

Яровая А. В. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. Статика стержневых систем. Гомель, 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

А. В. Яровая

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА.

СТАТИКА СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по строительным специальностям*

Гомель 2013

УДК 624.04 (075.8)
ББК 38.112
Я78

Рецензенты: *В. И. Игнатюк*, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Строительная механика» Брестского государственного технического университета;
И. М. Кузменко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сопротивление материалов» Белорусско-Российского университета

Яровая, А. В.

Я78 Строительная механика. Статика стержневых систем: учеб. пособие / А. В. Яровая; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2013. – 447 с.

ISBN 978-985-468-954-8

Учебное пособие соответствует традиционной программе курса строительной механики для строительных специальностей вузов. Излагаются основные методы расчета статически определимых и статически неопределимых стержневых систем на неподвижную и подвижную нагрузки, тепловое и кинематическое воздействия. Приведены примеры расчетов основных типов плоских стержневых систем: балок, рам, ферм, арок.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 624.04 (075.8)
ББК 38.112

ISBN 978-985-468-954-8

© Яровая А. В., 2013
© Оформление. УО «БелГУТ», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	9
1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ	10
1.1 Предмет и задачи строительной механики	10
1.1.1 Предмет строительной механики. 1.1.2 Связь с другими науками. 1.1.3 Задачи расчета сооружений. 1.1.4 Понятие о задачах оптимизации	
1.2 Обзор развития строительной механики	15
1.2.1 Развитие общей механики. 1.2.2 Развитие строительной механики как науки. 1.2.3 Направления развития строительной механики	
1.3 Нагрузки и воздействия на сооружения	20
1.3.1 Нагрузки. 1.3.2 Воздействия. 1.3.3 Определение величин нагрузок и воз- действий	
1.4 Сооружение и его расчетная схема	24
1.4.1 Элементы сооружений. 1.4.2 Расчетная схема сооружения. 1.4.3 Класси- фикация стержневых систем	
1.5 Связи и их характеристики	29
1.5.1 Реальные и идеальные связи. Реакции связей. 1.5.2 Стержень и шарнир- но подвижная опора. 1.5.3 Шарнир и шарнирно неподвижная опора. 1.5.4 Жесткий узел и жесткая заделка. 1.5.5 Скользящая заделка. 1.5.6 Упру- гоподатливые связи. 1.5.7 Плавающая заделка	
1.6 Учет механических свойств материалов. Основные уравнения строительной механики	35
1.6.1 Физические модели материалов. 1.6.2 Применимость физических моде- лей. 1.6.3 Основные уравнения строительной механики. 1.6.4 Линейно и нели- нейно деформируемые системы	
1.7 Основные допущения строительной механики и следствия из них . 38	
1.7.1 Гипотезы и допущения относительно свойств материала. 1.7.2 Гипотезы относительно поперечных сечений стержней. 1.7.3 Допущение о малости де- формаций и следствия из него. 1.7.4 Принцип независимости действия сил (суперпозиции)	
1.8 Геометрическая неизменяемость сооружений	43
1.8.1 Геометрически изменяемые и неизменяемые системы. Диск. 1.8.2 Связи абсолютно необходимые и лишние (избыточные). 1.8.3 Мгновенно изменяемые (вырожденные) системы. 1.8.4 Центр вращения. Фиктивный шарнир	
1.9 Кинематический анализ сооружений: геометрический метод	48
1.9.1 Цель и методы кинематического анализа сооружений. 1.9.2 Принципы геометрически неизменяемого соединения дисков. 1.9.3 Проведение кинемати- ческого анализа сооружений геометрическим методом	
1.10 Число степеней свободы и степень изменяемости плоской стерж- невой системы	52
1.10.1 Число степеней свободы. 1.10.2 Формула Чебышева. 1.10.3 Число сте- пеней свободы (степень изменяемости) плоской стержневой системы. 1.10.4 Об- щая формула для определения числа степеней свободы (степени изменяемости) плоской стержневой системы. 1.10.5 Число степеней свободы (степень изме- няемости) ферм. 1.10.6 Число степеней свободы (степень изменяемости) рам	
1.11 Кинематический анализ сооружений: аналитические методы	60
1.11.1 Необходимое аналитическое условие геометрической неизменяемости. 1.11.2 Общий аналитический метод. 1.11.3 Метод нулевой нагрузки. 1.11.4 По- рядок проведения кинематического анализа	

