

Гиясов Адхам

**Плоскостные и  
пространственные  
конструкции  
покрытий зданий**



Гиясов Адхам

**ПЛОСКОСТНЫЕ  
И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ**



Издательство Ассоциации строительных вузов  
Москва  
2008

## Рецензенты

Профессор кафедры «Архитектура гражданских и промышленных зданий»  
МГСУ *А.И. Бирюкова*  
Академик Международной Академии Архитектуры стран Востока  
(МААСВ) *Р.Д. Каримов*

**Гиясов Адхам.** Плоскостные и пространственные конструкции покрытий зданий. – Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 144 с.

Под общей редакцией проф. И.И. Нигматова

**ISBN 978-5-93093-548-6**

В учебном пособии рассматриваются основные вопросы проектирования и конструирования плоскостных и пространственных большепролетных и ограждающих конструкций покрытий. Систематизированы материалы, связанные с проектированием, строительством и выбором плоскостных и пространственных конструкций покрытий гражданских и промышленных зданий.

Учебное пособие предназначено для студентов архитектурно-строительных вузов и факультетов.

**ISBN 978-5-93093-548-6**

© Издательство АСВ, 2008

© Гиясов Адхам

В авторской верстке и редакции

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 07.02.08.

Подписано к печати 25.02.08. Формат 60x90/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура JournalC.

Усл.-печ. л. 9,0. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – офис 511  
тел./факс: (495) 183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru>

## **БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

В зданиях с помещениями больших размеров, например, в зрительных и спортивных залах, бассейнах, крытых рынках, выставочных павильонах и др., конструкции покрытия выбираются в зависимости от функционального и архитектурно-композиционного решения рассматриваемого типа здания, а также размера залов в плане.

Конструктивные системы большепролетных покрытий подразделяются: на плоскостные и пространственные; безраспорные и распорные конструкции (табл. 1).

К плоскостным относятся конструкции, в которых каждый несущий элемент покрытия работает только в своей вертикальной плоскости независимо от других несущих элементов. К плоскостным конструкциям относятся балки, фермы, рамы и арки.

В отличие от плоскостных пространственные покрытия работают одновременно в двух или нескольких направлениях. К ним относятся своды, оболочки, складки, перекрестные системы, висячие покрытия, пневматические конструкции и др.

Безраспорными конструкциями называются такие конструкции, у которых под влиянием внешних вертикальных нагрузок и собственной массы возникает только вертикальная опорная реакция. Распорными называются такие, у которых возникают на опорах, помимо вертикальных, еще и горизонтальные составляющие реакций - распор.

## Классификация большепролетных несущих конструкций покрытий

Плоскостные	Пространственные	Наличие распора
Балки Фермы	Перекрестно-ребристые Перекрестно-стержневые Своды	
Рамы Арки Пневмоарки	Оболочки Складки Воздухоопорные оболочки Висячие, тентовые и мембранные Безраспорные Распорные	

По расходу материала пространственные конструкции более экономичны, чем плоскостные. Экономические преимущества пространственных систем перед плоскостными сказываются уже при пролетах в 30 м, а с увеличением пролета они возрастают. В связи с этим в зданиях зального типа с пролетами залов 30 м и более рекомендуется применять пространственные конструкции покрытия.

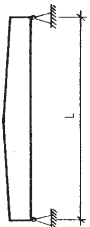
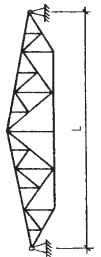
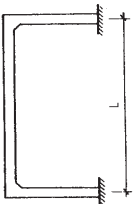
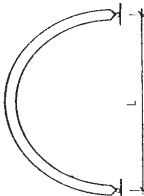
Выбор материала большепролетных конструкций в значительной степени определяется экономическими соображениями.

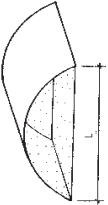
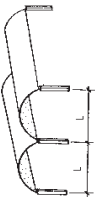
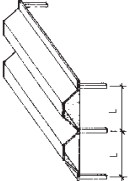
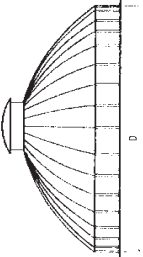
Большепролетные конструкции обычно выполняются из стали, алюминия, железобетона, дерева, пластмассы, ткани и их возможных сочетаний.

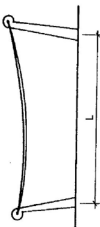
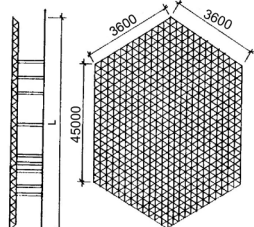

В табл. 2 приведены современные конструкции большепролетных несущих конструкций покрытий и применяемые для их изготовления материалы.

