

Глава 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЗ ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

6.1. ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ НАД РЕКОНСТРУИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

Одной из основных задач, поставленных в настоящее время перед строительной наукой и производством, является разработка и освоение методов реконструкции предприятий в сокращенные сроки, без остановки основных технологических процессов объекта, с возведением новых каркасов, отвечающих современным требованиям производства. Общеизвестны трудности, с которыми связаны строительно-монтажные работы при реконструкции зданий и сооружений в условиях действующего технологического процесса — стесненные условия, не позволяющие обеспечить необходимый фронт работ и широко применять обычные монтажные механизмы и краны. В связи с этим при реконструкции отмечаются повышенные затраты ручного труда, трудности индустриализации конструктивных решений, увеличенный расход материалов на устройство ограждений мест производства строительных работ от основных технологических процессов.

До последнего времени распространенный метод реконструкции в условиях действующего предприятия состоял в установке колонн и возведении покрытия на площадях функционирующих цехов при кратковременных перерывах производства на отдельных участках. Однако наиболее рациональным способом обновления покрытия является реконструкция по схеме “шатер над реконструируемым объектом”. При этом производство работ по возведению большепролетного покрытия по своему характеру приближается к новому строительству со всеми известными преимуществами перед другими способами реконструкции в условиях действующего предприятия.

Как показал опыт реконструкции московского завода “Компрессор”, замена многопролетного каркаса мембранным покрытием большого пролета экономически вполне обоснована.

Для производства работ по монтажу конструкций нового покрытия возводится временное защитное покрытие, гарантирующее безопасность при производстве работ над старым зданием действующего предприятия. Для конкретных условий реконструкции производственного каркаса может быть предложено висячее цилиндрическое мембранное или тросовое покрытие с передачей распора на внешние фундаменты. На колонны, связанные оттяжками с фундаментами, могут быть навешаны переносные оградительные сети на время монтажа несущих элементов покрытия. Определенные достоинства висячая комбинированная конструкция имеет и как постоянное покрытие, так как позволяет подвешивать к нему крановое оборудование.

6.2. ПРОЕКТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Цилиндрическое мембранное покрытие с пролетом 60 м. По заданию на проектирование реконструкции предприятия, размещенного в многопролетном каркасном здании, требуется без остановки производства заменить старые конструкции покрытий на новое однопролетное покрытие с пролетом 60 м, оснащенное подвесными кранами грузоподъемностью 15 т [38] (рис. 6.1).

Разработанный проект такого покрытия имеет в качестве основного несущего элемента цилиндрическую мембрану пролетом 60 м со стрелой провисания $1/16$ пролета и толщиной 4 мм (автор Н.И. Уваров). Мембрана закреплена на продольных прямолинейных балках в виде трубы диаметром 450 мм со стенкой толщиной 18 мм. Для крепления мембраны к трубе приварена полоса 6×250 мм и предусмотрено размещение двух рядов монтажных болтов с последующей приваркой мембраны к полосе.

К мембране крепятся вертикальные подвески, поддерживающие поперечные балки жесткости, в виде перфорированных двутавров

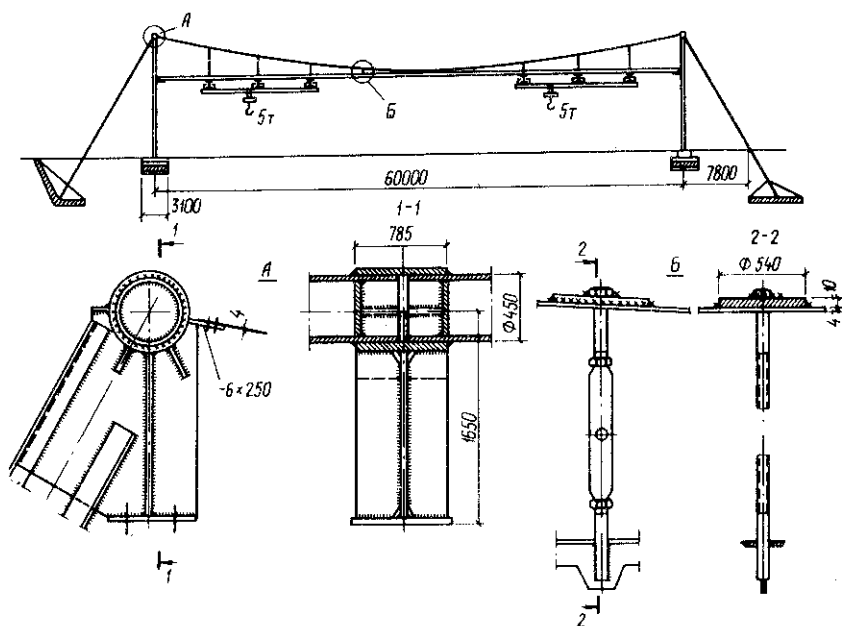


Рис. 6.1. Проект мембранного шатра над реконструируемым без остановки производства цехов (автор Н.И. Уваров)