2 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМАХ	66
2.1 Основные свойства статически определимых систем и методы их расчета на статическую нагрузку	66
2.1.1 Внутренние усилия как реакции связей. 2.1.2 Статическая определенность и неопределимость. 2.1.3 Свойства статически определимых систем. 2.1.4 Классификация методов расчета стержневых систем на статическую нагрузку	
2.2 Кинематический метод определения усилий	70
2.2.1 Принцип возможных перемещений. 2.2.2 Применение принципа возможных перемещений для нахождения усилий в статически определимых системах. 2.2.3 Порядок определения усилий кинематическим методом. 2.2.4 Общая формулировка и доказательство принципа суперпозиции	
2.3 Метод замены связей	77
2.3.1 Замена одной связи. 2.3.2 Замена нескольких связей	
2.4 Расчеты на подвижную нагрузку методом линий влияния	80
2.4.1 Подвижные нагрузки в задачах статики. 2.4.2 Расчетное положение нагрузки. 2.4.3 Понятие о линиях влияния	
2.5 Статический метод построения линий влияния	83
2.5.1 Общий ход расчета. 2.5.2 Линии влияния опорных реакций в балке. 2.5.3 Линии влияния внутренних усилий в междуопорном сечении балки. 2.5.4 Линии влияния усилий в консольном сечении балки. 2.5.5 Проверка линий влияния и правила их графического построения	
2.6 Кинематический метод построения линий влияния	88
2.6.1 Применение кинематического метода к построению линий влияния. 2.6.2 Модели линий влияния различных усилий	
2.7 Определение усилий от неподвижной нагрузки по линиям влияния	91
2.7.1 Действие вертикальных сосредоточенных сил. 2.7.2 Действие распределенной нагрузки. 2.7.3 Действие сосредоточенных моментов	
2.8 Линии влияния при узловой передаче нагрузки	94
2.8.1 Понятие об узловой передаче нагрузки. 2.8.2 Особенности чертания линий влияния при узловой передаче нагрузки. 2.8.3 Порядок построения линий влияния при узловой передаче нагрузки	
2.9 Невыгоднейшее загрузеие линий влияния	97
2.9.1 Действие одной сосредоточенной силы. 2.9.2 Действие системы сосредоточенных сил. 2.9.3 Действие равномерно распределенной нагрузки произвольной протяженности. 2.9.4 Действие равномерно распределенной нагрузки заданной протяженности. 2.9.5 Эквивалентная нагрузка	
2.10 Определение усилий в матричной форме	104
2.10.1 Определение внутренних усилий от сосредоточенных сил. 2.10.2 Формирование матрицы влияния. 2.10.3 Учет особенностей внешней нагрузки	
2.11 Огибающие (объемлющие) эпюры внутренних усилий	108
2.11.1 Понятие об огибающей эпюре. 2.11.2 Способы построения огибающих эпюр. 2.11.3 Совместное действие постоянных и временных нагрузок	
3 МНОГОПРОЛЕТНЫЕ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ БАЛКИ И РАМЫ	113
3.1 Общие сведения о многопролетных балках и рамах	113
3.1.1 Классификация статически определимых балок. 3.1.2 Кинематический анализ многопролетных балок. 3.1.3 Особенности конструкции многопролетных шарнирных балок и рам	
3.2 Расчет многопролетных балок и рам на неподвижную нагрузку	117
3.2.1 Статический метод. Поэтажные схемы. 3.2.2 Кинематический метод	
3.3 Линии влияния в многопролетных балках	124
3.3.1 Статический метод. 3.3.2 Кинематический метод	

