

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

СЕРИЯ «САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ»

Л.С. Турищев

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ  
В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ  
СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ  
ОТ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ**

Электронное учебное пособие  
для студентов строительных специальностей

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2020

Об издании – [1](#), [2](#)

УДК 624.04(075.8)

ББК 38.112я73

Одобрено и рекомендовано к изданию  
методической комиссией инженерно-строительного факультета  
в качестве методического пособия  
(протокол № 5 от 01.06.2016)

Кафедра прикладной механики и графики

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

канд. техн. наук, доц., зав. кафедры строительных конструкций

**А.И. КОЛТУНОВ**

канд. техн. наук, доц., доц. кафедры строительных конструкций

**В.Н. КИСЕЛЕВ**

**Турищев, Л. С.**

Методы определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях от подвижной нагрузки [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие для студентов строит. специальностей / Л.С. Турищев. – Новополец : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

ISBN 978-985-531-704-4.

На основе структурно-логических схем приведены рекомендации по технологии формирования междисциплинарной системы знаний, связанных с базовыми теоретическими положениями и понятиями модуля. Содержатся указания, связанные с практическим применением знаний для решения типовых задач модуля. Имеется банк тестовых заданий для самоконтроля, связанных с изучаемым модулем. Приведен список рекомендуемой учебной литературы, интернет-источников. Составлен глоссарий модуля.

Предназначено для студентов строительных специальностей всех форм обучения. Может быть полезно начинающим преподавателям строительной и технической механики.

**№ госрегистрации 3302023415**

**ISBN 978-985-531-704-4**

© Турищев Л.С., 2020

© Полоцкий государственный университет, 2020

Для создания текстового электронного издания «Методы определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях от подвижной нагрузки» Л.С. Турищева использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Материалы включены в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3302023415 от 09.09.2020 г.

**Технические требования:**

1 оптический диск.

**Системные требования:**

PC не ниже класса Pentium;

32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb;

Windows 95/98/Me/2000/XP/7;

Дисковод CD-ROM 2-скоростной и выше;

мышь

Редактор *О.Ю. Тарасевич*  
Техническое редактирование *О.Ю. Тарасевич*  
Компьютерный дизайн *М.С. Мухоморовой*

---

Подписано к использованию 26.08.2020.

Объем издания: 1,7 Мб. Заказ 424.

---

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА МОДУЛЯ.....	7
2. УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ МОДУЛЯ.....	10
2.1 Задачи на построения линий влияния внутренних усилий в МШБ кинематическим способом .....	10
2.2 Задачи на определение внутренних усилий в МШБ от неподвижной нагрузки по линиям влияния.....	13
3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ.....	17
3.1 Тестовые задания первого уровня .....	18
3.2 Тестовые задания второго уровня.....	23
3.3 Ответы на тестовые задания первого и второго уровней .....	27
ЛИТЕРАТУРА .....	30
ГЛОССАРИЙ МОДУЛЯ.....	32

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В данном пособии содержатся материалы для организации вашей самостоятельной работы при изучении курса строительной механики. Предлагаемые материалы включают в себя:

- рекомендации по осуществлению самостоятельной деятельности, связанные с базовыми теоретическими положениями и понятиями изучаемого модуля курса и соответствующие дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального циклов;

- указания по приобретению навыков, связанные с практическим применением системы знаний для решения задач модуля курса согласно стандартным алгоритмам;

- материалы для самоконтроля, связанные с изучаемым курсом.

При написании пособия использовались материалы, изложенные в соответствующих образовательных стандартах, учебных программах, учебниках, учебных пособиях, интернет-источниках по строительной механике и связанных с ней соответствующих дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального циклов учебного плана. Список использованных источников приводится в конце пособия.

## ВВЕДЕНИЕ

Нагрузки на конструкции классифицируются по различным признакам. Одним из таких признаков является продолжительность действия нагрузки. По этому признаку нагрузки подразделяются на постоянные и временные. Постоянные действуют на конструкции в течение всего времени их эксплуатации. Действие временных на конструкцию ограничено.

Частным случаем временных нагрузок являются подвижные нагрузки, особенностью действия которых является возможность изменения своего положения на конструкции. Подвижная нагрузка, меняя своё положение на конструкции, вызывает в ней переменные внутренние усилия, которые зависят как от положения нагрузки, так и от параметров конструкции.

Основными целями расчета конструкций на действие подвижной нагрузки являются:

- найти положения подвижной нагрузки, при которых внутренние усилия в конструкции принимают наибольшие и наименьшие значения;
- определить наибольшие и наименьшие значения внутренних усилий, возникающих в конструкции;

Возможны два подхода к нахождению экстремальных значений внутренних усилий.

Первый подход основан на использовании аппарата математического анализа для нахождения экстремальных значений функций одной переменной. Такой подход справедлив как для линейно деформируемых, так и нелинейно деформируемых систем.

Второй подход основан на использовании понятия линии влияния внутреннего усилия. Данный подход справедлив только для линейно деформируемых систем.

В настоящем пособии рассматривается второй подход для определения экстремальных значений внутренних усилий, возникающих в статически плоских и статически определимых стержневых конструкциях при действии произвольных подвижных нагрузок.

## 1. РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА МОДУЛЯ

Изучение теоретического материала модуля следует начинать с повторения рекомендаций по изучению курса в целом согласно [13]. Содержание изучаемого модуля связано с общими положениями и понятиями расчета плоских статически определимых стержневых конструкций при действии подвижной нагрузки. Структурно-логическая схема ключевых понятий, принципов, терминов рассматриваемого модуля, которые подлежат пониманию и усвоению согласно [2], приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. – Структурно-логическая схема ключевых понятий, принципов, терминов изучаемого модуля

Изучение материала модуля должно начинаться с понимания термина **подвижная нагрузка**<sup>1</sup> и ее видов – **двухосная, многоосная, гусеничная**. Далее следует выяснить, каковы особенности действия на конструкцию подвижной нагрузки, в чем заключаются отличия возникающих при её действии внутренних усилий по сравнению с внутренними усилиями от неподвижной нагрузки и каковы цели расчета конструкций на действие подвижных нагрузок. При этом важно понять, что такое **опасное**

<sup>1</sup> Здесь и далее полужирным курсивом выделяются термины и понятия курса, знание которых студентом является обязательным.

**(расчетное) положение подвижной нагрузки** и какие существуют подходы к его отысканию.

Затем следует усвоить понятие **линии влияния**, суть способов ее построения и их принципиальное отличие. При этом важно разобраться, каков смысл **ординаты линии влияния**.

Изучение способов построения линий влияния рекомендуется начать с **кинематического способа**, рассматривая его на примере простой балки для построения линий влияния опорных реакций, изгибающего момента и поперечной силы. Главное здесь осознанно понять алгоритм построения линий влияния внутренних усилий кинематическим способом.

