

**Материалы для организации самостоятельной работы студентов 4 курса
ИСФ заочной формы обучения при изучении строительной механики**

**Модуль М-3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ
УСИЛИЙ ОТ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ В ПЛОСКИХ
СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СТЕРЖНЕВЫХ
КОНСТРУКЦИЯХ**

1. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Изучение модуля следует начинать с рассмотрения видов подвижной нагрузки, выяснения особенностей их действия на конструкции и понимания целей расчета конструкций на действие подвижных нагрузок.

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 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 разобраться с определением размерностей ординат линий влияния для различных внутренних усилий.

При изучении материала модуля рекомендуется использование следующей литературы: [1, с. 120 – 144]; [3, с. 206 – 213]; [4, с. 42 – 64]. Структура изучаемого модуля согласно [5] включает следующие учебные элементы:

1. Особенности расчета конструкций на подвижную нагрузку.
2. Статический способ построения линий влияния.
3. Кинематический способ построения линий влияния.
4. Применение линий влияния к определению внутренних усилий.

2.Методические рекомендации к решению задач

После изучения и усвоения теоретического материала модуля следует перейти к решению связанных с ним задач. Для приобретения устойчивых умений и навыков решения задач рекомендуется сначала разобраться в приводимые ниже рекомендациях и примерах решения типовых задач модуля. После этого решить самостоятельно предлагаемые задачи, а затем перейти к решению задач, имеющихся в различных учебных пособиях и задачниках по строительной механике.

Типовая задача М-3.1. Построение линий влияния в многопролетных шарнирных балках

Для построения кинематическим способом линии влияния опорной реакции многопролетной шарнирной балки удаляется соответствующая опорная связь и заменяется реакцией положительного направления. Полученному меха-

низму с одной степенью свободы придается возможное отклонение от положения равновесия в сторону положительного направления реакции удаленной связи. Вертикальное перемещение точки приложения опорной реакции полагается равным единице. Тогда отклоненное положение механизма одновременно является очертанием линии влияния рассматриваемой опорной реакции.

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, примыкающих к шарниру. Возможное отклонение полученному механизму задается таким образом, чтобы заменяющие моменты при поворотах соответствующих торцов совершали положительную работу. Если положить взаимный угол поворота торцов равным единице, то отклоненное положение механизма одновременно будет являться очертанием линии влияния рассматриваемого изгибающего момента.

При построении кинематическим способом линии влияния поперечной силы в требуемое сечение вводится «качель» и в торцах примыкающих к ней участков прикладываются положительные поперечные силы. Для получения возможного отклонения механизма торцы смещаются по вертикали так, чтобы поперечные силы совершали положительную работу. Полагая взаимное вертикальное удаление торцов равным единице, получим очертание линии влияния поперечной силы.

Числовые значения характерных ординат построенных линий влияния опорных реакций, изгибающих моментов и поперечных сил находят с использованием заданного перемещения по направлению реакции удаленной связи, равного 1, и геометрических соотношений между ординатами соответствующих участков линий влияния.

Пример 1. Для многопролетной шарнирной балки, показанной на рис. 1, построить кинематическим способом линии влияния опорной реакции V_C , изгибающего момента для сечения 1 – M_1 и поперечной силы для сечения 2 – Q_2 .

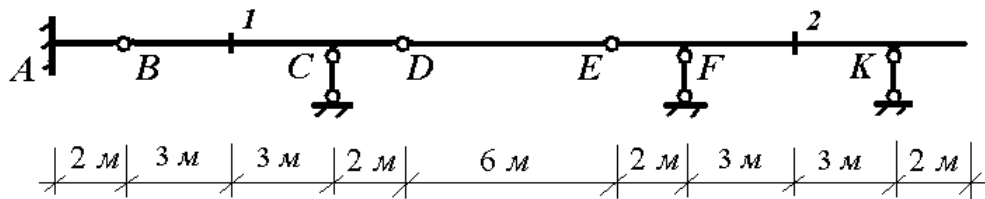


Рис.1

Для построения линии влияния опорной реакции V_C удалим опорный стержень C и заменим его реакцией положительного направления (рис.2, а).

Придадим полученному механизму возможное отклонение по направлению опорной реакции V_C и примем перемещение точки ее приложения равным 1. Тогда отклоненное положение механизма, показанное на рис.2, б, является линией влияния опорной реакции V_C .