3.4 Пример расчета трехпролетной балки железнодорожного моста . . .	130
3.4.1 Кинематический анализ. 3.4.2 Вычисление внутренних усилий от постоянной нагрузки. 3.4.3 Построение линий влияния изгибающих моментов. 3.4.4 Проверка ординат эпюры моментов с помощью линий влияния. 3.4.5 Схемы невыгоднейшего нагружения. 3.4.6 Вычисление эквивалентных нагрузок. 3.4.7 Построение огибающей эпюры изгибающих моментов	
4 СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ ПЛОСКИЕ БЕЗРАСПОРНЫЕ ФЕРМЫ	139
4.1 Общие сведения о фермах	139
4.1.1 Фермы и их расчетные схемы. 4.1.2 Основные элементы ферм. 4.1.3 Статическая определенность плоских ферм	
4.2 Классификация плоских ферм	142
4.2.1 Классификация по очертанию поясов. 4.2.2 Классификация по системе решетки. 4.2.3 Классификация по условиям опирания	
4.3 Определение усилий в стержнях ферм при неподвижной нагрузке	145
4.3.1 Идея фермы. 4.3.2 Методы расчета на неподвижную нагрузку. 4.3.3 Анализ распределения усилий в фермах от вертикальной нагрузки. 4.3.4 Рекомендации по проектированию ферм	
4.4 Линии влияния продольных сил: статический метод	150
4.4.1 Порядок построения линий влияния N статическим методом. 4.4.2 Примеры построения линий влияния в фермах. 4.4.3 Проверка линий влияния	
4.5 Линии влияния продольных сил: кинематический метод	159
4.5.1 Последовательность построения линий влияния N кинематическим методом. 4.5.2 Примеры построения моделей линий влияния	
4.6 Шпренгельные фермы: расчет на неподвижную нагрузку	162
4.6.1 Назначение и типы шпренгелей. 4.6.2 Расчетная схема шпренгельной фермы. Определение усилий от неподвижной нагрузки	
4.7 Шпренгельные фермы: расчет на подвижную нагрузку	167
4.7.1 Особенности построения линий влияния в шпренгельных фермах. 4.7.2 Примеры построения линий влияния в шпренгельных фермах	
5 ТРЕХШАРНИРНЫЕ СИСТЕМЫ	176
5.1 Общие сведения о трехшарнирных системах	176
5.1.1 Основные параметры трехшарнирной системы. 5.1.2 Опорные реакции. 5.1.3 Типы трехшарнирных систем. 5.1.4 Трехшарнирная арка с затяжкой. 5.1.5 Очертание оси трехшарнирной системы	
5.2 Расчет трехшарнирной системы с опорами в одном уровне на вертикальную нагрузку	180
5.2.1 Опорные реакции. 5.2.2 Внутренние усилия. 5.2.3 Эпюры внутренних усилий в трехшарнирной системе. 5.2.4 Расчет трехшарнирной системы с затяжкой	
5.3 Общий случай расчета трехшарнирной системы	185
5.3.1 Опорные реакции. 5.3.2 Внутренние усилия. 5.3.3 Расчет на вертикальную нагрузку	
5.4 Дифференциальные зависимости между усилиями в криволинейных стержнях	186
5.4.1 Зависимость между изгибающими моментами и поперечными силами. 5.4.2 Зависимости между поперечными и продольными силами	
5.5 Рациональная ось трехшарнирной системы	188
5.5.1 Уравнение рациональной оси трехшарнирной системы. 5.5.2 Действие равномерно распределенной нагрузки. 5.5.3 Действие сосредоточенных сил. 5.5.4 Действие радиальной нагрузки (гидростатического давления)	

