

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю
Декан МСФ

_____ Р.И.Дедюх
_____ 2006 г.

СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ С НУЛЕВОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ

Методические указания и индивидуальные задания для
самостоятельной работы студентов немашиностроительных
специальностей очной формы обучения по дисциплине
«Прикладная механика»

Издание второе, переработанное и дополненное

Томск 2006

УДК 621.86.01

Стержневые системы с нулевой подвижностью. Методические указания и индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов. - Томск: Издательство ТПУ, 2006.- 26 с.

Составители Э.Л.Вольф, Ан И-Кан.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа» В.И.Хижняков

Методические указания и задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры «Теоретическая и прикладная механика» « ____ » _____ 2006 г.

Заведующий кафедрой ТПМ,

канд. техн. наук, доцент _____ В.М.Замятин

Одобрено учебно-методической комиссией МСФ.

Председатель методической комиссии,

канд. техн. наук, доцент _____ Н.А. Куприянов

Введение

В теоретической механике – дисциплине физико-математического цикла изучаются абсолютно твердые тела и механические системы, созданные из них. С достаточной степенью достоверности, и это доказано огромной инженерной практикой, законы равновесия и движения деформируемых тел и механических систем, изучаемых в общетехнических дисциплинах, можно также изучать с помощью методов и способов теоретической механики (изменениями формы и размеров при этом можно пренебречь). Данный подход позволяет создать научную основу для ряда общетехнических дисциплин – сопротивление материалов; теория механизмов; детали машин и подъемно-транспортные устройства, в которых объектами изучения являются детали, изготовленные из деформируемых тел. Синтезированный из разделов указанных дисциплин, курс «Прикладная механика» также оперирует деформируемыми твёрдыми телами, и, как самостоятельная дисциплина, имеет свою структуру и свою логику изучения.

Целью данной разработки является формирование у студентов машиностроительного профиля умений анализировать простейшие механические системы, на примере стержневых, выработка практических навыков по методам расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость, а также приёмов конструирования деталей и узлов (сборочных единиц).

Теоретические сведения

При проектировании механических систем необходимо, прежде всего, уметь их классифицировать с точки зрения расчёта. В этом плане анализируемые в заданиях схемы (см. приложение) необходимо, прежде всего, оценить с позиции их геометрической изменяемости. В инженерной практике применяются как геометрически неизменяемые механические системы (сооружения), так и геометрически изменяемые (механизмы). Механизмы рассматриваются в последующих разделах курса и не являются предметом изучения в данной разработке. Что касается геометрически неизменяемых механических систем то, опять же с расчётной точки зрения, они бывают либо статически определяемыми либо статически неопределимыми (рис.1). Если первые можно анализировать с помощью уравнений статического равновесия, то расчёт статически неопределимых механических систем требует составления (к названным уравнениям) дополнительных уравнений, число которых определяется степенью статической неопределимости (в изучаемом курсе это, как правило, один раз статически неопределимые).

В общем случае степень подвижности геометрически неизменяемой механической системы стержневого типа определяют по формуле

$$W = 3D - 2Ш - C_{он},$$

где W – степень подвижности;

D – число дисков;

$Ш$ – число шарниров;

$C_{он}$ – число опорных стержней.

При $W = 0$ для исследования имеем геометрически неизменяемую статически определимую механическую систему (объект изучения)!

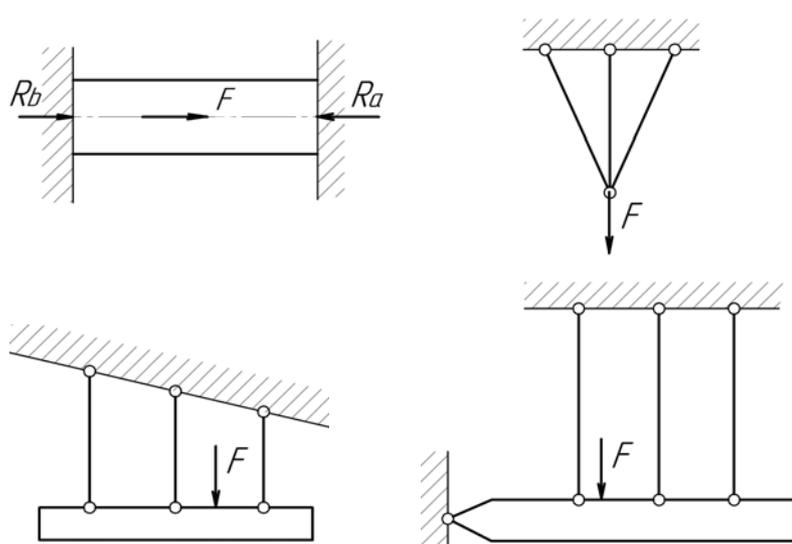


Рис.1. Статически неопределимые системы

Для нахождения внутренних усилий во всех стержнях фермы удобно использовать метод вырезания узлов (по своей сути «сопроматовский» метод сечений). При использовании этого метода важно помнить о том, что порядок «обхода» узлов определяется тем, что расчетная схема обсчитываемого узла должна представлять собой статически определимую стержневую систему.

Найденные внутренние усилия в стержнях фермы определяются по модулю (численные значения) и по знаку (растянутые или сжатые). Способ расчёта может быть как аналитический, так и графический (менее точный, но более наглядный). Рекомендуется, внутренние усилия в стержнях, сходящихся в идеальном шарнире, обведённом на схеме кружком, найти графическим способом! Важно помнить, что, используя метод вырезания узлов, внутренние усилия в стержнях находят последовательно от стержня к стержню. В этой связи ошибка, допущенная при расчете предыдущего (их) стержня(ей) влечёт за собой появление систематической ошибки при дальнейшем расчёте. По этой причине всегда важно научиться проверять любой этап расчёта!

Завершающим моментом расчёта стержневой системы нулевой подвижности с помощью метода вырезания узлов должно стать выявление стержней трёх типов: нулевых (внутренние усилия в этих стержнях имеют нулевое значение); растянутого с максимальным по модулю усилием (из числа всех растянутых) и сжатого с максимальным по модулю усилием (из числа всех сжатых).

Для того, чтобы ферма находилась в работоспособном состоянии необходимо, чтобы все стержни и узлы были, как это отмечено раньше, прочными, жёсткими и устойчивыми. Поскольку нагрузка в заданиях является статической, то внутренние усилия в стержнях не меняются во времени. Таким образом, в заданиях найденные усилия только своей величиной определяют работоспособное состояние как элементов, так и всей стержневой системы. При этом с точки зрения сохранения работоспособности механической системы необходимо учитывать тот факт, что под нагрузкой, в рассматриваемых случаях центральными силами, растянутые и сжатые элементы ведут себя по-разному. Поэтому продольно сжатые стержни должны рассчитываться по-

мимо прочности еще и по критерию устойчивости (рис.2). Однако расчёт на прочность является во всех случаях основным!

