

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.12.2023 11:00:23

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a11ce1981

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ СЕРВИСА, ТУРИЗМА И ДИЗАЙНА
(филиал) СКФУ в г. Пятигорске

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине Строительная механика

Направление подготовки	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль)	Городское строительство и хозяйство
Квалификация выпускника	Бакалавр
Форма обучения	заочная
Год начала обучения	2021

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине
«Строительная механика», рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ТСП
протокол № ____ от « ____ » _____ 2021 г.

Зав.кафедрой ТСП

_____ Д.К. Сысоев
подпись

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Практическое занятие 1	6
Практическое занятие 2	10

ВВЕДЕНИЕ

В курсе дисциплины «Строительная механика» рассматривают типичные элементы конструкций: брус, пластинка, оболочка. Внешние нагрузки, действующие на элементы сооружений, подразделяют на сосредоточенные и распределенные, статические и динамические. Все реальные силы - это силы, распределенные по некоторой площади или объему. Однако распределенную нагрузку на небольшой площади, размеры которой очень малы по сравнению с размерами всего элемента, можно заменить сосредоточенной равнодействующей, силой, что упростит расчет. Распределенные нагрузки имеют единицы силы, отнесенной к единице длины, или к единице поверхности или объема.

При воздействии статических и динамических нагрузок на конструкцию все ее части находятся в равновесии; ускорения элементов конструкции отсутствуют или настолько малы, что ими можно пренебречь. Если же эти ускорения значительны, т. е. изменение скорости элементов машины происходит за сравнительно небольшой период времени, то мы имеем дело с приложением динамических нагрузок. Примерами таких нагрузок могут служить внезапно приложенные нагрузки, ударные и повторно-переменные. Действие таких нагрузок сопровождается возникновением колебаний конструкций или сооружений. Вследствие изменения скорости колеблющихся масс возникают силы инерции, пропорциональные (согласно второму закону Ньютона) колеблющимся массам и ускорениям.

Методы расчета элементов конструкций излагаются на основе следующих упрощений и допущений: материал тела имеет сплошное (непрерывное) строение, т. е. не принимается во внимание дискретная атомистическая структура вещества; материал тела однороден, т. е. обладает во всех точках одинаковыми свойствами; материал тела изотропен, т. е. обладает во всех направлениях одинаковыми свойствами; в теле до приложения нагрузки нет внутренних (начальных) усилий; результат воздействия на тело системы сил равен сумме результатов воздействия тех же сил, прилагаемых к телу последовательно и в любом порядке.

Практическое занятие 1

Тема 1. Общие понятия и определения.

Сооружения и их элементы; Кинематический анализ расчетных схем.

Цель: научиться определять вид шарнирной балки.

Знать: основные положения строительной механики; расчетные методы строительной механики; методы, расчета устойчивости и динамики сооружений, методики разработки расчетных схем, методики разработки статистического и кинематического анализа.

Уметь: самостоятельно осваивать отдельные теоретические положения строительной механики; применять теоретические положения к традиционным и новым техническим решениям конструкций и конструктивных систем; определять с необходимыми точностью и надежностью, прочность строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений; определять с необходимыми точностью и надежностью жесткость строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений; определять с необходимыми точностью и надежностью устойчивость отдельных строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений.

Владеть: основными положениями и расчетными методами строительной механики; методами расчета устойчивости; методами расчета динамики сооружений; методами расчета строительных конструкций; способностью определять различные виды нагрузок.

Формируемые компетенции:

Код	Формулировка:
ПК-3	Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения

Актуальность темы объясняется основными принципами определения внутренних факторов многопролетной балки.

Теоретическая часть:

Многопролетные статически-определимые балки представляют собой комбинированные системы, состоящие из нескольких балок, соединенных шарнирами. Несколько расчетных схем таких балок показаны на рис.0.1.