5.6	Линии влияния усилий в трехшарнирной системе	191
	5.6.1 Линии влияния опорных реакций. 5.6.2 Линия влияния изгибающего момента: способ наложения. 5.6.3 Линия влияния изгибающего момента: способ нулевой точки. 5.6.4 Линия влияния поперечной силы: способ наложения. 5.6.5 Линия влияния поперечной силы: способ нулевой точки. 5.6.6 Линия влияния продольной силы: способ наложения. 5.6.7 Линия влияния продольной силы: способ нулевой точки. 5.6.8 Учет узловой передачи нагрузки на арку	
5.7	Определение напряжений в арках	203
	5.7.1 Определение напряжений в арках без учета кривизны. 5.7.2 Определение напряжений с помощью ядровых моментов. 5.7.3 Определение напряжений в арках с учетом кривизны	
5.8	Расчетное положение подвижной нагрузки на арке	208
	5.8.1 Раздельное использование линий влияния M и N . 5.8.2 Использование линий влияния крайних напряжений. 5.8.3 Использование линий влияния ядровых моментов	
5.9	Примеры расчета трехшарнирных систем	211
6	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ	224
6.1	Вводные замечания	224
	6.1.1 Цель определения перемещений. 6.1.2 Методы определения перемещений в стержневых системах. 6.1.3 Обобщенные силы и обобщенные перемещения. 6.1.4 Особенности применения принципа возможных перемещений к деформируемым системам	
6.2	Общая формула для определения перемещений от произвольных внешних воздействий	226
	6.2.1 Плоские системы, состоящие из прямолинейных стержней. 6.2.2 Общий случай пространственной системы. 6.2.3 Замечания	
6.3	Формула Мора	231
	6.3.1 Формула Мора для плоской системы, состоящей из прямолинейных стержней. 6.3.2 Формула Мора для пространственной системы, состоящей из прямолинейных стержней. 6.3.3 Порядок определения перемещений с помощью формулы Мора	
6.4	Частные случаи применения формулы Мора	235
	6.4.1 Балки, испытывающие плоский изгиб. 6.4.2 Плоские рамы. 6.4.3 Арки и криволинейные стержни. 6.4.4 Фермы. 6.4.5 Пространственные стержни, испытывающие сложное сопротивление	
6.5	Техника вычисления интегралов Мора	238
	6.5.1 Способ (правило) Верещагина. 6.5.2 Использование формулы Симпсона. 6.5.3 Правило перемножения прямолинейных эпюр (трапеций). 6.5.4 Способ Мюллера-Бреслау. 6.5.5 Применимость способов «перемножения эпюр»	
6.6	Примеры вычисления перемещений в стержневых системах от различных нагрузок	244
6.7	Перемещения, вызванные изменением температуры	253
	6.7.1 Формула для перемещений в плоской статически определимой системе от температурного воздействия. 6.7.2 Частные случаи. 6.7.3 Примеры вычисления перемещений от температурных воздействий в статически определимых системах. 6.7.4 Перемещения в плоской статически неопределимой системе от температурного воздействия	
6.8	Перемещения, вызванные смещением опор	261
	6.8.1 Перемещения в статически определимых системах при случайной осадке опор. 6.8.2 Перемещения в статически определимых системах при действии нагрузки, вызывающей осадки опор. 6.8.3 Перемещения в статически неопределимых системах при случайной осадке опор	
6.9	Теоремы о взаимности в строительной механике	263
	6.9.1 Обозначения перемещений и работ. 6.9.2 Теорема о взаимности работ (Бетти). 6.9.3 Теорема о взаимности единичных перемещений (Максвелла). 6.9.4 Теорема о взаимности единичных реакций в статически неопределимых	

системах (первая теорема Рэлея). 6.9.5 Теорема о взаимности единичных реакций и перемещений в статически неопределимых системах (вторая теорема Рэлея)