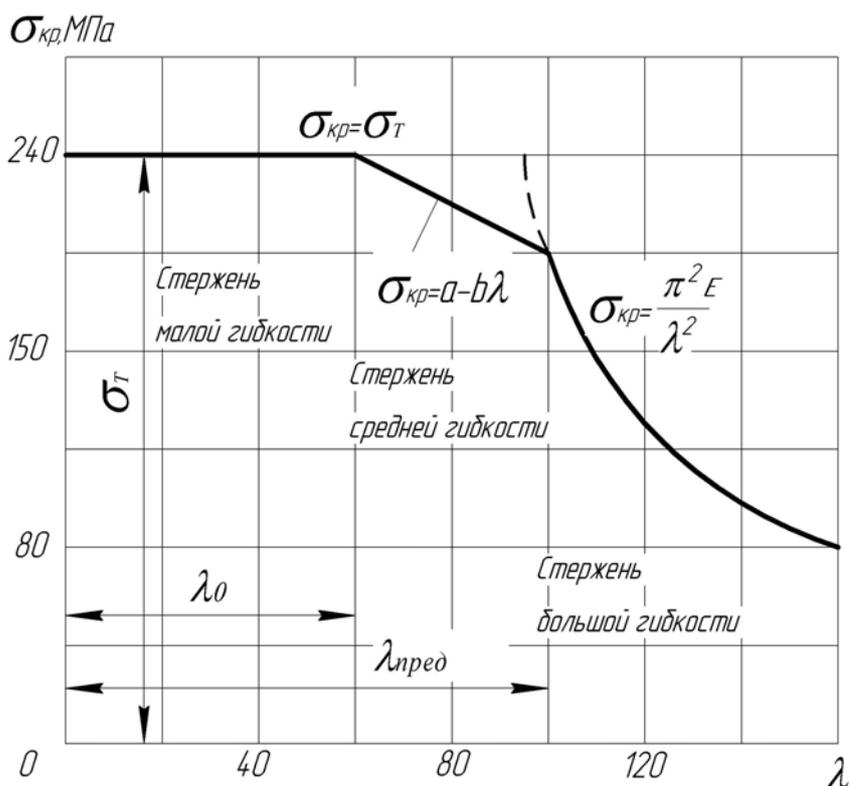


Рис.2. Диаграмма зависимости гибкости (λ) стержней из малоуглеродистой стали от предельных напряжений

грузки.

При решении любой из этих задач в процессе самого расчёта оперируют тремя группами параметров:

- параметрами, характеризующими условия нагружения;
- параметрами, отражающими механические свойства используемых для изготовления элементов механической системы материалов;
- параметрами, определяющими геометрическую форму и размеры элементов.

Проверочный расчёт предполагает оценку работоспособности спроектированной конструкции (элемента или механической системы) по вышеназванным критериям. К примеру, суть проверки по прочностному критерию заключается в том, что расчётные напряжения, как правило, максимальные из найденных, сравнивают с допускаемыми напряжениями, которые, в свою очередь, находят через механические характеристики и которые определяют, чаще всего, при статических испытаниях. Различие между максимальным действующим напряжением и допускаемым (фактическим «механическим» ресурсом материала) не должно превышать $\pm 5\%$. Перенапряжение недопустимо с позиции потери материалом прочности и по этой причине выхода элемента из строя, а недонапряжение – с экономической стороны.

Для проведения проверочного расчета все три группы параметров должны быть заданы!

Выполнение условия прочности, обеспечивает, предотвращение, как разрушения материала элементов, так и появления значительных пластических деформаций.

С помощью каждого из трёх названных критериев работоспособности могут решаться три типа задач:

- проверочный расчёт;
- проекторочный расчёт;
- нахождение допускаемой нагрузки.

Проектировочный расчёт предполагает в общем случае нахождение геометрических параметров элементов механической системы, в данном случае – стержней фермы. Провести этот расчёт возможно, если известны параметры, определяющие условия нагружения и механические свойства материала.

Оценка допустимой нагрузки предполагает, что для её определения должны быть заданы параметры, характеризующие материал, а также геометрические размеры и форму элемента.

Алгоритм расчёта

1. Оценивается геометрическая неизменяемость стержневой системы и степень её статической неопределимости, либо определимости. Осуществляется геометрический расчёт фермы. Этапом проверки служит прошивка (желательно с помощью машинной графики) схемы фермы (масштаб студент выбирает самостоятельно).
2. Аналитическим способом находят опорные реакции.
Примечание к п.2:
 - а) оценивается система сил, под действием которых ферма находится в равновесии (плоская или пространственная);
 - б) определяются величины главных векторов реактивных сил (при проверке);
 - в) строится силовой многоугольник (к внешним силам относят и реакции связей) – этап проверки.
3. Находятся при помощи метода вырезания узлов усилия (внутренние силы) во всех стержнях фермы. Выявляются максимально растянутые, максимально сжатые и нулевые стержни.
Примечание к п.3:
 - а) в стержнях, которые сходятся в узле, обведённом кружком, внутренние усилия определяются графическим способом;
 - б) растянутые и сжатые стержни обозначаются стрелками на схеме.
4. Используя в качестве критерия работоспособности условие статической прочности, проводят проектировочный расчёт. Ориентируясь на существующий сортамент, определяют рациональную геометрическую форму поперечного стержня.
Примечание к п.4:

продольно сжатые стержни дополнительно проверяют по критерию устойчивости (способы крепления концов сжатого стержня студент определяет вместе с преподавателем).
5. Разрабатывается конструкция простейшего по исполнению узла фермы, как правило, это узел, в котором сходятся два стержня.
Примечание к п.5:

при проектировании узла крепления желательно ориентироваться на заклёпочные соединения.

Вопросы для самопроверки

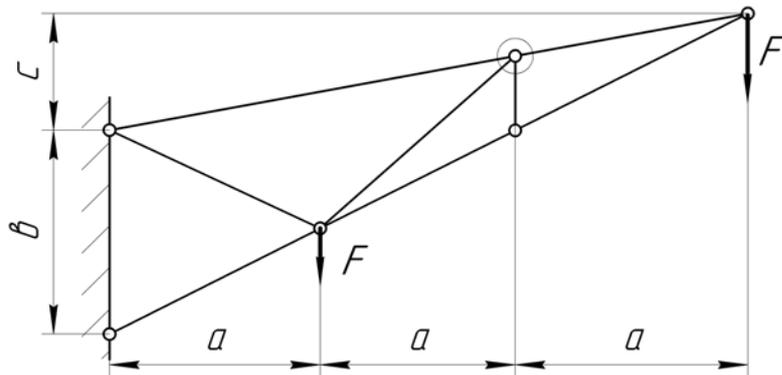
1. В чём заключено отличие между абсолютно твердым и деформируемым телом?
2. Являются ли условия равновесия абсолютно твёрдого тела необходимыми и достаточными для изучения равновесия деформируемых тел?
3. Что такое равнодействующая заданной системы сил и как она находится?
4. Что относят к связям для данного тела и как их находят?
5. Какие системы сил называются уравновешенными?
6. Какие силы называются сходящимися? Сколько независимых уравнений равновесия можно составить для системы сходящихся сил (на плоскости и в пространстве)?
7. Чему равен момент силы относительно точки? Как он изображается в виде вектора – момента? Чем отличается данный вектор от других? В каком случае момент силы относительно точки равен нулю?
8. Какие задачи называются статически определимыми и какие статически неопределимыми?
9. Какие деформации называются упругими и какие пластическими?
10. В чём заключается сущность метода сечений и как определяется знак продольной силы?
11. Как формулируется условие прочности для линейного напряженного состояния? Что такое коэффициент запаса прочности и от каких факторов зависит его величина?
12. Как строится диаграмма растяжение – сжатие и что такое предел текучести, предел прочности?
13. В каких местах возникает концентрация напряжений?
14. Как находится условная площадь смятия заклёпки и по какому сечению производится проверка соединяемых элементов на разрыв?
15. Как создаётся заклёпочное соединение и какие критерии работоспособности применяют для проведения их проверочного и проектировочного расчётов? В чём заключается сущность принципа суперпозиции?
16. Какие оси называются главными, а какие центральными? Что такое главная центральная ось?
17. В чём заключается явление потери устойчивости продольно сжатого стержня и какая сила называется критической?
18. Как влияет форма плоского поперечного сечения стержня на значение критической силы и как подбирают сечение стержня при расчёте на устойчивость?