№ 45, к которым подвешиваются продольные пути подвесных кранов. Оттяжки от колонн к фундаментам, расположенные под углом 60° к горизонту, предлагается выполнять сквозного сечения. Последовательность возведения покрытия связана с особенностями производства работ, выполняемых над действующим предприятием.

После установки секций сборных блоков анкерных фундаментов в непрерывный по длине здания котлован производится сварка и омоноличивание стыков блоков и засыпка грунта. Оголовки колонн, установленных за пределами старого здания, соединяются оттяжками с анкерными фундаментами с учетом крена колонн внутрь пролета при приложении к колонне распора от постоянной нагрузки. Затем к колоннам подвешиваются защитные сети, ограждающие старое здание.

Мембрана монтируется полосами рулонного листа шириной 1600 мм с соответствующим закреплением подвесок для балок жесткости. Полосы мембраны укладываются с шагом 1500 мм, образуя промежутки, которые в последующем заполняются другими полосами с соединением внахлестку с нижележащими листами. Балки жесткости подвешиваются секциями длиной 12 м с шарнирным соединением монтажных элементов между собой. После выверки положения балок и загрузки покрытия постоянной нагрузкой выполняется жесткое стыкование монтажных элементов балки. Необходимой монтажной операцией является предварительное напряжение покрытия. Для этого сооружение загружается балластной нагрузкой, балки жесткости по концам притягиваются к колоннам и производится разгрузка балласта. Натяжение подвесок, выгиб балок требуются для обеспечения упругой работы конструкций. Смонтированные подвесные краны покрытия в последующем используются для демонтажа старого каркаса.

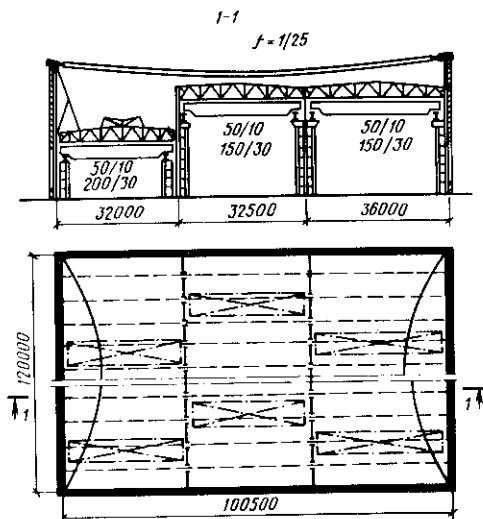
Мембранное покрытие над трехпролетным цехом машиностроительного завода. По проекту, выполненному в Макеевском ИСИ [22], мембранное покрытие возводится над корпусами старого завода для замены пришедшей в негодность кровли. Старые плиты покрытия решено сохранить как элементы, выполняющие теплотехнические функции (рис. 6.2).

Новое покрытие представляет собой цилиндрическую стальную мембрану толщиной 4 мм, пролетом 100 м, усиленную поперечными изгибно-жесткими нитями из широкополочных двутавров 40Ш1. Распор от мембраны через листовые подборы длиной 120 м передается в углы замкнутого опорного контура, который испытывает в основном сжатие. Колонны, поддерживающие элементы опорного контура, имеют шаг 6 м. Используются подращенные колонны существующего каркаса.

Стрела провеса мембраны $1/20$ пролета определяет преобладание кинематических перемещений покрытия перед упругими прогибами мембраны. Учитывая, что в покрытии не предусматривается подвесного кранового оборудования, наибольшие расчетные прогибы приняты $1/200$ пролета.

Расход стали на 1 м^2 покрытия складывается из следующих состав-

Рис. 6.2. Цилиндрическое мембранное покрытие над существующими цехами (конструкция Г.С. Веденикова и В.Ф. Мушанова)



ляющих: наращиваемые участки колонн — 12,8 кг, мембрана — 31,4 кг, листовой подбор — 15,6 кг, жесткие нити — 13,5 кг, элементы опорного контура — 7,8 кг. Всего 81,1 кг.