Изучив кинематический способ, следует разобраться со **статическим способом** построения линий влияния внутренних усилий также на примере простой балки. Здесь важно усвоить, что при построении линий влияния изгибающего момента и поперечной силы необходимо рассматривать два положения груза по отношению к сечению, с которым связано построение линии влияния.

После изучения способов построения линий влияния следует разобраться с их применением к определению внутренних усилий сначала от неподвижных, а затем от подвижных нагрузок. При этом важно разобраться с определением размерностей ординат линий влияния для различных внутренних усилий.

При рассмотрении формул для определения внутренних усилий от неподвижных нагрузок, прежде всего, следует понять, что лежит в основе всех формул и каковы правила знаков при их использовании.

Рассматривая применение линий влияния к определению внутренних усилий сначала от подвижных нагрузок важно понять, как используются формулы определения внутренних от неподвижных нагрузок для отыскания опасных положений различных видов подвижных нагрузок.

В заключение следует выяснить, как применяются линии влияния для формирования матриц влияния соответствующих внутренних усилий.

При изучении материала модуля рекомендуется использование следующей литературы: [4, с.64–82]; [5, с.29–34, 65–68, 72–77]; [6, с.120–127, 136–145]; [10, с.56–77]; [14, с.42–64].

Для понимания и усвоения материала рассматриваемого модуля курса, прежде всего, необходимо повторить следующие понятия, термины, принципы и методы, изученные в модуле:



– *«Введение в строительную механику»* – линейно деформируемая система, нелинейно деформируемая система, принцип независимости действия сил, статически определимые системы [10, с.11–24].

– *«Методы определения внутренних усилий от неподвижной нагрузки в плоских статически определимых стержневых системах»* – внутренние усилия, изгибающий момент, поперечная сила, статический метод определения внутренних усилий, матрица влияния внутренних усилий [10, с.42–55].

## 2. УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ МОДУЛЯ

После изучения теоретического материала модуля, его понимания и усвоения можно переходить к применению полученных знаний для решения типовых задач модуля. Согласно утвержденной учебной программе курса [3] вы должны уметь:

- строить линии влияния внутренних усилий в многопролетных шарнирных балках (МШБ) кинематическим способом;
- определять внутренние усилия в МШБ от неподвижной нагрузки с использованием линий влияния;
- определять внутренние усилия в МШБ от временной нагрузки с использованием линий влияния.

Для приобретения умений решения задач рекомендуется сначала внимательно прочитать указания к решению задач каждого вида, разобраться с приводимыми примерами их решения. После этого рекомендуется перейти к решению задач, приведенных в [9], [10], [15], [17], [18].

### 2.1 Задачи на построения линий влияния внутренних усилий в МШБ кинематическим способом

Для построения линий влияния внутренних усилий, возникающих в МШБ, кинематическим способом необходимо:

1. Удалить связь, линию влияния реакции которой требуется построить, и заменить удаленную связь соответствующей реакцией положительного направления.
2. Придать полученному механизму возможное отклонение таким образом, чтобы реакция удаленной связи на соответствующем ей перемещении совершила положительную работу.
3. Выбрать специальный масштаб для отклоненного положения механизма, при котором перемещение по направлению реакции удаленной связи полагается равным 1. Тогда отклоненное положение механизма одновременно является очертанием линии влияния рассматриваемой реакции удаленной связи.
4. Найти числовые значения характерных ординат построенных линий влияния опорных реакций, изгибающих моментов и поперечных сил с использованием заданного перемещения по направлению реакции уда-

ленной связи, равного 1, и геометрических соотношений между ординатами соответствующих участков линий влияния.

Для получения очертания линии влияния опорной реакции МШБ необходимо удалить соответствующий опорный стержень и заменить его вертикальной силой, направленной вверх.

Для получения очертания линии влияния изгибающего момента, возникающего в некотором сечении, необходимо в это сечение ввести шарнир и приложить два положительных момента в торцах участков, прилегающих к шарниру, растягивающих нижние волокна.

Для получения очертания линии влияния поперечной силы, возникающей в некотором сечении, нужно в этом сечении удалить связь, благодаря которой в этом сечении и возникает поперечная сила. С этой целью заменим жесткое соединение торцов в сечении эквивалентным стержневым соединением (рисунок 2, а).

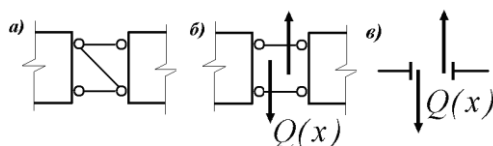


Рисунок 2. – Получение очертания линии влияния поперечной силы

и удалим стержень, препятствующий взаимному вертикальному перемещению торцов. Соответствующей реакцией и является поперечная сила, возникающая в этом сечения. Получившееся соединение торцов принято называть «качелями» (рисунок 2, б). В дальнейшем «качели» будем изображать схематично согласно рисунку 2, в.

**Пример 1.** Для многопролетной шарнирной балки, показанной на рисунке 3, построить кинематическим способом линию влияния опорной реакции  $V_C$ .

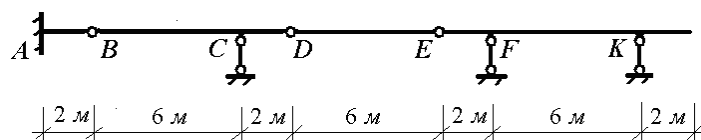


Рисунок 3. – Многопролетная шарнирная балка

Для построения линии влияния опорной реакции  $V_C$  удалим опорный стержень  $C$  и заменим его реакцией положительного направления (рисунок 4, а).

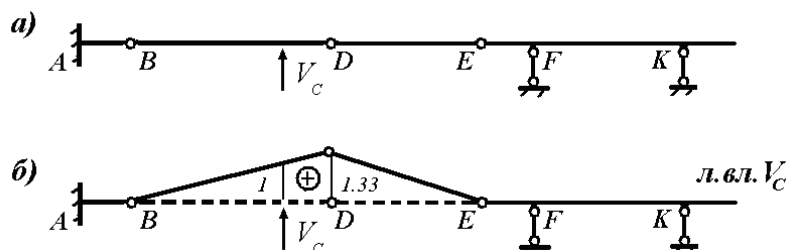


Рисунок 4. – Реакция положительного направления

Придадим полученному механизму возможное отклонение по направлению опорной реакции  $V_C$  и примем перемещение точки ее приложения равным 1. Тогда отклоненное положение механизма (рисунок 4, б) является линией влияния опорной реакции  $V_C$ .