Приложение 1

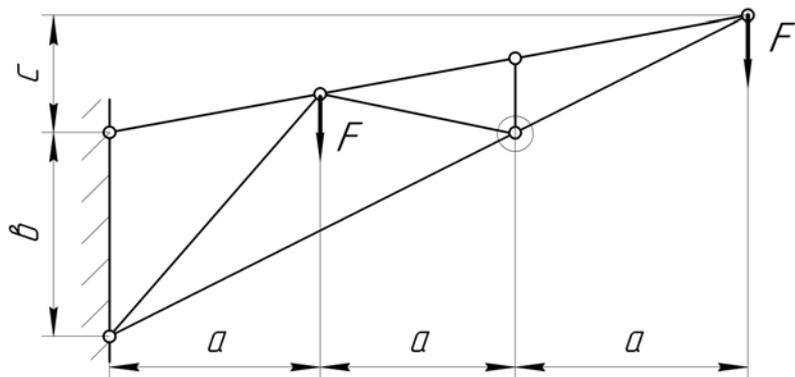
Варианты заданий

ТПУ МСФ КТУПМ		Системы стержневые с нулевой подвижностью								
<h3>Задание 1</h3>										
<h3>Задание 2</h3>										
<h3>Исходные данные</h3>										
Инв. № подл.	Подл. и дата	Вариант	1	2	3	4	5	6	7	
		Параметр								
		$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10	
		a , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2	
		b , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5	
Взам. инв. №	Инв. № подл.	c , м	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	
		d , м	0,75	1	1,5	1,25	1,5	1,25	1,25	
		Изм.	Кол.чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист		

Задание 3



Задание 4



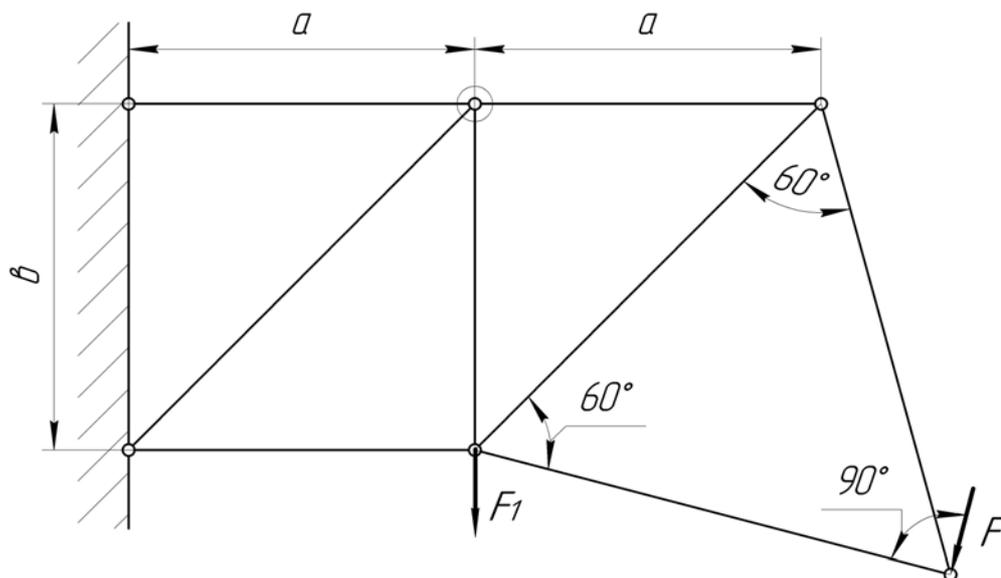
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
F , кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
c , м	0,75	1	1,25	1	1,25	1,25	1

Инв. № подл. Подл. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 5



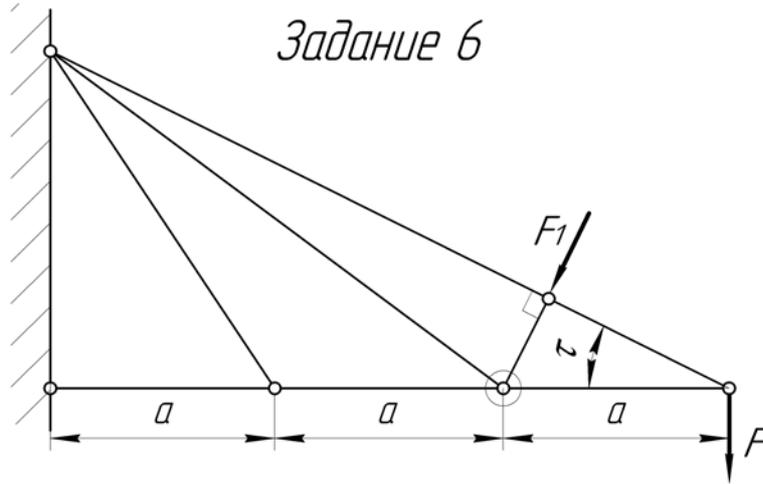
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2

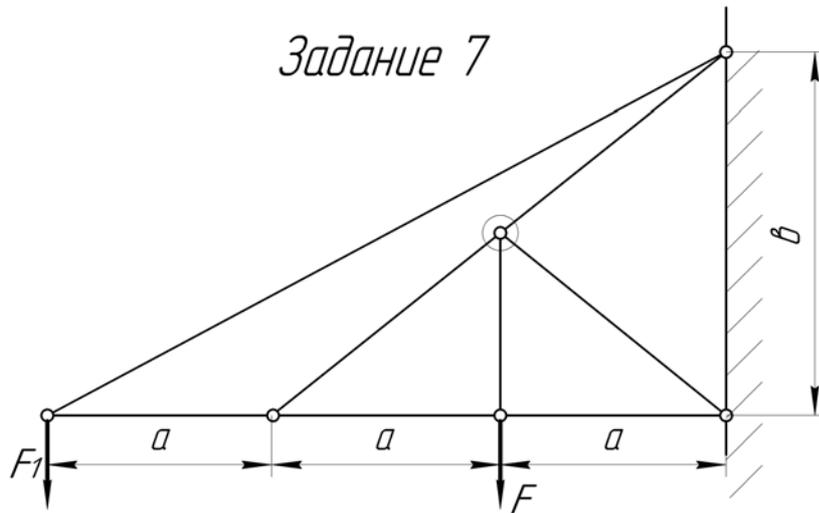
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 6



Задание 7



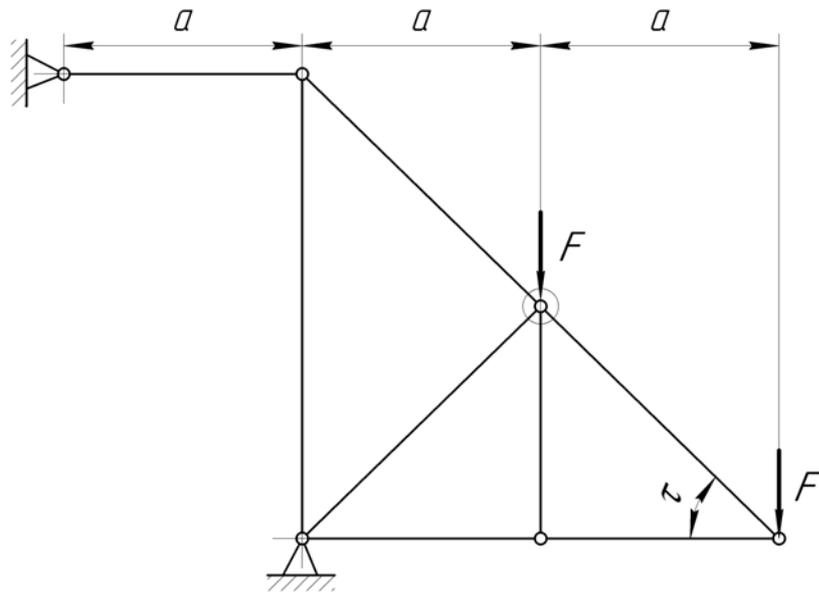
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	30	30	45	45	60	60	45