6.3. ВАНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ НАД РЕКОНСТРУИРУЕМЫМИ ЦЕХАМИ

Покрытие, надвигаемое с торца над старым зданием. В г. Мишкольц (ВНР) предложено использовать вантово-стержневую систему для реконструкции производственного здания без остановки в нем технологического процесса по схеме "шатер над объектом" [11]. Балки жесткости нового покрытия двутаврового сечения высотой 50 см, пролетом 60 м, образующие трехшарнирную балочную распорную систему, собирают на свободной площадке, расположенной у торца старого здания. При шаге таких поперечных конструкций 12 м, связанных прогонами — двутаврами № 20 и монтажными связями, образуется блок размером 60x12 м, который по специальным рельсам надвигается с помощью временных транспортных устройств в проектное положение в плане, находясь на уровне выше оголовков колонн.

По завершении передвижки всех блоков каркас покрытия опускается на колонны и распоры от трехшарнирной балочной системы воспринимаются внешними подкосами, опирающимися на свайный фундамент (рис. 6.3). На месте устанавливаются надпильные стойки и монтируются пучки вант, состоящие из трех стальных канатов закрытого типа диаметром 36 мм с шагом крепления вант к балке жесткости 7,5 м. Усилия от вант через оттяжки, которые образованы продолжением трех канатов-вант, передаются на боковую горизонтальную распорку, а затем на балку жесткости и частично на наклонную оттяжку — на подпильный фундамент.

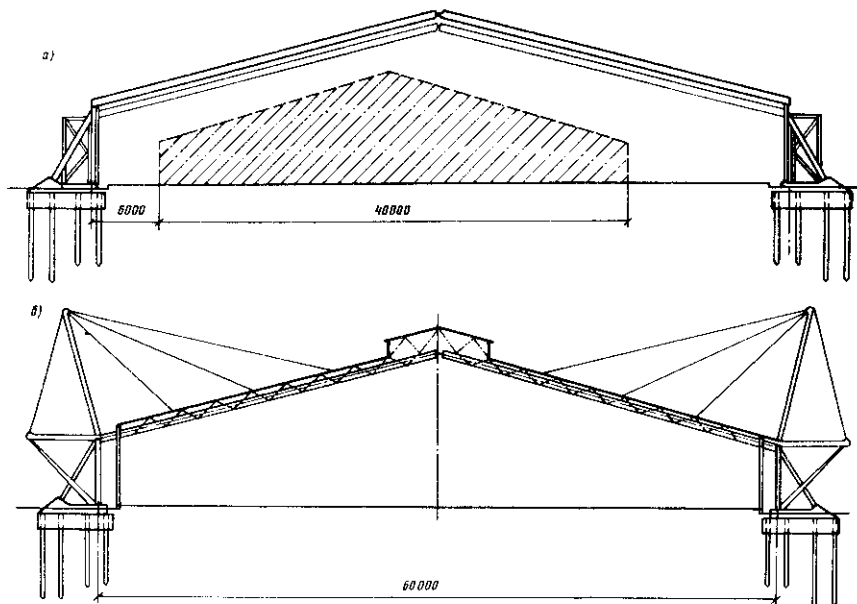


Рис. 6.3. Надвигка вантового покрытия над реконструируемым цехом (Венгрия)
 а — начальная стадия; б — завершение

Регулирование длин и натяжений вант выполняется до укладки на прогоны настила, который представляет собой трехслойные панели из профилированного алюминиевого листа с заполнением пенопластом. Такая последовательность монтажа способствует дополнительному натяжению вант. В конструктивном отношении представляет интерес опорное устройство, которое содержит как элементы, воспринимающие растяжение от вант, так и сжатые распором от трехшарнирной балки. В целом же конструкции опор обеспечивают надежную неизменяемость и жесткость покрытия.

Использование консольной вантово-стержневой системы для реконструкции. Реконструкция цеха, расположенного одной стороной по красной линии улицы, должна проводиться при условии сохранения наружной стены и внешних подземных коммуникаций, находящихся вблизи здания. По другой продольной стороне со стороны территории завода могут быть расположены фундаменты и допускается в процессе реконструкции некоторое увеличение площади цеха.

