

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**(ДГТУ)**

**Методические указания и задания для контрольной работы**

**по дисциплине «Информационные технологии в дорожной отрасли»**

Предназначено для магистров 1˗го курса заочной формы обучения по направлению 08.04.01 Строительство программа Автомобильные дороги

г. Ростов-на-Дону

2019 год

# Введение

Ansys – многоцелевой программный продукт, позволяющий комплексно решать проектные задачи от дизайна конструкции до ее промышленного производства (CADCAECAM).

Ansys имеет различные режимы работы: интерактивный, позволяющий наиболее полно раскрыть возможности визуального графического проектирования, и пакетный, необходимый для оптимизации времени проведения вычислений Программа Ansys позволяет учесть разнообразные конструктивные нелинейности, дает возможность решения самого общего случая контактных задач, допускает наличие больших (конечных) деформаций и углов поворота; позволяет учесть предварительные напряжения, а также сопрягать результаты расчетов для различных типов анализа конструкций.

Средства твердотельного моделирования Ansys включают в себя представление геометрии, основанное на использовании сплайновой технологии NURBS, геометрических примитивов и операций булевой алгебры.

Язык параметрического программирования APDL системы Ansys делает работу с ней наиболее гибкой, позволяет оперативно изменять геометрию модели и ее физические параметры.

Ansys имеет развитые средства оптимизации модели от оперативного перестроения сетки конечных элементов, использования методов подмоделей и подконструкций (суперэлементы) до выбора оптимальных геометрических и физических параметров конечно-элементной модели в соответствии с заданным критерием.

# Моделирование стержневых систем

Рассмотрим задачу о деформировании статически-неопределимой балочно-стержневой конструкции, представленной на рисунке 1. Внешними силовыми факторами, вызывающими деформацию в ней, могут являться сосредоточенные силы, моменты и распределенные нагрузки с кусочно-линейным изменением интенсивности.

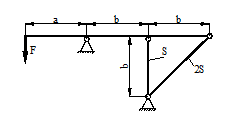


Рисунок – Вид стержневой конструкции

Примем длины пролетов *a* *b* 2 м. Модуль упругости Е=2∙1011МПа; коэффициент Пуассона 0.3 для всех стержней. Площадь сечения *S*0.01 м2, момент инерции сечения *I*1 10-5 м4, высота сечения h=0.1 м. – для балки и вертикального стержня. Площадь сечения 2*S* 0.02 м2, момент инерции сечения *I*2210-5 м4, высота сечения h=0.1 м. – для наклонного стержня. Нагрузка F=10 кH. Вертикальный стержень предварительно растянут с начальной деформацией *e* 0.003.

Необходимо:

1) определить уровень предварительных усилий и моментов, вызванных начальной деформацией *e*;

2) построить эпюры усилий и моментов, вызванных нагрузкой *F*.

В качестве конечного элемента для задачи выберем стержневой элемент типа *ВЕАМЗ*. Степенями свободы *ВЕАМЗ* являются узловые перемещения *UX*, *UY* и угол поворота *ROTZ*.

Конструкцию необходимо разбивать на конечные элементы *ВЕАМЗ* так, чтобы в пределах каждого элемента были постоянными изгибные жесткости *EI*, распределенные нагрузки, менялись бы линейно или были постоянными, а внутри элементов не находились бы опоры и точки приложения активных сил и моментов. Сила F считается положительной, если ее направление совпадает с направлением оси *Оу.*

# Решение задачи

!Задаем параметры модели (каждая команда в своей строке)