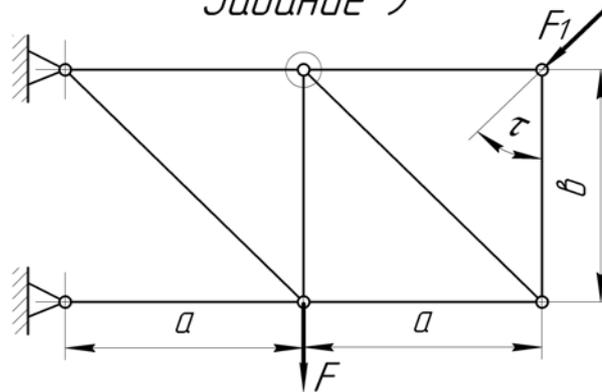
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 8



Задание 9



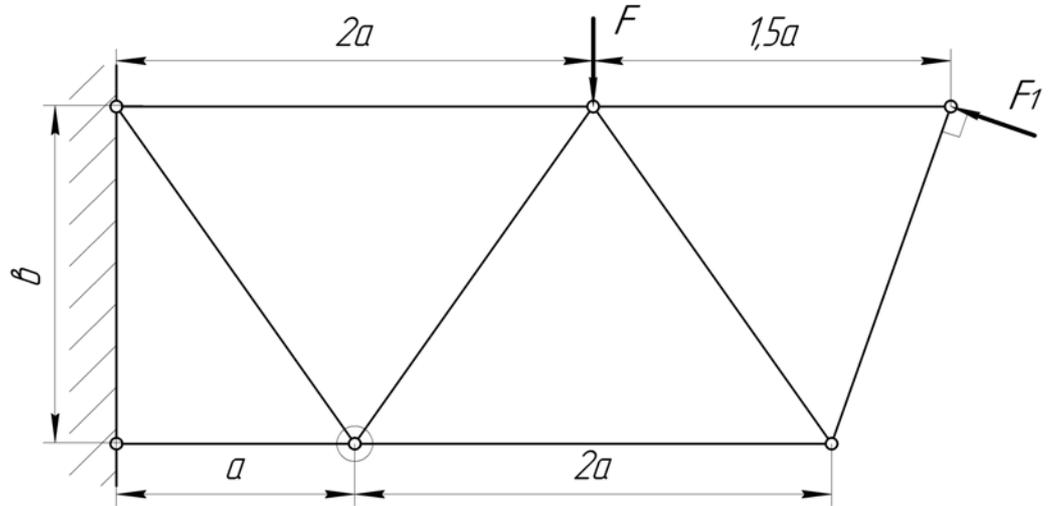
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	30	30	45	45	60	60	45

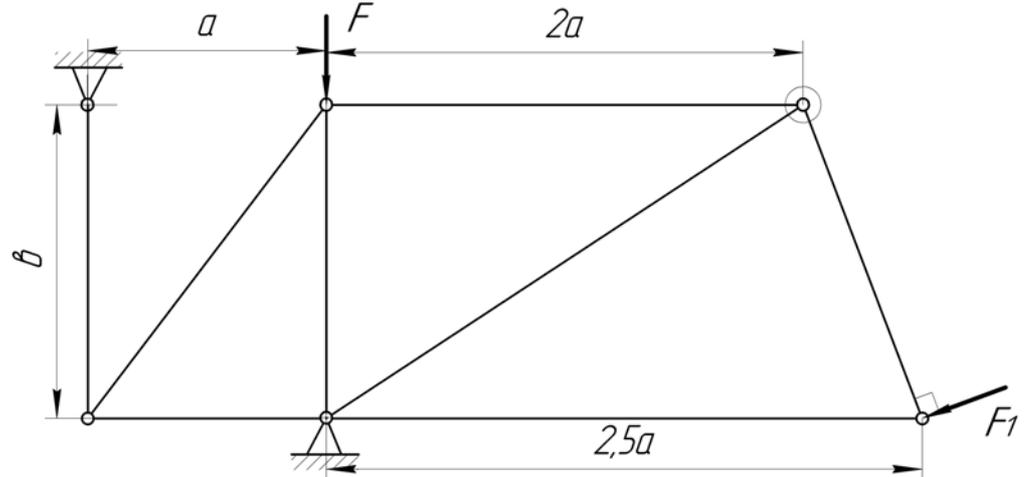
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 10



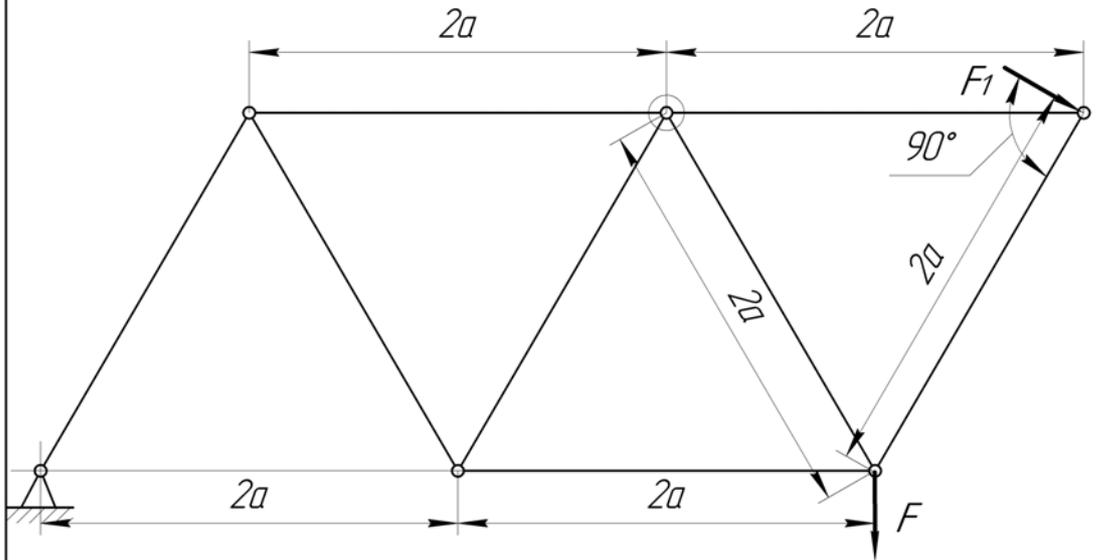
Задание 11



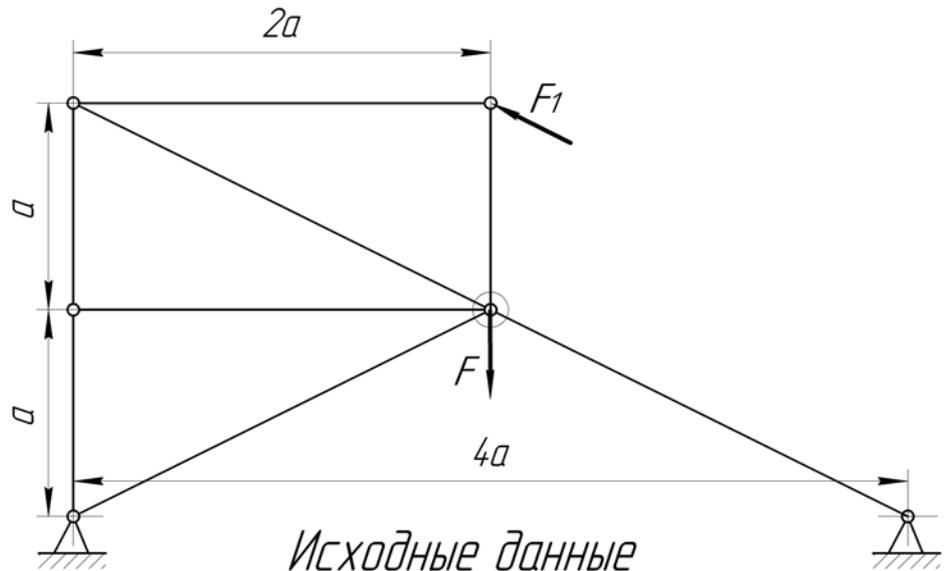
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Задание 12