**Пример 2.** Для многопролетной шарнирной балки, показанной на рисунке 5, построить кинематическим способом линию влияния изгибающего момента для сечения 1 –  $M_1$

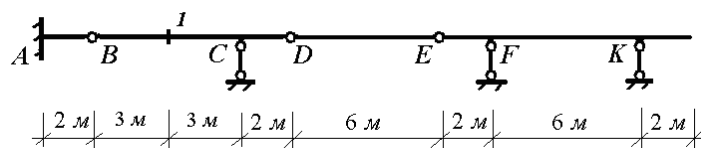


Рисунок 5. – Многопролетная шарнирная балка

Для построения линии влияния изгибающего момента  $M_1$  введем в сечение 1 шарнир и заменим удаленную при этом связь парой положительных моментов (рисунок 6, а).

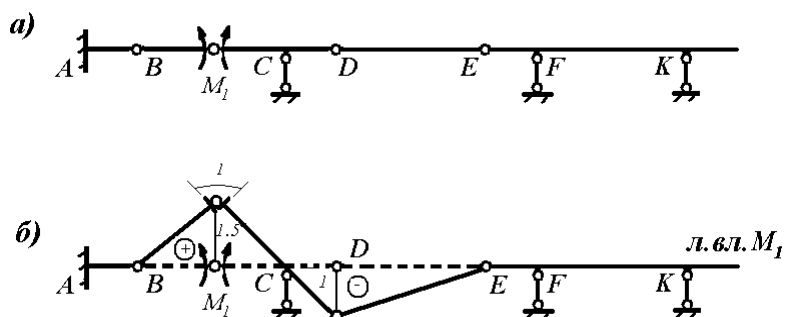


Рисунок 6. – Построение линии влияния изгибающего момента  $M_1$

Придадим полученному механизму возможное отклонение по направлению моментов  $M_1$  и примем взаимный угол поворота торцов, примыкающих к введенному шарниру, равным 1. Тогда отклоненное положение механизма (рисунок 6, б) является линией влияния  $M_1$ .

**Пример 3.** Для многопролетной шарнирной балки, показанной на рисунке 7, построить кинематическим способом линию влияния поперечной силы для сечения 2 –  $Q_2$ .

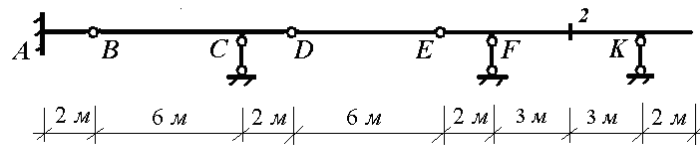


Рисунок 7. – Многопролетная шарнирная балка

Для построения линии влияния поперечной силы  $Q_2$  введем в сечение 2 «качели» и заменим удаленную при этом связь парой положительных поперечных сил (рисунок 8, а).

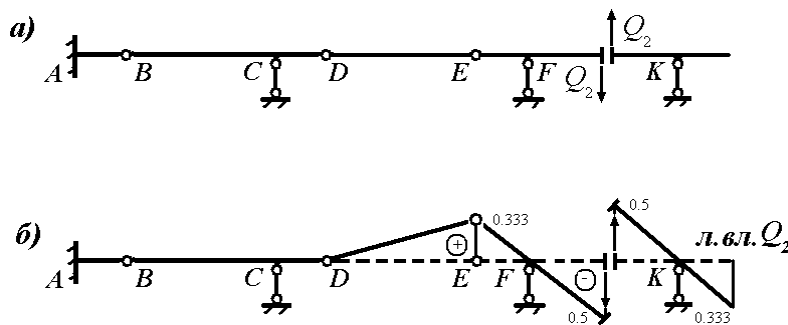


Рисунок 8. – Построение линии влияния поперечной силы  $Q_2$

Придадим полученному механизму возможное отклонение по направлению поперечных сил  $Q_2$  и примем взаимное смещение торцов качели по вертикали равным 1. Тогда отклоненное положение механизма (рисунок 8, б) является линией влияния  $Q_2$ .

## 2.2 Задачи на определение внутренних усилий в МШБ от неподвижной нагрузки по линиям влияния

Определение произвольного внутреннего усилия от неподвижной нагрузки с помощью линий влияния осуществляется согласно следующих формул:

1. При действии на балку системы сосредоточенных сил

$$S = \sum_{i=1}^n P_i s_i, \quad (1)$$

где  $S$  – искомое внутреннее усилие;  $P_i$  – заданные сосредоточенные силы;  $s_i$  – ординаты линии влияния усилия  $S$  под местами приложения сил  $P_i$ . Заданные силы считаются положительными, если они направлены вниз. В противном случае они считаются отрицательными. Знаки ординат  $s_i$  определяются по линии влияния.

2. При действии на балку распределенной нагрузки постоянной интенсивности  $g$

$$S = gA_{ab}, \quad (2)$$

где  $A_{ab}$  – площадь линии влияния внутреннего усилия  $S$  на участке нагружения. Знак  $A_{ab}$  определяется по линии влияния, а интенсивность  $g$  берется со знаком плюс, если распределенная нагрузка направлена вниз, и со знаком минус – в противном случае.

3. При действии на балку внешних моментов

$$S = \sum_{i=1}^n M_i \operatorname{tg} \alpha_i, \quad (3)$$

где  $M_i$  – заданные внешние моменты;  $\operatorname{tg} \alpha_i$  – тангенсы углов наклона касательных к линии влияния  $S$  под местами приложения к конструкции внешних моментов. Внешние моменты считаются положительными, если они направлены по часовой стрелке. В противном случае они считаются отрицательными. Знаки для  $\operatorname{tg} \alpha_i$  определяются по правилам тригонометрии.

**Пример 4.** Для многопролетной шарнирной балки нагруженной неподвижной нагрузкой (рисунок 9, а) определить реакцию на опоре  $C$  с использованием линии влияния (рисунок 9, б), построение которой для данной балки было рассмотрено в примере 1.