В этих условиях для замены устаревших конструкций покрытия в проекте, разработанном А.С. Щегловым, принято решение использовать консольные вантово-стержневые рамы с передачей усилий от каждой плоской поперечной конструкции на отдельные анкерные фундаменты (рис. 6.4). Для восприятия местных воздействий от под-

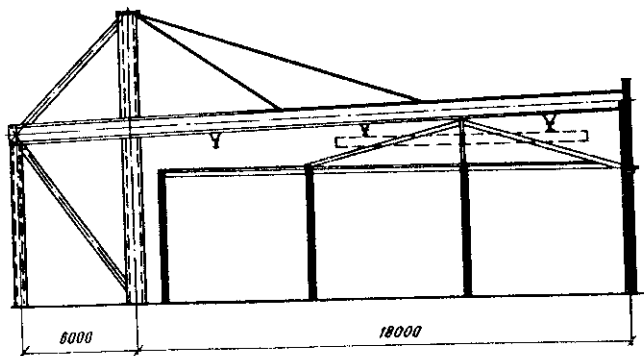


Рис. 6.4. Использование консольно-вантовой схемы покрытия для реконструкции в стесненных условиях (автор А.С. Щеглов)

весных кранов грузоподъемностью 5 т предусмотрено объединение плоских поперечных рам в пространственную перекрестную несущую систему с помощью продольных неразрезных вертикальных связевых ферм.

Вантовые элементы запроектированы из арматурной стали диаметром 40 мм. Пилоны, неразрезные по высоте, приняты из труб 402х9 мм, балки жесткости, воспринимающие сжатие с поперечным изгибом — перфорированные двутавры № 40. Металлический фахверк со стороны территории завода со стеновым заполнением подвешен к коротким консолям балок и используется как балластная нагрузка, воспринимающая часть усилий, передаваемых от покрытия через оттяжки на фундамент.

Строительные работы должны проводиться со стороны двора при минимальных остановках действующего технологического процесса. Монтаж покрытия после наращивания внешней стены должен выполняться крупными блоками с последующим напряжением монтируемых вант путем загрузки балластом внутренней консоли и закрепления анкерами наружного конца в наросшей внешней стене. После окончания монтажа объекта старое здание разбирается с помощью подвесных кранов обновленного покрытия.

Приложение

В таблицах приведены числовые коэффициенты, с помощью которых могут быть вычислены ординаты линий влияния в сечениях 0,25l и 0,5l для висячих комбинированных систем любых пролетов при $\gamma = 0$, т.е. без учета прогибов (геометрической нелинейности). Для систем с передачей распора на внешние фундаменты прогибы учитывают с помощью графиков, помещенных на рис. 2.2. Положение единичного груза от 0,125 до 0,875. Ординаты линий влияния вычисляют по формулам:

$$H_p^0 = \alpha \frac{l}{8f}; \quad \eta^0 = w \frac{l}{El} 10^{-3}; \quad M^0 = \mu l \cdot 10^{-5}; \quad V^0 = \frac{vl}{8f},$$

где α, w, μ, v — числовые коэффициенты, приведенные в таблицах; V^0 — ординаты усилий в элементе.

При несовпадении расчетных параметров l и l_1 с табличными допускается линейная интерполяция или экстраполяция. Искомые значения прогибов и усилий определяют умножением площадей, найденных по вышеприведенным формулам на интенсивность временной нагрузки. Для вычисления прогибов и изгибающих моментов в середине пролета в схемах с жестким средним узлом следует пользоваться таблицами ординат линий влияния обычной неусиленной системы.

В таблицах представлены коэффициенты, с помощью которых можно определить площади влияния при загрузке временной равномерно распределенной нагрузкой всего или половины пролета от опоры до середины. Для этого используют указанные формулы, в которых показатель степени при l увеличивается на единицу. Система с треугольной решеткой имеет восемь панелей, нисходящие опорные раскосы с площадью сечения, равной половине площади висячего пояса, другие раскосы — 0,1 площади пояса. Расстояние от пояса до балки в средней панели 0,3 стрелы провеса, которая принята $1/8$ пролета.

Таблица 1. w и μ для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в четверти пролета однокабельной системы

$l_1 \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875
w — прогибы, множитель 10^{-3}							
0,05	+0,967	+1,397	+0,830	-0,164	-0,961	-1,208	-0,824
0,25	+0,980	+1,421	+0,861	-0,130	-0,929	-1,183	-0,810
0,50	+0,997	+1,452	+0,902	-0,086	-0,889	-1,152	-0,793
1,00	+1,030	+1,513	+0,981	-0,01	-0,810	-1,091	-0,760
5,00	+1,282	+1,975	+1,581	+0,648	-0,209	-0,629	-0,508
μ — изгибающие моменты, множитель 10^{-5}							
0,05	+3691	+8319	+2072	-2140	-4178	-4181	-2559
0,25	+3704	+8344	+2104	-2104	-4146	-4156	-2546
0,50	+3721	+8375	+2145	-2061	-4105	-4125	-2529
1,00	+3754	+8436	+2224	-1975	-4025	-4063	-2495
5,00	+4009	+8904	+2831	-1319	-3419	-3596	-2241