Задание 13



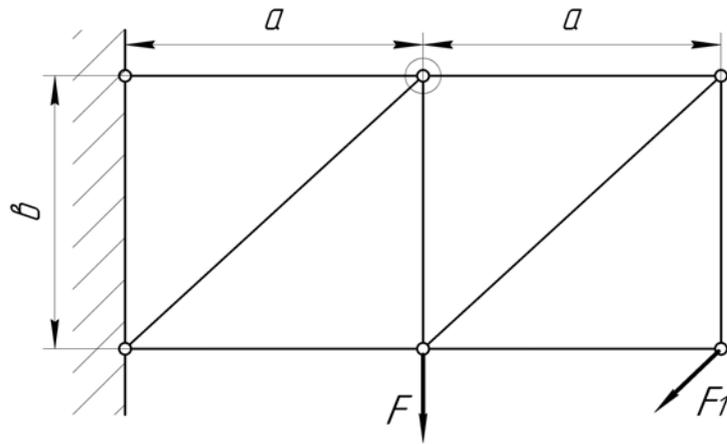
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

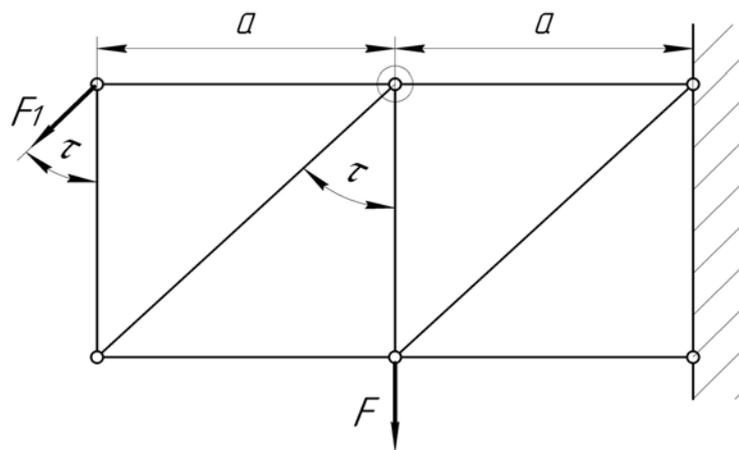
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Лист

Задание 14



Задание 15



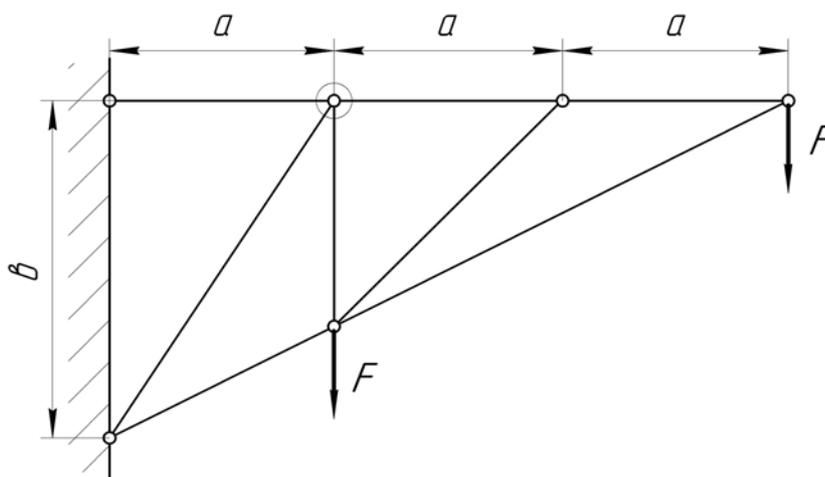
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	30	30	45	45	60	60	45

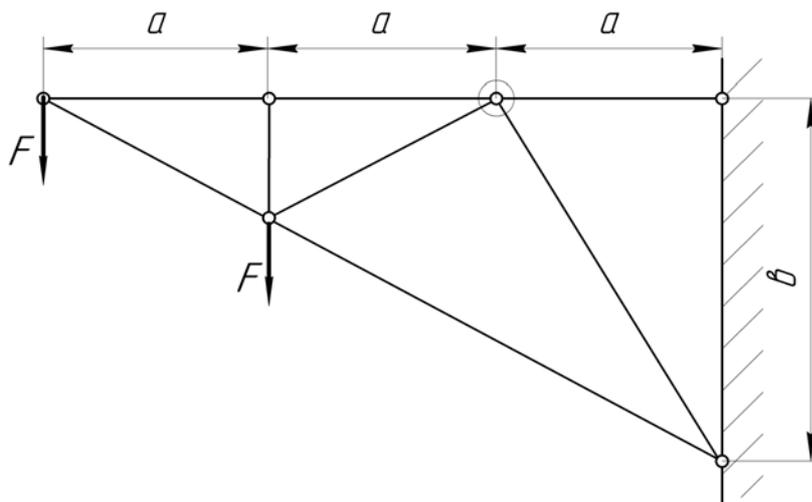
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 16



Задание 17



Исходные данные

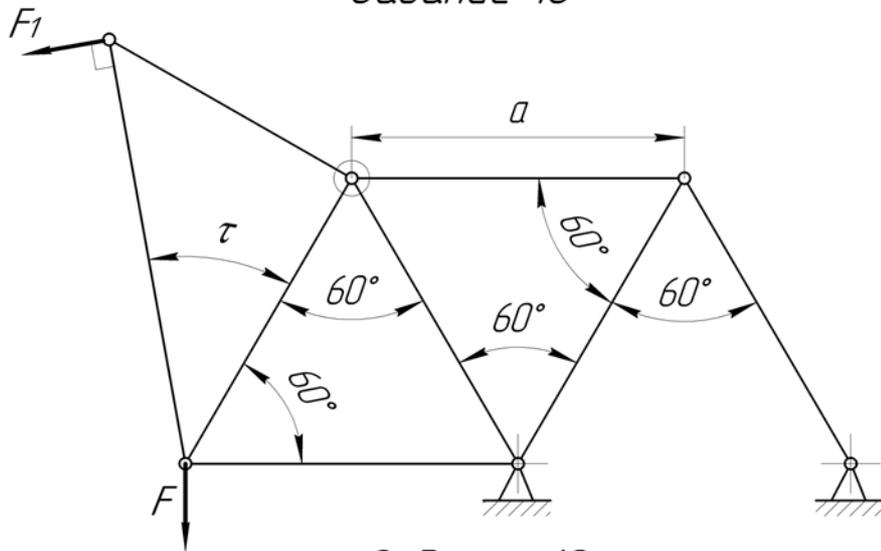
Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
F , кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

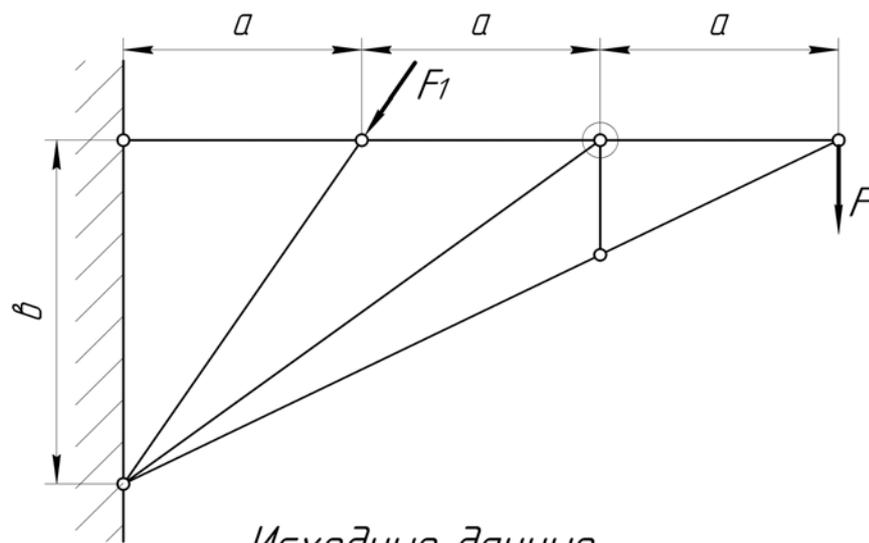
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	--------	------	--------	-------	------