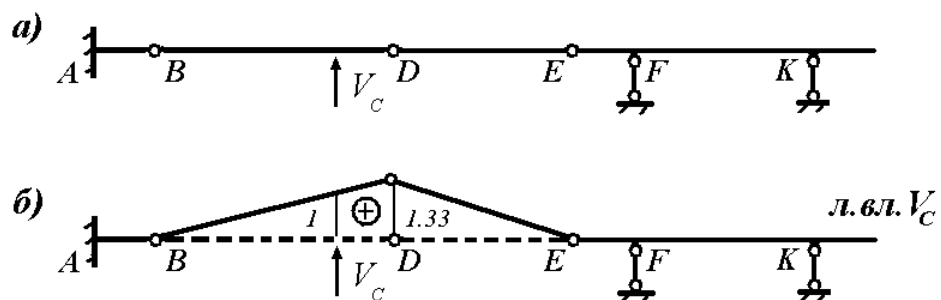


Рис.2

Для построения линии влияния изгибающего момента M_1 введем в сечение 1 шарнир и заменим удаленную при этом связь парой положительных моментов (рис.3, а).

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, показанное на рис.3, б, является линией влияния M_1 .

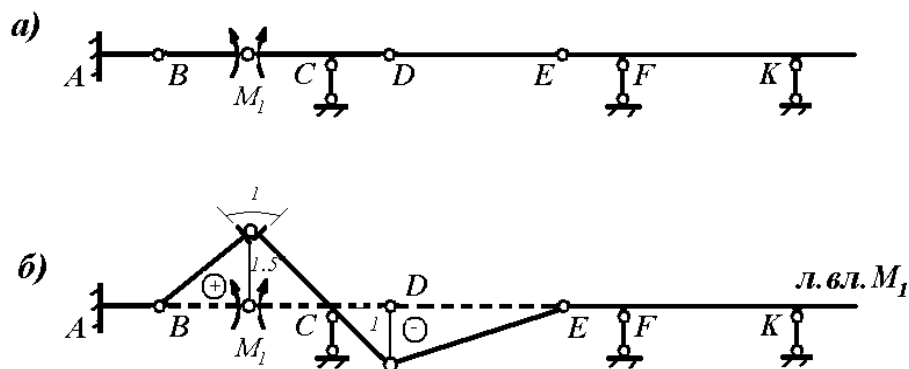


Рис.3

Для построения линии влияния поперечной силы Q_2 введем в сечение 2 «качели» и заменим удаленную при этом связь парой положительных поперечных сил (рис. 4.4, а). 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, показанное на рис. 4.4, б, является линией влияния Q_2 .

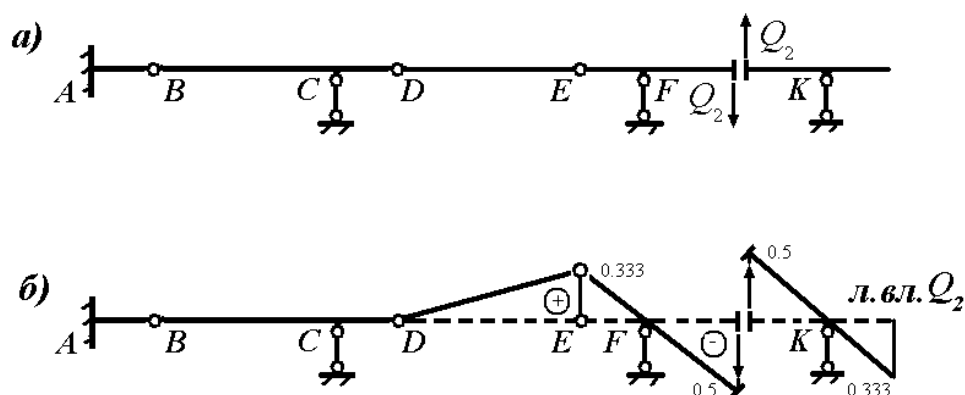


Рис.4

Задачи для самостоятельного решения.

Для многопролетных шарнирных балок, показанных на рис.5, построить линии влияния опорных реакций, M и Q .

Сечения балок, связанные с построением линий влияния M и Q , а также размеры балок, указаны в табл.1.