7 МЕТОД СИЛ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К РАСЧЕТУ ПЛОСКИХ РАМ И БАЛОК	268
7.1 Статически неопределимые системы и их свойства	268
7.1.1 Степень статической неопределимости. 7.1.2 Формулы для вычисления степени статической неопределимости. 7.1.3 Свойства статически неопределимых систем. 7.1.4 Особенности расчета статически неопределимых систем	
7.2 Основная система и основные неизвестные метода сил	273
7.2.1 Идея метода сил. 7.2.2 Основная система. 7.2.3 Основные неизвестные метода сил	
7.3 Канонические уравнения метода сил	276
7.3.1 Вывод канонических уравнений. 7.3.2 Матричная запись канонических уравнений	
7.4 Вычисление и проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений	279
7.4.1 Определение единичных и грузовых перемещений для различных стержневых систем. 7.4.2 Проверка правильности вычисления перемещений	
7.5 Определение внутренних усилий в заданной статически неопределимой системе	283
7.5.1 Способы определения внутренних усилий в заданной системе. 7.5.2 Особенности определения Q и N в плоских рамах и балках	
7.6 Проверка правильности определения внутренних усилий. Порядок расчета рам методом сил	285
7.6.1 Кинематическая (деформационная) проверка правильности определения внутренних усилий. 7.6.2 Статическая проверка правильности определения внутренних усилий. 7.6.3 Порядок расчета рам методом сил	
7.7 Примеры расчетов статически неопределимых рам на различные виды нагрузок	288
7.8 Расчет статически неопределимых систем на температурное и кинематическое воздействия	298
7.8.1 Канонические уравнения метода сил при температурном и кинематическом воздействиях. 7.8.2 Определение внутренних усилий. 7.8.3 Проверки расчета. 7.8.4 Примеры расчета рам на температурное и кинематическое воздействия	
7.9 Возможные упрощения при расчете статически неопределимых систем методом сил	309
7.9.1 Понятие о рациональной основной системе. 7.9.2 Учет симметрии системы. 7.9.3 Введение жестких консолей. 7.9.4 Рациональная расстановка шарниров. 7.9.5 Рациональный выбор направлений неизвестных. 7.9.6 Группировка неизвестных. 7.9.7 Зависимость точности расчета от принятой основной системы	
7.10 Перемещения в статически неопределимых системах	315
8 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИЛ К РАСЧЕТУ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ АРОК, ФЕРМ И НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК	319
8.1 Основные понятия о расчете арок	319
8.1.1 Типы статически неопределимых арок. 8.1.2 Особенности расчета статически неопределимых арок. 8.1.3 Законы изменения сечений арок	
8.2 Расчет двухшарнирной арки на неподвижную нагрузку	322
8.2.1 Общий ход расчета. 8.2.2 Особенности расчета арки с балочной основной системой	

