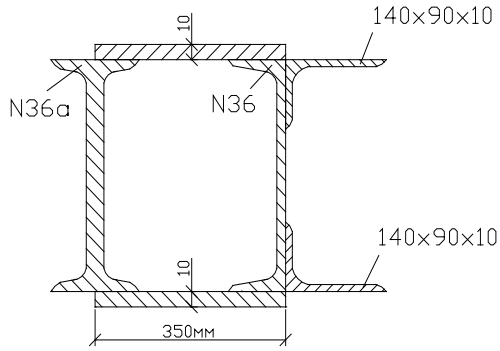

140
10
12
15
50
10
20

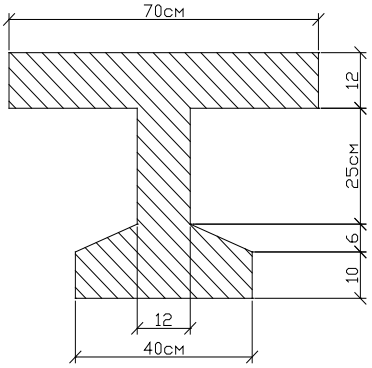
21


300мм
10
N40
N33
140×90×10

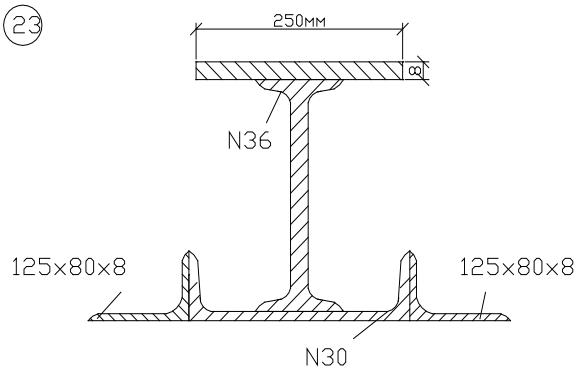

ø20
15
25
30см
25
25
25см
25

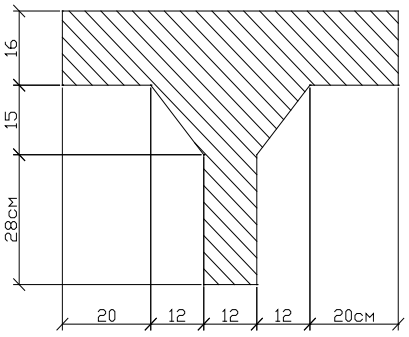
22


10
140×90×10
N36a
N36
140×90×10
10
350мм

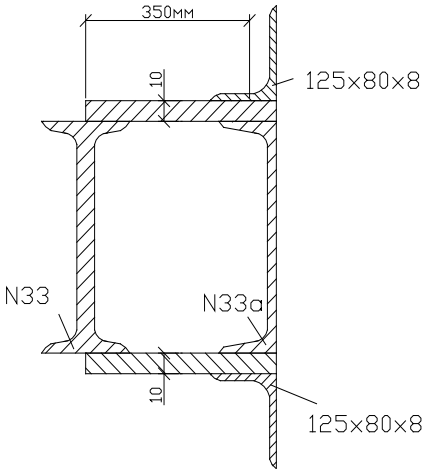

70см
12
25см
6
10
12
40см

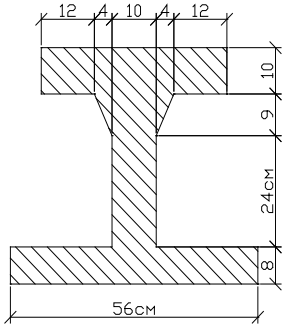
23


250мм
8
N36
125×80×8
125×80×8
N30

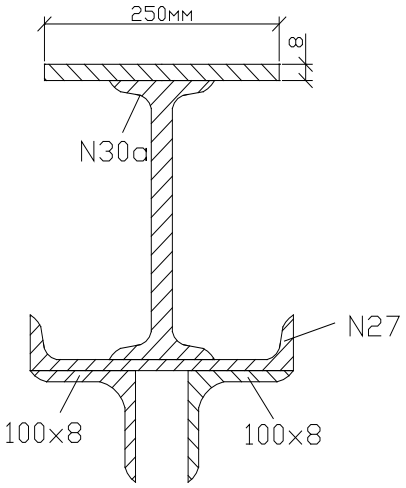

16
15
28см
20
12
12
12
20см

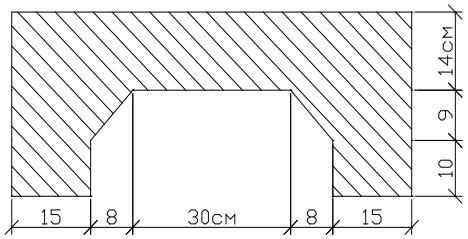
24


350мм
10
125×80×8
N33
N33a
10
125×80×8

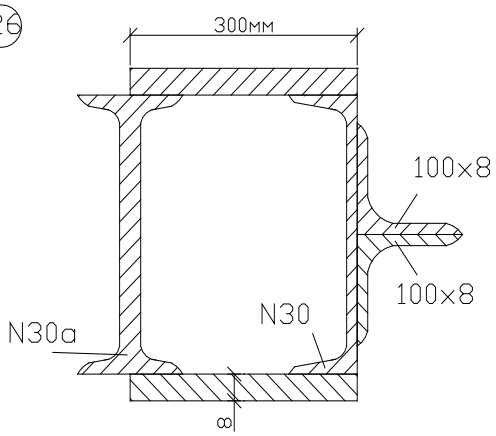

12
4
10
4
12
10
9
24см
8
56см

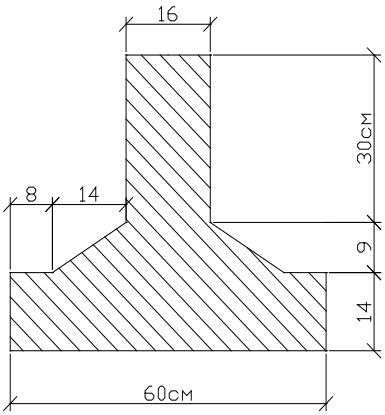
25


250мм
8
N30a
N27
100×8
100×8

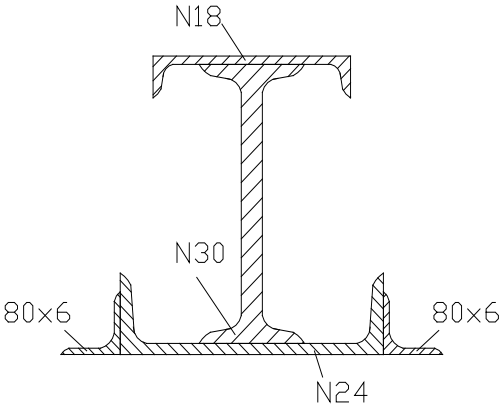

14см
9
10
15
8
30см
8
15

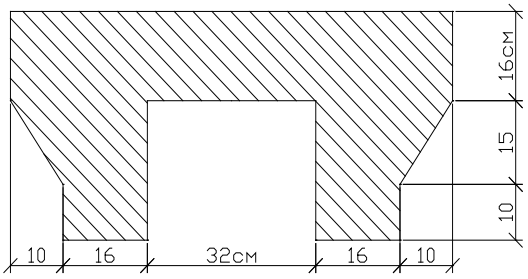
26


300мм
100×8
100×8
N30
N30a
8

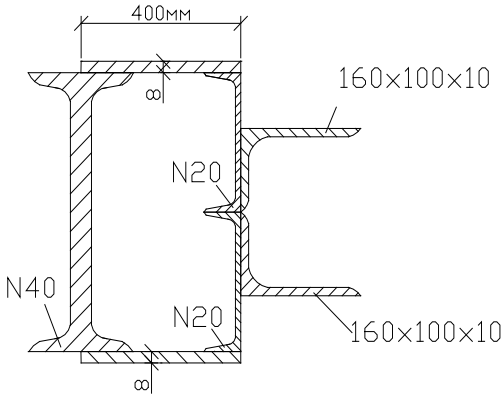

16
30см
8
14
9
14
60см

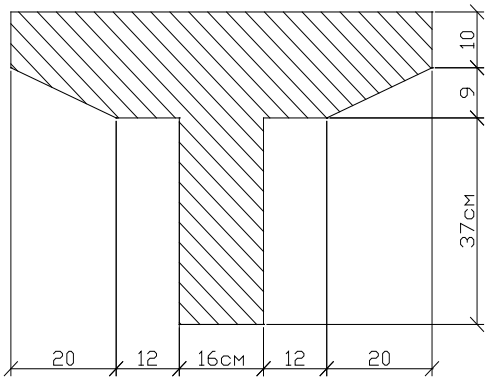
27


N18
N30
80×6
80×6
N24

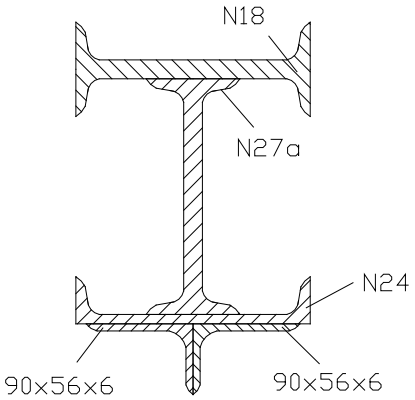

16см
15
10
10
16
32см
16
10

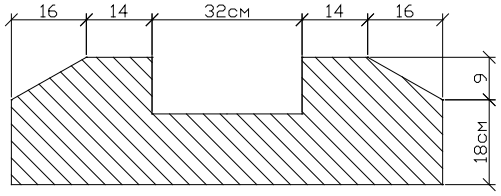
28


400мм
8
160×100×10
N20
N40
N20
160×100×10
8

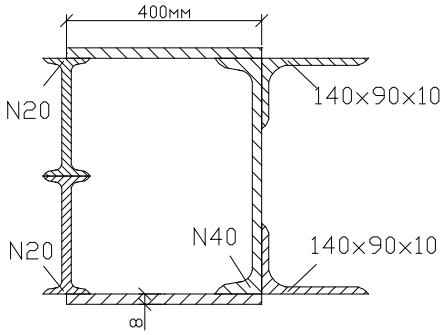

10
9
37см
20
12
16см
12
20

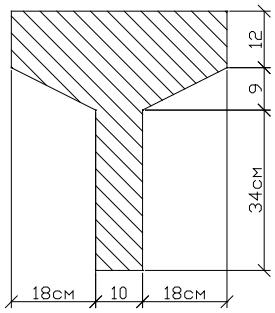
29


N18
N27a
N24
90x56x6
90x56x6

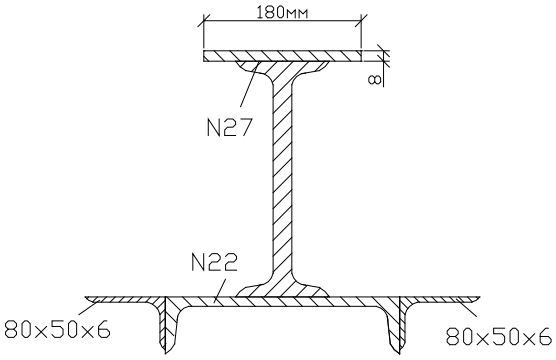

16
14
32см
14
16
9
18см

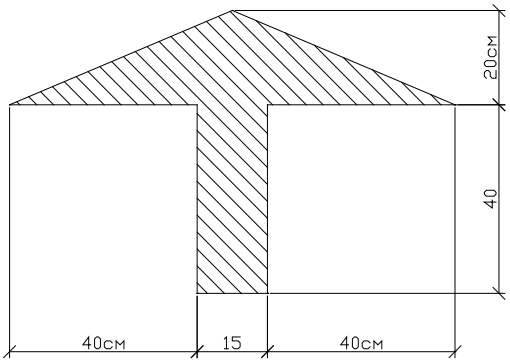
30


400мм
N20
140x90x10
N20
N40
140x90x10
8

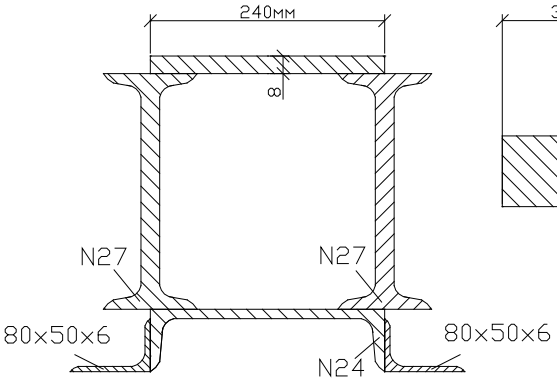

12
9
34см
18см
10
18см

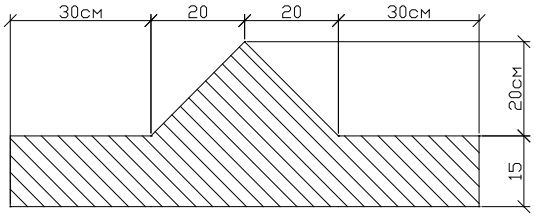
31


180мм
8
N27
N22
80x50x6
80x50x6

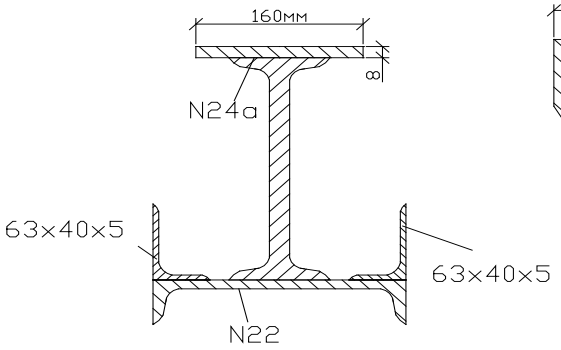

20см
40
40см
15
40см

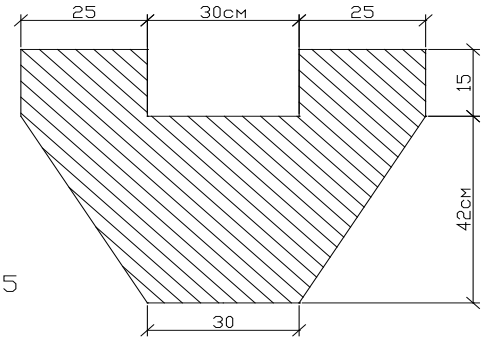
32


240мм
8
N27
N27
80x50x6
80x50x6
N24

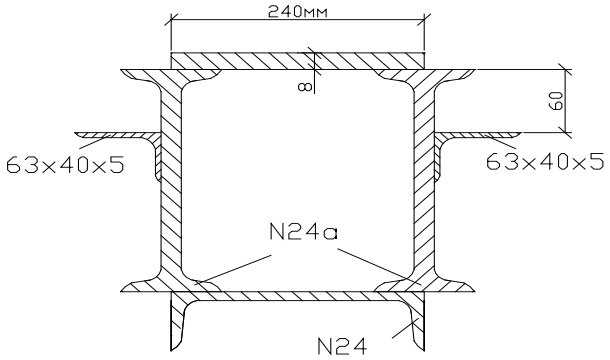

30см
20
20
30см
20см
15

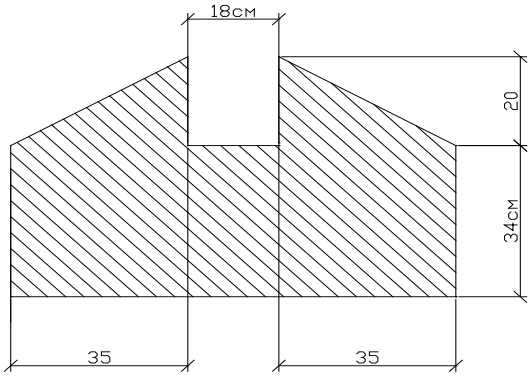
33


160мм
8
N24a
63×40×5
63×40×5
N22

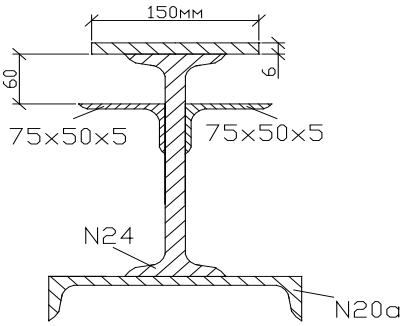

25
30см
25
15
42см
30

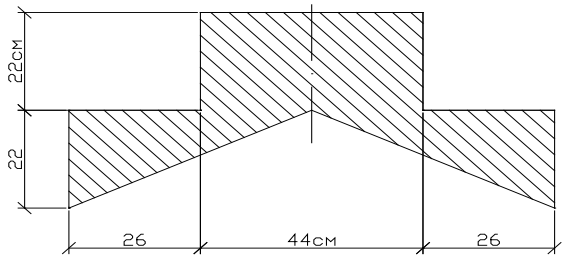
34


240мм
8
60
63×40×5
63×40×5
N24a
N24

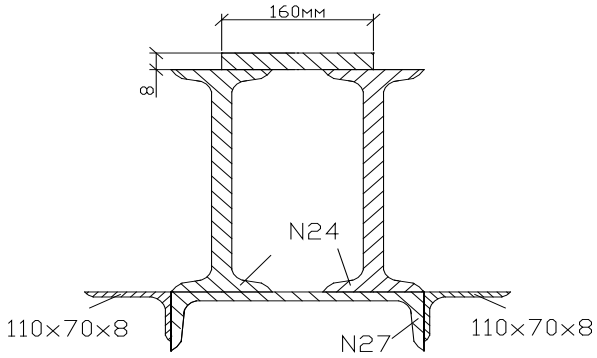

18см
20
34см
35
35

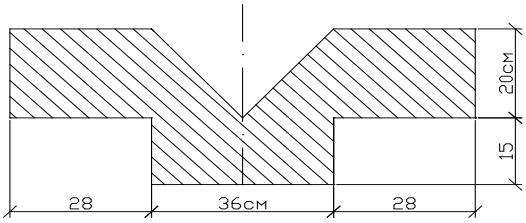
35


150мм
60
6
75×50×5
75×50×5
N24
N20a


22см
22
26
44см
26

36


160мм
8
N24
110×70×8
N27
110×70×8


20см
15
28
36см
28

Сопротивление материалов

Тема: Растяжение и сжатие.
Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи.