\*set, a,2 \*set,b,2 \*set,S,0.01 \*set,I1,1e-5

\*set,I2,2e-5 \*set,h,0.1 \*set,E,2e11 \*set,nu,0.3

\*set,F,10e3 \*set,e,0.003

/prep7 !входим в прeпроцессор

et,1,beam3 !KЭ ВЕАМ3

keyopt,1,9,9 !keyopt(9)=9 для ВЕАМ3 вывод в 9-и промежуточных точках

r,1,S,I1,h !задание параметров сечения балки

r,1,S,I1,h,,,e !задание параметров вертикального стержня

r,1,2\*S,I2,h,,,e !задание параметров сечения наклонного стержня

mp,ex,1,E !модуль Юнга 2·1011 H/ м2

mp,nuxy,1,nu !коэффициент Пуассона 0.3

!задаем ключевые точки по координатам: в шарнирах пропорционально

!числу входящих стержней

k,1, ! определяем ключевую точку 1 по координатам

k,2,-a-b ! определяем ключевую точку 2 по координатам

k,3,-b ! определяем ключевую точку 3 по координатам

k,5,b ! определяем ключевую точку 4 по координатам

k,6,b ! определяем ключевую точку 5 по координатам

k,7, ! определяем ключевую точку 6 по координатам

k,8,,-b ! определяем ключевую точку 7 по координатам

k,9,,-b ! определяем ключевую точку 8 по координатам

l,2,3 ! задаем линии по ключевым точкам

l,3,1

l,1,5

l,6,9

l,7,8

esize,,5 !линии разбиваются на 5 конечных элементов

real,1 !активируем параметры балки

lmesh,1,3,1 !разбиваем балку на элементы

real,2 !активируем параметры вертикального стержня

lmesh,5 !разбиваем стержень на КЭ

real,3 !активируем параметры наклонного стержня

lmesh,4 !разбиваем стержень на КЭ

\*get,n1,kp,1,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 1

\*get,n2,kp,7,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 7

\*get,n3,kp,5,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 5

\*get,n4,kp,6,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 6

\*get,n5,kp,8,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 8

\*get,n6,kp,9,attr,node !возвращаем номер узла в ключевой точке 9

cp,1,ux,n1,n2 !назначаем общие степени свобода в узлах для

cp,2,uy,n1,n2 !шарнирных соединений

cp,3,ux,n3,n4

cp,4,uy,n3,n4

cp,5,ux,n5,n6

cp,6,uy,n5,n6

dk,8,ux,0 !определяем условия для неподвижных

dk,8,uy,0 ! шарниров

dk,3,ux,0

dk,3,uy,0

fk,2,fy,-F !задаем усилие F

finish !выход из препроцессора

/solu !вызов процессора

solve !решение

finish !выход из процессора

/post1 !вызов основного постпроцессора

etable,gyi,smisc,2 !таблица значений поперечной силы в узле i qyi

etable,gyj,smisc,62 !таблица значений поперечной силы в узле j qyj

plls,gyi,gyj,-3 !графический вывод

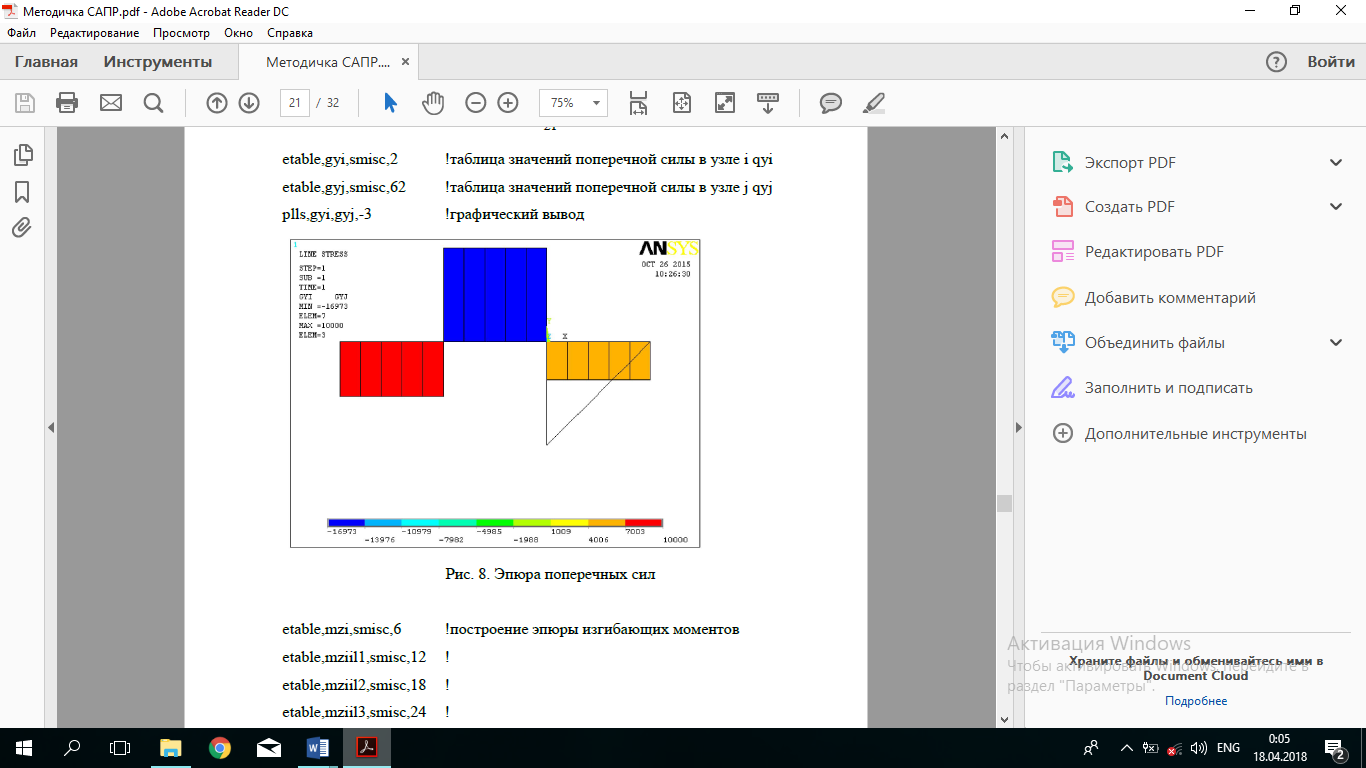


Рисунок – Эпюра поперечных сил

etable,mzi,smisc,6 !построение эпюры изгибающих моментов

etable,mziil1,smisc,12 !

etable,mziil2,smisc,18 !

etable,mziil3,smisc,24 !

etable,mziil4,smisc,30 !

etable,mziil5,smisc,36 !

etable,mziil6,smisc,42 !

etable,mziil7,smisc,48 !

etable,mziil8,smisc,54 !

etable,mziil9,smisc,60 !

etable,mzj,smisc,66 !