8.3 Расчет двухшарнирной арки с затяжкой	332
8.3.1 Общий ход расчета. 8.3.2 Влияние жесткости затяжки на усилия и напряжения	
8.4 Расчет бесшарнирной арки на неподвижную нагрузку	336
8.4.1 Общий ход расчета. 8.4.2 Особенности расчета с основной системой, полученной разрезанием арки по оси симметрии	
8.5 Расчет статических неопределимых ферм	341
8.5.1 Статическая неопределимость плоских ферм. 8.5.2 Общий ход расчета	
8.6 Расчет неразрезных балок. Основная система метода сил	353
8.6.1 Общие сведения о неразрезных балках. 8.6.2 Степень статической неопределимости неразрезной балки. 8.6.3 Основная система метода сил	
8.7 Уравнение трех моментов	356
8.7.1 Вывод уравнения трех моментов. 8.7.2 Формула для грузового перемещения. 8.7.3 Особенности применения уравнений трех моментов. 8.7.4 Порядок расчета неразрезной балки	
9 МЕТОД ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	367
9.1 Кинематическая неопределимость	367
9.1.1 Идея метода перемещений. 9.1.2 Основные неизвестные метода перемещений. 9.1.3 Допущения метода перемещений. 9.1.4 Степень кинематической неопределимости	
9.2 Основная система метода перемещений	372
9.2.1 Дополнительные связи и цель их введения. 9.2.2 Таблицы реакций и внутренних усилий в стержне как элементе основной системы	
9.3 Канонические уравнения метода перемещений	375
9.3.1 Система канонических уравнений для n раз кинематически неопределимой конструкции. 9.3.2 Матричная запись канонических уравнений	
9.4 Вычисление и проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений	377
9.4.1 Статический метод определения реакций. 9.4.2 Общий (кинематический) метод определения реакций. 9.4.3 Проверка правильности вычисления реакций	
9.5 Определение внутренних усилий и их проверка. Алгоритм расчета рам методом перемещений	383
9.5.1 Определение изгибающих моментов. 9.5.2 Определение поперечных и продольных сил. 9.5.3 Проверки правильности определения внутренних усилий. 9.5.4 Порядок расчета рам методом перемещений	
9.6 Примеры расчета рам методом перемещений	385
9.7 Особенности расчета рам с наклонными элементами	396
9.7.1 Особенности построения эпюр моментов от линейных смещений связей. 9.7.2 Особенности вычисления реакций дополнительных связей.	
9.8 Расчет рам на изменение температуры	399
9.8.1 Канонические уравнения метода перемещений при температурном воздействии. 9.8.2 Температурное воздействие на отдельный стержень. 9.8.3 Температурное воздействие на основную систему метода перемещений. 9.8.4 Определение «температурных» реакций. 9.8.5 Определение внутренних усилий от изменения температуры и их проверка	
9.9 Расчет рам на смещение опор	409
9.9.1 Канонические уравнения метода перемещений при кинематическом воздействии (смещении связей). 9.9.2 Определение реакций в основной системе от кинематического воздействия. 9.9.3 Определение внутренних усилий от кинематического воздействия и их проверка	
9.10 Расчет неразрезных балок методом перемещений	415
9.10.1 Рекомендации по формированию основной системы. 9.10.2 Канонические уравнения	

9.11 Упрощения при «ручных» расчетах рам методом перемещений	420
9.11.1 Использование основных систем с неполным числом наложенных связей.	
9.11.2 Группировка неизвестных в симметричных системах	
10 СМЕШАННЫЙ И КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ	425
10.1 Выбор метода расчета статически неопределимой системы	425
10.1.1 Сравнительный анализ метода сил и метода перемещений.	
10.1.2 Выбор метода расчета стержневой системы	
10.2 Смешанный метод	426
10.2.1 Основная система.	
10.2.2 Канонические уравнения.	
10.2.3 Построение окончательных эпюр внутренних усилий и их проверка	
10.3 Комбинированный метод расчета симметричных рам	433
10.3.1 Методика расчета.	
10.3.2 Пример расчета симметричной рамы	
10.4 Комбинированный метод расчета рам в общем случае	435
10.4.1 Общие замечания.	
10.4.2 Главный – метод сил, вспомогательный – метод перемещений.	
10.4.3 Главный – метод перемещений, вспомогательный – метод сил	
Список литературы	442
Приложения	443

От автора

Стержневые системы широко применяются в современном строительстве. Кроме того, они представляют собой простой и удобный объект для изучения основных принципов и методов строительной механики, на базе которых в дальнейшем могут быть легко поняты методы расчета более сложных инженерных конструкций.

Строительная механика стержневых систем в учебном процессе следует непосредственно за сопротивлением материалов и является его логическим продолжением.

В данном учебном пособии рассмотрены вопросы определения внутренних усилий и перемещений в плоских стержневых системах при статических силовых нагрузках, температурных и кинематических воздействиях. Для лучшего усвоения материала во всех разделах пособия приведены примеры расчета, поясняющие теоретические положения и способствующие выработке практических навыков решения характерных задач.