1. Разбиваем брус на участки. Границами участков являются те места, где либо приложены внешние силы, либо изменяется площадь поперечного сечения, а также начало и конец бруса. Так как силы, нагружающие брус, расположены по его центральной продольной оси, то в поперечных сечениях возникает лишь один внутренний силовой фактор – продольная сила N, т.е. имеет место растяжение (сжатие) бруса.
2. На каждом из участков применяем метод сечений, проводя мысленно сечение в пределах каждого из участков, будем отбрасывать закрепленную часть бруса, а для оставшейся части составляем уравнение равновесия $\sum Z_i = 0$, из которого и определяем продольную силу N. При растяжении продольная сила положительна, а при сжатии отрицательна.
3. Строим эпюру продольных сил N. Проводим параллельно оси бруса базовую(нулевую) линию эпюры, откладываем перпендикулярно ей в произвольном масштабе полученные значения N.
4. Определяем нормальные напряжения на каждом участке бруса по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

где N – продольная сила, Н
A – площадь поперечного сечения $м^2$
5. Строим эпюру нормальных напряжений σ.
6. Определяем перемещение свободного конца бруса:

$$\Delta L = \sum \Delta L_i$$

где ΔL_i-перемещение каждого участка бруса, определяется по закону Гука

$$\Delta L = \frac{NL}{EA}$$

где E- модуль упругости, МПа.
7. Определяем относительную продольную деформацию по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \bullet 100$$

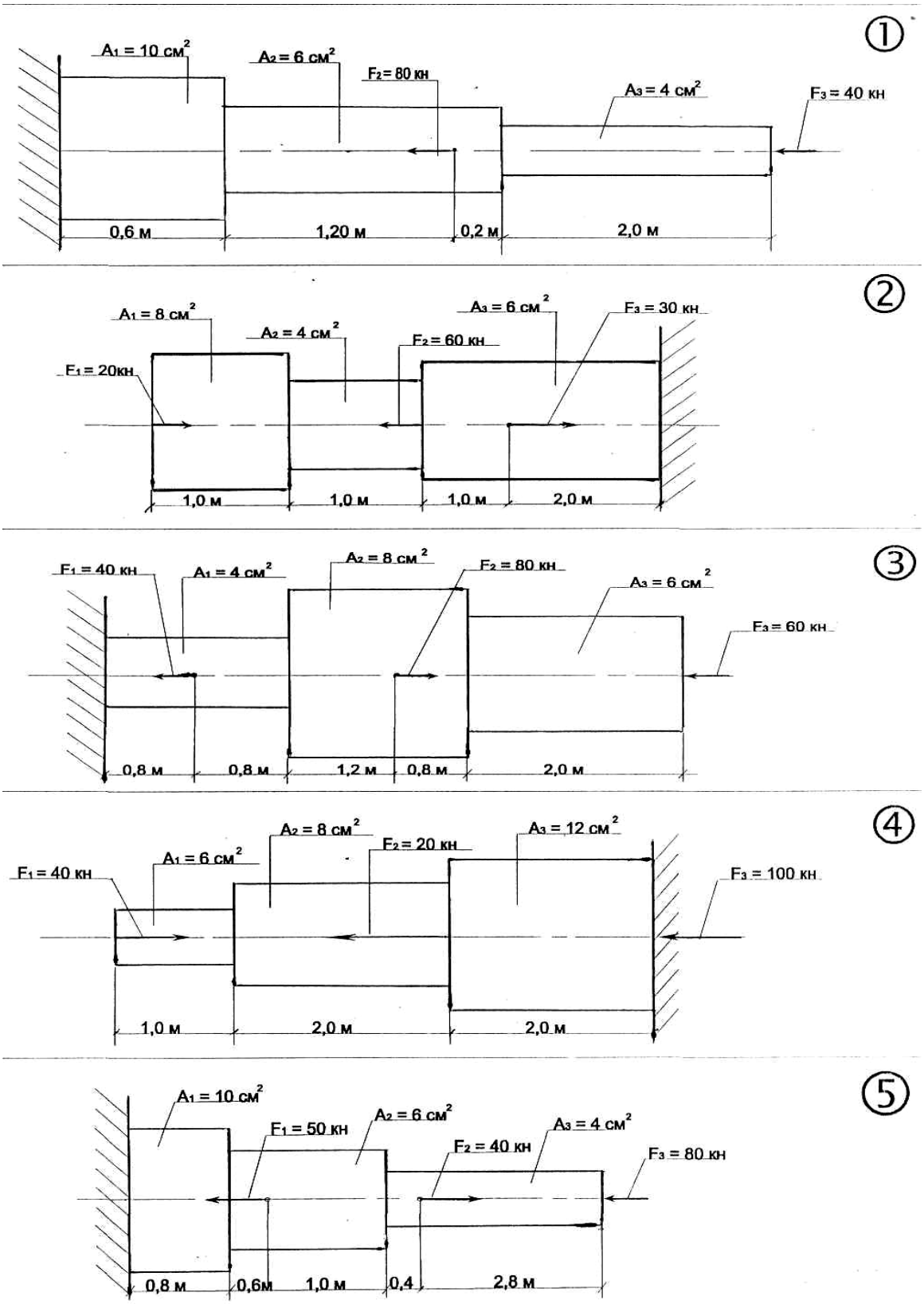
где L_0-длина бруса до деформации, м.
8. Определяем коэффициент запаса прочности, и производим проверку прочности.

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\max}}$$

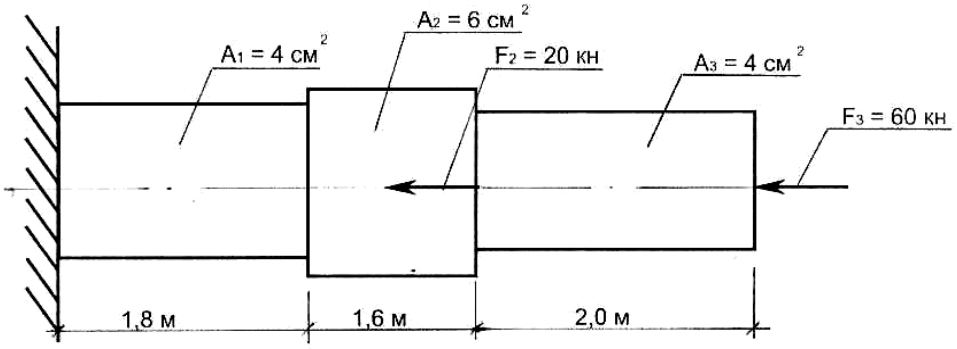
Где σ_T – предел текучести материала, МПа,
σ_{max} – максимальное напряжение, МПа.

Задание к расчетно-графической работе

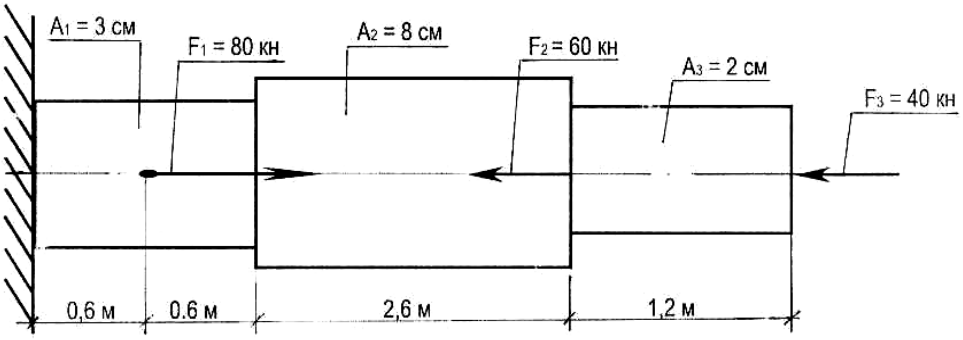
Для ступенчатого бруса определить продольные силы N и нормальные напряжения σ. Построить эпюры N и σ. Определить абсолютную и относительную деформации бруса, а также коэффициент запаса прочности. Материал бруса сталь, модуль упругости E= $2\cdot10^5$ МПа, предел текучести σ_T=240МПа. Схему выбрать согласно своего варианта.



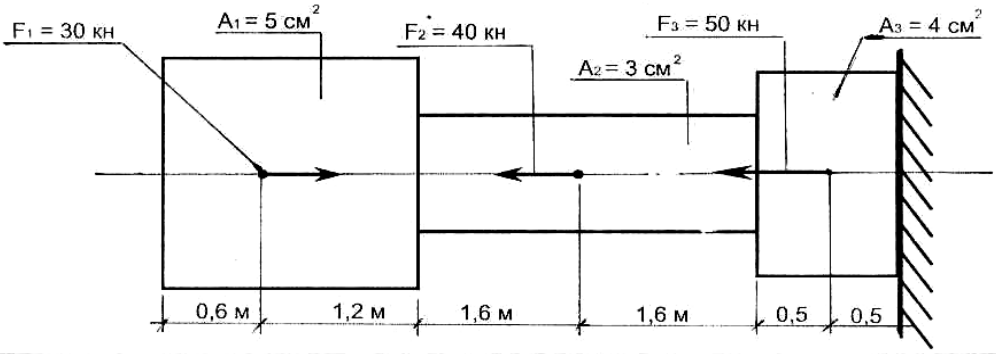
⑥


A₁ = 4 см²
A₂ = 6 см²
F₂ = 20 кн
A₃ = 4 см²
F₃ = 60 кн
1,8 м
1,6 м
2,0 м

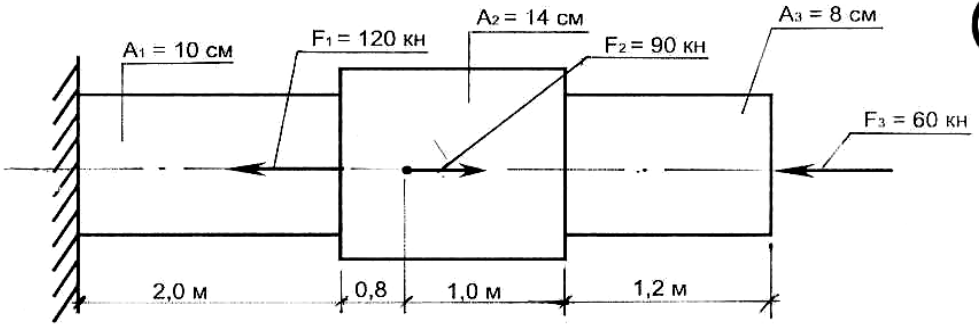
⑦


A₁ = 3 см
F₁ = 80 кн
A₂ = 8 см
F₂ = 60 кн
A₃ = 2 см
F₃ = 40 кн
0,6 м
0,6 м
2,6 м
1,2 м

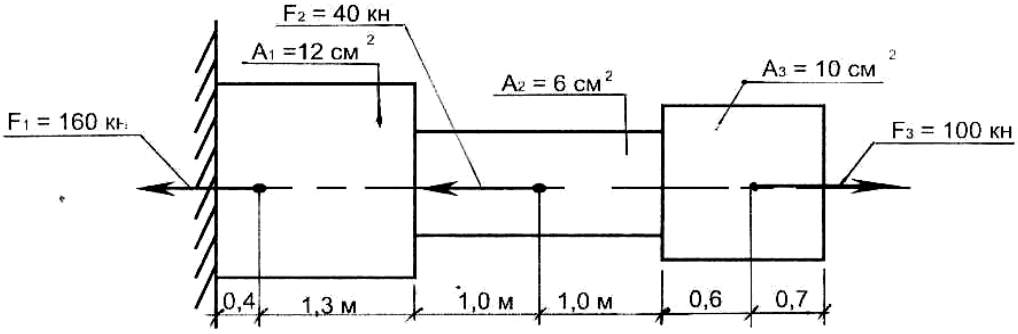
⑧


F₁ = 30 кн
A₁ = 5 см²
F₂ = 40 кн
F₃ = 50 кн
A₃ = 4 см²
A₂ = 3 см²
0,6 м
1,2 м
1,6 м
1,6 м
0,5
0,5

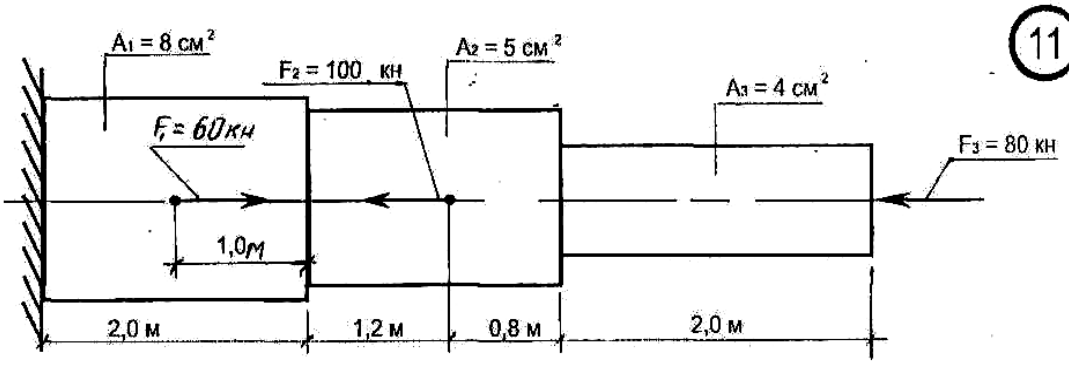
⑨


A₁ = 10 см
F₁ = 120 кн
A₂ = 14 см
F₂ = 90 кн
A₃ = 8 см
F₃ = 60 кн
2,0 м
0,8
1,0 м
1,2 м

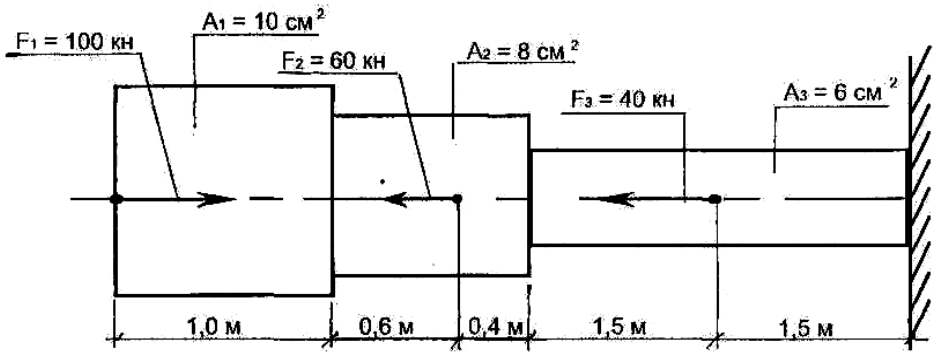
⑩


F₂ = 40 кн
A₁ =12 см²
A₂ = 6 см²
A₃ = 10 см²
F₁ = 160 кн
F₃ = 100 кн
0,4
1,3 м
1,0 м
1,0 м
0,6
0,7

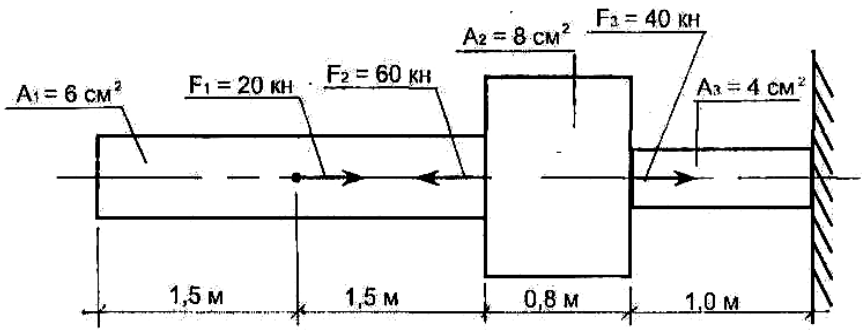
11


A₁ = 8 см²
F₂ = 100 кН
A₂ = 5 см²
A₃ = 4 см²
F₁ = 60кН
F₃ = 80 кН
1,0м
2,0 м
1,2 м
0,8 м
2,0 м

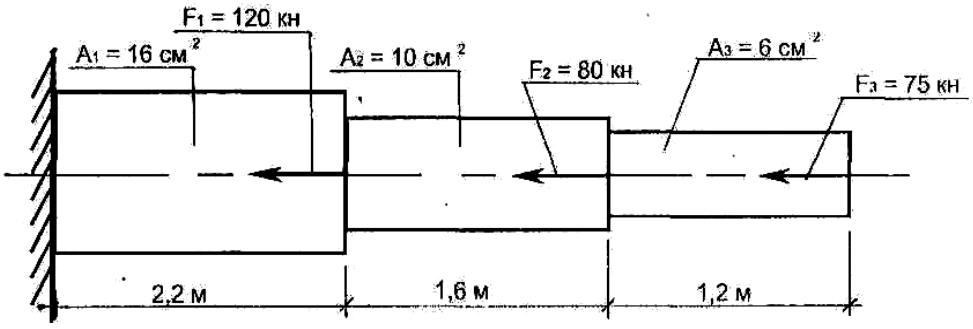
12


F₁ = 100 кН
A₁ = 10 см²
F₂ = 60 кН
A₂ = 8 см²
F₃ = 40 кН
A₃ = 6 см²
1,0 м
0,6 м
0,4 м
1,5 м
1,5 м