plls,mzi,mzj,3 !графический вывод

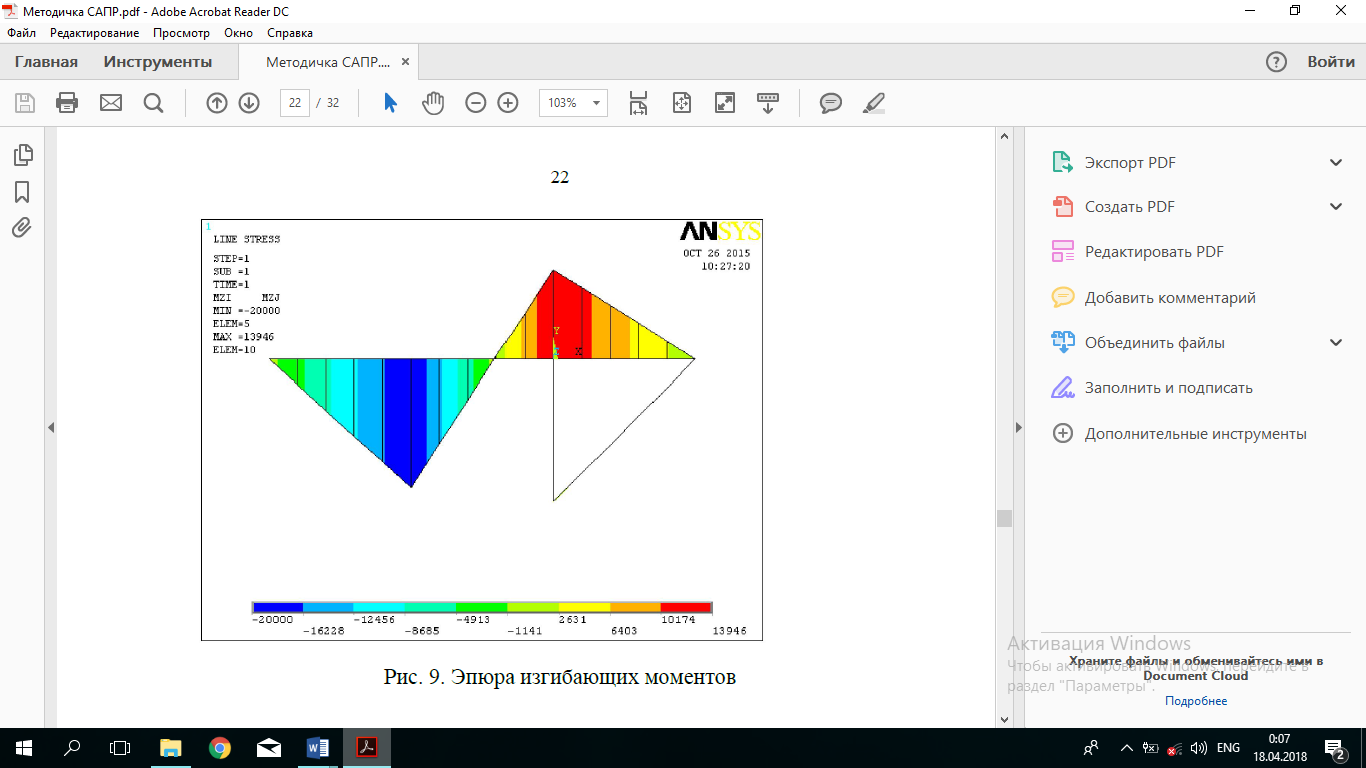


Рисунок – Эпюра изгибающих моментов

etable,szi,ls,2 !построение эпюры изгибающих напряжений на

etable,szj,ls,32 !верхней поверхности балки

plls,szi,szj,3 !графический вывод

finish !