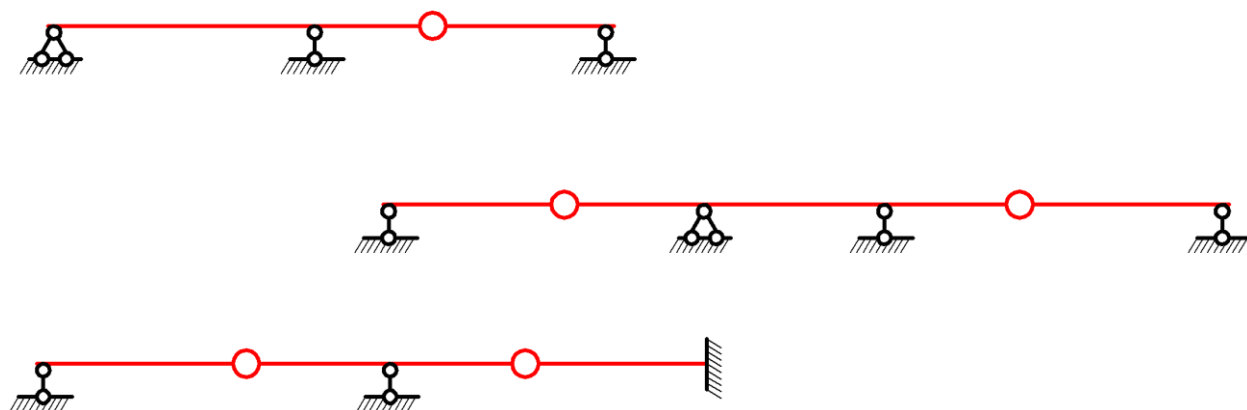


Рисунок 0.1

Многопролетные шарнирные балки объединяют преимущества однопролетной балки (простота расчета и изготовления, отсутствие стесненной деформации) с преимуществами неразрезной балки (меньшие моменты в пролетах из-за влияния опорных моментов, меньшие деформации). Они обладают и тем преимуществом, что, используя разгружающий эффект

консоли, удачным выбором положения шарниров можно любым образом установить желаемое соотношение между изгибающими моментами на опоре и в пролете.

Из-за этих преимуществ шарнирные балки охотно применяют в разных конструкциях, например, в прогонах, мостовых переходах и т.д. Устройство шарниров, правда, связано с известными трудностями. Шарнирная балка статически определима, если число шарниров равно числу “лишних” опорных реакций.

«Поэтажная» схема. Порядок расчета многопролетной шарнирной балки.

Удобной расчетной моделью служит так называемая “поэтажная схема”. Для ее построения следует всю систему мысленно разделить по шарнирным сочленениям на отдельные балки и определить условия их опирания. При этом обнаружится, что отдельные балки имеют либо по два опорных закрепления, либо зашцеplены на одном из концов (консоли). Такие балки относят к “главным” (или несущим) и на схеме изображают на самом нижнем ярусе (балки ABC на рис.0.2 а, AB и CDE -на рис.0.2 б). Элементы поэтажной схемы, опирающиеся на главные балки или имеющие лишь по одной опоре на основание (“землю”) называют “второстепенными” (или несомыми) балками (балки CDE и EF - на рис 0.2 а, BC - на рис.0.2 б). Такие балки на поэтажной схеме располагаются выше балок, на которые они шарнирно опираются.

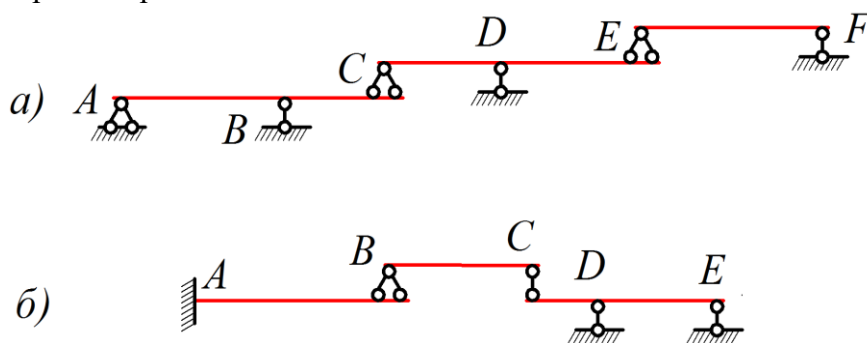


Рисунок 0.2

В “поэтажной схеме” взаимодействие элементов подчиняется принципу: усилия могут передаваться только с вышележащих балок на нижележащие, но не передаются в обратном направлении, то есть с нижних элементов на верхние.

Опорные реакции второстепенных (несомых) балок – это силы, с которыми “нижний этаж” действует на верхний. По третьему закону Ньютона верхний этаж действует на нижний с такими же силами.

Это позволяет выстроить простой алгоритм расчета многопролетных шарнирных балок

- 1) Строят поэтажную схему, выделяя несущие балки и несомые.
- 2) Рассчитывают несомую балку самого верхнего этажа: определяют опорные реакции и строят эпюры изгибающих моментов M и поперечных сил Q .
- 3) Последовательно рассчитывают балки нижних этажей на свою нагрузку и на силу, передающуюся с верхнего (“перевернутую” опорную реакцию балки верхнего этажа).
- 4) В одном масштабе строят эпюры M и Q для всей балки.

Прежде, чем приступать к решению задач, нужно вспомнить основные определения и правила построения эпюр в простых, однопролетных балках.

Изгибающим моментом M , действующим в сечении, называют алгебраическую сумму моментов всех внешних сил, приложенных к левой и правой части балки, относительно этого сечения. При этом опорные реакции включаются в состав внешних сил.