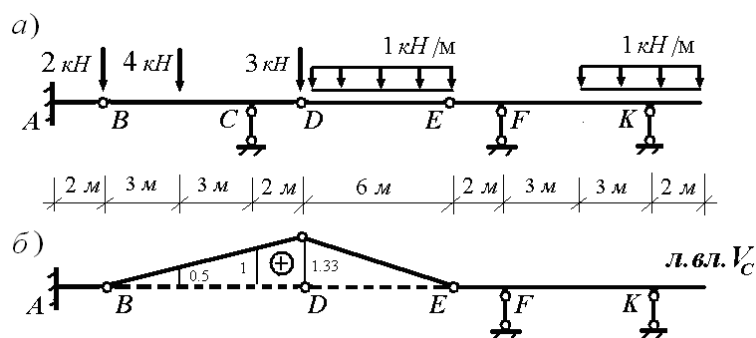


Рисунок 9. – Многопролетная шарнирная балка с неподвижной нагрузкой

Тогда реакция на опоре С, в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния  $V_C$ , вычисляется с применением формул (1), (2) и принимает значение

$$V_C = 4 \cdot 0.5 + 3 \cdot 1.33 + 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.33 \cdot 6 = 9.98 \text{ кН}.$$

**Пример 5.** Для многопролетной шарнирной балки нагруженной неподвижной нагрузкой (рисунок 10, а) определить изгибающий момент в сечении 1 с использованием линии влияния (рисунок 10, б), построение которой для данной балки было рассмотрено в примере 2

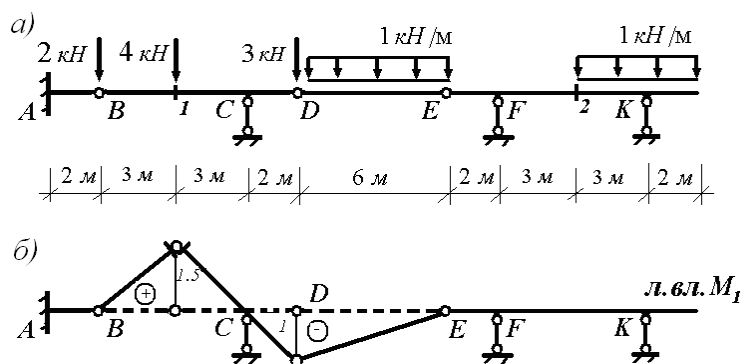


Рис.10. Многопролетная шарнирная балка с неподвижной нагрузкой

Тогда изгибающий момент в сечении 1, в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния  $M_1$ , вычисляется с применением формул (1), (2) и принимает значение

$$M_1 = 4 \cdot 1.5 - 3 \cdot 1 - 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 6 = 0.$$

**Пример 6.** Для многопролетной шарнирной балки нагруженной неподвижной нагрузкой (рисунок 11, а) определить поперечную силу в сече-

нии 2 с использованием линии влияния (рисунок 11, б), построение которой для данной балки было рассмотрено в примере 3.

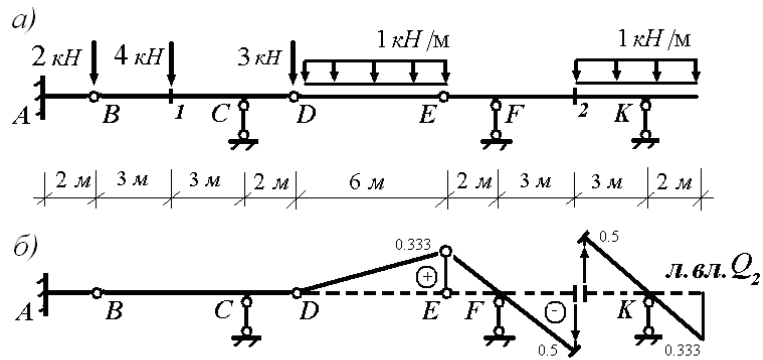


Рисунок 11. – Многопролетная шарнирная балка с неподвижной нагрузкой

Тогда поперечная сила в сечении 2 в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния  $Q_2$ , вычисляется с применением формул (1), (2) и принимает значение

$$Q_2 = 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.333 \cdot 6 + 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 3 - 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.333 \cdot 2 = 1.416 \text{ кН}.$$



### 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ

При изучении строительной механики важную роль играет адекватная самостоятельная оценка приобретенных знаний и умений. Наиболее рационально это можно осуществлять с помощью самотестирования. Для его проведения в пособии содержатся:

- тестовые задания первого уровня, позволяющие проверить понимание и усвоение основных понятий, принципов, терминов изученного модуля;
- тестовые задания второго уровня, позволяющие проверить умение решать типовые задачи модуля;

В представленных тестовых заданиях первого и второго уровня использованы следующие их виды:

- задания закрытой формы;
- задания на установление соответствия;
- задания на установление правильной последовательности;
- задания открытой формы.

В тестовых заданиях закрытой формы необходимо выбрать правильный ответ из представленных вариантов ответов. Возможны две разновидности таких заданий: с выбором одного правильного ответа, с выбором нескольких правильных ответов.

В тестовых заданиях на установление соответствия нужно указать связь между элементами двух столбцов – задающего столбца и столбца выбора. Элементы задающего столбца располагаются слева, а элементы столбца выбора – справа. Правый столбец содержит элементов больше, чем левый, и все его элементы являются истинными высказываниями.

В тестовых заданиях на установление последовательности нужно восстановить правильную последовательность некоторых действий, приведенных произвольным образом.

В тестовых заданиях открытой формы требуется дописать правильный ответ, связанный с определенным определением, понятием или принципом.

### 3.1 Тестовые задания первого уровня

#### 1.1. Дополните определение подвижной нагрузки.

Нагрузка, которая характеризуется

#### 1.2. Дополните определение опасного положения подвижной нагрузки.

Положения подвижной нагрузки, при которых

#### 1.3. Укажите, на чем основан первый подход определения опасного положения подвижной нагрузки.

1.Получение функциональных зависимостей внутренних усилий от положения подвижной нагрузки и их исследование методами математического анализа.

2.Понятие линии влияния.

#### 1.4. Укажите, на чем основан второй подход определения опасного положения подвижной нагрузки.

1.Получение функциональных зависимостей внутренних усилий от положения подвижной нагрузки и их исследование методами математического анализа.

2.Понятие линии влияния.

#### 1.5. Дополните определение линии влияния внутреннего усилия.

Линией влияния внутреннего усилия

**1.6. Укажите, что собой характеризует ордината линии влияния.**

1. Значение внутреннего усилия, возникающего в конструкции в месте (сечение, стержень, опора), связанного с построением линии влияния, при нахождении единичного груза в этом же месте.

2. Значение внутреннего усилия возникающего в месте конструкции, расположенного под ординатой линии влияния, при нахождении единичного груза в этом же месте.

3. Значение внутреннего усилия, возникающего в конструкции в месте, связанного с построением линии влияния, при нахождении единичного груза над ординатой линии влияния.

**1.7. Укажите, какие формулировки относятся к линии влияния внутреннего усилия?**

1. Изменение внутреннего усилия по длине конструкции.

2. Изменение внутреннего усилия в определенном месте конструкции.

3. Неподвижная нагрузка, расположенная на конструкции в определенном месте.

4. Единичный груз, занимающий различные положения на конструкции.

**1.8. Укажите, какие формулировки относятся к эпюре внутреннего усилия?**

1. Изменение внутреннего усилия по длине конструкции.

2. Изменение внутреннего усилия в определенном месте конструкции.