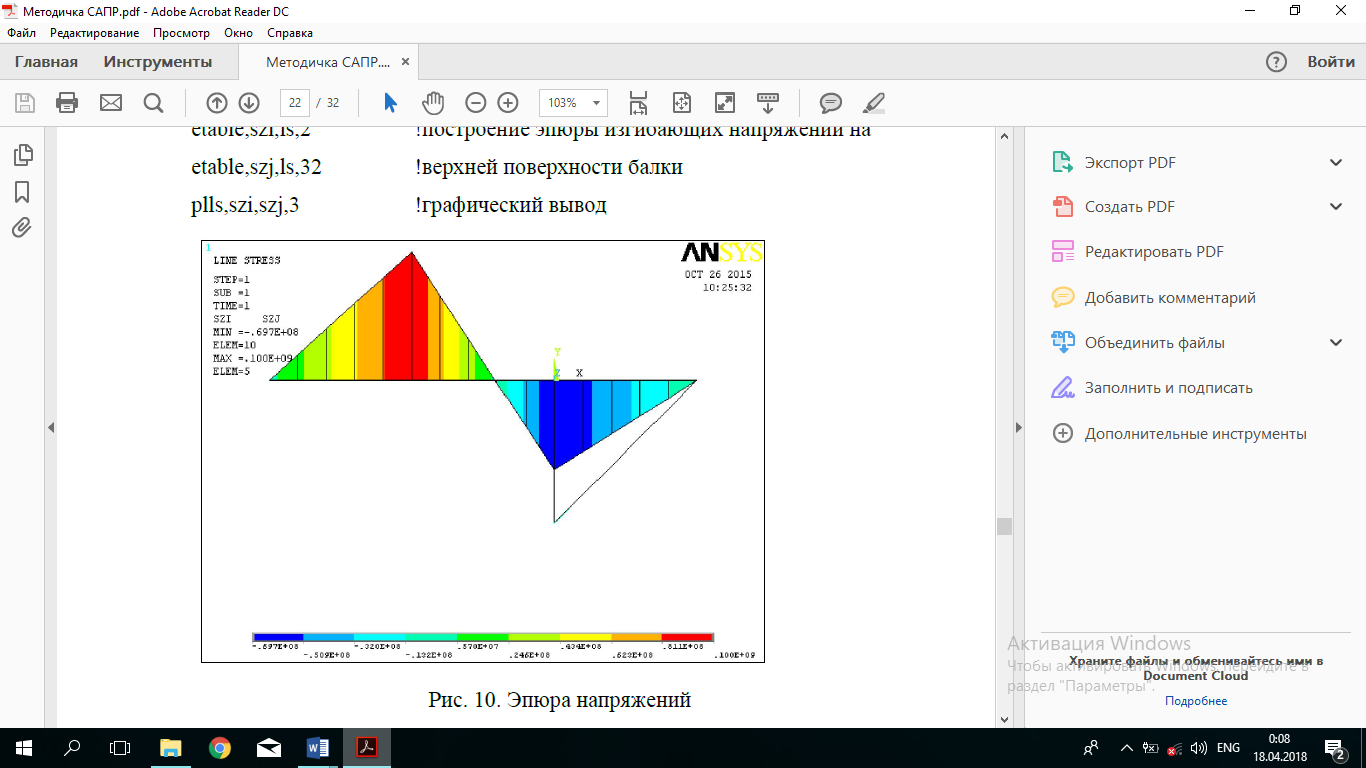


Рисунок – Эпюра напряжений

Отметим, что эпюры для усилий и моментов, вызванных начальной деформацией *e*, строятся аналогично при значении *F* 0.

## Примерный текст программы для варианта №36

|  |  |
| --- | --- |
| \*SET,a,1.3 | Задание параметров модели |
| \*SET,b,1.0 |  |
| \*SET,delta,0.0002 |  |
| \*SET,F,65000 |  |
| \*SET,h,0.04 |  |
| \*SET,S,h\*h |  |
| \*SET,Iy,h\*\*4/12 |  |
| /PREP7 | Вызов препроцессора |
| ET,1,BEAM3 | Задание типа элемента |
| KEYOPT,1,6,1 |  |
| KEYOPT,1,9,0 | вывод результатов только в конечных точках элементов |
| R,1,S,Iy,h, | действительные константы для стержня с сечением S |
| R,2,2\*S,H\*\*4/3,SQRT(2)\*H | действительные константы для стержня с сечением 2S |
| R,3,S,Iy,h, ,delta, , | действительные константы для укороченного стержня с сечением S |
| MPTEMP,,,,,,,, |  |
| MPTEMP,1,0 |  |
| MPDATA,EX,1,,2e11 | материальные свойства |
| k,1, | ключевые точки |
| k,2,a |  |
| k,3,a,b |  |
| k,4,a |  |
| k,5,2\*a |  |
| k,6,2\*a |  |
| k,7,5\*a/2 |  |
| k,8,3\*a,a |  |
| l,1,2 | линии |
| l,2,5 |  |
| l,5,7 |  |
| l,3,4 |  |
| l,6,8 |  |
| esize,,10 | параметры разбиения линий (на 10 частей) |
| real,1 | активизация констант сечения для стержней S |