Изгибающий момент считается положительным, если он растягивает нижние волокна. Эпюру M строят со стороны растянутых волокон и знаков не ставят.

Поперечная сила Q численно равна алгебраической сумме проекций всех левых или правых сил от сечения на нормаль (перпендикуляр) к оси балки.

Знак Q принято считать положительным, если сумма проекций всех левых сил направлена вверх (или, соответственно, всех правых сил – вниз). На эпюре Q знаки ставят

обязательно, откладывая положительные значения вверх от оси балки, а отрицательные – вниз.

При построении эюр нужно помнить основные правила

1. На ненагруженном участке балки эюра M прямолинейная, а Q – постоянная, то есть имеет вид прямоугольника

2. В точке приложения сосредоточенной силы на эюре M образуется излом, направленный в сторону действия силы. На эюре Q в этом сечении образуется скачок, равный по величине приложенной силе F

3. В точке приложения сосредоточенного момента m на эюре M образуется скачок, равный по величине приложенному моменту m .

4. На участке с равномерно распределенной нагрузкой изгибающий момент M изменяется по закону квадратной параболы, обращенной выпуклостью в сторону действия нагрузки, а поперечная сила – по линейному закону

5. В сечениях, где эюра Q пересекает ось балки, изгибающий момент принимает экстремальное значение.

6. Момент в шарнире или на шарнирной опоре равен нулю, если в сечении бесконечно близком к шарниру (или опоре) не приложен внешний сосредоточенный момент.

7. Если на прямолинейном участке балки длиной l , загруженной равномерно распределенной нагрузкой q , сосредоточенной силой F или сосредоточенным моментом m известны две крайние ординаты эюры моментов, то эюру M можно построить, подвесив на линию, соединяющую концы ординат, известные балочные эюры моментов (рис. 0.3)

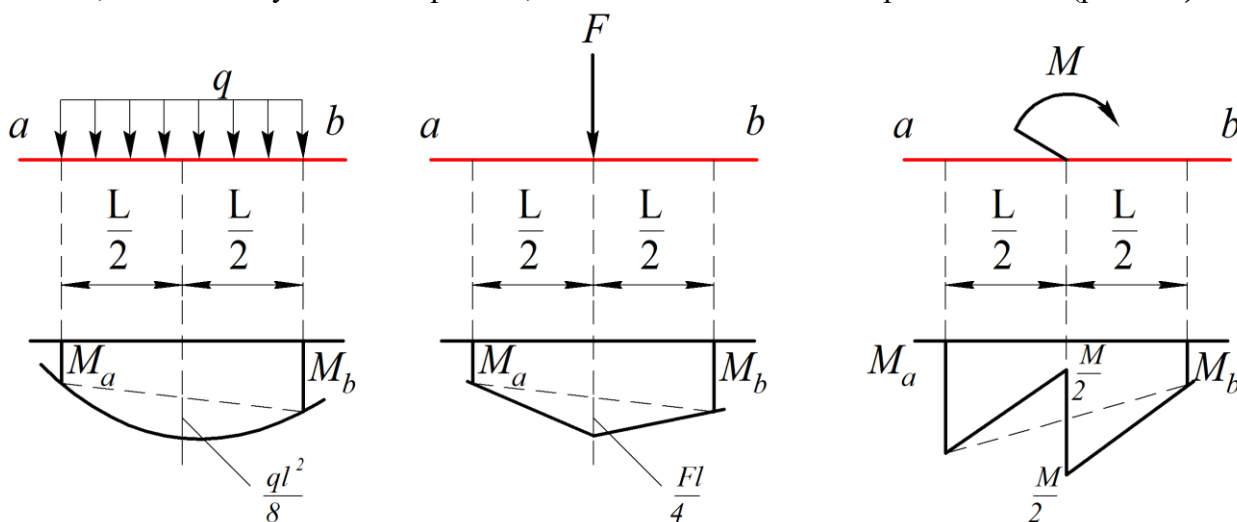


Рисунок 0.3

Пример Требуется построить эюры M и Q в балке, изображенной на рис.0.4.

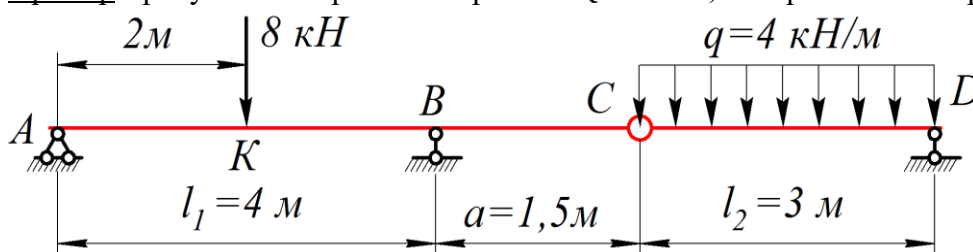


Рисунок 0.4

Балка ABC имеет две опоры “на землю” и является основной. Балка CD – второстепенная и на поэтажной схеме располагается “на втором этаже”.