Таблица 2

**Несущие конструкции большепролетных покрытий**

№ п/п	Эскиз	Краткая характеристика	Пролет L, м	Строительные материалы для несущей конструкции			
				металл	железо-бетон	дерево	пласт-массы
				<b>I. Безраспорные плоские несущие конструкции</b>			
1.		Балки выполняются односкатными и двускатными	6–18				
2.		Фермы выполняются с параллельными поясами, трапецевидными, полигональными и сегментными	12–60				
				<b>II. Распорные плоские несущие конструкции</b>			
3.		Рамы выполняются бесшарнирными, двухшарнирными и трехшарнирными, а также однопролетными и многопролетными с затяжками или без затяжки	12–100				
4.		Арки выполняются бесшарнирными, двухшарнирными и трехшарнирными, а также с затяжками или без затяжки	30–150				

№/П	Эскиз	Краткая характеристика	Пролет L, м	Строительные материалы для несущей конструкции			
				металл	железо-бетон	дерево	пласт-массы
<p><b>III. Пространственные тонкостенные конструкции покрытия</b></p>							
5.		<p>Складки выполняются треугольными, трапециевидными и шедовыми, а также параллельными, веерообразными</p> <p>Своды являются различнойностью арок большой ширины полки.</p> <p>Изготавливаются гладкими, ребристыми, сомкнутыми, цилиндрическими с распалубками и крестовыми</p>	12–36, до 60				
6.			24–100				
7.		<p>Оболочки выполняются цилиндрическими, двоякой положительной кривизны, пологими, в форме гиперболического параболоида и конoidalными</p>	6–36				
8.		<p>Купола выполняются гладкими, тонкостенными, ребристыми, ребристо-кольцевыми, волнистыми, звездчатыми и сегчатými</p>	24–180				

№ п/п	Эскиз	Краткая характеристика	Пролет L, м	Строительные материалы для несущей конструкции			
				металл	железо-бетон	дерево	пласт-массы
9.		<b>IV. Перекрестно-ребристые конструкции покрытий</b> Перекрестные системы выполняются перекрестно-ребристыми и перекрестно-стержневыми	24–100				
10		<b>V. Висячие и вантовые конструкции покрытий</b> Висячие конструкции выполняются пригруженными и жесткими, одно- и двухпоясными	40–80				
11		<b>VI. Пневматические и тентовые покрытия</b> Пневматические конструкции выполняются воздухоопорными и воздухоносными	20–30				

**Примечание.**

- используемый в строительстве материал;
- технически возможно использование материала;
- используемый в строительстве материал при больших пролетах.



## 1. БАЛКИ

Балка представляет собой конструктивный элемент, работающий на изгиб и имеющий в сечении форму прямоугольника, тавра или двутавра.

Балки бывают односкатными, двускатными и с параллельными поясами.

Из строительной механики известно, что распределение напряжений в материале конструкции происходит неравномерно. В балке, положенной на две опоры и работающей на изгиб, верхний пояс имеет максимальные сжимающие напряжения, а нижний – максимальные растягивающие напряжения. Учитывая это обстоятельство, балки выполняются двутаврового или таврового сечения (в зависимости от величины пролета) с концентрацией материала в верхней и нижней зонах. Для уменьшения веса балки, а также для пропуска инженерных коммуникаций тонкую соединительную стенку между нижним и верхним поясами иногда делают не сплошной, а с круглыми или многоугольными отверстиями.

Балки изготовляют из сборного или монолитного железобетона, металла или дерева.

Балки устанавливают на колонны или стены с интервалом обычно 6 м. При расстоянии между вертикальными опорами 12 м и более балки могут опираться на подстропильную балку.

Железобетонные сборные балки в зависимости от требуемого профиля кровли здания могут быть односкатными, двускатными и с параллельными поясами (рис. 1). Балки с параллельными поясами служат для устройства плоских покрытий, но могут применяться, при необходимости, и для скатных покрытий.

Балки применяются при пролетах от 6 до 18 м, а иногда до 24 м и более. Балки малых пролетов (6–9 м) обычно армируются ненапряженной арматурой периодического профиля. При больших пролетах балки изготовляются с предваритель-

но-напряженной арматурой в виде стержней периодического профиля. Предварительное напряжение осуществляется за счет удлинения арматуры электронагревом или механическим путем и удержания ее в натянутом состоянии при бетонировании до отверждения бетона. Стремясь прийти к своей первоначальной длине, арматура сжимает схватившийся с ней бетон и этим обеспечивается работа по восприятию растягивающих усилий, возникающих в нижнем поясе балки во время ее загрузки. Предварительное напряжение арматуры балок увеличивает ее жесткость, предупреждает появление трещин при эксплуатационных нагрузках.