| lmesh,1,3,1 | разбиение |
| real,2 | активизация констант для стержней 2S |
| lmesh,5 |  |
| real,3 | активизация констант сечения для укороченного стержня |
| lmesh,4 |  |
| FINISH |  |
| /SOL | решатель для анализа монтажных напряжений |
| dk,1,Ux,0,,,Uy | закрепления в неподвижных шарнирах |
| dk,3,Ux,0,,,Uy |  |
| dk,8,Ux,0,,,Uy |  |
| \*get,n1,kp,2,attr,node | возврат номеров узлов в промежуточных шарнирах |
| \*get,n2,kp,4,attr,node |  |
| \*get,n3,kp,5,attr,node |  |
| \*get,n4,kp,6,attr,node |  |
| cp,1,ux,n1,n2 | объявление общих степеней свободы в промежуточных шарнирах |
| cp,2,uy,n1,n2 |  |
| cp,3,ux,n3,n4 |  |
| cp,4,uy,n3,n4 |  |
| SOLVE | решение для расчета монтажных усилий |
| FINISH |  |
| /POST1 | Просмотр решений |
| etable,fxi,smisc,1 | Извлечение усилий Fx |
| etable,fxj,smisc,7 |  |
| plls,fxi,fxj | Прорисовка |
| etable,fyi,smisc,2 | Извлечение усилий Fy |
| etable,fyj,smisc,8 |  |
| plls,fyi,fyj |  |
| etable,mi,smisc,6 | Извлечение моментов |
| etable,mj,smisc,12 |  |
| plls,mi,mj |  |
| FINISH |  |
| /SOLU | решение для сосредоточенного усилия |
| fk,7,fy,-F |  |
| SOLVE |  |
| FINISH |  |
| /POST1 |  |
| PLNSOL, U,SUM, 0,1.0 | Прорисовка перемещений |
| PLNSOL, U,x, 0,1.0 |  |
| PLNSOL, U,y, 0,1.0 |  |
| FINISH |  |