Построив поэтажную схему начинают расчет (построение эюр) с верхнего этажа.

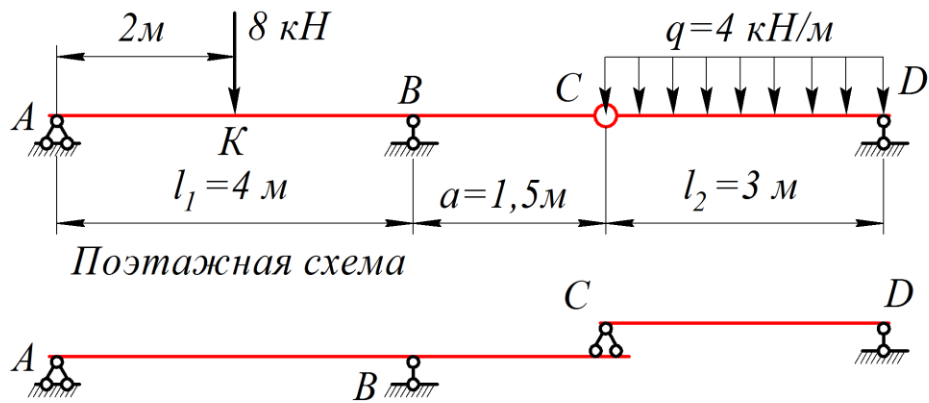


Рисунок 0.5

Расчет несомой балки CD (рис.0.6). Из условий симметрии

$$V_C = V_D = \frac{ql_2}{2} = \frac{4 \cdot 3}{2} = 6 \text{ кН.}$$

Момент в середине пролета равен

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{4 \cdot 3^2}{8} = 4,5 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Эпюры M и Q – на рис.0.6.

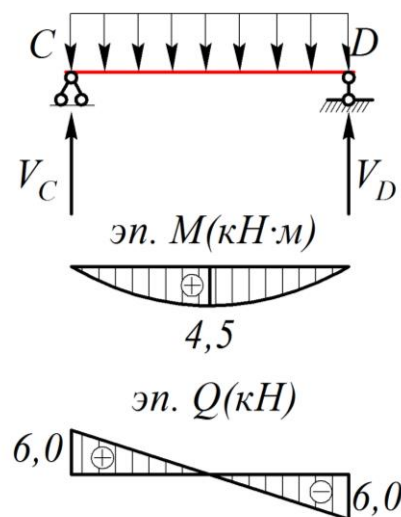


Рисунок 0.6

Расчет несущей балки AC. (рис.0.7)

Определяют опорные реакции

$$\sum M_A = 0; 8 \cdot 2 + 6 \cdot 5,5 - V_B \cdot 4 = 0;$$

$$V_B = \frac{49}{4} = 12,25 \text{ кН,}$$

$$\sum M_B = 0; V_A \cdot 4 - 8 \cdot 2 + 6 \cdot 1,5 = 0,$$

$$V_A = \frac{7}{4} = 1,75 \text{ кН.}$$

Проверка

$$\sum y = 0; 1,75 - 8 + 12,25 - 6 = 14 - 14 = 0;$$

$$M_K = 1,75 \cdot 2 = 3,5 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$M_B = -6 \cdot 1,5 = -9,0 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

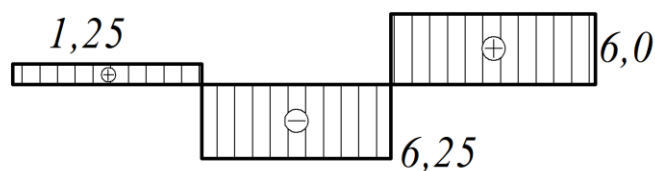
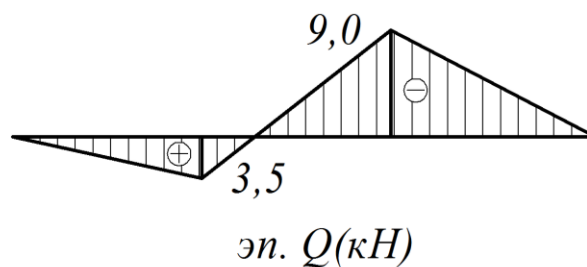
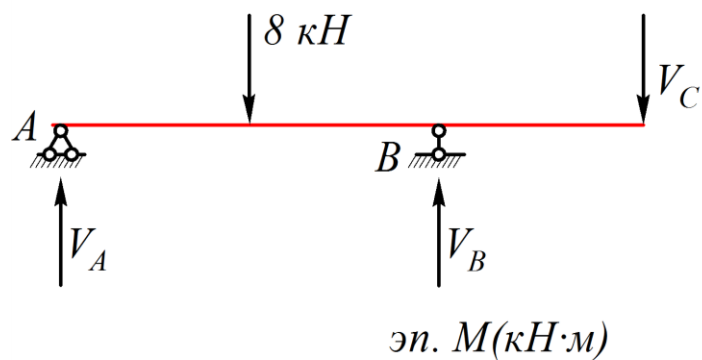