Лист

Задание 18



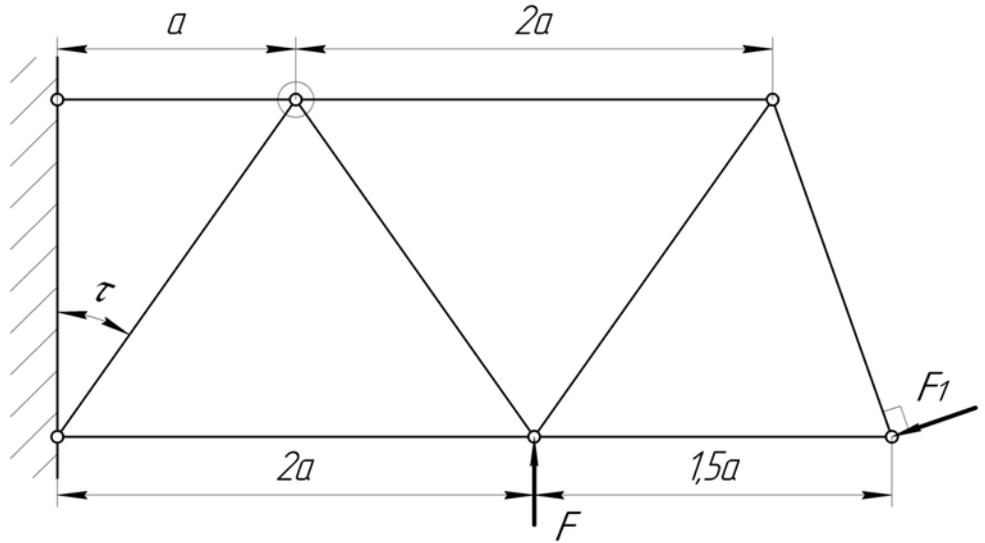
Задание 19



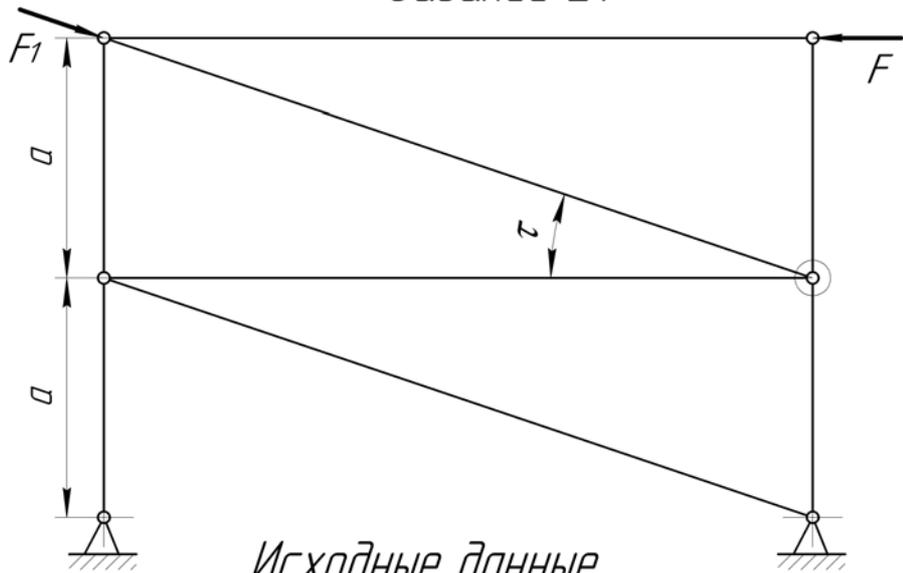
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	30	30	45	45	60	60	45
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
							Лист

Задание 20



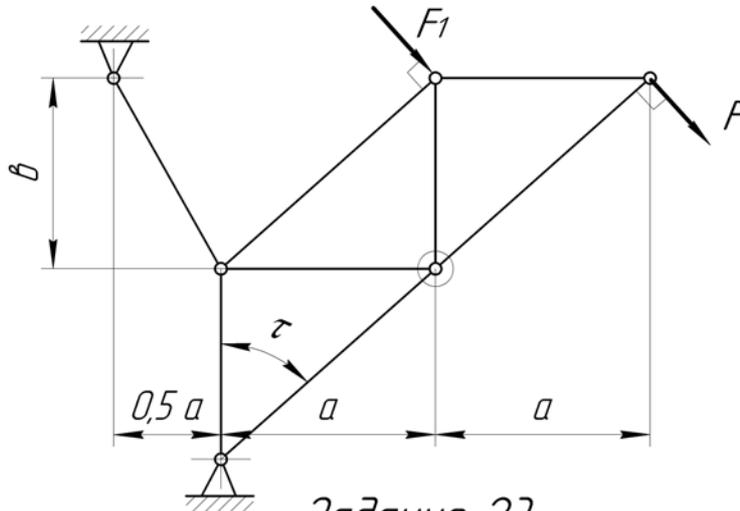
Задание 21



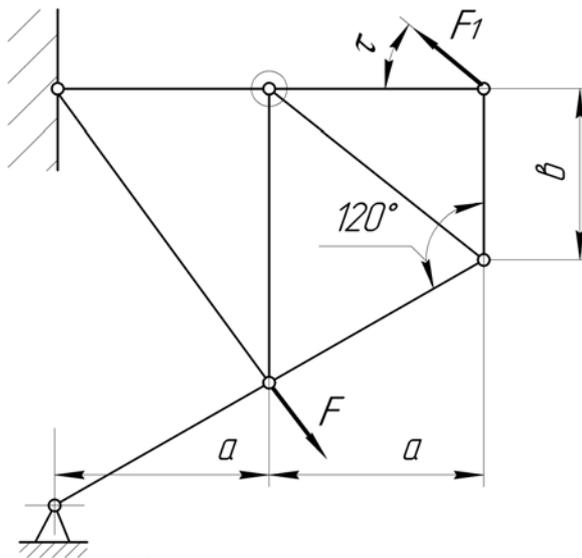
Исходные данные

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Вариант	1	2	3	4	5	6	7
			Параметр							
			$F=F_1, \text{ кН}$	4	5	6	7	8	9	10
			$a, \text{ м}$	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
			$\tau, \text{ град}$	30	30	45	45	60	60	45
			Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	

Задание 22



Задание 23



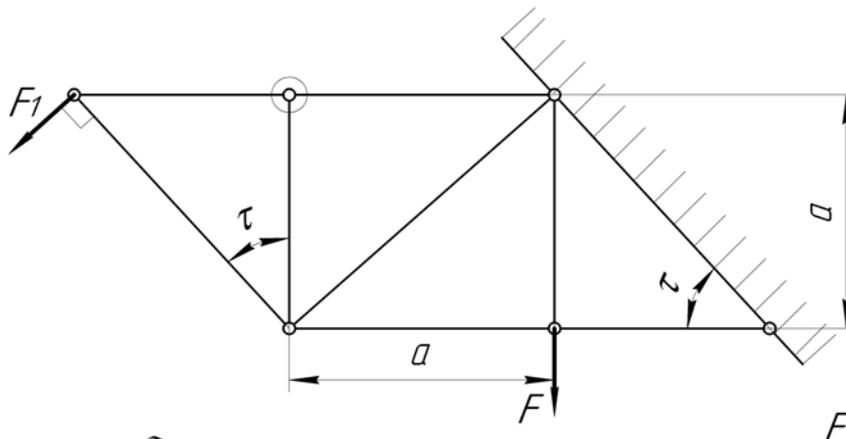
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	30	30	45	45	60	60	45
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