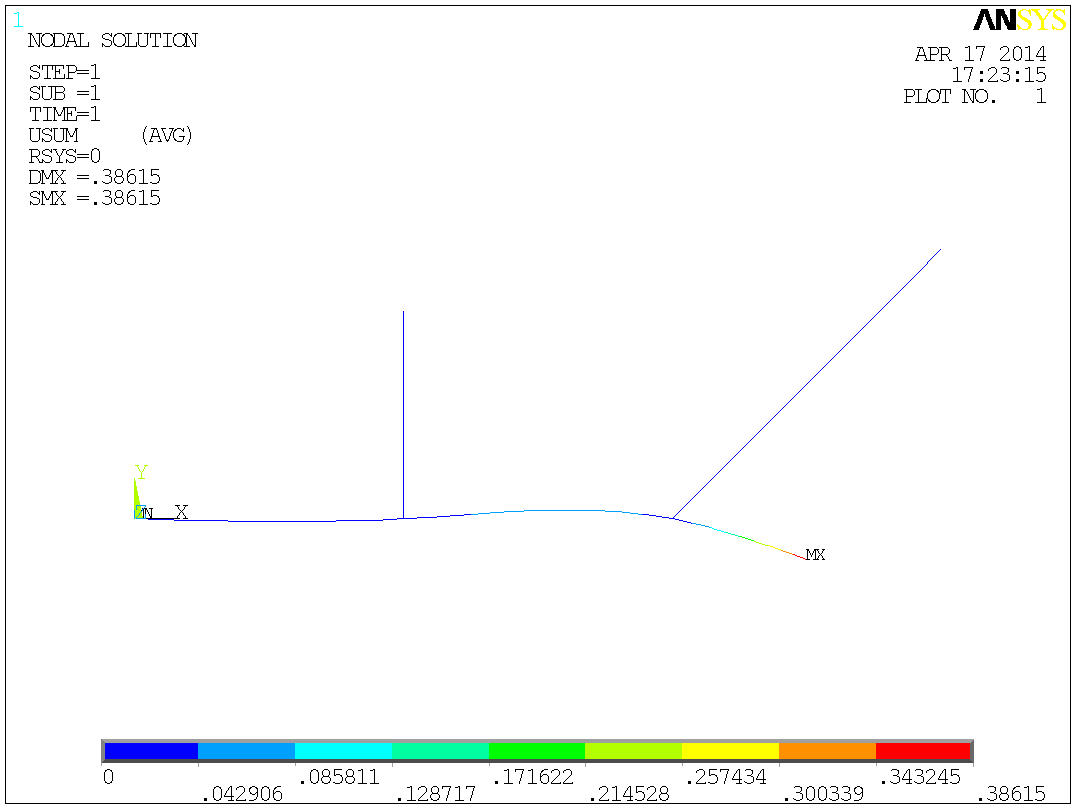


Рисунок – Диаграмма суммарных перемещений

## Индивидуальное задание

Для заданной конструкции требуется рассчитать перемещения  и суммарные перемещения. Принять модуль Юнга Е=2∙1010 МПа. Сечение стержней – квадратное, площадью  или . Для стержней сечения  – длина стороны равна 4 см. Результаты представить в виде диаграмм.