Рисунок 0.7

Окончательные эпюры M и Q показаны на рис.2.4с.

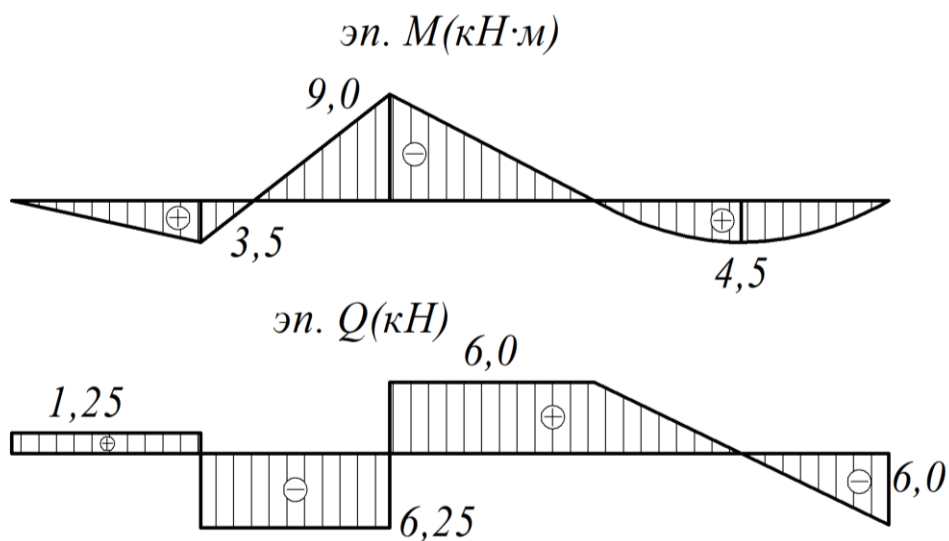


Рисунок 0.8

Вопросы:

1. Определение внутренних факторов балки.
2. Построение эпюр M .
3. Построение эпюр Q .
4. Поэтажная схема.
5. Построение поэтажной схемы.

Перечень основной литературы:

1. Готов, В.А. Строительная механика и металлические конструкции машин / В.А. Готов, А.В. Зайцев, В.Ю. Игнатюгин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 95 с. :

ил., табл. – Режим доступа: по подписке. –
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=426940>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-5266-4. – DOI 10.23681/426940. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

Старцева, Л.В. Строительная механика в примерах и задачах / Л.В. Старцева, В.Г. Архипов, А.А. Семенов. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 222 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274344>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-93093-985-9. – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks Договор №5168/19 от 13 мая 2020 года
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line» Договор №50-04/19 от 13 мая 2020 года
3. Электронно-библиотечная система Лань Договор №Э410-19 от 22 апреля 2020 г.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные справочные системы:

1. www.biblioclub.ru - «Университетская библиотека онлайн»;
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks ООО «Ай Пи Эр Медиа».

Практическое занятие 2

Тема 2. Линии влияния и их применение для расчета статически определимых балок.

Нагрузки и внутренние силовые факторы, Линии влияния в статически определимых балках.

Цель: научиться определять линии влияния опорных реакций и расчетных усилий в балках.

Знать: основные положения строительной механики; расчетные методы строительной механики; методы, расчета устойчивости и динамики сооружений, методики разработки расчетных схем, методики разработки статистического и кинематического анализа.

Уметь: самостоятельно осваивать отдельные теоретические положения строительной механики; применять теоретические положения к традиционным и новым техническим решениям конструкций и конструктивных систем; определять с необходимыми точностью и надежностью, прочность строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений; определять с необходимыми точностью и надежностью жесткость строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений; определять с необходимыми точностью и надежностью устойчивость отдельных строительных конструкций, зданий и инженерных сооружений.

Владеть: основными положениями и расчетными методами строительной механики; методами расчета устойчивости; методами расчета динамики сооружений; методами расчета строительных конструкций; способностью определять различные виды нагрузок.

Формируемые компетенции:

Код	Формулировка:
ПК-3	Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения

Актуальность темы объясняется основными принципами определения внутренних факторов многопролетной балки.