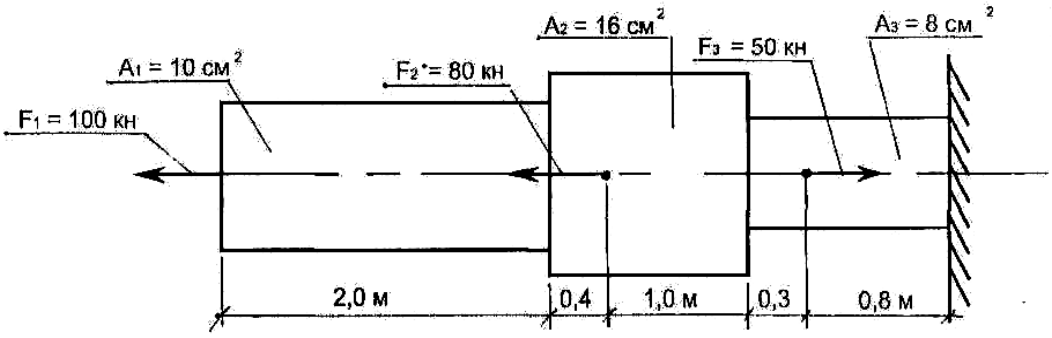
13


A₂ = 8 см²
F₃ = 40 кН
A₁ = 6 см²
F₁ = 20 кН
F₂ = 60 кН
A₃ = 4 см²
1,5 м
1,5 м
0,8 м
1,0 м

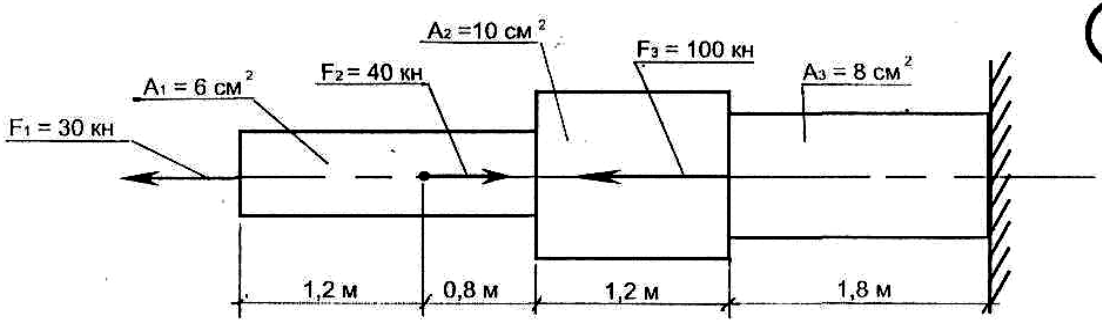
14


F₁ = 120 кН
A₁ = 16 см²
A₂ = 10 см²
F₂ = 80 кН
A₃ = 6 см²
F₃ = 75 кН
2,2 м
1,6 м
1,2 м

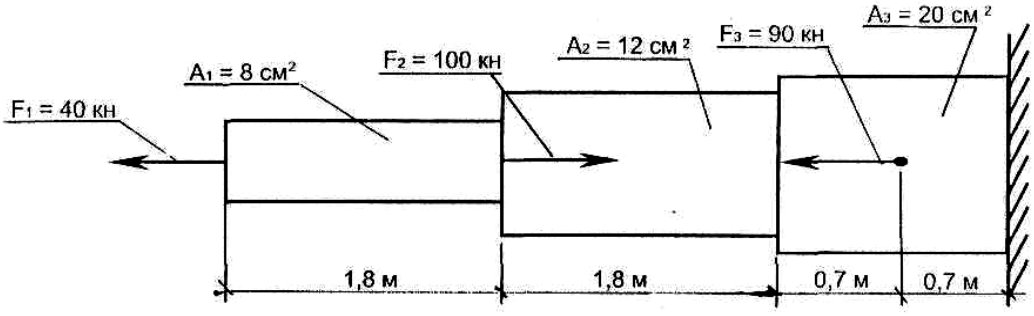
15


A₂ = 16 см²
A₃ = 8 см²
F₃ = 50 кН
A₁ = 10 см²
F₂ = 80 кН
F₁ = 100 кН
2,0 м
0,4
1,0 м
0,3
0,8 м

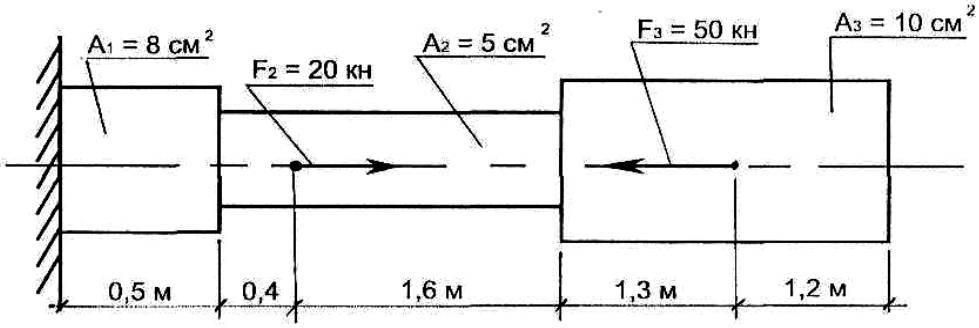
16


A₂ =10 см²
F₃ = 100 кН
A₃ = 8 см²
A₁ = 6 см²
F₂ = 40 кН
F₁ = 30 кН
1,2 м
0,8 м
1,2 м
1,8 м

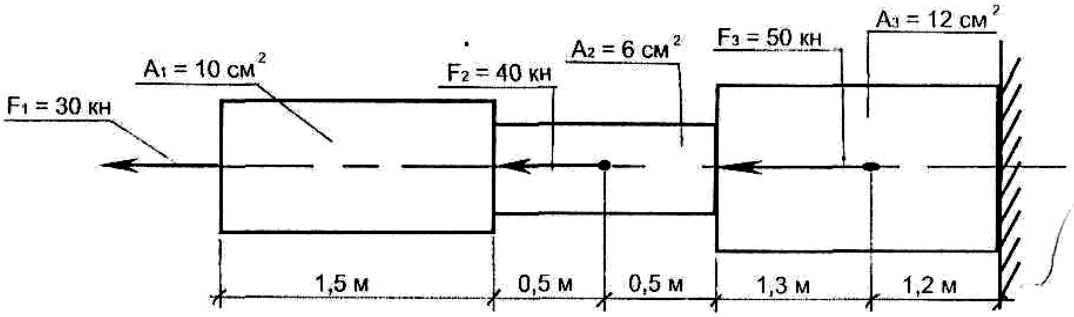
17


A₃ = 20 см²
F₃ = 90 кН
A₂ = 12 см²
F₂ = 100 кН
A₁ = 8 см²
F₁ = 40 кН
1,8 м
1,8 м
0,7 м
0,7 м

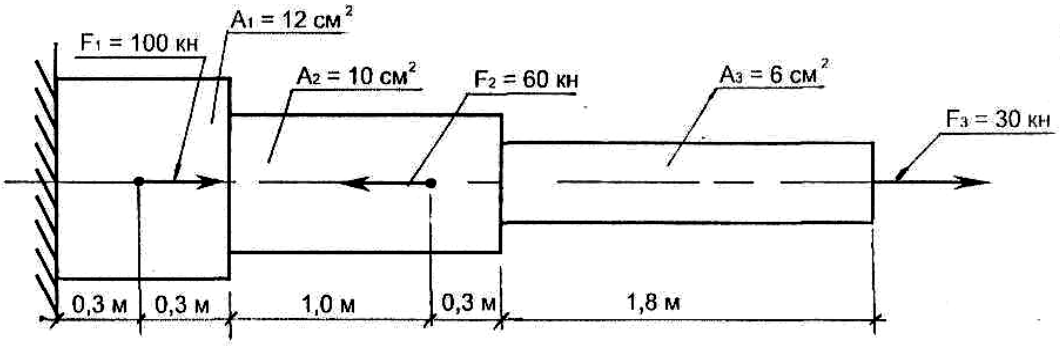
18


A₁ = 8 см²
A₂ = 5 см²
F₃ = 50 кН
A₃ = 10 см²
F₂ = 20 кН
0,5 м
0,4
1,6 м
1,3 м
1,2 м

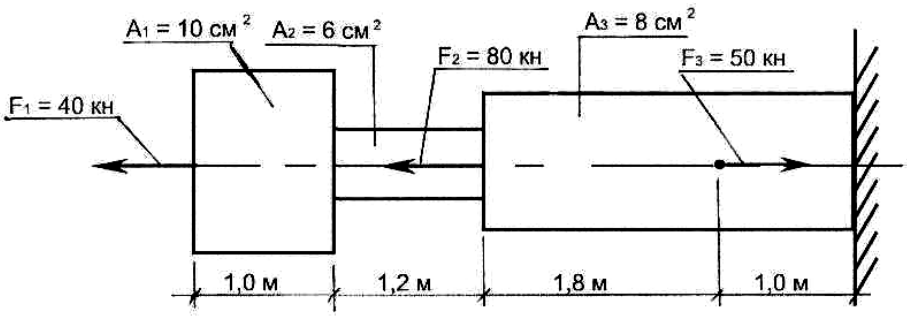
19


A₃ = 12 см²
F₃ = 50 кН
A₂ = 6 см²
A₁ = 10 см²
F₂ = 40 кН
F₁ = 30 кН
1,5 м
0,5 м
0,5 м
1,3 м
1,2 м

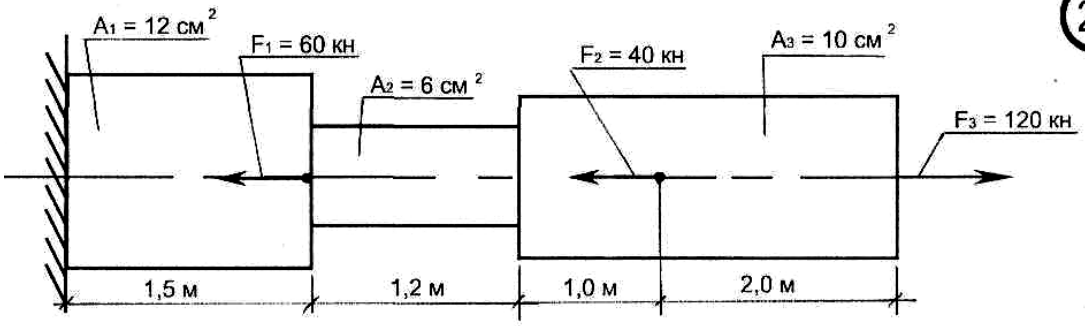
20


A₁ = 12 см²
F₁ = 100 кН
A₂ = 10 см²
F₂ = 60 кН
A₃ = 6 см²
F₃ = 30 кН
0,3 м
0,3 м
1,0 м
0,3 м
1,8 м

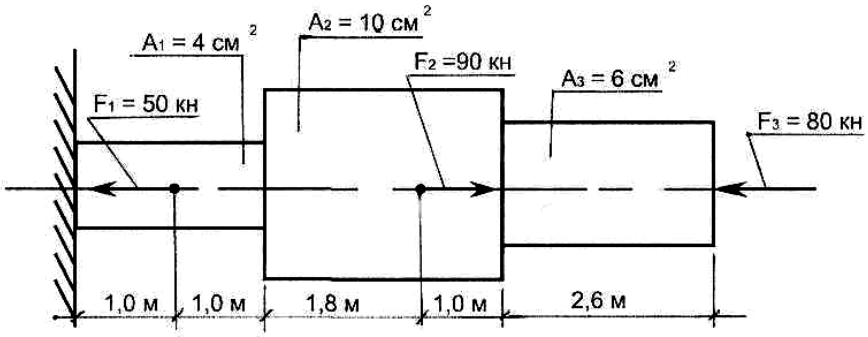
21


A1 = 10 см 2
A2 = 6 см 2
A3 = 8 см 2
F2 = 80 кн
F3 = 50 кн
F1 = 40 кн
1,0 м
1,2 м
1,8 м
1,0 м

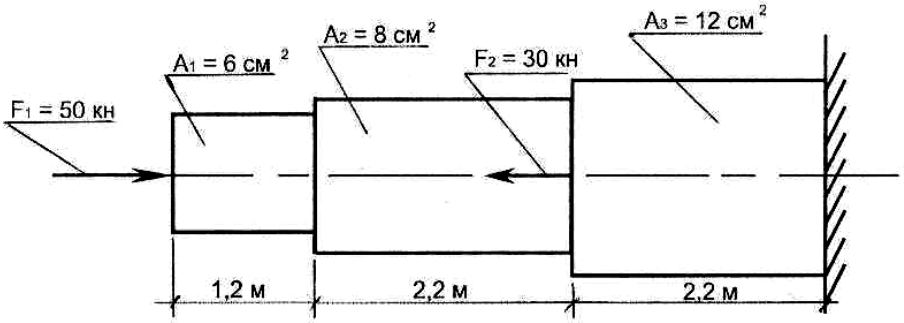
22


A1 = 12 см 2
F1 = 60 кн
A2 = 6 см 2
F2 = 40 кн
A3 = 10 см 2
F3 = 120 кн
1,5 м
1,2 м
1,0 м
2,0 м

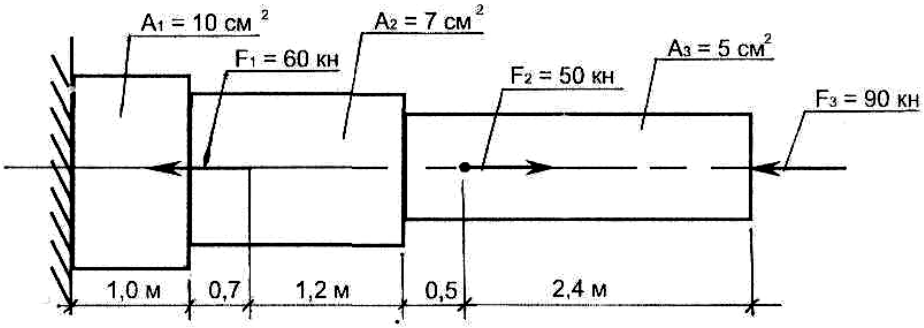
23


A1 = 4 см 2
A2 = 10 см 2
F2 =90 кн
A3 = 6 см 2
F1 = 50 кн
F3 = 80 кн
1,0 м
1,0 м
1,8 м
1,0 м
2,6 м

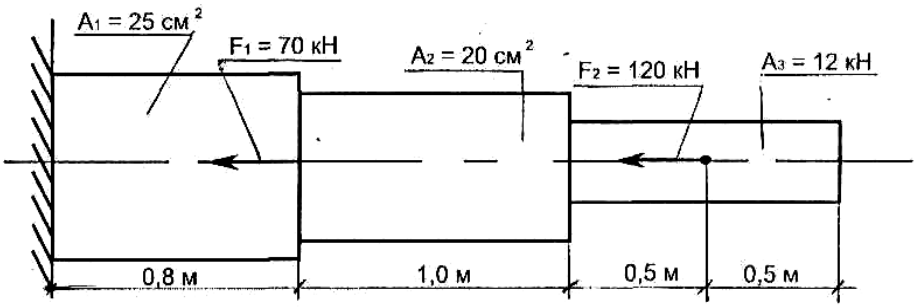
24


A3 = 12 см 2
A2 = 8 см 2
A1 = 6 см 2
F2 = 30 кн
F1 = 50 кн
1,2 м
2,2 м
2,2 м

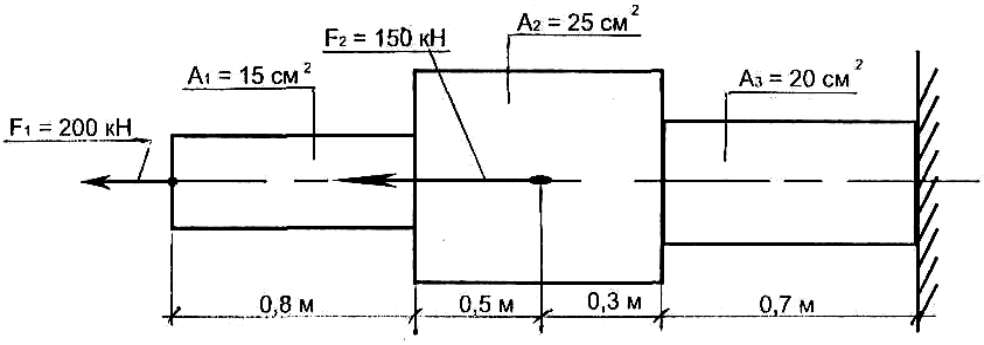
25


A1 = 10 см 2
A2 = 7 см 2
F1 = 60 кн
A3 = 5 см2
F2 = 50 кн
F3 = 90 кн
1,0 м
0,7
1,2 м
0,5
2,4 м