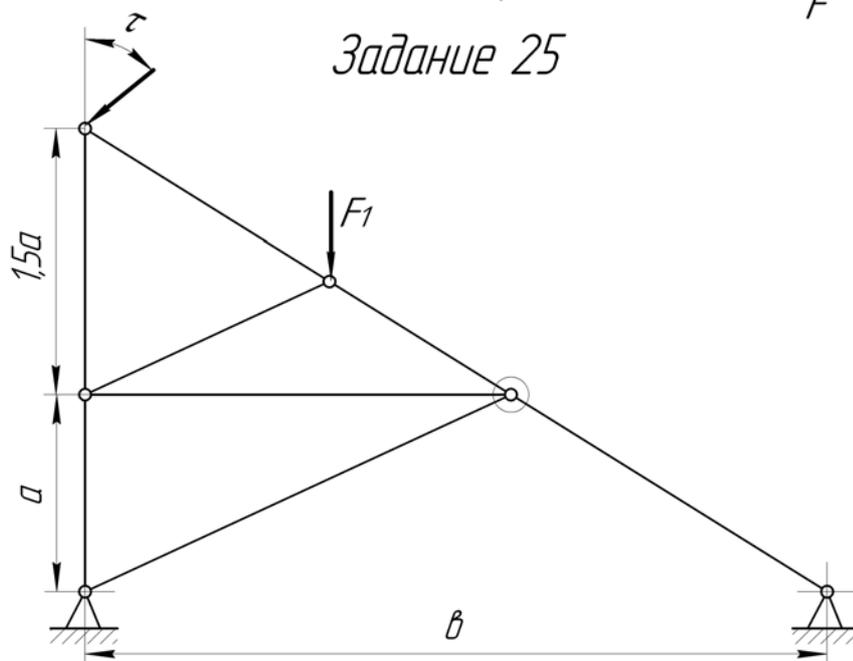
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Лист

Задание 24



Задание 25



Исходные данные

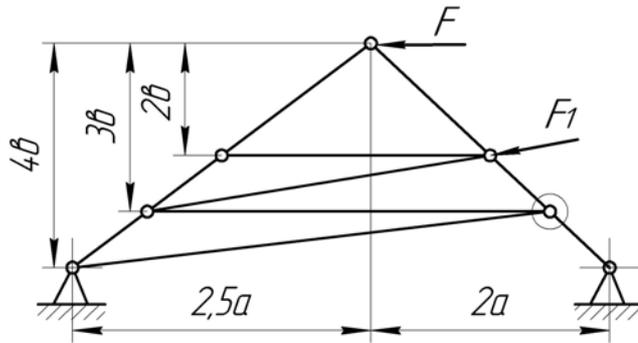
Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	$0,5a$	$0,75a$	a	$1,25a$	$1,5a$	$1,75a$	$2a$
α , град	30	30	45	45	60	60	45

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

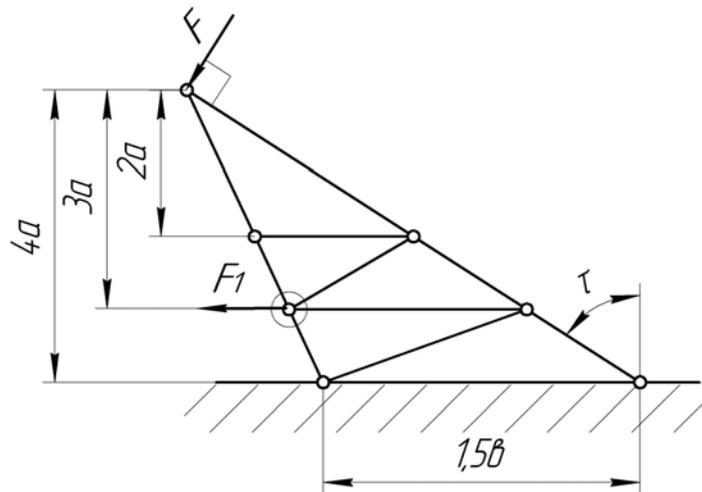
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	--------	------	--------	-------	------

Лист

Задание 26



Задание 27



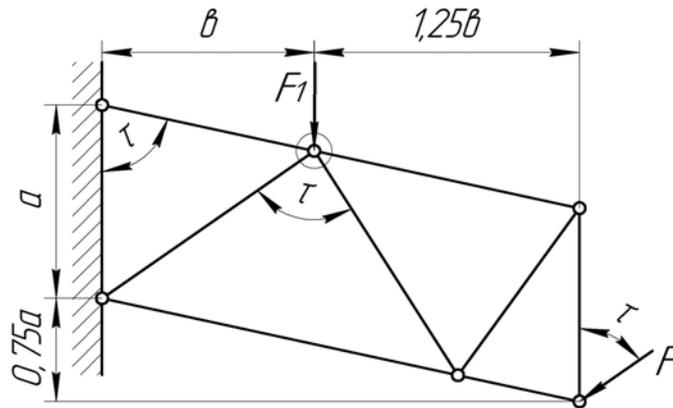
Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	20	25	30	35	40	45	50

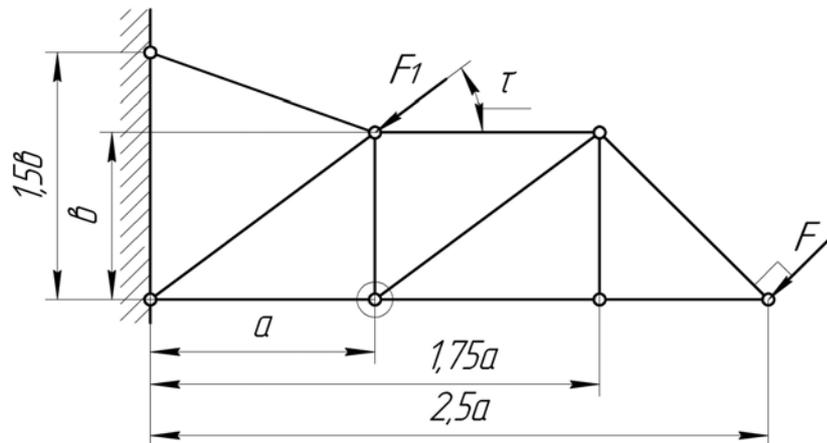
Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Задание 28



Задание 29



Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Параметр							
$F=F_1$, кН	4	5	6	7	8	9	10
a , м	1	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5
b , м	1,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2
τ , град	40	45	50	55	60	65	70

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
------	--------	------	--------	-------	------	------

Приложение 2

Таблица 1

ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ a, b, c

Материал	a , МПа	b , МПа	c , МПа	λ_0	$\lambda_{пред}$
Сталь Ст3	310	1,14	0	60	100
Дюралюминий Д 167	406	2,83	0	30	53
Чугун СЧ15-32	776	12	0,053	10	80
Сосна	20,3	0,194	0	-	70

Таблица 2

ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОНИЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА СЖАТИЕ

Гибкость λ	φ				
	Сталей: Ст1, Ст2, Ст3, Ст4	Стали Ст5	Сталей повышен- ного качества $\sigma_T \geq 320$ МПа	Чугуна	Деревя
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,80
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,60
80	0,75	0,70	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,20	0,38
100	0,60	0,51	0,43	0,16	0,31
110	0,52	0,43	0,35	-	0,25
120	0,45	0,37	0,30	-	0,22
130	0,40	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,19	0,15	-	0,10
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

Таблица 3

ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ РАДИУСОВ ИНЕРЦИИ
(БЕЗРАЗМЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ρ_{\min})

Тип сечения	ρ_{\min}
Прямоугольник при $h/b^* = 2$	0,204
Квадрат	0,289
Круг	0,36
Двутавр	0,27 - 0,41
Швеллер	0,38 - 0,45
Уголки равнобокие	0,4 - 0,6
Кольцо при $\alpha = 0,7 - 0,9$	0,86 - 1,53

$\alpha = d/D$.