Таблица 1

№ задачи	Линии влияния			Размеры балок в м				
	Опорные реакции	M	Q	l_1	l_2	l_3	L_4	L_5
1	A, B, C, D	1, 2, 3	1, 2, 3	2	5	7	8	4
2	A, B, C, D	1, 2, 3	1, 2, 3	3	6	5	10	3
3	A, B, C, D	1, 2, 3	1, 2, 3	4	7	6	12	2

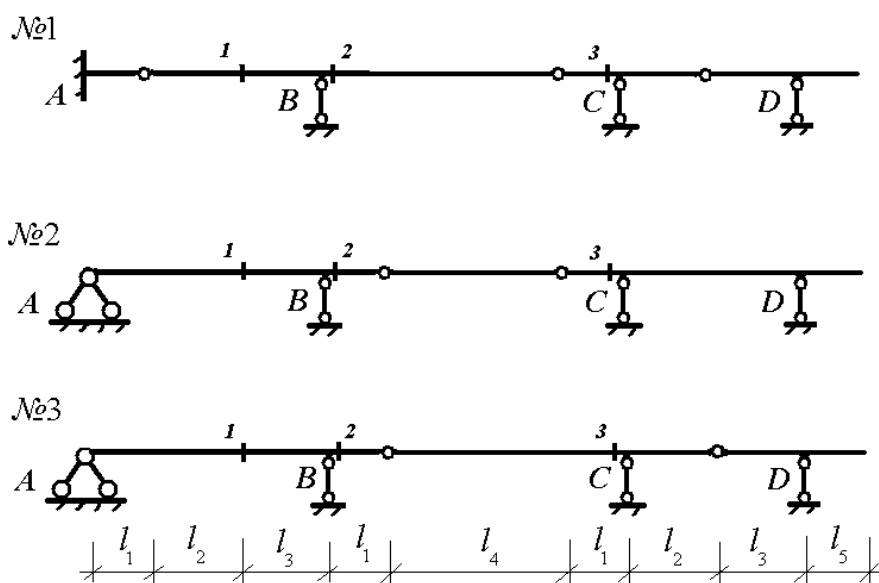


Рис.5

Типовая задача М-3.2. Определение по линиям влияния внутренних усилий в многопролетных шарнирных балках

При действии на балку сосредоточенных сил для определения внутреннего усилия используется формула

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

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 s_i определяются по линии влияния.

При действии на балку распределенной нагрузки постоянной интенсивности g внутреннее усилие S определяется по формуле

$$S = gA_{ab},$$

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.

При действии на балку внешних моментов для определения внутреннего усилия S используется формула

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

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.

При действии на балку временной вертикальной нагрузки наибольшее и наименьшее значения внутреннего усилия определяются по формулам

$$S_{\max} = q \sum_i A_i^+$$

и

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

Здесь q – интенсивность временной нагрузки; $\sum_i A_i^+$ – сумма площадей всех положительных участков линии влияния; $\sum_j A_j^-$ – сумма площадей всех отрицательных участков линии влияния.

Пример 2. Для многопролетной шарнирной балки, показанной на рис.6, используя линии влияния примера 1, определить реакцию на опоре C , изгибающий момент в сечении 1 и поперечную силу в сечении 2.

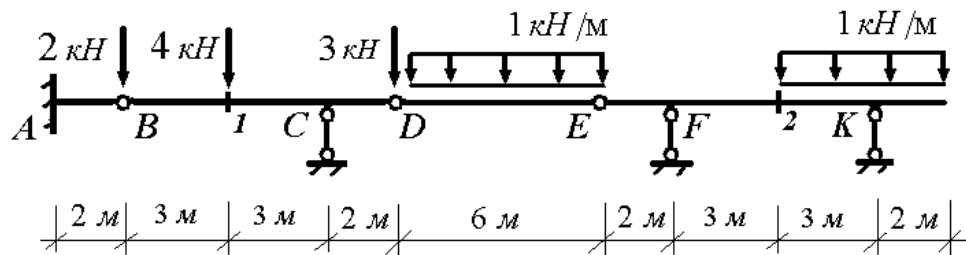


Рис.6

Реакция на опоре C , в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния V_C (рис.7), вычисляется по формуле

$$V_C = 4 \cdot 0,5 + 3 \cdot 1,33 + 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,33 \cdot 6 = 9,98 \text{ кН}$$