Теоретическая часть:

Линии влияния опорных реакций и расчетных усилий в балках.

При расчете строительных конструкций нередко приходится иметь дело с нагрузками, которые могут занимать на ней разные положения. Например, это может быть тележка крана на подкрановой балке, нагрузка проходящего поезда или скопления людей на ферме моста и т.п. Все эти нагрузки представляют собой, как правило, систему сосредоточенных вертикальных грузов с фиксированным расстоянием друг от друга. Предполагается, что нагрузки лишь изменяют свое положение, но не создают динамического эффекта.

Линией влияния (л.в.) какого-либо расчетного усилия (опорной реакции, изгибающего момента или поперечной силы) в заданном сечении балки называют график, отражающий закон изменения этого усилия в зависимости от положения на балке груза $P = 1$.

Линии влияния позволяют легко определить усилия в сечении, для которого они построены от любых нагрузок в произвольной комбинации.

Проще всего построение л.в. можно осуществить, используя **статический способ**. Он состоит в том, что из уравнений равновесия находят формулу (закон) изменения усилия в рассматриваемом сечении, для которого строится л.в., при любом положении груза $P = 1$. Положение груза определяется в произвольно выбранной системе координат. В балках за начало отсчета принимают обычно левую опору A .

Л.в. опорных реакций V_A и V_B балки с консолями (рис.0.9).

Из уравнений равновесия можно получить формулы для V_A и V_B :

Уравнение л.в. V_A :

$$\sum M_B = 0; V_A \cdot l - 1(l - x) = 0;$$

$$V_A = \frac{l - x}{l}.$$

Уравнение л.в. V_B :

$$\sum M_A = 0; -V_B \cdot l + 1 \cdot x = 0;$$

$$V_B = \frac{x}{l}.$$

Каждое из этих уравнений - это уравнение прямой линии (x в первой степени). Графики можно построить, определив опорные реакции в двух точках:

при $x = 0; V_A = 1, V_B = 0$,

при $x = l; V_A = 0, V_B = 1$.

Положительный знак означает, что соответствующая реакция направлена вверх. При положении груза $P = 1$ на дальней от опоры консоли опорная реакция меняет знак, так как направлена вниз.