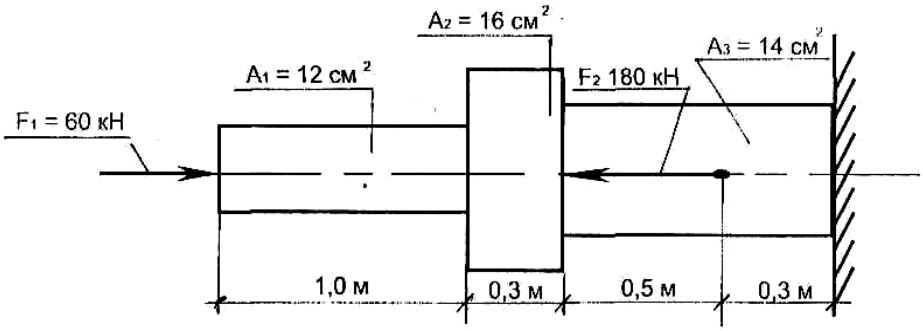
26


A₁ = 25 см²
F₁ = 70 кН
A₂ = 20 см²
F₂ = 120 кН
A₃ = 12 кН
0,8 м
1,0 м
0,5 м
0,5 м

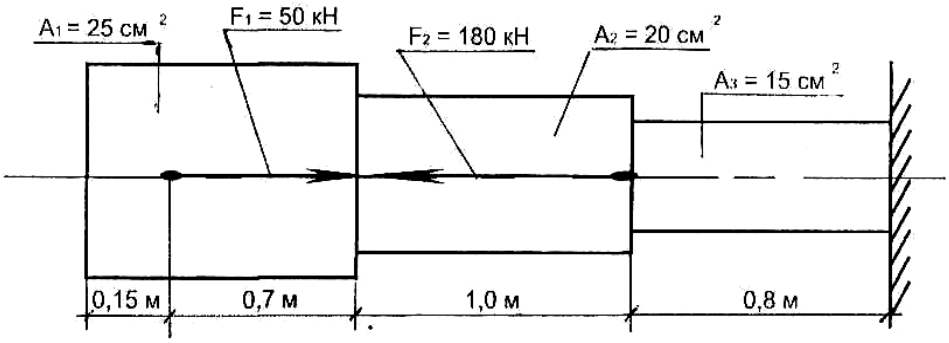
27


F₂ = 150 кН
A₂ = 25 см²
A₁ = 15 см²
A₃ = 20 см²
F₁ = 200 кН
0,8 м
0,5 м
0,3 м
0,7 м

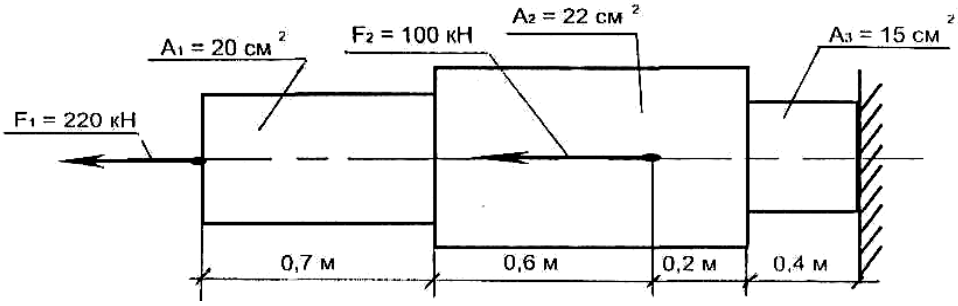
28


A₂ = 16 см²
A₃ = 14 см²
A₁ = 12 см²
F₂ 180 кН
F₁ = 60 кН
1,0 м
0,3 м
0,5 м
0,3 м

29


A₁ = 25 см²
F₁ = 50 кН
F₂ = 180 кН
A₂ = 20 см²
A₃ = 15 см²
0,15 м
0,7 м
1,0 м
0,8 м

30


A₂ = 22 см²
A₁ = 20 см²
F₂ = 100 кН
A₃ = 15 см²
F₁ = 220 кН
0,7 м
0,6 м
0,2 м
0,4 м

Сопротивление материалов
Тема: Изгиб.
Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи.

1. Определяют опорные реакции балки.
2. Обозначают характерные сечения балки. Ими являются концевые сечения балки, опоры, точки приложения сосредоточенных сил и моментов, начало и конец распределенной нагрузки.
3. Строят эпюру поперечных сил Q. Для этого определяют значения поперечных сил в характерных сечениях. Поперечная сила в сечении балки равна сумме проекций всех сил, расположенных только слева или только справа от рассматриваемого сечения на ось, перпендикулярную оси элемента. Сила, расположенная слева от рассматриваемого сечения и направленная вверх, сообщает поперечной силе знак «плюс», а сила, направленная вниз, - знак «минус». Для правой части – наоборот.

В сечениях, соотв6етствующих точкам приложения сосредоточенных сил, в том числе точкам приложения опорных реакций, необходимо определить два значения поперечной силы: чуть левее рассматриваемого сечения и чуть правее его. Поперечные силы в этих сечениях обозначаются соответственно $Q^{лев}$ и $Q^{прав}$.

Найденные значения поперечных сил в характерных сечениях откладывают в некотором масштабе от нулевой линии. Концы отложенных ординат соединяют прямыми линиями, руководствуясь следующими правилами:

а) если на участке балки нет нагрузки (распределенной), то под этим участком концы отложенных ординат соединяются прямой линией, параллельной нулевой линии;

б) если на участке балки приложена распределенная нагрузка, то под этим участком концы отложенных ординат соединяются прямой, наклонной к нулевой линии. Она может пересекать или не пересекать нулевую линию.

Полученный график изменения поперечных сил по длине балки называется эпюрой Q.

4. Строят эпюру M. Для этого определяют изгибающие моменты в характерных сечениях. Изгибающий момент в рассматриваемом сечении балки равен сумме моментов всех сил (распределенных, сосредоточенных, в том числе и опорных реакций, а также внешних сосредоточенных моментов), расположенных только слева или только справа от этого сечения. Если любое из перечисленных силовых воздействий, приложенных к левой части, стремится повернуть любую часть балки по часовой стрелке, то они сообщают изгибающему моменту знак «плюс», а если против – знак «минус». Для правой части – наоборот. При положительном изгибающем моменте балка деформируется выпуклостью вниз, а при отрицательном – выпуклостью вверх.

В сечении, соответствующем точкам приложения сосредоточенных моментов, необходимо определить два значения изгибающего момента: чуть

левее рассматриваемого сечения $M^{лев}$ и чуть правее его $M^{прав}$. В точках приложения сил определяется одно значение изгибающего момента.

Полученные значения откладывают в некотором масштабе от нулевой линии. Соединяют концы отложенных ординат, руководствуясь следующими правилами:

а) если на участке балки нет нагрузки (распределенной), то под этим участком балки концы отложенных ординат соединяются прямой линией;

б) если на участке балки приложена распределенная нагрузка, то под этим участком концы отложенных ординат соединяются по параболе. Парабола имеет выпуклость в сторону действия нагрузки (при действии нагрузки сверху вниз парабола обращена выпуклостью вниз). При этом если эпюра Q_y на рассматриваемом участке не пересекает нулевую линию то эпюра M_x (она является параболой) может быть построена по двум точкам, так как все значения изгибающих моментов в промежуточных сечениях находятся между значениями в характерных сечениях. Если эпюра Q_y пересекает нулевую линию, то под этим сечением эпюра M_x будет иметь экстремальное (максимальное или минимальное) значение или вершину параболы. Положение этого сечения находят по эпюре Q_y из подобия треугольников. Затем находят значение изгибающего момента в этом сечении и строят эпюру M_x на участке с распределенной нагрузкой по трем точкам. Соединив все полученные точки по указанным выше правилам, получают график изменения изгибающих моментов по длине балки. Этот график называется эпюрой M_x.

Существует несколько способов проверки правильности построения эпюр. Наиболее простой способ заключается в том, что сумма моментов всех левых и всех правых сил, взятые отдельно, в любом сечении балки должны быть равны между собой.

Приведенный способ построения эпюр Q_y и M_x назовем способом построения по характерным сечениям. Он является частным случаем более общего способа, который называется способом построения эпюр по участкам. Порядок построения эпюр при этом способе следующий. Балку разбивают на участки. Границами участков являются характерные сечения. Для каждого участка записывается закон изменения усилий Q_y и M_x и определяются их величины при граничных значениях. По найденным усилиям строятся соответствующие эпюры.

5. Подбираем сечения балки согласно указанного варианта. Для этого используем условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \le R\gamma_c$$

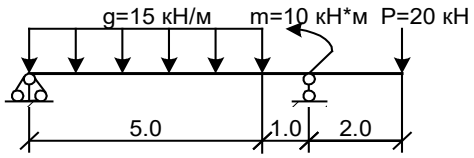
Где осевой момент сопротивления W_x является геометрической характеристикой прочности поперечного сечения, а M_{max} – взятый по абсолютной величине максимальный изгибающий момент. Тогда проектировочная задача

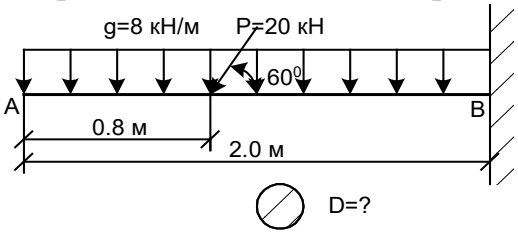
$$W_x \ge \frac{M_{\max}}{R\gamma_c}$$

Задание к расчетно-графической работе

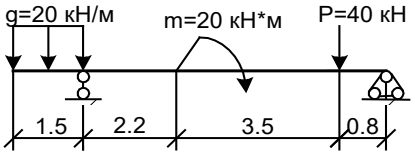
Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для простых балок. Произвести подбор сечения. Схемы выбрать согласно своего варианта.

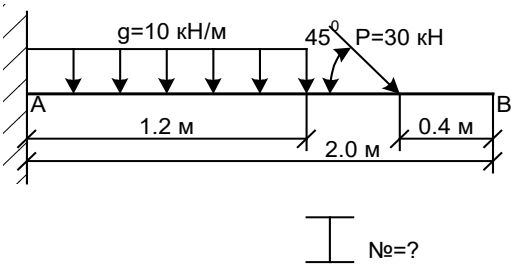
1



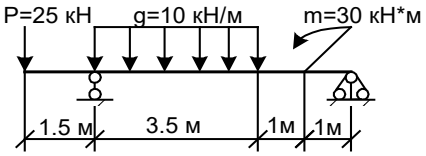


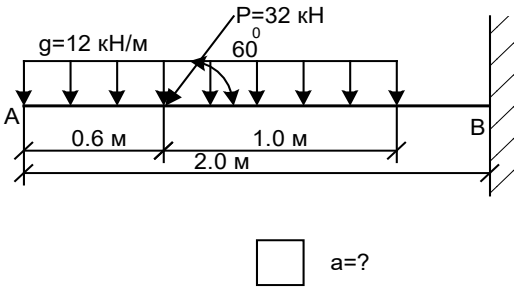
2



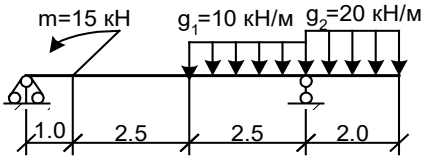


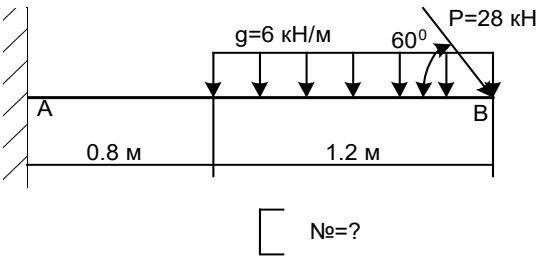
3



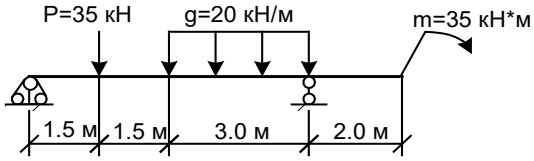


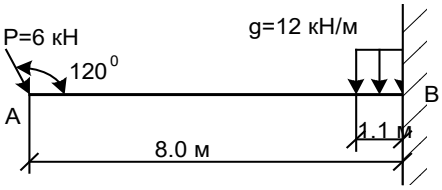
4



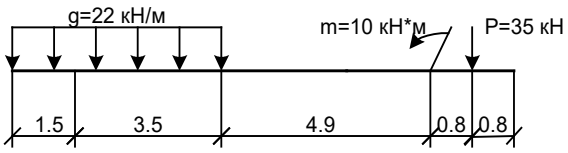


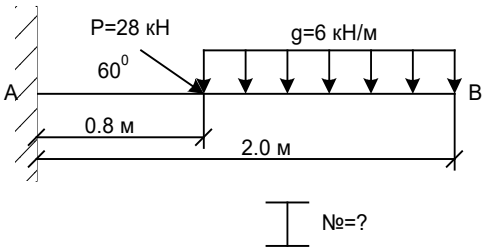
5



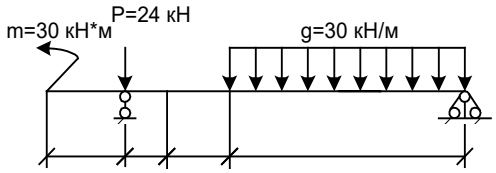


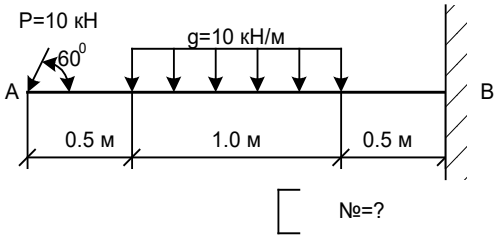
6


g=22 кН/м
m=10 кН*м
P=35 кН
1.5
3.5
4.9
0.8
0.8

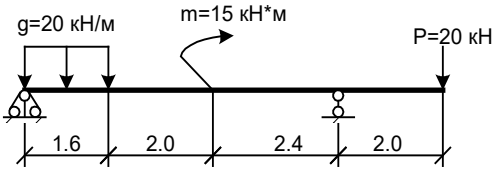

P=28 кН
60⁰
g=6 кН/м
A
B
0.8 м
2.0 м
№=?

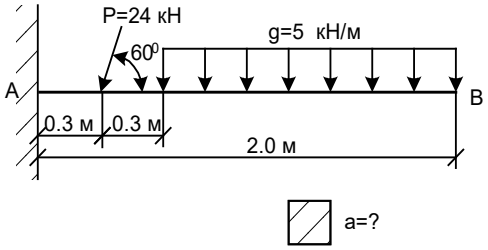
7


m=30 кН*м
P=24 кН
g=30 кН/м

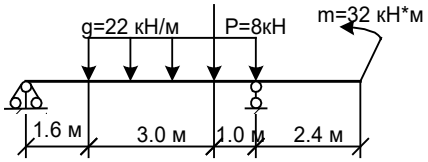

P=10 кН
60⁰
g=10 кН/м
A
B
0.5 м
1.0 м
0.5 м
№=?

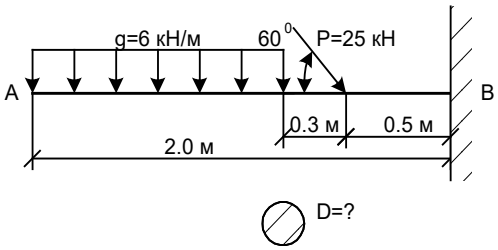
8


g=20 кН/м
m=15 кН*м
P=20 кН
1.6
2.0
2.4
2.0

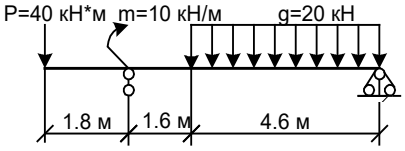

P=24 кН
60⁰
g=5 кН/м
A
B
0.3 м
0.3 м
2.0 м
a=?

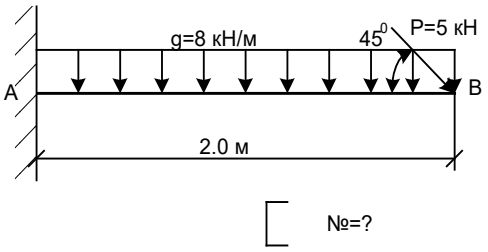
9


g=22 кН/м
P=8кН
m=32 кН*м
1.6 м
3.0 м
1.0 м
2.4 м

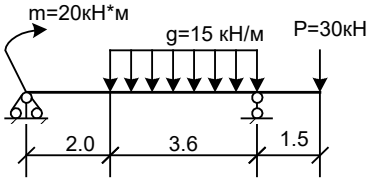

g=6 кН/м
60⁰
P=25 кН
A
B
0.3 м
0.5 м
2.0 м
D=?

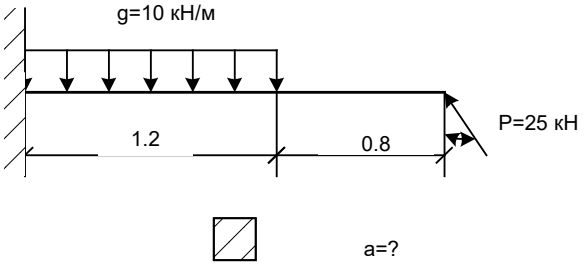
10


P=40 кН*м
m=10 кН/м
g=20 кН
1.8 м
1.6 м
4.6 м

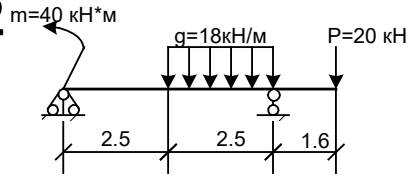

g=8 кН/м
45⁰
P=5 кН
A
B
2.0 м
№=?