Таблица 4

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ТРУБ, мм

Условный проход d	Наружный диаметр D	Толщина стенки труб		
		лёгких	обыкновенных	усиленных
6	10,2	1,8	2,0	2,5
8	13,5	2,0	2,2	2,8
10	17,0	2,0	2,2	2,8
15	21,3	2,35	-	-
15	21,3	2,5	2,8	3,2
20	26,8	2,35	-	-
20	26,8	2,6	2,8	3,2
25	33,5	2,8	3,2	4,0
32	42,3	2,8	3,2	4,0
40	43,0	3,0	3,5	4,0
50	60,0	3,0	3,5	4,5
65	75,5	3,2	4,0	4,5
80	88,5	3,5	4,0	4,5
90	101,3	3,5	4,0	4,5
100	114,0	4,0	4,5	5,0
125	140,0	4,0	4,5	5,5
150	165,0	4,0	4,5	5,5

Таблица 5

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЬЦЕВЫХ СЕЧЕНИЙ

Наружный Диаметр D , мм	$\alpha = d/D$			Площадь сечения A , мм ²			Момент инерции площади J , мм ⁴		
	Лёгкие	Обыкно- венные	Усилен- ные	Лёгкие	Обыкно- венные	Усиленные	Лёгкие	Обыкно- венные	Усиленные
10,2	0,824	0,804	0,755	26,22	28,88	35,12	299,71	315,07	365,36
13,5	0,852	0,837	0,793	39,21	42,84	53,10	785,64	845,66	1004,00
17,0	0,882	0,870	0,835	50,38	55,15	68,69	1648,85	1783,00	2145,98
21,3	0,890	-	-	74,00	-	-	3834,47	-	-
21,3	0,883	0,869	0,850	78,46	87,2	98,83	4035,23	4422,69	4919,38
26,8	0,912	-	-	94,87	-	-	7949	-	-
26,8	0,907	0,896	0,881	100,00	111,18	126,20	8337,69	9169,22	10254,8
33,5	0,916	0,904	0,881	141,79	161,03	197,19	18638,84	20916,74	25036,14
42,3	0,934	0,924	0,905	179,29	205,20	254,20	38257,83	43391,77	52697,35
48,0	0,938	0,927	0,917	217,32	254,42	287,77	59951,79	69421,79	77743,27
60,0	0,950	0,942	0,925	275,54	318,31	408,00	120200,0	137755,1	173603,0
75,5	0,928	0,947	0,940	367,98	461,75	520,85	256221,0	317997,1	356204,5
88,5	0,960	0,955	0,949	482,03	540,90	611,14	462085,2	515936,1	579450,0
101,3	0,965	0,961	0,956	554,01	616,07	693,28	699312,4	774545,7	699312,4
114,0	0,965	0,961	0,956	701,63	780,23	878,01	1121638,0	124236,0	1391036,0
140,0	0,971	0,968	0,961	879,45	968,95	1176,71	2133065,0	2343107,0	2825670
165,0	0,976	0,973	0,967	1013,53	1149,83	1387,25	3431722	3843281	4655059

ПРИМЕЧАНИЯ: 1) d – условный проход, зависящий от толщины стенки трубы, мм;

2) $A = 0,785 D^2 (1 - \alpha^2)$;

3) $J = 0,05 D^4 (1 - \alpha^4)$.

Глоссарий

Абсолютно твёрдое тело - это тело, расстояние между двумя любыми точками которого постоянно и не меняется при действии на него других тел.

Брус - тело, поперечные размеры которого малы по сравнению с его длиной.

Деталь - это часть изделия, изготовленная без применения сборочных операций, т.е. по существу отдельная составная часть машины, приспособления и т.п.

Деформируемое твёрдое тело - это тело, которое под действием внешних сил меняет свою форму и размеры.

Жёсткость - способность элемента механической системы сопротивляться изменению формы и размеров под действием сил.

Идеальный шарнир - подвижное соединение деталей, допускающее их проворот (без появления при относительном движении деталей сил трения) только вокруг общей оси.

Критерий - признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо (мерило оценки).

Механизм - система тел, которая предназначена для преобразования движения одного или нескольких твёрдых тел в требуемые движения других твердых тел.

Механическая система - это совокупность твердых тел, в которой положение и относительное движение каждого тела определяется положением и движением остальных.

Нагрузка - совокупность активных внешних сил, действующих на рассматриваемое твёрдое тело.

Механическое действие нагрузки вызывает изменение напряжённо-деформированного состояния стержней.

Деление сил на активные и реактивные, а также на внешние и внутренние в известной степени условно.

Статическими считаются силы, медленно изменяющиеся во времени, при этом силами инерции в расчётах пренебрегают.

Динамическими считаются силы, быстро меняющиеся во времени при этом силами инерции пренебрегать нельзя.

Напряжением называют внутреннюю силу, отнесенную к единице площади его сечения. В системе СИ напряжение выражают в Н/м^2 и оно характеризует интенсивность внутренних сил, действующих в сечении.

Важнейшие механические характеристики (сопротивление разрушению, пластическому течению, вдавливанию, усталости и т.д.) выражают в единицах напряжений.

Объект - предмет определенного целевого назначения, рассматриваемый в периоды проектирования, производства, эксплуатации, исследований и испытаний.

Прочность - способность элемента сопротивляться возникновению как остаточных деформаций, так и разрушению под действием приложенных к нему сил.

Данному критерию работоспособности должны удовлетворять все элементы и все механические системы!

Работоспособность - это состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значение заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией...

Растяжением/сжатием называется такой вид нагружения, при котором в любом поперечном сечении элемента, например бруса, возникает только продольная сила, а сам стержень либо удлиняется, либо укорачивается.

Расчётная схема (модель) - это условное изображение деталей в виде типовых элементов, подвергаемых расчёту, на котором обозначаются нагрузка; форма и размеры; а также даётся информация о материале, из которого детали изготовлены.

В курсе «Прикладная механика» также имеют место быть структурные, кинематические, динамические и др. модели (схемы) механизмов и сооружений.

Сооружения - это мосты, телебашни, резервуары и т.п. Каждое из них состоит из несущих и ограждающих элементов. К несущим относят те, которые воспринимают и передают нагрузку.

Стержень - это брус, который испытывает только деформацию растяжение или сжатие.

Узел - это сборочная единица, собранная отдельно от других составных частей изделия и выполняющая определённые функции совместно и с другими составными частями.

Устойчивость - способность элемента противостоять потере первоначальной формы равновесия.

Переход к новому состоянию называется потерей устойчивости, а параметры, его характеризующие, называются критическими.

Ферма - это несущая стержневая механическая система, которая представлена в виде структурно замкнутой (с помощью шарниров) цепи стержней с числом степеней свободы, равным нулю.

Рекомендуемая литература

1. Ковалёв Н.А. Прикладная механика.- М.: Высшая школа, 1982.
2. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика.- М.: Машиностроение, 1985.
3. Осецкий В.М. и др. Прикладная механика.- М.: Машиностроение, 1977.
4. Нестеренко В.П. и др. Техническая механика.- Томск: Изд-во ТПУ, 2003г.
5. Долинский Ф.В., Михайлов М.Н. Краткий курс сопротивления материалов.-М.: Высшая школа, 1988.
6. Хохлов В.А. и др. Сопротивление материалов. Часть 1.- Томск: Изд-во ТПУ, 2001.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики.- М.: Высшая школа, 2005.
8. Скорых В.Я. Теоретическая механика. Статика и кинематика.- Томск: Изд-во ТПУ, 2002.

Канд. техн. наук, доц. Эрнст Леонидович Вольф,
д-р техн. наук, проф. Ан И-Кан

Стержневые системы с нулевой подвижностью
Методические указания и индивидуальные задания

Компьютерный набор Е.Н.Крутова

Подписано к печати _____
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать RISO. Усл. печ. л. _____. Уч. изд. л. _____
Тираж 100 экз. Заказ № _____. Цена свободная.
Издательство ТПУ. 634034, Томск, пр. Ленина,30.