3. Неподвижная нагрузка, расположенная на конструкции в определенном месте.

4. Единичный груз, занимающий различные положения на конструкции.

**1.9. Укажите, на чем основан статический метод построения линий влияния.**

1. Составление уравнений равновесия.

2. Применение принципа возможных перемещений.

3. Составление уравнения работ.

4. Получение очертания линии влияния с использованием функциональной зависимости внутреннего усилия от положения единичного груза.

5. Получение очертания линии влияния без использования функциональной зависимости внутреннего усилия от положения единичного груза.

**1.10. Укажите, на чем основан кинематический метод построения линий влияния.**

1. Составление уравнений равновесия.
2. Применение принципа возможных перемещений.
3. Составление уравнения работ.
4. Получение очертания линии влияния с использованием функциональной зависимости внутреннего усилия от положения единичного груза.
5. Получение очертания линии влияния без использования функциональной зависимости внутреннего усилия от положения единичного груза.

**1.11. Запишите формулу для определения внутреннего усилия по линии влияния от сосредоточенной силы и поясните входящие в неё величины.**

где

**1.12. Запишите формулу для определения внутреннего усилия по линии влияния от системы сосредоточенных сил и поясните входящие в неё величины.**

где

**1.13. Запишите формулу для определения внутреннего усилия по линии влияния от равномерно распределённой нагрузки и поясните входящие в неё величины.**

где

**1.14. Запишите формулу для определения внутреннего усилия по линии влияния от внешнего момента и поясните входящие в неё величины.**

где

**1.15. Запишите формулу для определения внутреннего усилия по линии влияния от системы внешних моментов и поясните входящие в неё величины.**

где

**1.16. Укажите, какую размерность имеют ординаты линии влияния силовой опорной реакции.**

1. Килоньютоны.
2. Метры.
3. Килоньютоны, умноженные на метры.
4. Безразмерные.
5. Килоньютоны, деленные на метры.

**1.17. Укажите, какую размерность имеют ординаты линии влияния моментной опорной реакции.**

1. Килоньютоны.
2. Метры.
3. Килоньютоны, умноженные на метры.
4. Безразмерные.
5. Килоньютоны, деленные на метры.

**1.18. Укажите, какую размерность имеют ординаты линии влияния поперечной силы.**

1. Килоньютоны.
2. Метры.
3. Килоньютоны, умноженные на метры.
4. Безразмерные.
5. Килоньютоны, деленные на метры.

**1.19. Укажите, какую размерность имеют ординаты линии влияния изгибающего момента.**

1. Килоньютоны.
2. Метры.
3. Килоньютоны, умноженные на метры.
4. Безразмерные.
5. Килоньютоны, деленные на метры.

**1.20. Укажите, какую размерность имеют ординаты линии влияния продольной силы.**

1. Килоньютоны.
2. Метры.
3. Килоньютоны, умноженные на метры.
4. Безразмерные.
5. Килоньютоны, деленные на метры.

**1.21. Запишите формулу для определения наибольшего значения внутреннего усилия по линии влияния от действия вертикальной временной нагрузки и поясните входящие в неё величины.**

где

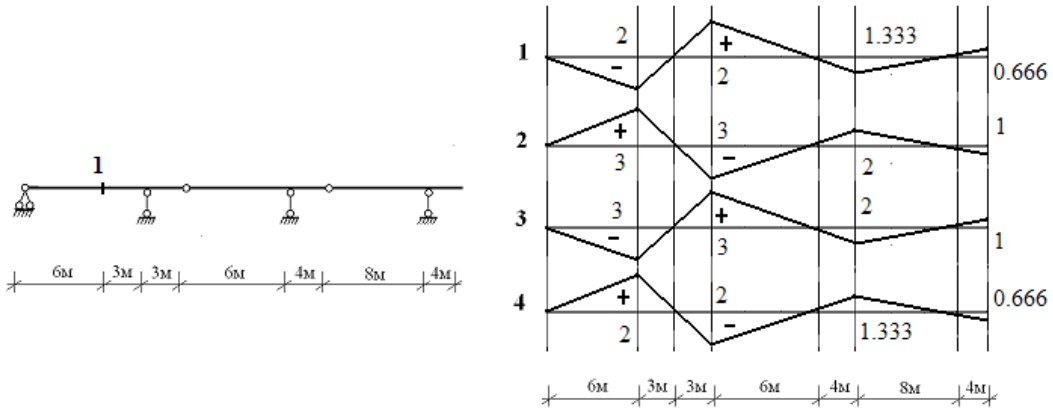
**1.22. Запишите формулу для определения наименьшего значения внутреннего усилия по линии влияния от действия вертикальной временной нагрузки и поясните входящие в неё величины.**

где

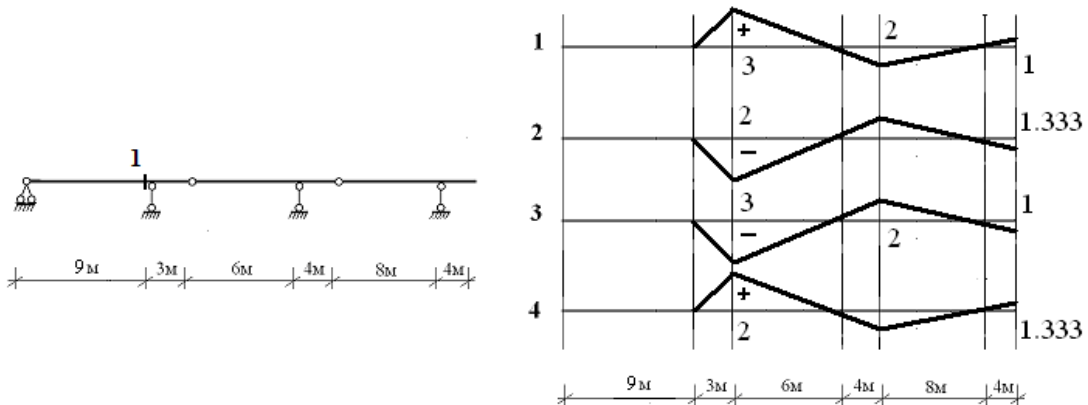
### 3.2 Тестовые задания второго уровня

2.1. Установите, что является очертанием линии влияния изгибающего момента в сечении 1 МШБ.