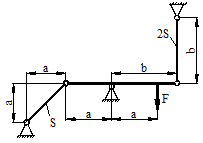
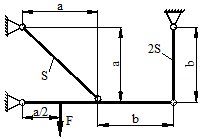
**Номер варианта, по которому определяется набор исходных данных и расчетная схема, совпадает с Вашим порядковым номером в журнале учебной группы.**

Таблица 1 – Исходные данные

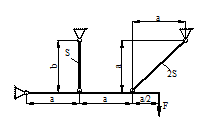
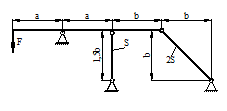
| Номер  варианта | F,  кН | а,  м | b,  м | ∆,  мм |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 01 | 60 | 1,5 | 1,7 | 0,2 |
| 02 | 65 | 1,4 | 1,6 | 0,3 |
| 03 | 70 | 1,3 | 1,5 | 0,4 |
| 04 | 75 | 1,2 | 1,4 | 0,2 |
| 05 | 80 | 1,0 | 1,3 | 0,1 |
| 06 | 85 | 0,9 | 1,2 | 0,4 |
| 07 | 90 | 0,8 | 1,1 | 0,2 |
| 08 | 60 | 1,2 | 1,0 | 0,3 |
| 09 | 80 | 1,4 | 0,8 | 0,4 |
| 10 | 100 | 1,3 | 1,0 | 0,5 |
| 11 | 65 | 1,3 | 1,5 | 0,3 |
| 12 | 70 | 1,2 | 1,4 | 0,4 |
| 13 | 75 | 1,0 | 1,3 | 0,2 |
| 14 | 80 | 0,9 | 1,2 | 0,1 |
| 15 | 85 | 0,8 | 1,1 | 0,4 |
| 16 | 90 | 1,2 | 1,0 | 0,2 |
| 17 | 60 | 1,4 | 0,8 | 0,3 |
| 18 | 80 | 1,3 | 1,0 | 0,2 |
| 19 | 65 | 1,5 | 1,7 | 0,3 |
| 20 | 70 | 1,4 | 1,6 | 0,4 |
| 21 | 75 | 1,3 | 1,5 | 0,2 |
| 22 | 80 | 1,2 | 1,4 | 0,1 |
| 23 | 85 | 1,0 | 1,3 | 0,4 |
| 24 | 90 | 0,9 | 1,2 | 0,2 |
| 25 | 60 | 0,8 | 1,1 | 0,3 |
| 26 | 80 | 1,2 | 1,0 | 0,4 |
| 27 | 100 | 1,4 | 0,8 | 0,5 |
| 28 | 65 | 1,3 | 1,0 | 0,3 |
| 29 | 70 | 1,3 | 1,5 | 0,4 |
| 30 | 75 | 1,2 | 1,4 | 0,2 |
| 31 | 80 | 1,0 | 1,3 | 0,1 |
| 32 | 85 | 0,9 | 1,2 | 0,4 |
| 33 | 90 | 0,8 | 1,1 | 0,2 |
| 34 | 80 | 1,2 | 1,0 | 0,3 |
| 35 | 100 | 1,4 | 0,8 | 0,4 |
| 36 | 65 | 1,3 | 1,0 | 0,2 |

## Расчетные схемы

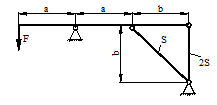
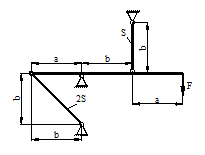
**1 схема**                             **2 схема**