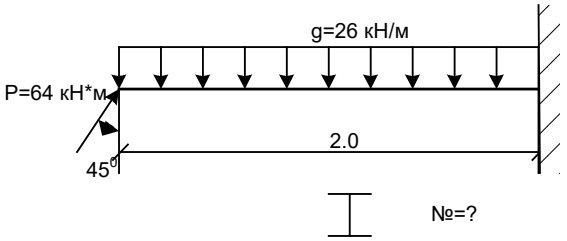
11


m=20кН*м
g=15 кН/м
P=30кН
2.0
3.6
1.5

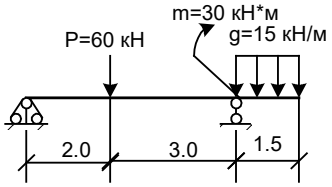

g=10 кН/м
P=25 кН
1.2
0.8
a=?

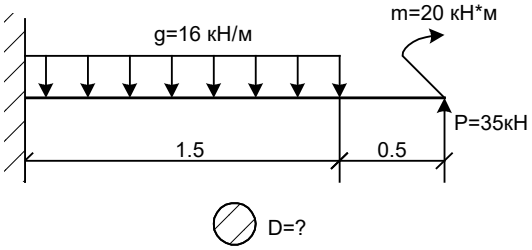
12


m=40 кН*м
g=18кН/м
P=20 кН
2.5
2.5
1.6

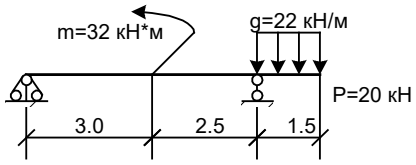

g=26 кН/м
P=64 кН*м
45⁰
2.0
№=?

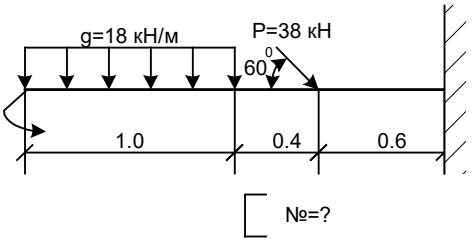
13


m=30 кН*м
P=60 кН
g=15 кН/м
2.0
3.0
1.5

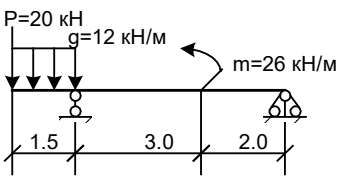

m=20 кН*м
g=16 кН/м
P=35кН
1.5
0.5
D=?

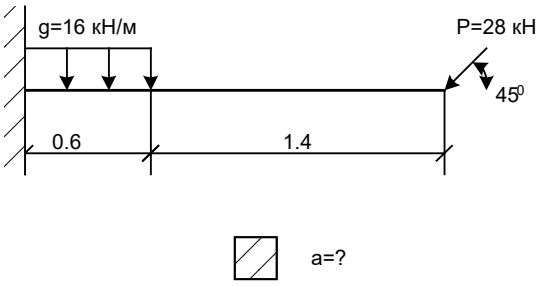
14


m=32 кН*м
g=22 кН/м
P=20 кН
3.0
2.5
1.5

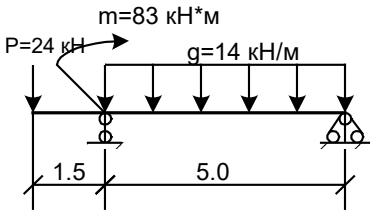

g=18 кН/м
P=38 кН
60⁰
1.0
0.4
0.6
№=?

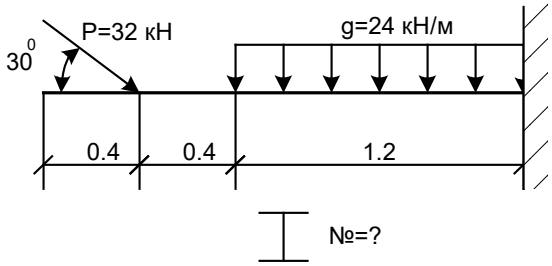
15


P=20 кН
g=12 кН/м
m=26 кН/м
1.5
3.0
2.0

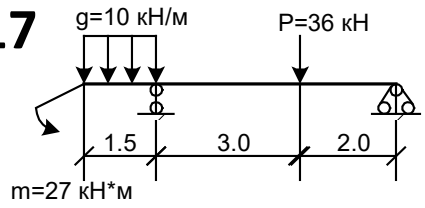

g=16 кН/м
P=28 кН
45⁰
0.6
1.4
a=?

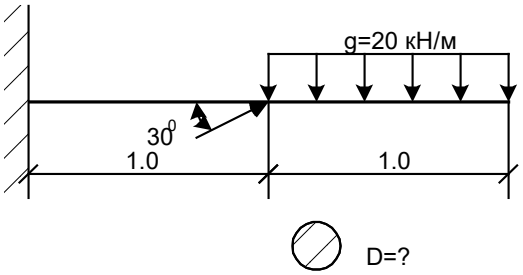
16


m=83 кН*м
P=24 кН
g=14 кН/м
1.5
5.0

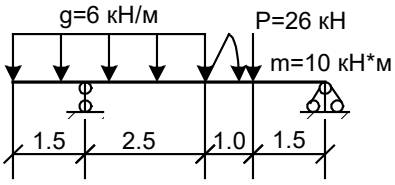

P=32 кН
g=24 кН/м
30⁰
0.4
0.4
1.2
№=?

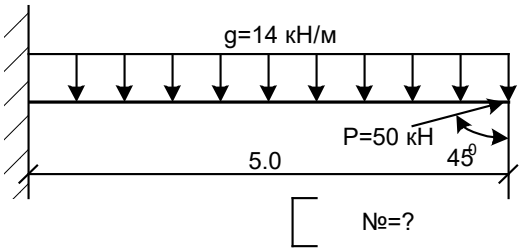
17


g=10 кН/м
P=36 кН
1.5
3.0
2.0
m=27 кН*м

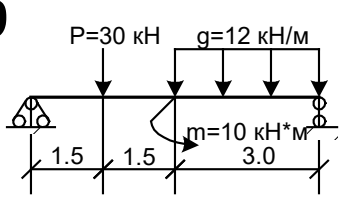

g=20 кН/м
30⁰
1.0
1.0
D=?

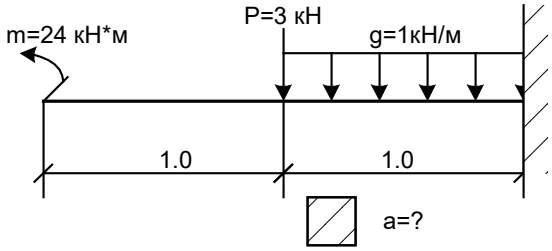
18


g=6 кН/м
P=26 кН
m=10 кН*м
1.5
2.5
1.0
1.5

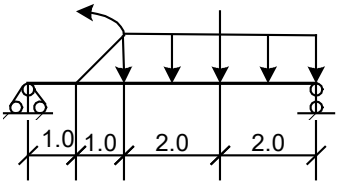

g=14 кН/м
P=50 кН
45⁰
5.0
№=?

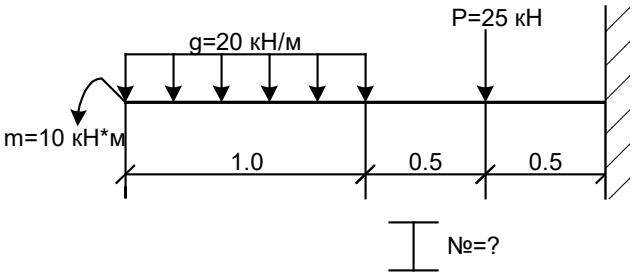
19


P=30 кН
g=12 кН/м
m=10 кН*м
1.5
1.5
3.0

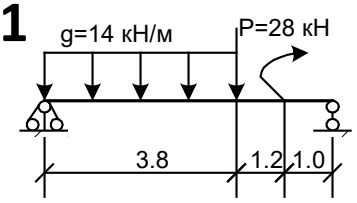

m=24 кН*м
P=3 кН
g=1кН/м
1.0
1.0
a=?

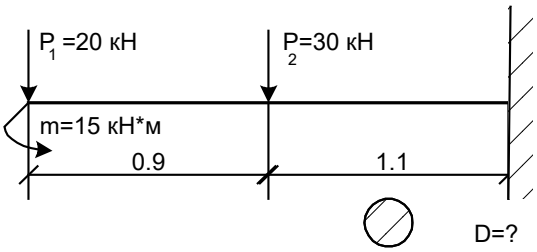
20


1.0
1.0
2.0
2.0

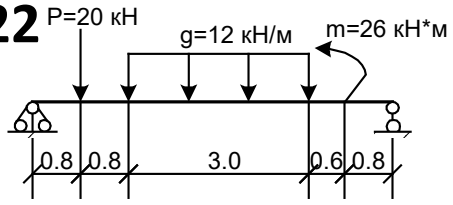

P=25 кН
g=20 кН/м
m=10 кН*м
1.0
0.5
0.5
№=?

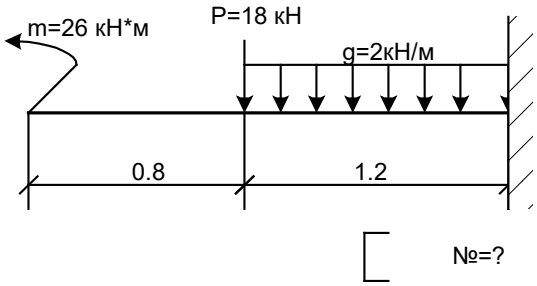
21


g=14 кН/м
P=28 кН
3.8
1.2
1.0

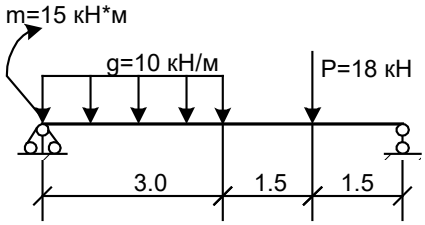

P1 =20 кН
P2=30 кН
m=15 кН*м
0.9
1.1
D=?

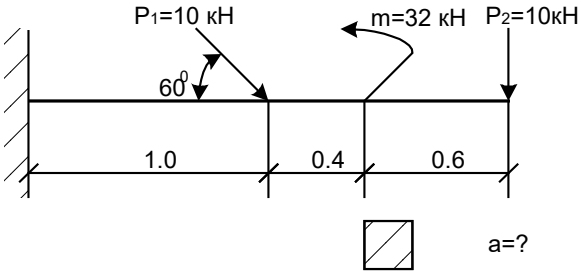
22


P=20 кН
g=12 кН/м
m=26 кН*м
0.8
0.8
3.0
0.6
0.8

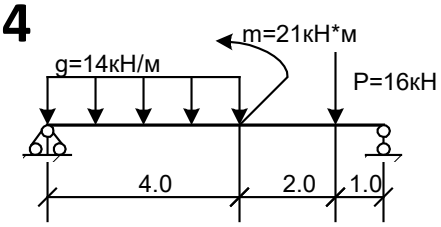

m=26 кН*м
P=18 кН
g=2кН/м
0.8
1.2
№=?

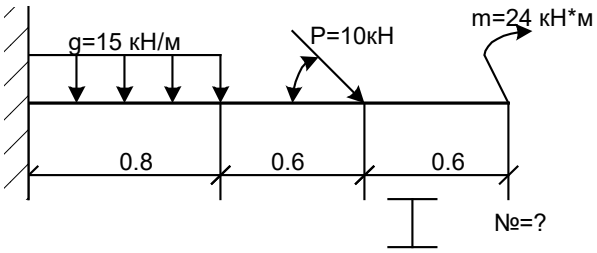
23


m=15 кН*м
g=10 кН/м
P=18 кН
3.0
1.5
1.5

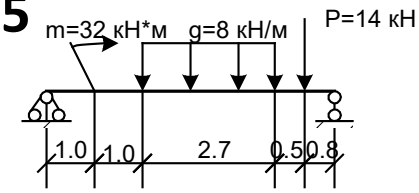

P1=10 кН
m=32 кН
P2=10кН
60°
1.0
0.4
0.6
a=?

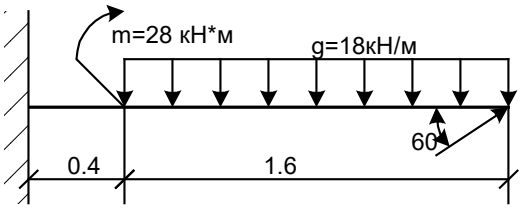
24


m=21кН*м
g=14кН/м
P=16кН
4.0
2.0
1.0


m=24 кН*м
g=15 кН/м
P=10кН
0.8
0.6
0.6
№=?

25


m=32 кН*м
g=8 кН/м
P=14 кН
1.0
1.0
2.7
0.5
0.8


m=28 кН*м
g=18кН/м
60
0.4
1.6

Сопротивление материалов

Тема: Определение главных центральных моментов инерции сечения. Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи.

1. Определяют положение центра тяжести сечения.
2. Проводят оси через центры тяжести каждого профиля проката или простой геометрической фигуры. Для первой фигуры проведем оси x_1 и y_1, для второй – x_2 и y_2 и т.д.
3. Проводят главные центральные оси. Они проходят через центр тяжести всего сечения. Одну из главных центральных осей совмещают с осью симметрии (в задании все сечения имеют такую ось), а вторую проводят через центр тяжести сечения перпендикулярно к первой. Обозначают вертикальную ось через *v*, а горизонтальную – через u.
4. Находят моменты инерции сечения относительно главных центральных осей. В общем виде момент инерции сечения определяют по формулам: относительно оси u

$$J_u = J_u^I + J_u^{II} + J_u^{III} + ... + J_u^n,$$

относительно оси *v*

$$J_v = J_v^I + J_v^{II} + J_v^{III} + ... + J_v^n,$$

где J_uи J_v – моменты инерции сечения относительно главных центральных осей u и *v* (главные моменты инерции); J_u^I, J_u^{II}, …, J_u^n- моменты инерции простых фигур (1, 2,…, n) относительно главной центральной оси u: J_v^I, J_v^{II}, …, J_v^n – моменты инерции простых фигур относительно оси *v*.

Моменты инерции простых фигур относительно оси u определяют по формулам:

$$J_u^I = J_{x_1}^I + a_1^2 \bullet A_1; \quad J_u^{II} = J_{x_2}^{II} + a_2^2 \bullet A_2; \; .... \text{ и } J_u^n = J_{x_n}^n + a_n^2 \bullet A_n;$$

относительно оси *v*

$$J_v^I = J_{v_1}^I + d_1^2 \bullet A_1; \; J_v^{II} = J_{v_2}^{II} + d_2^2 \bullet A_2; \ldots \text{ и } J_v^n = J_{v_n}^n + d_n^2 \bullet A_n;$$

где $J_x^I, J_x^{II}, ..., J_{x_n}^n$ - моменты инерции простых фигур (1, 2, …, n) относительно собственных центральных осей (x_1, x_2, …, x_n). Они определяются по таблицам ГОСТов для профилей прокатной стали, и по формулам для простых геометрических фигур;

$J_y^I, J_y^{II}, ..., J_{y_n}^n$ - моменты инерции простых фигур относительно собственных центральных осей (y_1, y_2, …, y_n);

a_1, a_2, …, a_n - расстояния от главной центральной оси **u** до центральных осей x_1, x_2, …, x_n;

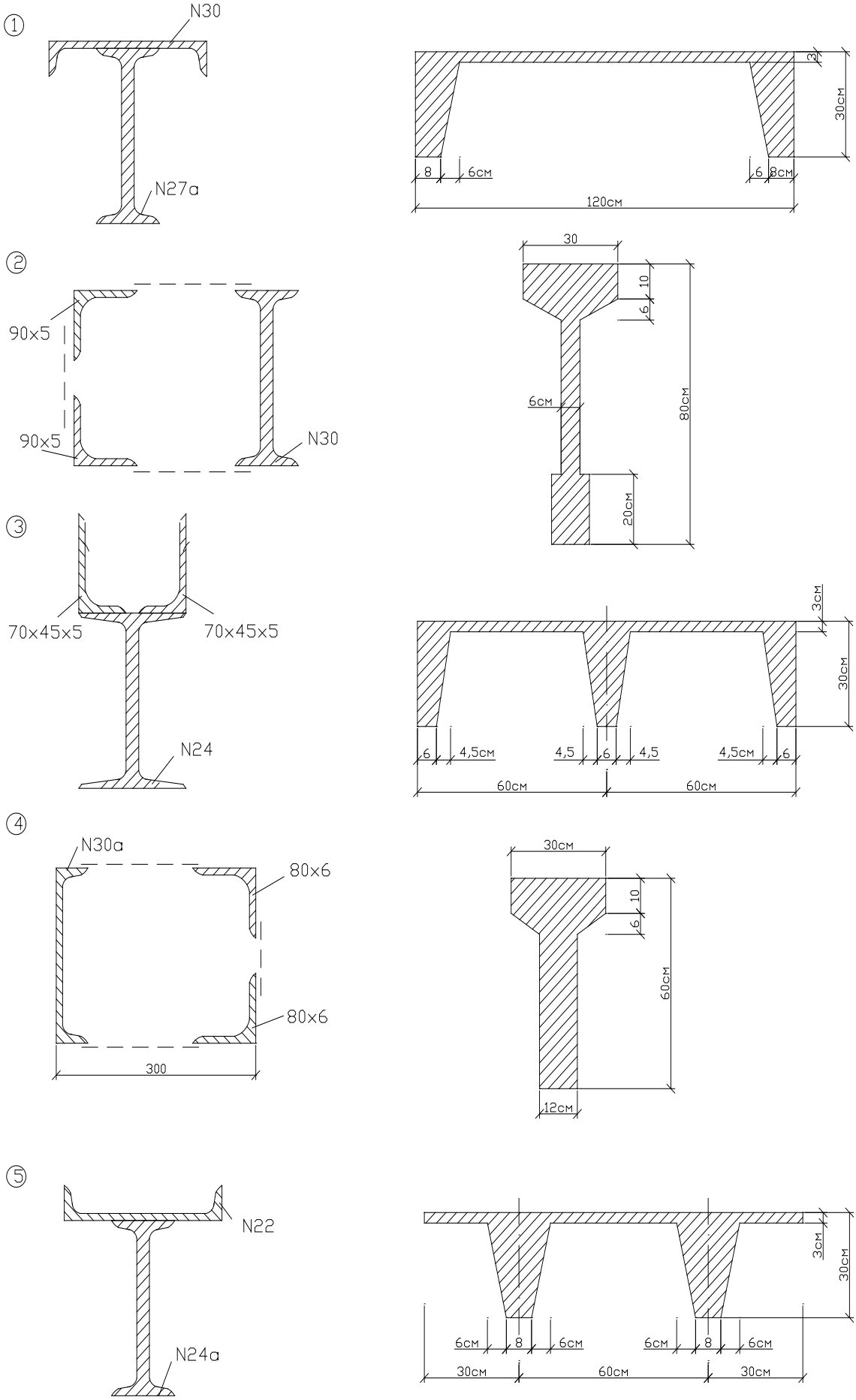
d_1, d_2, …, d_n – то же, от оси ***v*** до осей y_1, y_2, …, y_n;

A_1, A_2, …., A_n – площади сечений профилей прокатной стали или простых геометрических фигур.