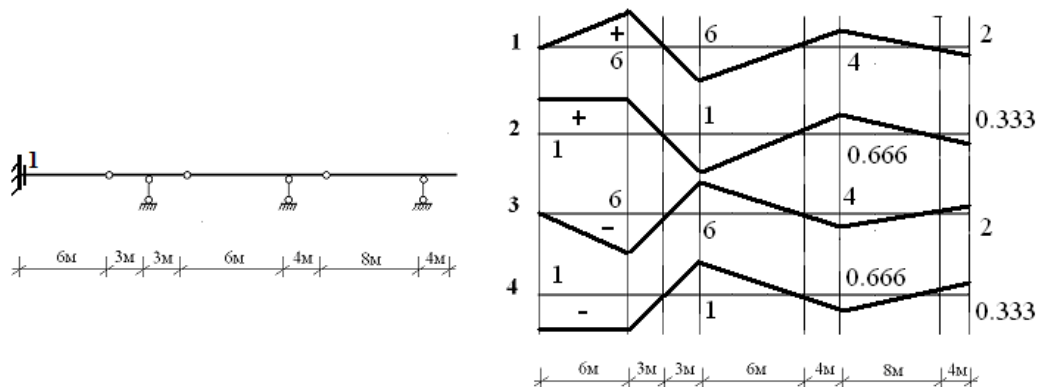
2.1.1



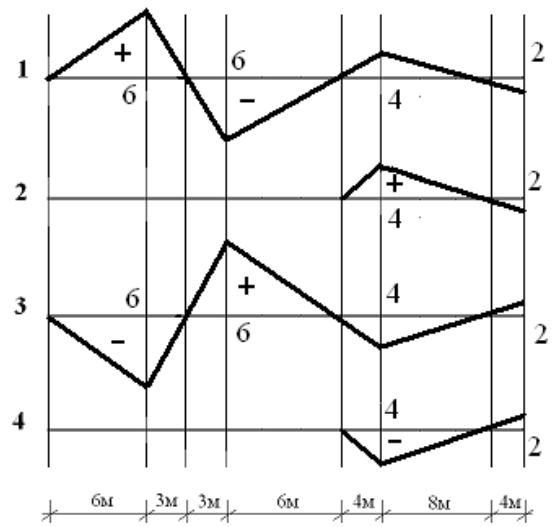
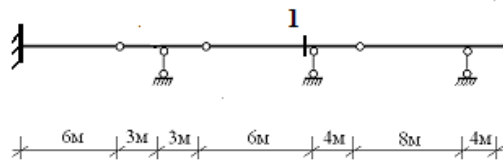
2.1.2



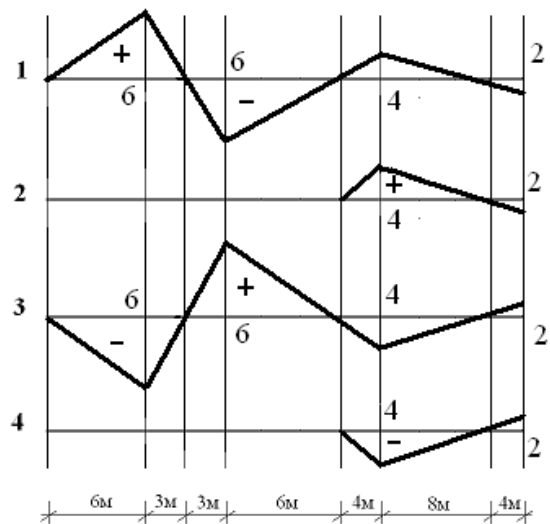
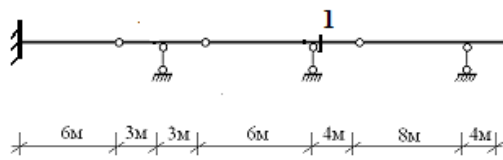
2.1.3