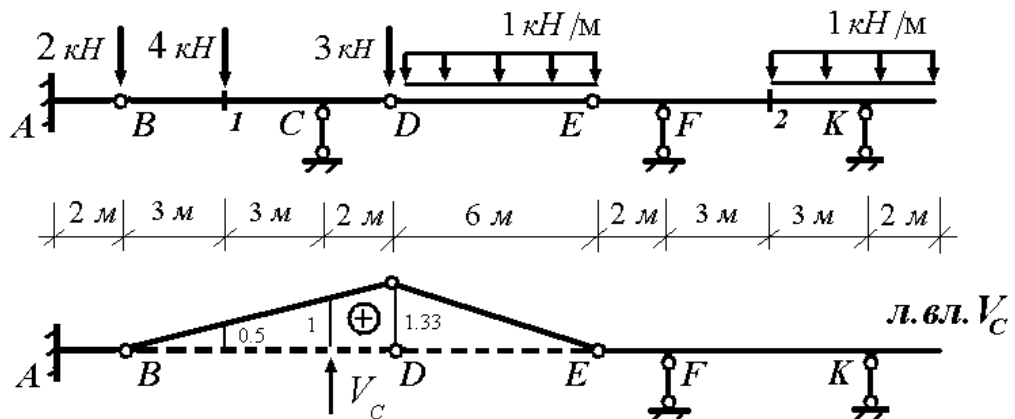


Рис.7

Изгибающий момент в сечении 1, в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния M_1 (рис.8), вычисляется по формуле

$$M_1 = 4 \cdot 1,5 - 3 \cdot 1 - 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 6 = 0.$$

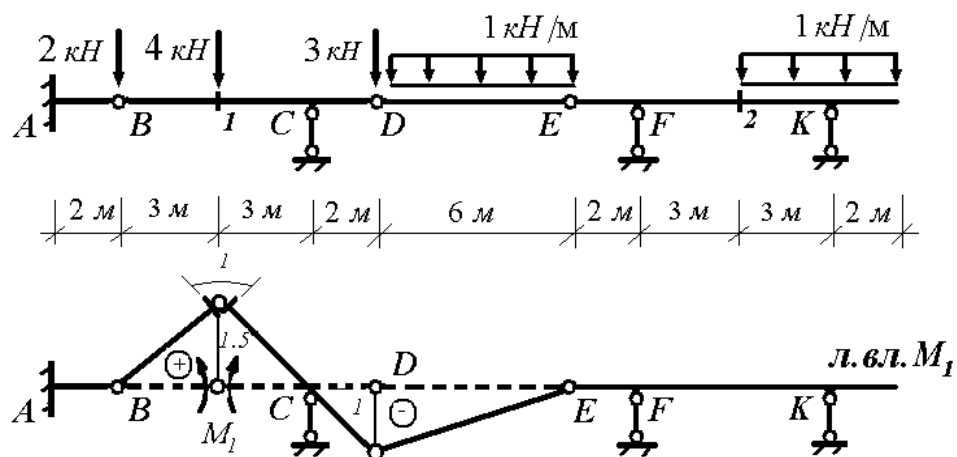


Рис.8

Поперечная сила в сечении 2, в соответствии со схемой расположения заданной нагрузки над линией влияния Q_2 (рис.9), вычисляется по формуле

$$Q_2 = 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,333 \cdot 6 + 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 3 - 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,333 \cdot 2 = 1,416.$$

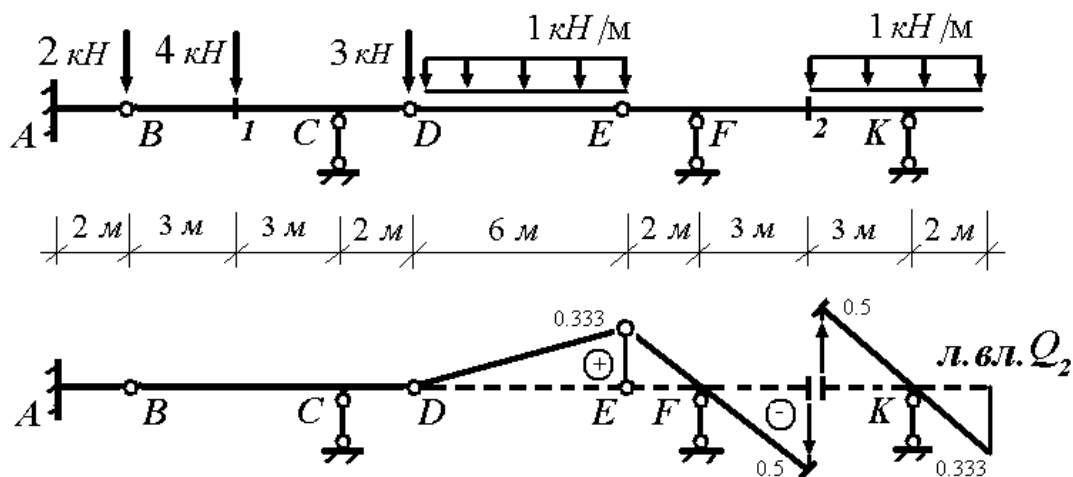


Рис.9

Задачи для самостоятельного решения. Для схем нагружения многопролетных шарнирных балок, показанных на рис.10