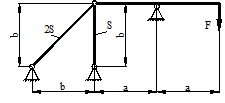
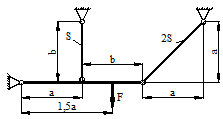
**3 схема**                             **4 схема**



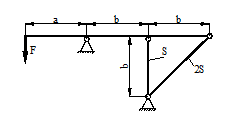
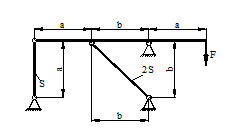
**5 схема**                             **6 схема**



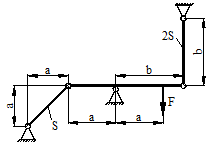
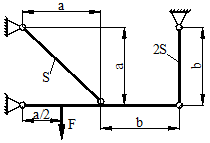
**7 схема**                             **8 схема**



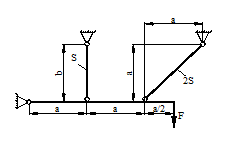
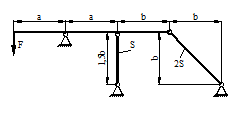
**9 схема**                             **10 схема**



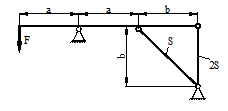
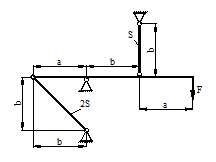
**11 схема**                             **12 схема**



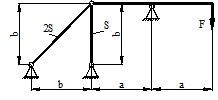
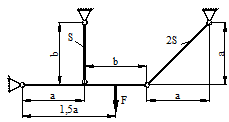
**13 схема**                             **14 схема**



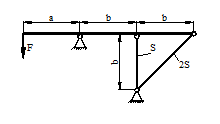
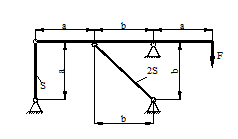
**15 схема**                             **16 схема**



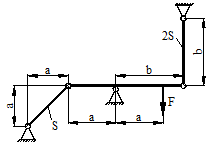
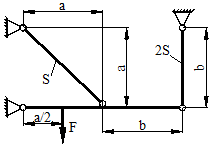
**17 схема**                             **18 схема**



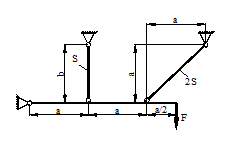
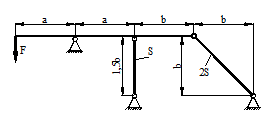
**19 схема**                             **20 схема**



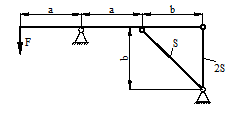
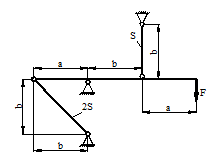
**21 схема**                             **22 схема**



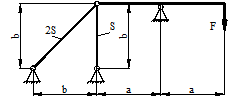
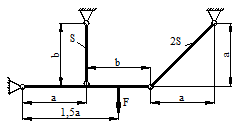
**23 схема**                             **24 схема**



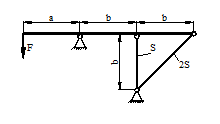
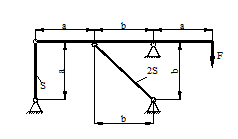
**25 схема**                             **26 схема**



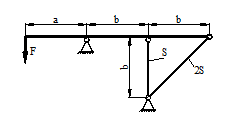
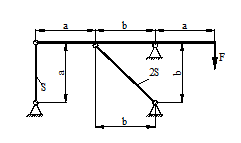
**27 схема**                             **28 схема**



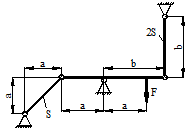
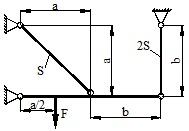
**29 схема**                             **30 схема**



**31 схема**                             **32 схема**



**33 схема**                             **34 схема**



**35 схема**                             **36 схема**