### 2.1.4



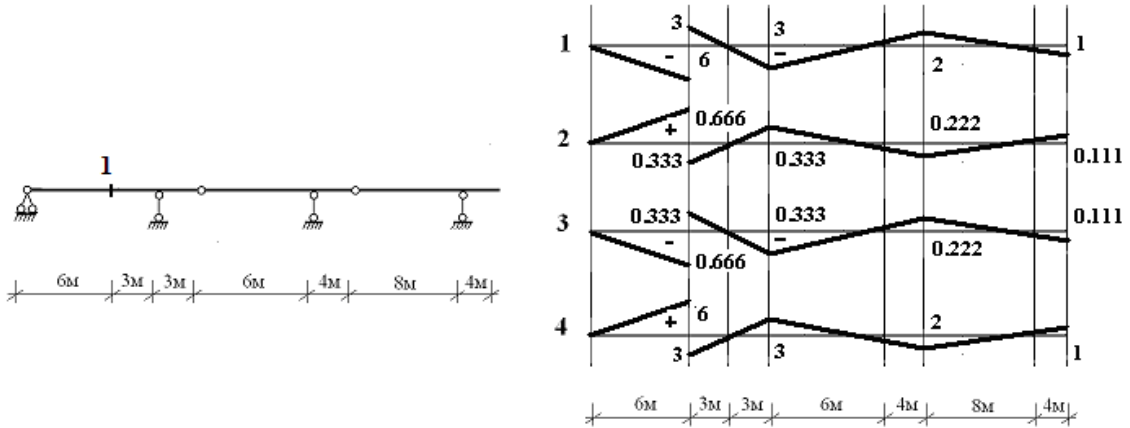
### 2.1.5



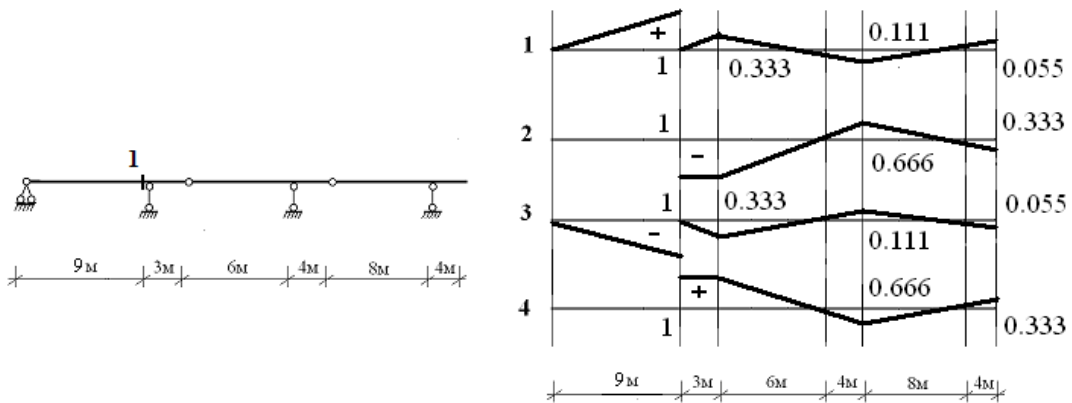


**2.2. Установите, что является очертанием линии влияния поперечной силы в сечении 1 МШБ.**

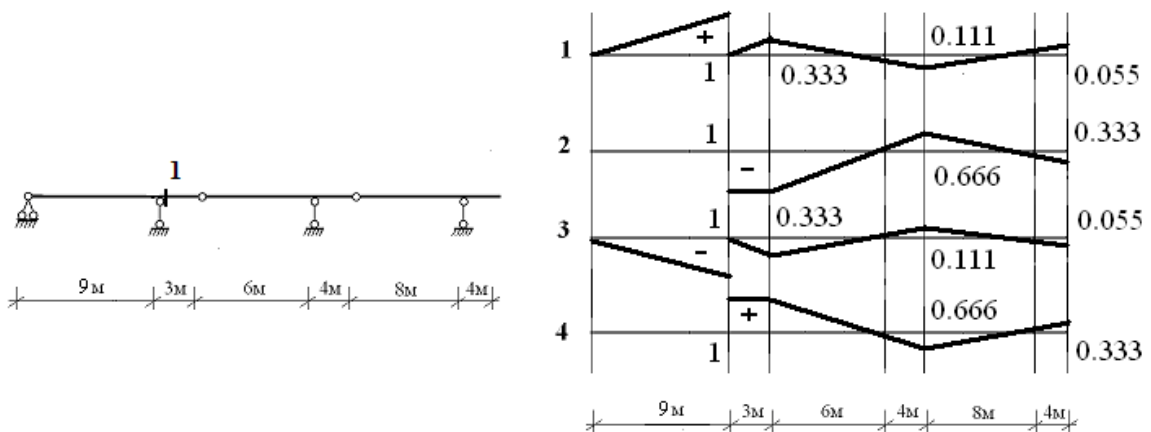
2.2.1



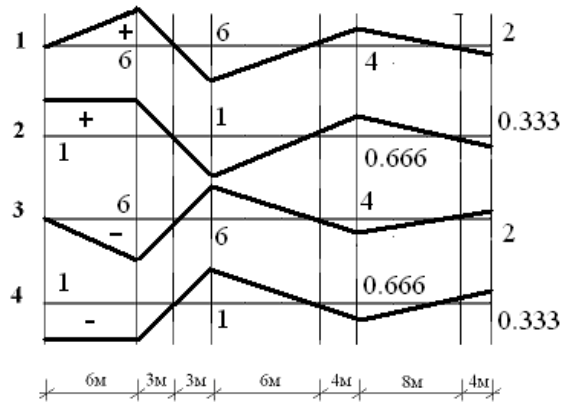
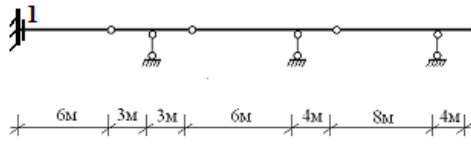
2.2.2



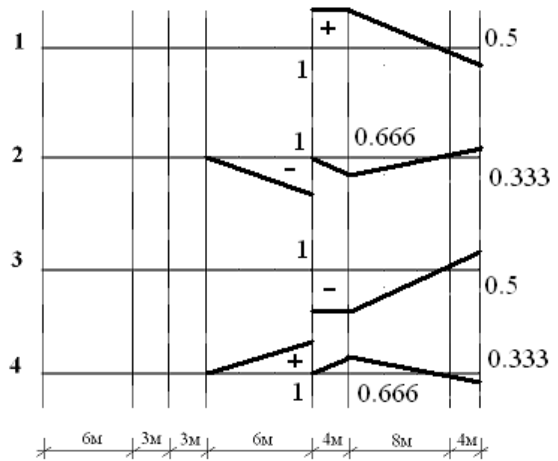
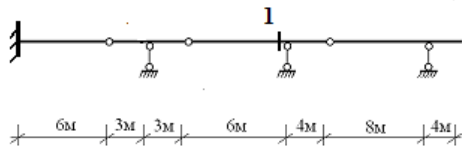
2.2.3



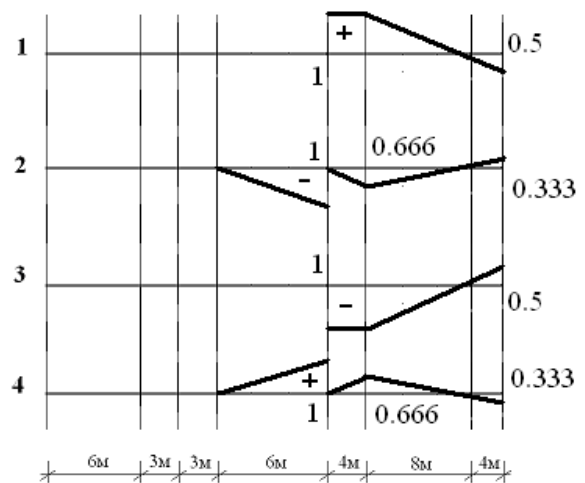
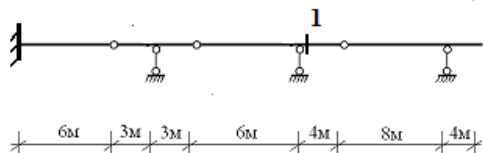
### 2.2.4



### 2.2.5



### 2.2.6



### 3.3 Ответы на тестовые задания первого и второго уровней

#### 1.1.

Нагрузка, которая характеризуется непрерывным изменением места приложения вследствие перемещения по конструкции с конечной скоростью
--

#### 1.2.

Положения подвижной нагрузки, при которых внутренние усилия или перемещения, связанные с расчетом конструкции на прочность и жесткость, принимают экстремальные значения
--

1.3. – 1.

1.4. – 2.

#### 1.5.

Линией влияния внутреннего усилия, возникающего в определенном, месте называется график, описывающий его изменение в зависимости от положения движущегося по конструкции вертикального сосредоточенного единичного груза
--

1.6. – 3.

1.7. – 2, 4.

1.8. – 1, 3.

1.9. – 1, 4.

1.10. – 2, 3, 5.