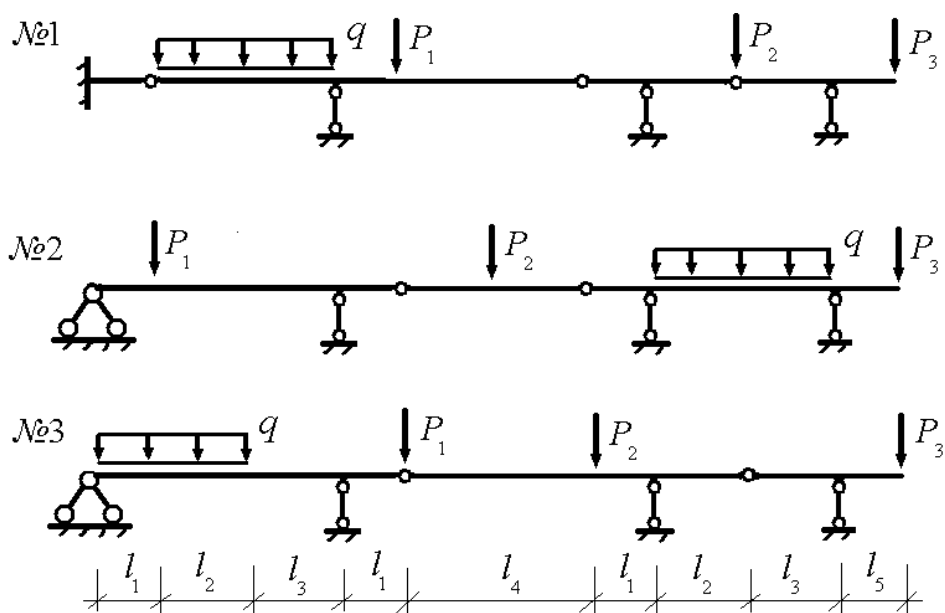


Рис.10

определить по линиям влияния опорные реакции и внутренние усилия M и Q в сечениях, показанных на рис.5.

Значения нагрузок и размеры многопролетных шарнирных балок приведены в табл.2

Таблица 2

№ задачи	Нагрузки				Размеры балок в м				
	P_1 в кН	P_2 в кН	P_3 в кН	q в кН/м	l_1	l_2	l_3	L_4	L_5
1	2,2	6,4	4,6	8	2	5	7	8	4
2	3,4	5,3	6,2	6	3	6	5	10	3
3	4,1	7,8	5,9	4	4	7	6	12	2

3.Материалы для самоконтроля

Проверьте, как Вы знаете следующие понятия, определения, формулировки и формулы, связанные с вопросами к тестам 1-го уровня:

- подвижная нагрузка;
- временная нагрузка;
- опасное положение подвижной нагрузки;
- линия влияния;

- ордината линии влияния;
- способы построения линий влияния;
- определение по линиям влияния внутренних усилий от различных видов неподвижной нагрузки;
- определение по линиям влияния внутренних усилий от различных видов подвижной нагрузки;
- размерность ординат линий влияния.

Проверьте, как Вы умеете для статически определимых стержневых конструкций (типовые задачи, связанные с тестами 2-го уровня):

- строить кинематическим способом линии влияния R , M , Q в многопролетных шарнирных балках;
- определять по линиям влияния внутренние усилия от неподвижной нагрузки в многопролетных шарнирных балках.

4.Рекомендуемая литература

1. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Стержневые системы. М., Стройиздат, 1981.
2. Бычков Д.В., Клейн Г.К., Габбасов Р.Ф. Руководство к практическим занятиям по строительной механике. М., «Высшая школа», 1980.
3. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. М., «Высшая школа», 1986.
4. Рабинович И.М. Основы строительной механики стержневых систем. М., Стройиздат, 1960.
5. Турищев Л.С. Строительная механика. УМК ч.1. Статически определимые системы. Новополоцк, 2008

Материалы составлены доцентом кафедры механики Турищевым Л.С.

28.04.2014