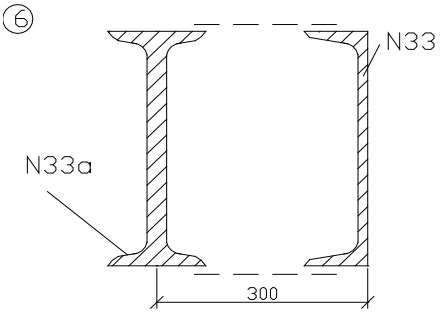
Если главная центральная ось совпадает с собственной центральной осью какого-нибудь профиля или фигур, то момент инерции ее относительно главной центральной оси равен моменту инерции относительно собственной оси, так как расстояние между этими осями равно нулю.

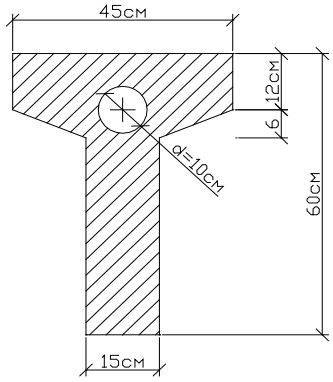
При определении геометрических характеристик необходимо учитывать, что профили проката на заданном сечении могут быть ориентированы иначе, чем в таблицах ГОСТов. Например, вертикальная по ГОСТу ось y на заданном сечении может оказаться горизонтальной, а горизонтальная по ГОСТу ось x – вертикальной. Поэтому необходимо внимательно следить за тем, относительно каких осей следует брать геометрические характеристики. На это будет обращено особое внимание в рассматриваемых примерах.

Задание для расчетно-графической работы №5:
Задача 1. Определить моменты инерции сечения, составленного из профилей прокатной стали, относительно главных центральных осей по данным своего варианта.
Задача 2. определить моменты инерции сечения, составленного из простых геометрических фигур, относительно главных центральных осей по данным своего варианта.

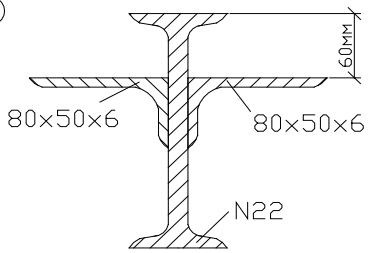

①
N30
N27a
2
30см
8
6см
6
8см
120см
②
90x5
90x5
N30
30
10
6
6см
80см
20см
③
70x45x5
70x45x5
N24
3см
30см
6
4,5см
4,5
6
4,5
4,5см
6
60см
60см
④
N30a
80x6
80x6
300
30см
10
6
60см
12см
⑤
N22
N24a
3см
30см
6см
8
6см
6см
8
6см
30см
60см
30см