#### 1.11.

$$S = P_1 s_1$$

где  $P_1$  - модуль приложенной силы

$s_1$  - ордината линии влияния под местом приложения силы

**1.12.**

$$S = \sum_{i=1}^n P_i s_i$$

где  $P_i$  - модули приложенных сил

$s_i$  - ординаты линии влияния, под местами приложения сил

**1.13.**

$$S = gA_{ab}$$

где  $g$  - модуль интенсивности распределенной нагрузки

$A_{ab}$  - площадь линии влияния на участке нагружения распределенной нагрузкой

**1.14.**

$$S = M_1 \operatorname{tg} \alpha_1$$

где  $M_1$  - модуль приложенного внешнего момента

$\operatorname{tg} \alpha_1$  - тангенс угла наклона касательной к линии влияния под местом приложения внешнего момента

**1.15.**

$$S = \sum_{i=1}^n M_i \operatorname{tg} \alpha_i$$

где  $M_i$  - модули приложенных внешних моментов

$\operatorname{tg} \alpha_i$  - тангенс углов наклона касательных к линии влияния под местами приложения внешних моментов

**1.16. – 4.**

**1.17. – 3.**

**1.18. – 4.**

**1.19. – 3.**

**1.20. – 4.**

**1.21.**

$$S_{min} = q \sum_j A_j^-$$

где  $q$  – модуль интенсивности приложенной временной нагрузки

$\sum_j A_j^-$  – сумма площадей всех отрицательных участков линии влияния

**1.22.**

$$S_{max} = q \sum_j A_j^+$$

где  $q$  – модуль интенсивности приложенной временной нагрузки

$\sum_j A_j^+$  – сумма площадей всех положительных участков линии влияния

**2.1.1. – 4.**

**2.1.2. – 3.**

**2.1.3. – 3.**

**2.1.4. – 4.**

**2.1.5. – 4.**

**2.2.1. – 3.**

**2.2.2. – 3.**

**2.2.3. – 4.**

**2.2.4. – 2.**

**2.2.5 – 2.**

**2.2.6. – 1.**

## ЛИТЕРАТУРА

### Учебно-нормативные документы

1. Образовательный стандарт высшего образования первой степени специальности Промышленное и гражданское строительство ОСВО 1-70 02 01-2013, утвержден 30.08.2013, Минск, 2013.

2. Типовая учебная программа дисциплины «Строительная механика», регистрационный № ТД-Ј.066/тип, утверждена 30.06.2010, Минск, 2010.

3. Учебная программа дисциплины «Строительная механика», регистрационный №03/15/уч., утверждена 01.07.2015.

### Учебная литература основная

4. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие для вузов / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск : БНТУ, 2009. - 756 с.

5. Дарков, А.В. Строительная механика: Учебник для вузов. / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – СПб. : Изд. Лань, 2010. – 656 с.

6. Строительная механика. Стержневые системы: Учебник для вузов / А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников; Под ред. А.Ф. Смирнова. – М. : Стройиздат, 1981. – 512 с.

7. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: Учебник для вузов/ А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников; Под ред. А.Ф. Смирнова. – М. : Стройиздат, 1984. – 416 с.

8. Клейн, Г.К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики / Г.К. Клейн, В.Г. Рекач, Г.И. Розенблат. – М. : Высшая школа, 1972. – 320 с.

9. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (статика стержневых систем): Учеб. пособие для студентов вузов / Г.К. Клейн, Н.Н. Леонтьев, М.Г. Ванюшенко и др.; Под ред. Г.К. Клейна. – М. : Высшая школа, 1980. – 384 с.

10. Турищев, Л.С. Строительная механика: учебно-методический комплекс в 3 ч / Л.С. Турищев. – Новополоцк : ПГУ. 2010. – Ч.1. Статически определимые системы. – 224 с.

11. Турищев, Л.С. Строительная механика: учебно-методический комплекс / Л.С. Турищев. – Новополоцк : ПГУ. 2009. – Ч.2. Статически неопределимые системы – 200 с.

12. Турищев, Л.С. Строительная механика: учебно-методический комплекс / Л.С. Турищев. – Новополюцк : ПГУ. 2010. – Ч.3. Основы динамики и устойчивости сооружений – 136 с.

13. Турищев, Л.С. Введение в строительную механику: электронное пособие для организации самостоятельной работы студентов / Л.С. Турищев. – Новополюцк : ПГУ. 2016. – 56 с.

### **Учебная литература дополнительная**

14. Рабинович, И.М. Основы строительной механики стержневых систем / И.М. Рабинович. – М. : Госстройиздат, 1960. – 520 с.

15. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: учебник для вузов / А.Е. Саргсян, А.Т. Демченко, Н.В. Дворянчиков, Г.А. Джинчвелашвили; Под ред. А.Е. Саргсяна. – М. : Высш. шк., 2000. – 416 с.

16. Безухов, Н.И. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах / Н.И. Безухов, О.В. Лужин, Н.В. Колкунов. – М. : Высшая школа, 1987. – 264 с.

17. Кузьмин, В.А. Сборник задач по курсу строительной механики / В.А. Кузьмин, В.Г. Рекач, Г.И. Розенблат; под редакцией И.М. Рабиновича. – М. : Госстройиздат, 1963. – 331 с.

18. Киселев, В.А. Строительная механика в примерах и задачах / В.А. Киселев, А.М. Афанасьев, В.А. Ермоленко и др.; Под ред. В.А.Киселева. М. : Стройиздат, 1986. – 387с.

### **Интернет-ресурсы**

19. Учебные курсы для студентов по сопротивлению материалов и строительной механики [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://mysopromat.ru/uchebnye\\_kursu/](http://mysopromat.ru/uchebnye_kursu/).

20. Сайт кафедры строительной механики СПбГПУ с учебными материалами по строительной механике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://smitu.cef.spbstu.ru/index.htm>.

21. Сайт кафедры строительной механики БелГУТ с учебными материалами по строительной механике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mechanika.org.ru/index>.

## ГЛОССАРИЙ МОДУЛЯ

### ***Гусеничная нагрузка***

Различные виды движущихся механических экипажей на гусеничном ходу – тракторы, вездеходы, военная техника.

### ***Двухосная нагрузка***

Различные виды движущихся двухосных механических экипажей – мостовые краны общего назначения, кары, двухосные автомобили.

### ***Кинематический способ***

Способ построения линий влияния, основанный на применении принципа возможных перемещений и позволяющий получать их очертания без явного нахождения функциональной зависимости внутреннего усилия от положения движущегося вертикального сосредоточенного единичного груза.

### ***Линия влияния***

График, описывающий изменение внутреннего усилия, возникающего в определенном месте конструкции в зависимости от положения движущегося вертикального сосредоточенного единичного груза

### ***Многоосная нагрузка***

Движущиеся вместе несколько двухосных механических экипажей, а также различные виды движущихся многоосных механических экипажей – автомобильные колонны, тяжелые мостовые краны, многоосные автомобили, железнодорожные составы.



***Опасное (расчетное) положение подвижной нагрузки***

Положение подвижной нагрузки на конструкции, при котором искомые внутренние усилия принимают экстремальные значения.

***Ордината линии влияния***

Указывает значение величины внутреннего усилия при расположении единичного груза на конструкции над этой ординатой.

***Подвижная нагрузка***

***Статический способ***

Способ построения линий влияния, основанный на составлении уравнений равновесия для конструкции, нагруженной в произвольном месте с абсциссой  $x$  неподвижным единичным грузом и определении из этих уравнений функциональной зависимости внутреннего усилия от абсциссы  $x$ .