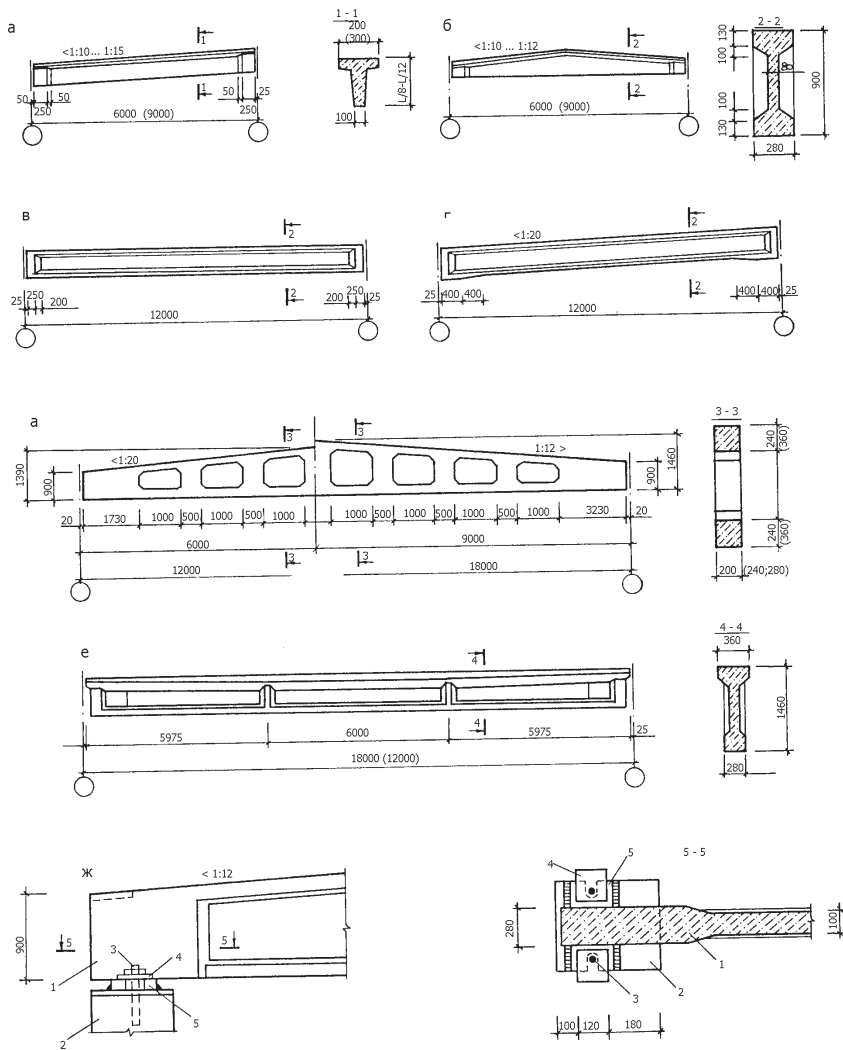
Балки при пролетах 6, 9 и 12 м имеет тавровое поперечное сечение (рис.1, а), при пролетах 12, 18 и 24 м ввиду размещения арматуры в нижней части стенки, сечению балки придают очертание двутавра (рис.1, б, е).

Балки пролетом 18 и 24 м могут выполняться составными с отверстиями в стенке (для облегчения веса) с предварительно напряженной арматурой нижнего пояса.

Высота железобетонных балок в средней части пролета принимается в пределах  $1/8 \dots 1/10$  пролета при ненапряженной арматуре и  $1/10 \dots 1/15$  пролета при предварительно напряженном армировании. Уклон скатов балок к торцам принимается в пределах  $1/12 \dots 1/15$ . Минимальную ширину полки принимают 28–30 см. Толщина стенки балок принимается не менее 8 см. В опорной части балки для повышения ее устойчивости стенка расширяется. В месте опирания балки крепятся к колоннам анкерными болтами (рис. 1, ж). Устойчивость балки в пролете обеспечивается приваркой элементов настила к закладным деталям, уложенным в верхнем поясе балки. Для железобетонных балок пролет, как правило, принимается в пределах 18 м.

Металлические балки применяются главным образом для перекрытия пролетов гражданских зданий в пределах 6...18 м и более.