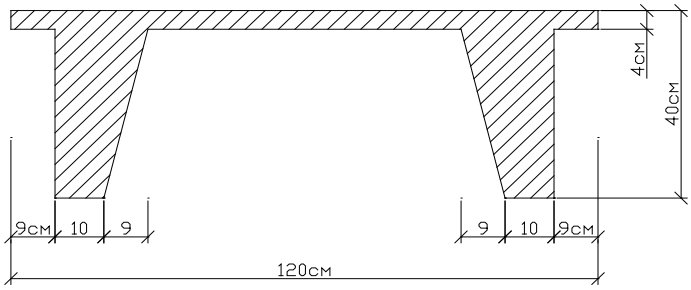
⑥


N33
N33a
300

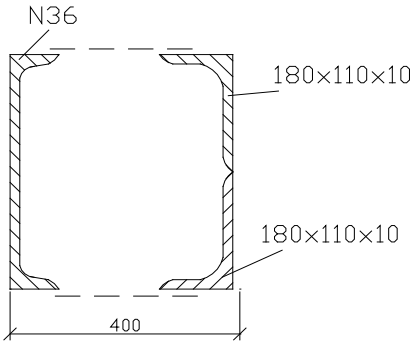

45см
12см
6
d=10см
60см
15см

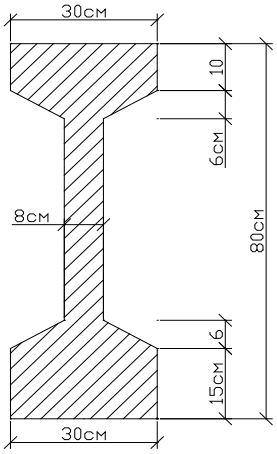
⑦


60мм
80×50×6
80×50×6
N22

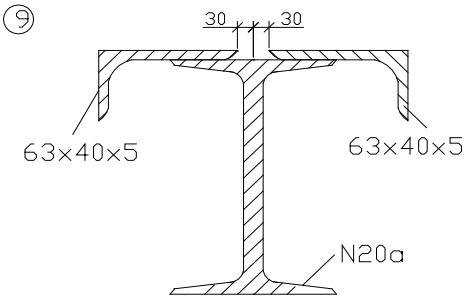

4см
40см
9см
10
9
9
10
9см
120см

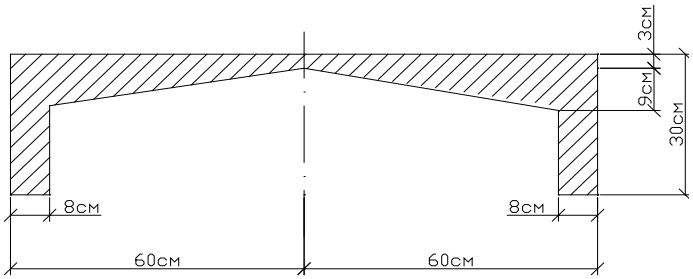
⑧


N36
180×110×10
180×110×10
400

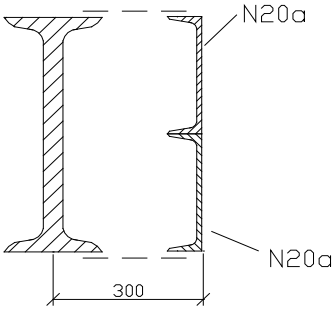

30см
10
6см
8см
80см
6
15см
30см

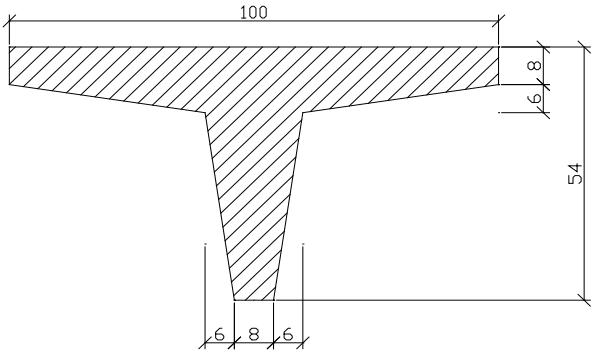
⑨


30
30
63×40×5
63×40×5
N20a

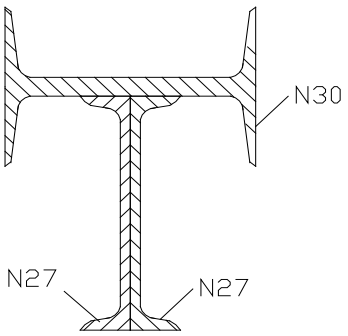

3см
9см
30см
8см
8см
60см
60см

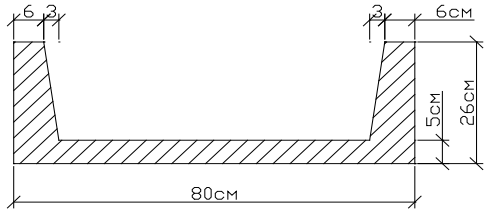
⑩


N20a
N20a
300

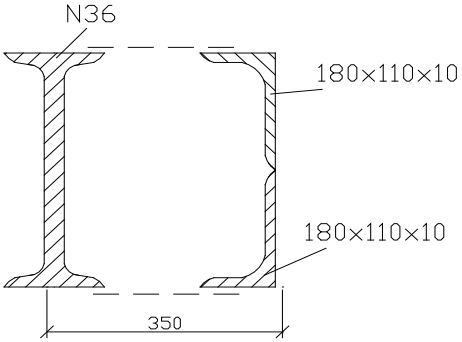

100
8
6
54
6
8
6

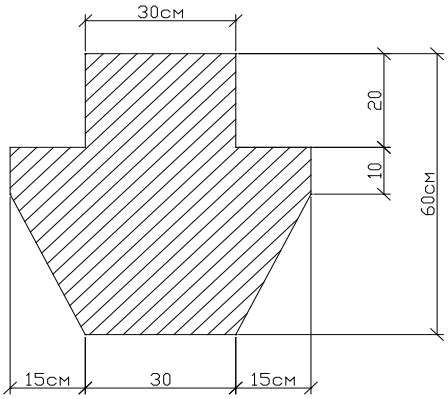
11


N30
N27
N27

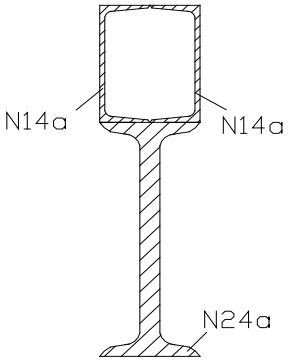

6
3
3
6см
5см
26см
80см

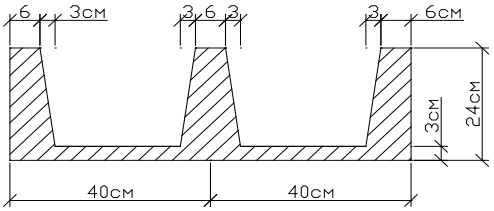
12


N36
180×110×10
180×110×10
350

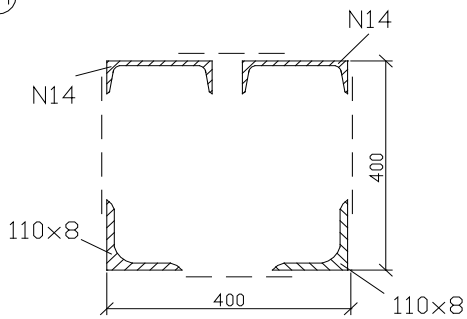

30см
20
10
60см
15см
30
15см

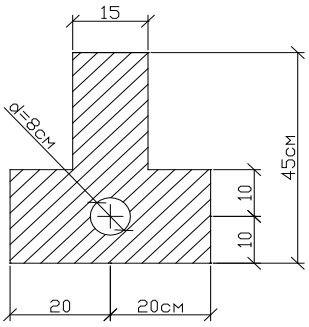
13


N14a
N14a
N24a

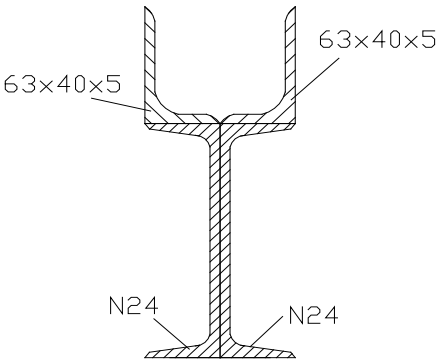

6
3см
3
6
3
3
6см
3см
24см
40см
40см

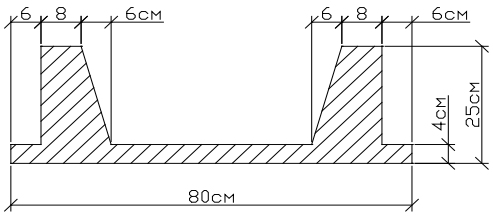
14


N14
N14
400
110×8
400
110×8

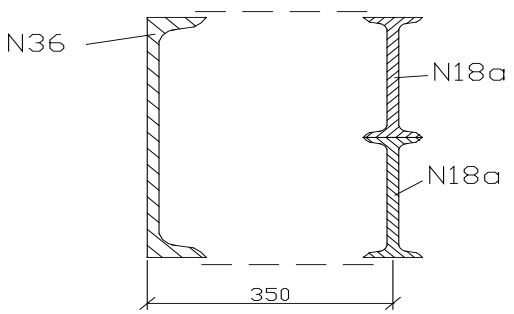

15
d=8см
45см
10
10
20
20см

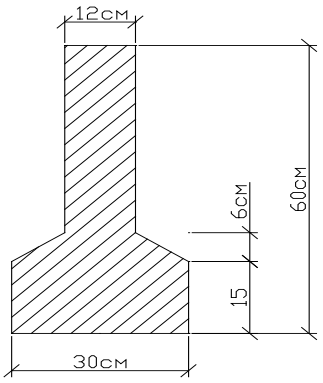
15


63×40×5
63×40×5
N24
N24

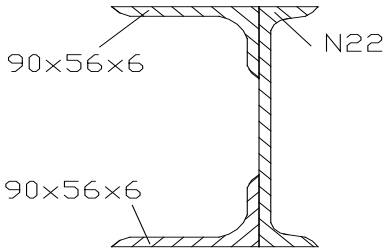

6
8
6см
6
8
6см
4см
25см
80см

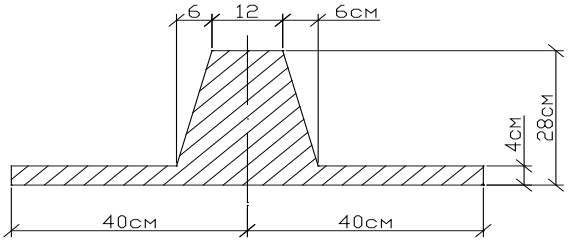
16


N36
N18a
N18a
350

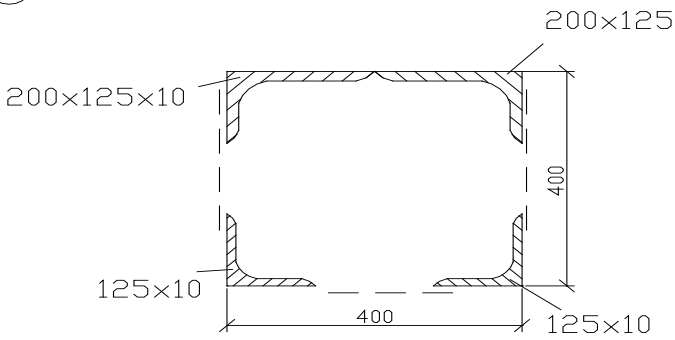

12см
60см
6см
15
30см

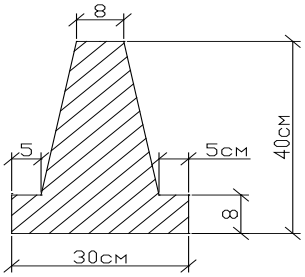
17


90×56×6
N22
90×56×6

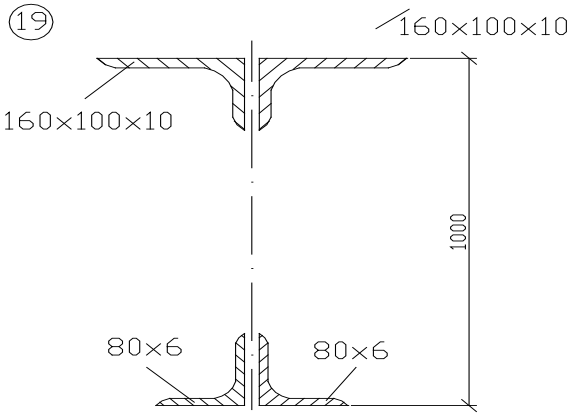

6
12
6см
28см
4см
40см
40см

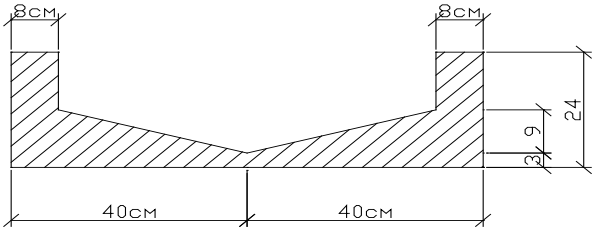
18


200×125×10
200×125×10
400
125×10
400
125×10

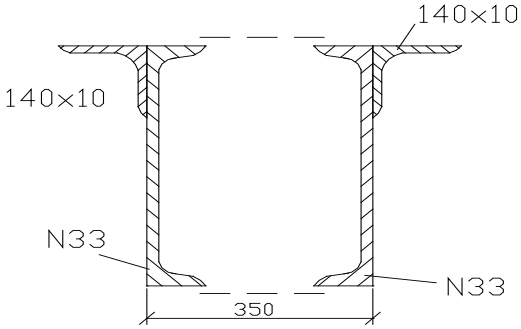

8
40см
5
5см
8
30см

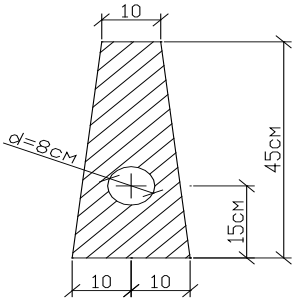
19


160×100×10
160×100×10
1000
80×6
80×6

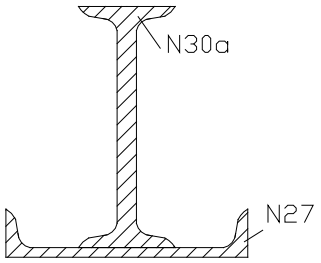

8см
8см
24
9
3
40см
40см

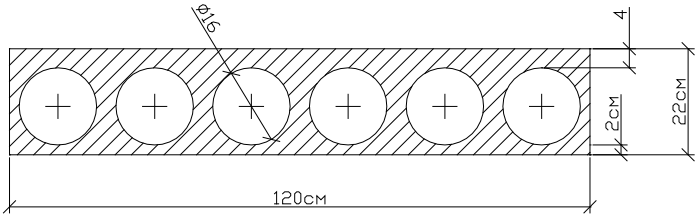
20


140×10
140×10
N33
N33
350

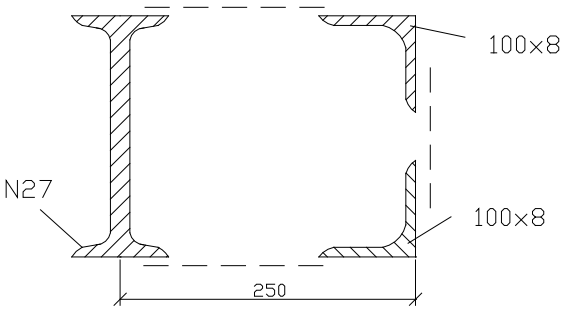

10
d=8см
45см
15см
10
10

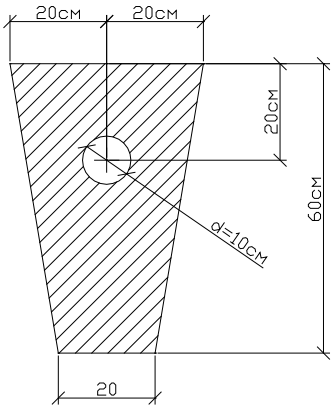
21


N30a
N27

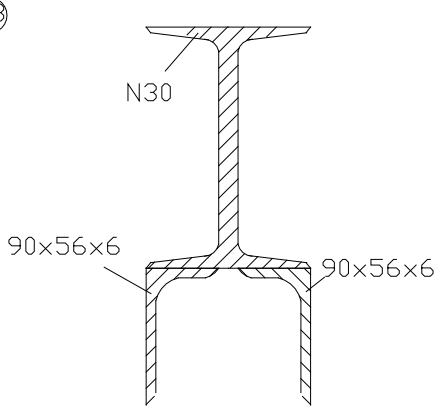

ø16
4
2см
22см
120см

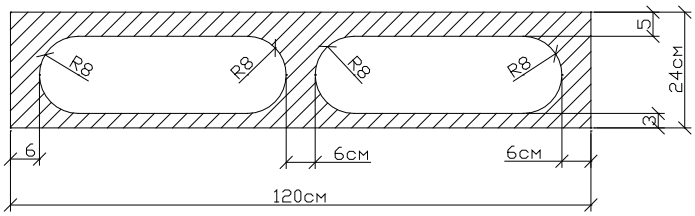
22


100x8
N27
100x8
250

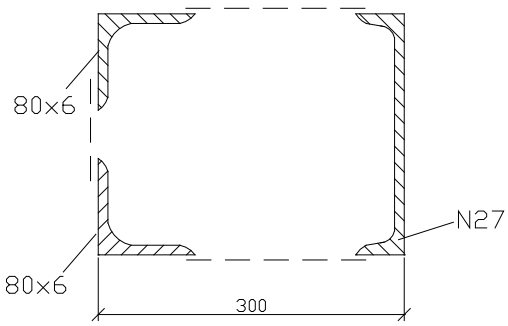

20см
20см
20см
60см
d=10см
20

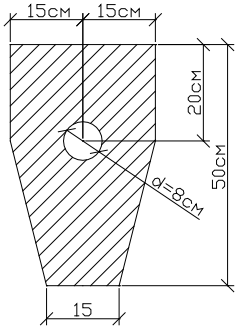
23


N30
90x56x6
90x56x6

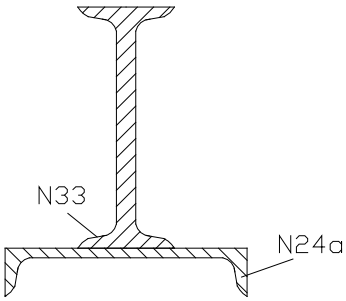

R8
R8
R8
R8
5
24см
3
6
6см
6см
120см

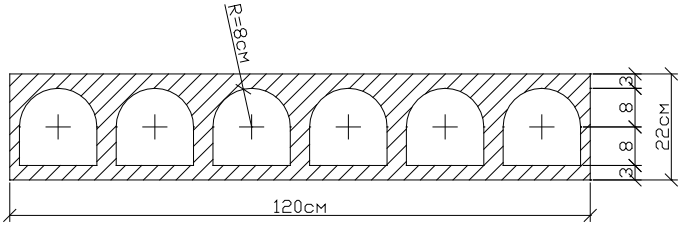
24


80x6
N27
80x6
300

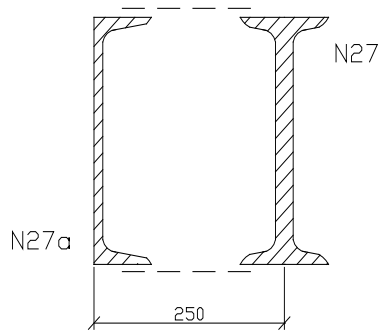

15см
15см
20см
50см
d=8см
15

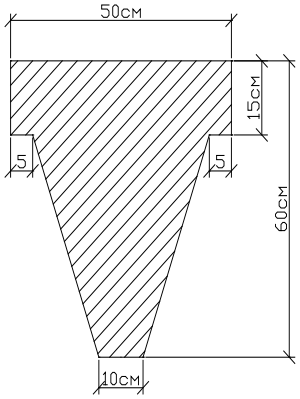
25


N33
N24a

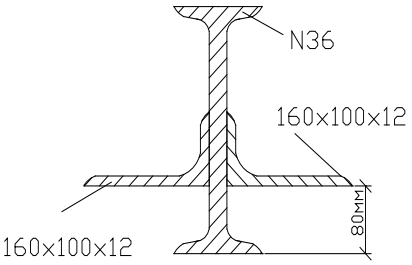

R=8см
3
8
8
3
22см
120см

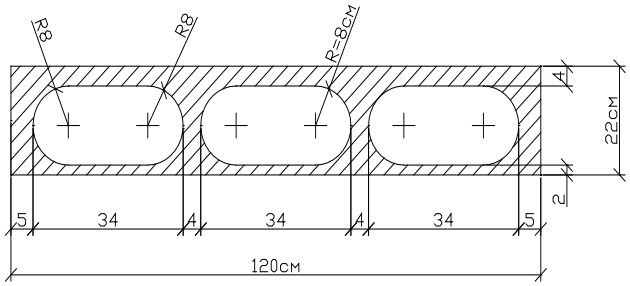
26


N27
N27a
250

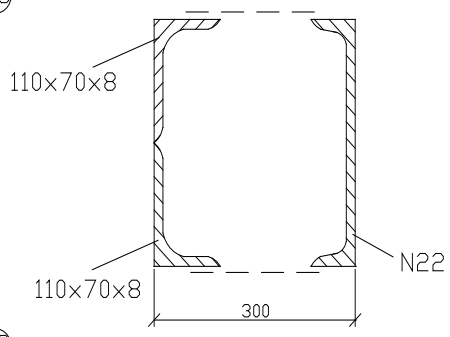

50см
15см
5
5
60см
10см

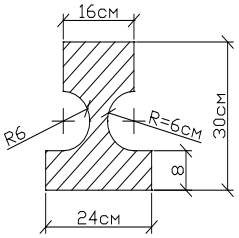
27


N36
160x100x12
160x100x12
80мм

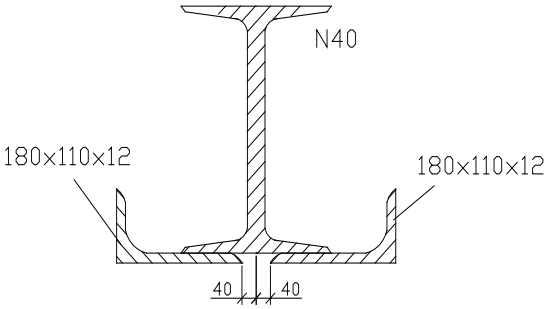

R8
R8
R=8см
4
22см
2
5
34
4
34
4
34
5
120см

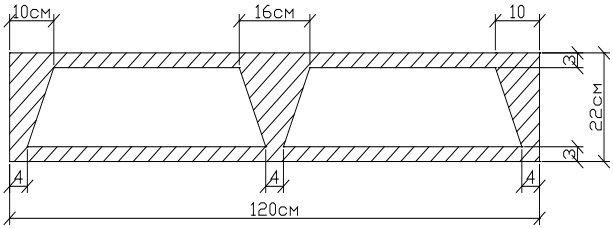
28


110x70x8
110x70x8
N22
300

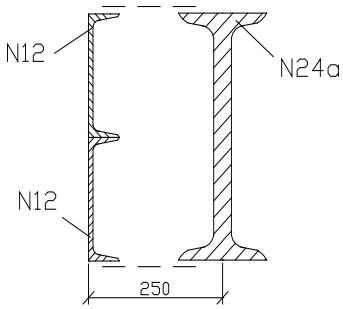

16см
R6
R=6см
30см
8
24см

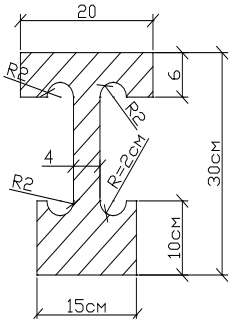
29


N40
180x110x12
180x110x12
40
40


10см
16см
10
3
22см
3
4
4
4
120см

30


N12
N24a
N12
250


20
R2
6
R2
4
R=2см
R2
30см
10см
15см

Сопротивление материалов

Тема: Расчет на прочность и жесткость при кручении круглого бруса
Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи

1. Изобразить на рисунке круглый брус с приложенными внешними скручивающими моментами.
2. определить внешние скручивающие моменты по формуле:

$$M = \frac{P}{\omega} \text{ (Н•м), где}$$

P – мощность, (Вт)
ω– угловая скорость, (рад/с)

3. определить уравновешивающий момент, используя уравнение равновесия $\sum M_i = 0$, так как при равномерном вращении вала алгебраическая сумма приложенных к нему внешних скручивающих (вращающих) моментов равна нулю.
4. Пользуясь методом сечений. Вычислить по участкам крутящие моменты по длине вала. Крутящий момент в любом поперечном сечении численно равен алгебраической сумме внешних скручивающих моментов, приложенных к валу справа или слева от сечения.
5. Построить эпюру крутящих моментов.

Эпюра крутящих моментов дает возможность определить опасное сечение в частности, если вал имеет постоянное поперечное сечение, то опасными будут сечения на участке, где возникает наибольший крутящий момент.

6. По наибольшему крутящему моменту, определить диаметр вала круглого или кольцевого сечения из условия прочности и жесткости.

Для кольцевого сечения вала принять соотношение диаметров

c=d/D, где

d – внутренний диаметр кольца;
D – наружный диаметр кольца.

Условие прочности бруса при кручении заключается в том, что наибольшее возникающее в нем касательное напряжение не должно превышать допускаемое

$$\tau = \frac{M_{z\max}}{W_P} \le [\tau_K]$$

из условия прочности

$$W_P \ge \frac{M_{z\max}}{[\tau_K]} \text{; где}$$

M_{zmax} – наибольший крутящий момент;
W_P – полярный момент сопротивления при кручении;
$[\tau_K]$ – допускаемое касательное напряжение.

$$W_P = \frac{\pi d^3}{16}$$

Необходимый по прочности диаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{z\max}}{\pi[\tau_K]}}$$

Сечение вала – кольцо

$$W_P \frac{\pi d^3}{16}(1-c^4)$$

Необходимый по прочности наружный диаметр кольца

$$D = \sqrt[3]{\frac{16M_{z\max}}{\pi[\tau_K](1-c^4)}}$$

Условие жесткости бруса при кручении

$$\varphi_0{}^0 = \frac{180^0}{\pi}\frac{M_{z\max}}{GI_p} \le [\varphi_0{}^0]$$

Из условия жесткости

$$I_P = \frac{M_{z\max}}{G[\varphi_0{}^0]}, \text{ где}$$

I_P – полярный момент инерции сечения,
G – модуль упругости при сдвиге,
[φ] – допускаемый угол закручивания сечения.

$$I_P = \frac{\pi d^4}{32};$$

Необходимый по жесткости диаметр вала:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32M_{z\max}}{\pi G[\varphi_0{}^0]}}$$

Сечение вала кольцо

$$I_P = \frac{\pi d^4}{32}(1-c^4);$$

Необходимый по жесткости наружный диаметр кольца

$$D = \sqrt[4]{\frac{32M_{z\max}}{\pi G[\varphi_0{}^0](1-c^4)}}$$

7. Требуемый диаметр принимается по наибольшему значению из расчетных диаметров.

Окончательное значение диаметра округлить до ближайшего четного (или оканчивающегося на пять) числа.

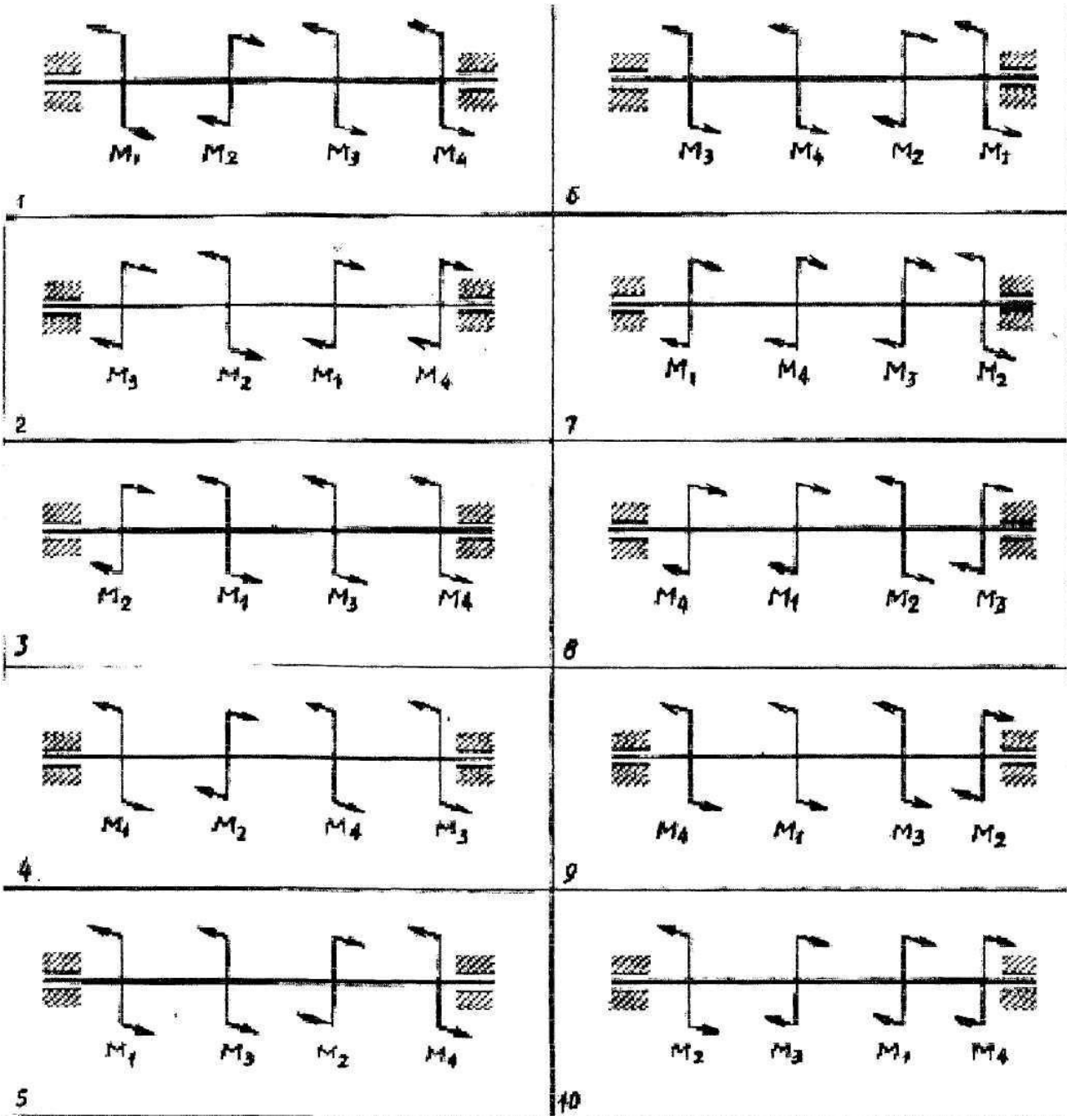
Задание для расчетно-графической работы :

Для стального вала постоянного сечения по длине требуется определить требуемый диаметр вала из расчетов на прочность и жесткость. Задание выбрать согласно своего варианта.