При написании работы я основывалась на одноименном курсе, читаемом в течение ряда лет в Белорусском государственном университете транспорта для студентов специальности ПГС. Замечания любого характера будут приняты мною с благодарностью (av.yar@yandex.by).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Бернштейн, С. А.* Избранные труды по строительной механике / С. А. Бернштейн. – М.: Госстройиздат, 1961. – 452 с.
- 2 *Борисевич, А. А.* Строительная механика: учеб. пособие для вузов / А. А. Борисевич, Е. М. Сидорович, В. И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.
- 3 *Бурчаков, Ю. И.* Строительная механика: учеб. пособие для студентов вузов / Ю. И. Бурчаков, В. Е. Гнедин, В. М. Денисов. – М.: Высш. шк., 1983. – 255 с.
- 4 *Дарков, А. В.* Строительная механика: учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.
- 5 *Довнар, Е. П.* Строительная механика: учеб. для вузов по спец. «Строительство» / Е. П. Довнар, Л. И. Коршун. – Минск: Выш. шк., 1986. – 310 с.
- 6 *Киселев, В. А.* Строительная механика. Общий курс: учеб. для вузов / В. А. Киселев – М.: Стройиздат, 1986. – 520 с.
- 7 *Лащеников, Б. Я.* Строительная механика: лекции для студентов строит. спец. Ч. 1 / Б. Я. Лащеников. – М.: РИО МИИТа, 1973. – 160 с.
- 8 *Леонтьев, Н. Н.* Основы строительной механики стержневых систем: учеб. / Н. Н. Леонтьев, Д. Н. Соболев, А. А. Амосов. – М.: Изд-во АСВ, 1996. – 541 с.
- 9 *Рабинович, И. М.* Курс строительной механики: учеб. для строительных вузов. Ч. II / И. М. Рабинович. – М.: Госстройиздат, 1954.
- 10 *Ржаницын, А. Р.* Строительная механика: учеб. пособие для строит. спец. вузов / А. Р. Ржаницын. – М.: Высш. шк., 1991. – 439 с.
- 11 Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (статика стержневых систем): учеб. пособие для студентов вузов; под ред. Г. К. Клейна. – М.: Высш. шк., 1980. – 384 с.
- 12 *Самарский, А. А.* Численные методы: учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 432 с.
- 13 *Смирнов, В. А.* Строительная механика: учеб. для вузов / В. А. Смирнов, С. А. Иванов, М. А. Тихонов. – М.: Стройиздат, 1984. – 208 с.
- 14 *Снитко, Н. К.* Строительная механика: учеб. для вузов / Н. К. Снитко. – М.: Высш. шк., 1980. – 431 с.
- 15 *Старовойтов, Э. И.* Основы теории упругости, пластичности и вязкоупругости / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 344 с.
- 16 *Старовойтов, Э. И.* Сопроотивление материалов / Э. И. Старовойтов. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 376 с.; М. : Физматлит, 2008. – 384 с.
- 17 Строительная механика. Основы теории с примерами расчета: учеб. / А. Е. Саргсян [и др.]; под ред. А. Е. Саргсяна. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
- 18 Строительная механика. Статика упругих систем / А. В. Александров [и др.]. – М.: Высш. шк., 2007. – 511 с.
- 19 Строительная механика. Стержневые системы: учеб. для вузов / А. Ф. Смирнов [и др.]; под ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1981. – 512 с.
- 20 *Чирас, А. А.* Строительная механика: Теория и алгоритмы: учеб. для вузов / А. А. Чирас. – М.: Стройиздат, 1989. – 255 с.

Приложение Б
(справочное)

ОПОРНЫЕ РЕАКЦИИ И ЭПЮРЫ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ
В ОТДЕЛЬНЫХ ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛКАХ

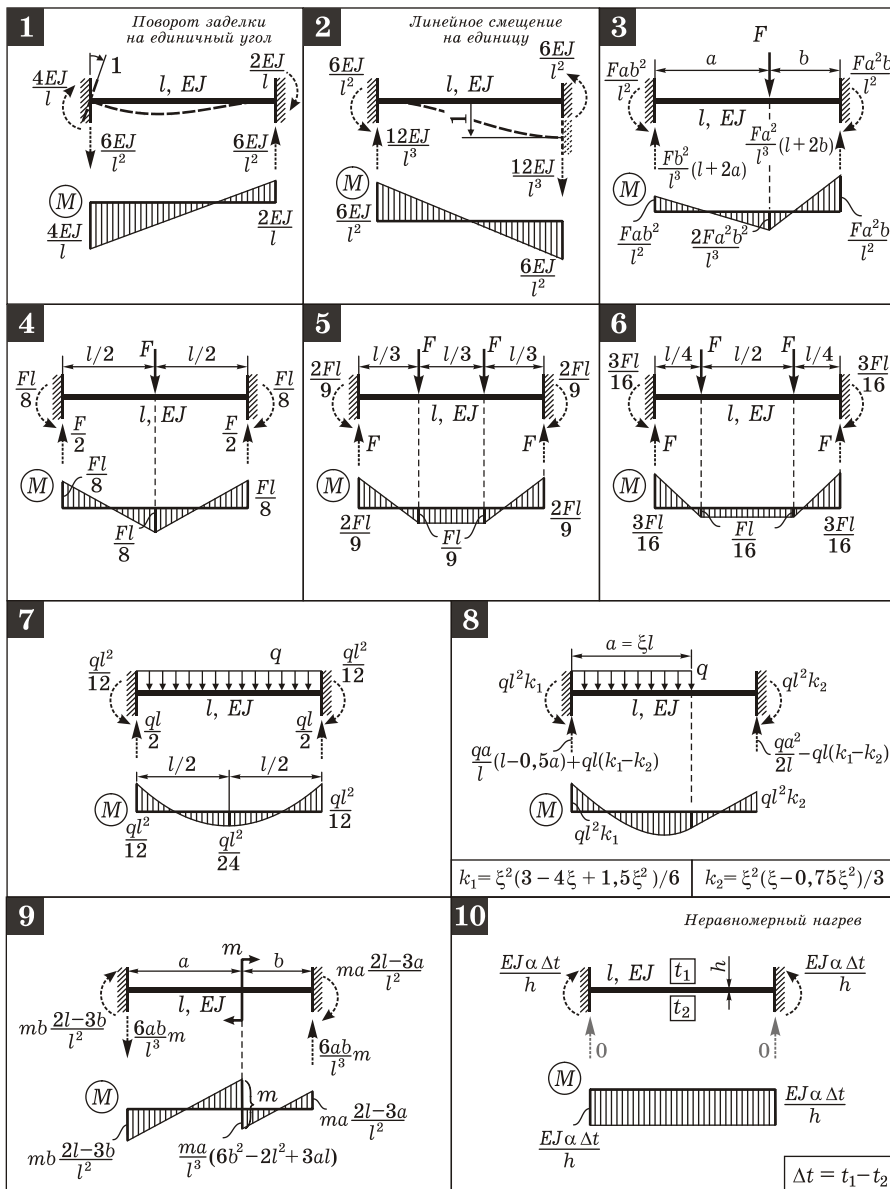
Таблица Б.1 – Опорные реакции и эпюры изгибающих моментов в статически определимых балках

<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>

Таблица Б.2 – Опорные реакции и эпюры изгибающих моментов в статически неопределимых балках «заделка – шарнир»

<p>1 Поворот заделки на единичный угол</p>	<p>2 Линейное смещение на единицу</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p> <p>$k_1 = \xi^2(2 - \xi)^2/8$</p>	<p>9</p> <p>$k_2 = \xi^2(2 - \xi^2)/8$</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12 Неравномерный нагрев</p> <p>$\Delta t = t_1 - t_2$</p>

Таблица Б.3 – Опорные реакции и эпюры изгибающих моментов в статически неопределимых балках «заделка – заделка»



Учебное издание

ЯРОВАЯ Анна Владимировна

**Строительная механика.
Статика стержневых систем**

Учебное пособие

Редактор Н. А. Дашкевич
Технический редактор В. Н. Кучерова
Корректор Т. А. Пугач

Подписано в печать 20.02.2013 г. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$
Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBook. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 24,18. Тираж 1000 экз.
Зак. № 641. Изд. № 135.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛП № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34