Наиболее рациональны в использовании прокатные балки



**Рис. 1. Типы железобетонных балок**

А - железобетонные балки: а, г - односкатная; б, д - двускатная;  
 в, е - горизонтальная; ж - опирание балки на колонну;  
 1 - балка; 2 - опора; 3 - анкерный болт; 4 - закладные детали балки;  
 5 - металлическая пластинка для крепления балки к опоре болтами

двутаврового и швеллерного сечения, ввиду простоты их изготовления. При недостаточной жесткости прокатных балок широко применяют сварные составные балки двутаврового сечения (рис. 2).

Сварные составные балки могут быть со стенами сплошного сечения со стенкой с круглыми, овальными или многоугольными отверстиями, которые используются для прокладки инженерных коммуникаций и других целей (рис. 2, а). В промежутках между отверстиями устраивают поперечные ребра жесткости, обеспечивающие устойчивость стенки.

В последнее время в строительстве находят применение балки со стенкой перфорированного очертания в продольном направлении (рис. 2, б, в, г).

Перфорированные балки имеют ту же массу, что и прокатные профили. При этом их несущая способность и жесткость значительно выше, чем у исходного профиля, а следовательно, она может быть применена при большом пролете и иметь большую несущую способность.

При увеличении пролета или увеличении расчетной нагрузки на балку рационально использование стальных предварительно напряженных балок.

Высоту металлических балок принимают  $1/10 \dots 1/15$  пролета. Для металлических балок рациональный пролет в пределах 15 м. Металлические балки изготавливаются из стали или алюминиевых сплавов.

В настоящее время, в связи с дороговизной стали, металлические балки применяют только в тех случаях, где они по функциональным соображениям не могут быть заменены железобетонными.

Деревянные балки могут применяться для покрытий пролетов 6...15 м. По форме балки могут быть двускатными и с параллельными поясами (рис. 3). Деревянные балки бывают дощато-гвоздевыми и клееными (рис. 3, а, б, в). Дощато-гвоздевые балки имеют шитую на гвоздях стенку из двух слоев досок, толщиной 19-25 мм. Верхний и нижний пояса балок

выполняются из брусьев толщиной 40–60 мм. По длине балки на расстояниях, равных  $1/8 \dots 1/10$  пролета, устанавливают ребра жесткости из брусков толщиной 60–80 мм. Высоту гвоздевых балок принимают  $1/6 \dots 1/8$  пролета.

Клеенные балки изготавливают из досок, уложенных плашмя на клею. Они могут иметь прямоугольное или двутавровое сечение. Балки прямоугольного сечения применяют для пролетов до 12 м, а двутаврового – до 15 м. Высоту клеенных балок принимают  $1/10 \dots 1/12$  пролета. По деревянным балкам укладывают деревянные прогоны на расстоянии 1 м друг от друга. По прогонам укладывают настил. Для деревянных балок наиболее рациональный пролет 12 м.

## 2. ФЕРМЫ

Ферма представляет собой плоскую решетчатую конструктивную систему, работающую в основном на изгиб, и состоит из отдельных прямолинейных стержней, соединенных между собой в узлах. Геометрическая схема фермы определяется очертанием ее верхнего и нижнего поясов и размещением стержневых элементов решетки – раскосов и стоек. Решетка стропильных ферм устраивается преимущественно треугольной формы с переменным направлением раскосов. Длина панели верхнего пояса зависит от принятого типа покрытия и принимается 1,5 или 3 м.

В табл. 3 представлены схемы ферм, наиболее часто применяемые в покрытиях одноэтажных зданий, указаны материалы, из которых изготавливаются фермы, оптимальный пролет  $L$  и примерное соотношение высоты конструкции  $h$  к пролету  $L$ .

По очертанию фермы (табл. 3) бывают: с параллельными поясами, сегментные, трапециевидные, полигональные и треугольные.

Железобетонные фермы выполняются с сегментным очер-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Большепролетные несущие конструкции покрытий гражданских зданий .....	3
1. Балки .....	8
2. Фермы .....	14
3. Рамы .....	19
4. Арки .....	27
5. Ограждающие элементы покрытий для плоскостных систем .....	35
6. Складки .....	47
7. Своды .....	50
8. Оболочки .....	59
9. Купола .....	73
10. Перекрестные системы покрытий .....	85
11. Висячие и вантовые конструкции покрытий .....	97
12. Пневматические и тентовые покрытия .....	110
13. Особенности проектирования зданий с большепролетными конструкциями покрытий в сейсмических районах .....	124
14. Выбор оптимального конструктивного решения. Техничко-экономическое обоснование .....	126
15. Методическое указания по разработке курсовой работы «Большепролетные покрытия общественных и промышленных зданий» .....	130
16. Пример выполнения курсовой работы .....	137
17. Литература .....	143