Для нечетных вариантов сечение вала – круг, для четных вариантов сечение вала – кольцо d/D=c=0,7

Номер варианта	Номер схемы	P_1	P_2	P_3	ω рад/с
		кВт			
1	1	150	100	50	45
2	3	50	40	30	28
3	4	110	85	50	30
4	5	40	120	20	20
5	6	60	150	80	55
6	7	20	35	100	25
7	8	70	150	95	40
8	9	52	100	60	32
9	10	80	95	75	25
10	1	75	40	15	20
11	2	120	30	30	20
12	4	70	45	30	18
13	5	55	85	20	25
14	6	45	100	60	30
15	7	80	100	150	50

Номер варианта	Номер схемы	P_1	P_2	P_3	ω рад/с
		кВт			
16	2	90	45	20	20
17	1	110	60	30	35
18	3	40	30	30	16
19	4	130	90	55	40
20	5	100	80	65	25
21	6	50	110	75	30
22	7	35	50	80	40
23	8	20	65	38	10
24	9	30	80	45	15
25	10	75	120	90	30
26	3	70	60	40	25
27	8	30	100	45	15
28	9	35	95	50	10
29	10	45	150	70	40
30	2	80	55	35	25


M1 M2 M3 M4
1
M3 M4 M2 M1
6
M3 M2 M1 M4
2
M1 M4 M3 M2
7
M2 M1 M3 M4
3
M4 M1 M2 M3
8
M4 M2 M4 M3
4
M4 M1 M3 M2
9
M1 M3 M2 M4
5
M2 M3 M1 M4
10

Детали машин
Тема: Расчет зубчатой передачи
Расчетно-графическая работа

Последовательность решения задачи

1. Определяем передаточное число $u = \frac{n_1}{n_2}$, округляем до стандартного.

Номинальные передаточные числа цилиндрических редукторов общего назначения согласно СТ СЭВ 221-83, причем первый ряд предпочтительнее второго.

1-й ряд	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
2-й ряд	1,4	1,8	2,24	2,8	3,55	4,5	5,6	-	-

2. Выбираем материал.

Для изготовления шестерни и колеса первой группы, это колеса с твердостью Н≤350НВ, зубья которых хорошо прирабатываются, рекомендуется изготавливать из средне или высоко углеродистых конструкционных сталей подверженных улучшению.

3. Определяем предел выносливости по контактным напряжениям:

$$\sigma_{H_0} = HB_1 + 70$$

HB_1 –твердость по Бринеллю шестерни.

4. Определяем допускаемое контактное напряжение

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{S_H}$$

S_H=1,1 –требуемый запас прочности.

5. Определяем предел выносливости на изгиб

$$\sigma_{F0} = 1{,}8HB_1$$

6. Определяем допускаемое напряжение изгиба

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{S_F}$$

S_F=2 – требуемый запас прочности на изгиб.

7. Определяем крутящий момент на быстроходном валу

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1};\ \text{Н·м}$$

8. Определяем требуемое межосевое расстояние из условия контактной прочности

$$a_\omega = 4950(u+1)\sqrt[3]{\frac{T_1 \bullet k_{HB}}{\psi_{ba} \bullet u \bullet [\sigma_H]^2}}\ \text{(прямозубые колеса)}$$

$$a_\omega = 4300(u+1)\sqrt[3]{\frac{T_1 \bullet k_{HB}}{\psi_{ba} \bullet u \bullet [\sigma_H]^2}}\ \text{(косозубые колеса)}$$

u- передаточное отношение
T_1-крутящий момент на быстроходном валу, Н·м
k_{HB} – коэффициент неравномерности нагрузки k_{HB}=1,02
ψ_{ba} коэффициент длины зуба (для прямозубых колес ψ_{ba}=0,3; для косозубых колес ψba=0,4)
$[\sigma_H]$- допускаемое контактное напряжение.
Округляем a_ω до стандартного значения по СТ СЭВ 229-75

	Межосевое расстояние a_ω, мм									
1ряд	40	50	63	80	100	125	-	160	-	200
2ряд	-	-	-	-	-	-	140	-	180	-
1ряд	-	250	-	315	-	400	-	500	-	630
2ряд	225	-	280	-	355	-	450	-	560	-

Следует 1-й ряд предпочитать 2-му.

9. Определяем требуемый модуль зацепления:

$$m=(0,01\div0,02)\cdot a_\omega$$

Округляем до стандартного значения по СТ СЭВ 310-76

Модули, мм			
1 ряд	2ряд	1ряд	2ряд
1	1,125	4	4,5
1,25	1,375	5	5,5
1,5	1,75	6	7
2	2,25	8	9
2,5	2,75	10	11
3	3,5	12	14

При назначении модулей 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

10. Определяем суммарное число зубьев.

$$Z_\Sigma = \frac{2a_\omega}{m} \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$Z_\Sigma = \frac{2a_\omega \cos\beta}{m} \text{ (косозубые колеса)}$$

11. Определяем число зубьев в шестерне:

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u+1}$$

12. определяем число зубьев колеса:

$$Z_2=Z_\Sigma-Z_1$$

13. Определяем размеры колес:

- диаметр начальной окружности шестерни

$$d_1=mZ_1 \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$d_1 = \frac{mZ_1}{\cos\beta} \text{ (косозубые колеса)}$$

-диаметры окружностей выступов и впадин шестерни

$$d_{a_1} = d_1 + 2m; \quad d_{f_1} = d_1 - 2,5m$$

- диаметры начальной окружности колеса

$$d_2=mZ_2 \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$d_2 = \frac{mZ_2}{\cos\beta}$$ (косозубые колеса)

- диаметры окружностей выступов и впадин колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m; \quad d_{f2} = d_2 - 2{,}5m$$

- высота головки и ножки зуба

$$h_a = m; \; h_f = 1{,}25m$$

- полная высота зуба

$$h = 2{,}25m$$

- ширина колеса

$$b_2 = \psi_{ba} \bullet a_\omega = 0{,}3a_\omega$$ (прямозубые колеса)

$$b_2 = \psi_{ba} \bullet a_\omega = 0{,}4a_\omega$$ (косозубые колеса)

ψ_{ba}- коэффициент длины зуба.

Для компенсации неточностей монтажа длины зуба шестерни принимаются несколько больше длины зуба колеса

$$b_1=b_2+5$$

14. Уточняем межосевое расстояние

$$a_\omega = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

15. Определяем силы в зацеплении

- определяем окружную силу

$$F_{t1} = \frac{2T_1 \bullet 1000}{d_1}; \text{ Н}$$

- определяем радиальную силу

$$F_{r1} = F_{t1} \bullet tg\alpha$$ (прямозубые колеса)

α- угол зацепления $\alpha=20^0$; $tg20^0=0{,}364$

$$F_r = F_t \frac{tg\alpha}{\cos\beta}$$ (косозубые колеса)

β- угол наклона зуба (8^0-20^0)

Определяем осевую силу

$$F_a = F_t \bullet tg\beta$$ (косозубые колеса)

16. Проводим сравнительную оценку прочности зубьев шестерни и колеса на изгиб

$$\frac{[\sigma_F]}{\gamma_{F_1}} \text{ и } \frac{[\sigma_F]}{\gamma_{F_2}}$$

где γ_{F1} и γ_{F2}- коэффициенты формы зуба в зависимости от количества зубьев

Z	17	20	25	30	40	50	60	и более
γ_F	4,26	4,09	3,9	3,8	3,7	3,66	3,62	3,6

Так как меньшее отношение получилось у шестерни, то и проверку необходимо вести для шестерни.

17. Напряжение изгиба в зубьях шестерни

$$\sigma_F = \frac{\gamma_{F_1} F_{t_1} k_{F_v} k_{F_\beta}}{m \bullet b_2} \le [\sigma_F]$$

γ_{F1}- коэффициент формы зуба
F_{t1}-окружная сила, Н
k_{Fv}=1,4 – коэффициент динамичности
$k_{F\beta}$=1,4 – коэффициент неравномерности нагрузки
m – модуль зацепления
b_2 – ширина колеса, мм
$[\sigma_F]$ - допускаемое напряжение изгиба.
Если $\sigma_F<[\sigma_F]$ то зубья шестерни условию прочности на изгиб удовлетворяют.
Межосевое расстояние определяется из условия контактной прочности и округляется в большую сторону, поэтому проверка на контактную прочность нецелесообразна.

Задание для расчетно-графической работы :

Рассчитать прямозубую передачу одноступенчатого цилиндрического редуктора привода конвейера, выполнить прочностной расчет передачи по контактным напряжениям и определить параметры элементов зацепления. Исходные данные необходимые для решения своего варианта задачи, выбрать из таблицы:

№ варианта	Цилиндрический зубчатый редуктор		
	Мощность на ведущем валу, P_1, кВт	Частота вращения ведущего вала, n_1, мин$^{-1}$	Частота вращения ведомого вала, n_2, мин$^{-1=}$
1	0,8	930	310
2	0,8	930	232
3	1,0	950	380
4	1,0	930	465
5	1,1	930	330
6	1,5	1420	284
7	1,5	950	238
8	1,5	930	600
9	1,7	1420	226
10	1,7	930	640
11	2,2	720	228
12	2,2	950	235
13	2,2	1420	290
14	2,8	930	330
15	2,8	950	258
16	2,8	1420	226
17	3,0	720	28
18	3,0	960	480
19	3,0	1420	286
20	4,0	730	330
21	4,0	960	342
22	4,0	1450	460
23	4,5	950	526
24	5,5	725	580
25	5,5	730	456
26	5,	950	676
27	5,5	1450	580
28	7,0	980	544
29	7,0	1440	515
30	7,5	970	606
31	7,5	1460	462
32	10	980	398
33	10	1460	580

Требования к написанию творческой работы

Внеаудиторная самостоятельная работа по технической механике – спланированное, организованное и контролируемое мероприятие, выполняемое по разработанным заданиям преподавателя. Разрабатывая задания, была учтена профильная направленность изучения дисциплины, предельный объем заданий, оптимальные затраты времени на их выполнение, Типичные ошибки при выполнении различных видов работ, причины их возникновения и способы устранения, вариативность заданий, уровень обученности студентов, особенности и способность обучающихся.

1. Студенческая творческая работа – самостоятельное исследование по избранной теме, должно начинаться с обоснования выбранной темы и личного отношения к ним (привлекательность и актуальность темы)
2. Содержание работы должно сочетать как теоретически так и практический материал (важен подбор наглядного материала).
3. Работа должна быть аккуратно оформлена (напечатана на компьютере и размещена в папке).
4. Титульный лист должен быть составлен по образцу (он первый, но не нумеруется), приложение 1,2.
5. Все следующие страницы пронумерованы. Цифры ставят в середине верхнего поля страницы.
6. На второй странице должно быть напечатано содержание работы (план для доклада в простой форме: введение, основная часть, заключение, список литературы; примерный план для реферата: введение, глава 1, глава 2, …, заключение, список литературы).
7. В конце работы следует включить отдельную страницу со списком использованной литературы, составленным в алфавитном порядке: Ф.И.О., автор, название книги (статьи), место и название издательства, год издания. При использовании Интернета следует указать название сайта.

Требования к выполнению заданий по алгоритму

Студенту, выполняющему задания по алгоритму, необходимо:

- изучить краткие теоретические сведения по теме задания;
- прочитать источник литературы, соответствующий теме задания, указанный в перечне;
- изучить алгоритм по теме задания;
- изучить примеры выполнения типовых заданий;
- оформить выполненное задание в тетради для самостоятельных работ;
- запись должна содержать шифр задания, условие задания, решение, полный ответ, проверку (если необходимо), вывод (если необходимо);
- сдать работу преподавателю в соответствии с установленным сроком.

Требования к выполнению презентаций

- Презентация не должна быть меньше десяти слайдов.
- Слайд должен содержать минимально возможное количество слов.
- Первый лист- это титульный лист, на котором должны быть представлены: название проекта, название выпускающей организации, ФИО автора, его место работы и должность.
- Следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы урока-презентации.
- Для надписей и заголовков следует употреблять четкий крупный шрифт. Лаконичность – одно из исходных требований при разработке презентаций.
- Желательно присутствие на странице блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга.
- Ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить. Для выделения информации следует использовать жирный шрифт или курсив.
- Наиболее важная информация должна располагаться в центре слайда.
- Заливка фона, букв, линий предпочтительно спокойного цвета, не вызывающая раздражения и утомления глаз. Для фона и текста следует использовать контрастные цвета.
- Презентация должна быть выполнена в едином стиле.
- Следует избегать стилей, которые будут отвлекать внимание учащихся от презентации.
- Не стоит злоупотреблять различными анимационными эффектами, они не должны отвлекать внимание от содержания информации на слайде.
- Для обеспечения разнообразия следует использовать разные виды слайдов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов

Обязанность контроля своевременности и качества выполнения аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов – это соотношение достигнутых студентами результатов в ходе самостоятельной работы с запланированными умениями обучения. Основная цель состоит в выявлении достигнутых успехов студентами, в определении путей их совершенствования, углубления знаний, умений, с тем, чтобы создавались условия для последующего включения студентов в активную самостоятельную творческую деятельность. Эта цель, в первую очередь, связана с определением качества усвоения студентами учебного материала в рамках требований ФГОС СПО. Во-вторых, конкретизации основной цели контроля самостоятельной работы студентов связано с обучением студентов приемам взаимоконтроля и самоконтроля, формированием потребности в самоконтроле. В-третьих, эта цель предполагает воспитание у студентов таких качеств личности, как ответственность за выполнение порученной работы, проявление творческой инициативы.

В качестве форм и методов контроля используются:

- зачеты;
- контрольные работы;
- технические диктанты;
- защита докладов, рефератов;
- проверка умений и навыков пользования справочной литературой, стандартами, таблицами.

Критерии оценки результатов самостоятельной внеаудиторной работы студентов

Содержание и направленность заданий для самостоятельной работы должны определяться на основе дифференцированного подхода способностям и возможностям студентов.

Условно студентов каждой учебной группы можно разделить на четыре подгруппы:

- первая подгруппа: студенты, обладающие глубокими знаниями, развитыми способностями, готовностью к самостоятельной работе, высоким темпом учебной деятельности. Их интересует действенный интерес к предмету, и, тем не менее, при выполнении самостоятельных работ они испытывают трудности из-за слабых навыков самопроверки, невнимательности при вычислениях.
- вторая подгруппа: студенты, отличающиеся старательностью и способностью, они хорошо знают изучаемый программный материал, легко справляются с однотипными заданиями, проявляют интерес к предмету, но в отличие от первой группы, эти студенты не обнаруживают творческого подхода при выполнении заданий. Они встречают затруднения из-за недостаточно сформированных обще учебных навыков, а также из-за неумения контролировать и проверять себя.
- третья подгруппа: студенты не глубоко знают теоретический материал, интерес к предмету у них не выражен. Затруднений при выполнении самостоятельной работы гораздо больше. Они слабо владеют обще-учебными умениями и навыками, не умеют применять знания, полученные при изучении других дисциплин.
- четвертая подгруппа: студенты плохо знают теоретический материал, у них отсутствуют навыки самостоятельной работы, поэтому с заданиями на начальном этапе они не справляются, так как не всегда понимают их суть.

Общие критерии оценки результатов самостоятельной работы студентов:

■ уровень освоения студентам учебного материала;
■ умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
■ сформированность общеучебных умений;
■ обоснованность и четкость изложения ответа;
■ оформление материала в соответствии с требованиями.

Критерии оценки написания творческой работы:

1. содержательность реферата (доклада), соответственно плану;
2. отражение основных положений, результатов работы автора, выводов;
3. ясность, лаконичность изложения мыслей студента;
4. наличие схем, графическое выделение особо значимой информации;
5. соответствие оформления требованиям;
6. грамотность изложения;
7. реферат (доклад) сдан в срок.

Оценка ,, Зачтено “ ставится при условии выполнения всех семи пунктов критерия оценки написания творческой работы.

Оценка ,, Условно зачтено “ ставится при условии выполнения 1-5 пунктов критерия оценки написания творческой работы.

Оценка ,, Не зачтено “ ставится при условии не выполнения все семи пунктов критерия оценки написания творческой работы.

Критерии оценки выполнения заданий по алгоритму:

1. соответствие работы выданному заданию;
2. полное аккуратное и правильное оформление работы в соответствии с требованиями;
3. наличие всех промежуточных выкладок;
4. наличие схем, графическое выделение особо значимой информации (если не обходимо);
5. наличие правильного ответа и проверки правильности выполнения;
6. грамотность изложения;
7. своевременная сдача работы.

Оценка ,, Зачтено “ ставится при условии выполнения всех семи пунктов критерия оценки выполнения задания по алгоритму.

Оценка ,, Условно зачтено “ ставится при условии выполнения 1-5 пунктов критерия оценки выполнения задания по алгоритму.

Оценка ,, Не зачтено “ ставится при условии не выполнения все семи пунктов критерия оценки выполнения задания по алгоритму.

Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основные источники:

Кудинов В. А. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ Инфра-М, 424 с.(осн.) 2019

Дополнительная литература:

. Иванов, А.Е. Молекулярная физика и термодинамика. том 1 / А.Е. Иванов. - М.: Русайнс, 2018. - 272 с.2.