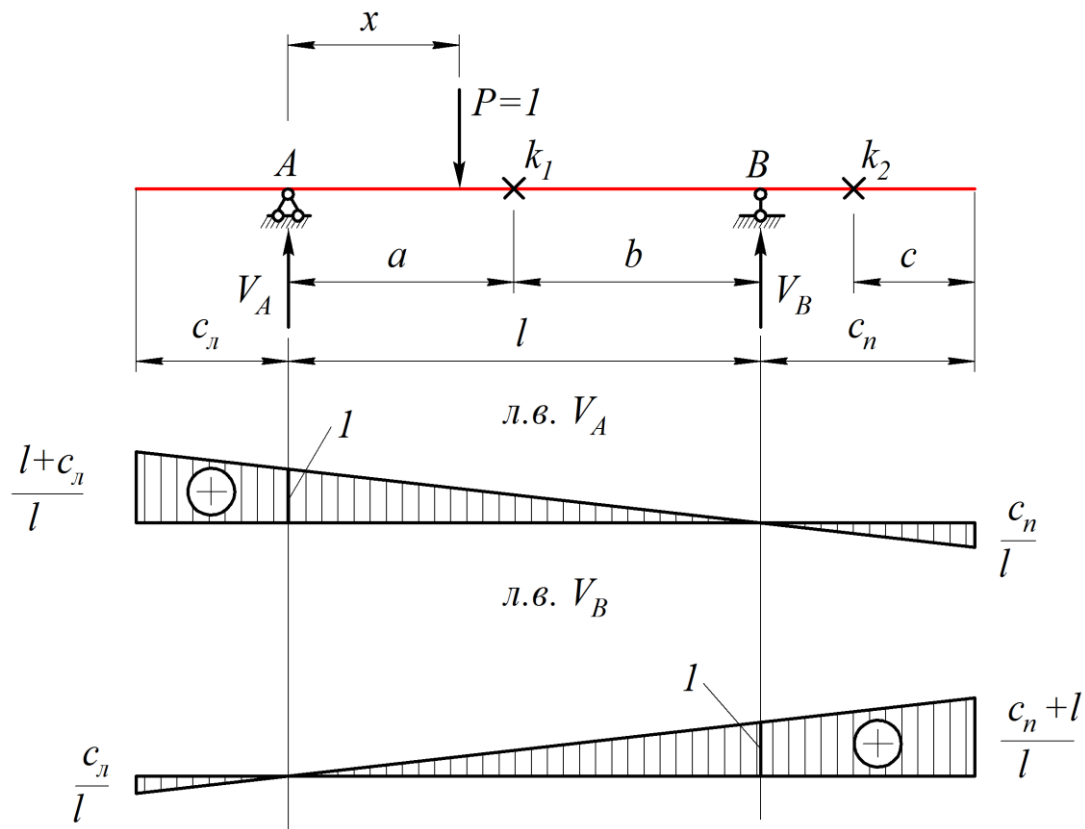


Рисунок 0.9

Чтобы сразу оценить полезность таких графиков, зададимся вопросом, что будет, если на балке в каком то месте стоит не единичный груз, а сосредоточенная сила, например, мешок с цементом 0,5 кН.? Нужно умножить эту силу на ординату линии влияния (например, л.в. V_A) под нагрузкой и сразу, без составления уравнений равновесия получить значение опорной реакции V_A .

Линии влияния изгибающего момента и поперечной силы в каком либо сечении балки получают аналогично. Они функционально связаны с линиями влияния опорных реакций.

Линия влияния изгибающего момента M_{k_1} в сечении k_1 , расположенного в пролете балки (рис.0.10).

Рассматривают два случая расположения единичного груза: левее заданного сечения k_1 и правее него. Выражение для момента M_{k_1} получают из уравнения равновесия. Составляют уравнение для той части балки, на которой груз $P = 1$ отсутствует:

1. Пусть груз $P = 1$ расположен левее сечения k_1 . Рассматривая равновесии правой части балки получим: $M_{k_1} = V_B \cdot b = \frac{x}{l}b$. Эта формула определяет левую ветвь л.в. M_{k_1} от сечений k_1 до конца левой консоли.

2. Пусть груз $P = 1$ расположен правее сечения k_1 . Тогда $M_{k_1} = V_A \cdot a = \frac{l-a}{l}$. Эта формула определяет правую ветвь л.в. M_{k_1} .

Таким образом, ординаты правой ветви равны увеличенным в a раз ординатам линии влияния опорной реакции V_A , а ординаты левой ветви – ординатам л.в. V_B , увеличенным в b раз. Левая и правая ветви пересекаются над сечением k_1 . (рис. 0.10).

Каждая ордината этого графика дает значение изгибающего момента в сечении k_1 , когда груз $P = 1$ располагается на балке в месте, соответствующем этой ординате. Отличие от эпюры моментов состоит и в том, что положительные ординаты откладываются над осью балки.

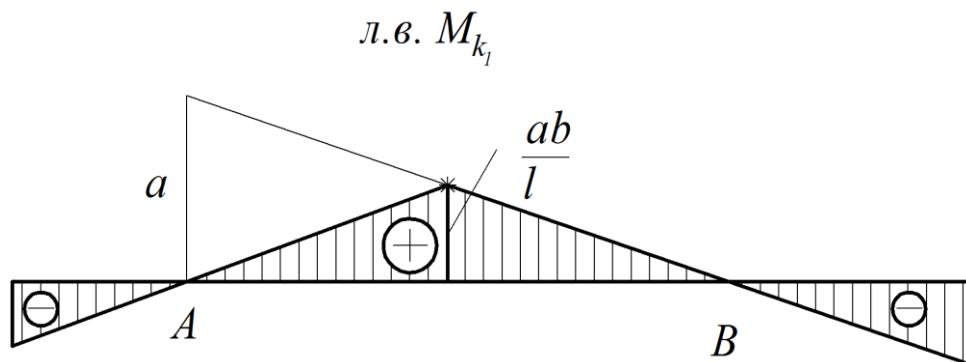


Рисунок 0.10

Итак, построение л.в. изгибающего момента в заданном сечении k двухопорной балки сводится к следующему простому алгоритму:

1. На левой опоре вверх откладывают отрезок, равный расстоянию от этой опоры до сечения. Этот отрезок можно откладывать в любом удобном масштабе.
2. Конец отрезка соединяют с правой опорой.
3. На полученную прямую сносят сечение. На рис. 0.10 эта точка показана звездочкой.
4. Точку пересечения соединяют с левой опорой.
5. Если у балки есть консольные участки, то правую ветвь л.в. продолжают по прямой до конца правой консоли, а левую ветвь – до конца левой консоли

Линия влияния поперечной силы Q_{k_1} (рис.0.11)

Опираясь на определение поперечной силы в балках, как проекции всех сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения на нормаль к оси балки, нетрудно получить формулы для левой и правой ветвей л.в. Q_{k_1} :

1. Груз $P = 1$ левее сечения k_1 :

$$Q_{k_1} = -(V_B) = -\frac{x}{l} - \text{левая ветвь,}$$

2. Груз $P = 1$ правее сечения k_1 :

$$Q_{k_1} = V_A = \frac{l-x}{l} - \text{правая ветвь.}$$

Порядок построения л.в. поперечной силы для сечения k сводится к следующим действиям:

1. На левой опоре *вверх* откладывают отрезок равный единице (рис.0.11)
2. На правой опоре *вниз* откладывают отрезок равный единице.
3. Соединяют концы отрезков с противоположными опорами.
4. На полученный параллелограмм сносят сечение.
5. Если у балки есть консольные участки, то правую ветвь л.в. продолжают по прямой до конца правой консоли, а левую ветвь – до конца левой консоли

л.в. Q_{k_1}

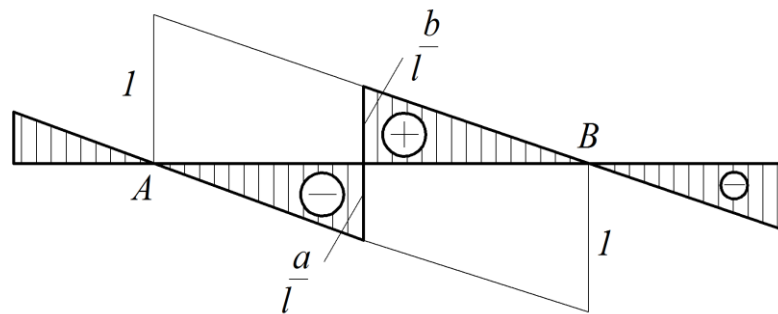


Рисунок 0.11

Линии влияния момента и поперечной сил для сечения k_2 , расположенного на консольной части балки (рис.0.12), легче всего строить, опираясь лишь на определения изгибающего момента и поперечной силы в балке.

Рассмотрим, например, сечение k_1 на правой консоли.

Будем задавать положение груза $P = 1$ координатой x с началом отсчета в сечении k_2 , направляя ось вправо (см. рис.0.9)

Линия влияния M_{k_2} .

1. Груз $P = 1$ левее сечения k_2 : $M_{k_2} = 0$ (Рассматривая правую ненагруженную часть консоли устанавливаем на основании определения момента, что $M_{k_2} = 0$)

2. Груз $P = 1$ правее сечения k_2 : $M_{k_2} = -1 \cdot x$.

Линия влияния M_{k_2} показана на рис.0.12

л.в. M_{k_2}

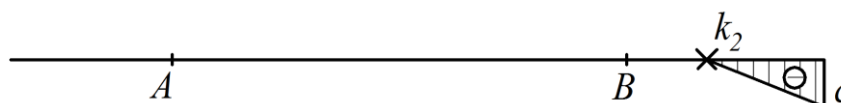


Рисунок 0.12

Линия влияния Q_{k_2} (рис.0.13)

1. Груз $P = 1$ левее сечения k_2 : $Q_{k_2} = 0$.

2. Груз $P = 1$ правее сечения k_2 : $Q_{k_2} = 1$.

л.в. Q_{k_2}

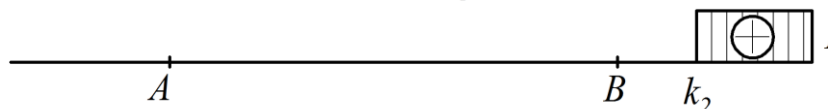


Рисунок 0.13

Сравнивая эпюры изгибающих моментов M и поперечных сил Q с линиями влияния M и Q , следует отметить, что они принципиально различны.

Ординаты эпюр усилий характеризуют напряженное состояние всей системы, в любом сечении от одной конкретной заданной нагрузки. При другом положении нагрузки расчет нужно проводить заново и строить новые эпюры.

Ординаты линии влияния, наоборот, характеризуют величину и изменение усилия в одном сечении, для которого построена эта линия влияния, в зависимости от положения единичной силы.

Вопросы:

1. Понятие линии влияния.
2. Построение линии влияния опор.
3. Построение линии влияния M .
4. Построение линии влияния Q .
5. Отличия линии влияния от эпюр.

Перечень основной литературы:

1. Глов, В.А. Строительная механика и металлические конструкции машин / В.А. Глов, А.В. Зайцев, В.Ю. Игнатюгин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 95 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=426940>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-5266-4. – DOI 10.23681/426940. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

Старцева, Л.В. Строительная механика в примерах и задачах / Л.В. Старцева, В.Г. Архипов, А.А. Семенов. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 222 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274344>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-93093-985-9. – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks Договор №5168/19 от 13 мая 2020 года
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line» Договор №50-04/19 от 13 мая 2020 года
3. Электронно-библиотечная система Лань Договор №Э410-19 от 22 апреля 2020 г.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные справочные системы:

1. www.biblioclub.ru - «Университетская библиотека онлайн»;
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks ООО «Ай Пи Эр Медиа».