Таблица 2. w и μ для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в середине пролета однокабельной системы¹

$l_1 \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,125	0,250	0,375	0,500
w — прогибы				μ — изгибающие моменты				
0,05	-0,245	-0,164	+0,219	+0,500	-1329	-1408	+0679	+5480
0,25	-0,226	-0,130	+0,264	+0,549	-1311	-1374	+0722	+5527
0,50	-0,203	-0,086	+0,320	+0,610	-1288	-1333	+0776	+5585
1,00	-0,156	-0,010	+0,431	+0,730	-1244	-1251	+0883	+5700
5,00	+0,197	+0,648	+1,274	+1,640	-0904	-0628	+1692	+6574

¹ Множители см. табл. 1.

Т а б л и ц а 3. Коэффициенты для вычисления площадей влияния при расчете однокабельной системы на равномерно распределенную нагрузку¹

$n_1 \cdot 10^4$	Загружение всего пролета		Загружение половины пролета			
	w_1 (0,5)	μ_1 (0,5)	w_1 (0,25)	μ_1 (0,25)	w_1 (0,75)	μ_1 (0,75)
0,05	+0,008	+0007	+0,410	+1565	-0,402	-1553
0,25	+0,039	+0037	+0,421	+1577	-0,390	-1545
0,50	+0,078	+0075	+0,435	+1590	-0,379	-1534
1,00	+0,154	+0148	+0,462	+1618	-0,352	-1506
5,00	+0,737	+0708	0,669	+1828	-0,144	-1297

¹ Множители см. в табл. 1.

Т а б л и ц а 4. w и μ для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в четверти пролета системы с несдвигаемым узлом

$n_1 \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875
w — прогибы, множитель 10^{-3}							
0,05	+0,069	+0,137	-0,068	-0,164	-0,063	+0,052	+0,073
0,25	+0,116	+0,208	-0,003	-0,129	-0,063	+0,031	+0,054
0,50	+0,170	+0,292	+0,075	-0,086	-0,062	+0,008	+0,033
1,00	+0,270	+0,466	+0,221	-0,001	-0,050	-0,024	-0,001
5,00	+0,820	+1,326	+1,111	+0,648	+0,253	+0,020	-0,046
μ — изгибающие моменты, множитель 10^{-5}							
0,05	+245	+3483	-1374	-2139	-0732	+0656	+0887
0,25	+0385	+3685	-1215	-2105	-0826	+0503	+0774
0,50	+0547	+3920	-1029	-2061	-0931	+0330	+0645
1,00	+0836	+4340	-0694	-1974	-1107	+0033	+0423
5,00	+2234	+6413	+1057	-1319	-1644	-1105	-0466

Т а б л и ц а 5. Коэффициенты для вычисления площадей влияния висячей системы с несдвигаемым узлом при расчете на равномерно распределенную нагрузку¹

$n_1 \cdot 10^{-4}$	Загружение левой половины пролета				
	α_1	α_2	v	w (0, 25)	μ (0, 25)
0,05	+0,984	+0,012	-0,983	+0,014	+0050
0,25	+0,971	+0,027	-0,951	+0,030	+0087
0,50	+0,953	+0,041	-0,912	+0,063	+0165
1,00	+0,914	+0,075	-0,839	+0,120	+0306
5,00	+0,727	+0,217	-0,510	+0,455	+0765

¹ Множители см. в табл. 4.

Таблица 6. w и μ для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в четверти пролета двухкабельной системы со средней подвеской

10^{-4}	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875
w — прогибы, множитель 10^{-3}							
0,05	+0,006	+0,050	+0,021	+0,001	-0,004	-0,009	-0,010
0,25	+0,017	+0,127	+0,047	+0,026	+0,013	-0,012	-0,017
0,50	+0,061	+0,183	+0,102	+0,065	+0,024	-0,022	-0,021
1,00	+0,145	+0,318	+0,216	+0,119	+0,035	-0,028	-0,036
5,00	+0,641	+1,102	+0,998	+0,675	+0,319	+0,057	-0,038
μ — изгибающие моменты, множитель 10^{-5}							
0,05	-0,069	+0,275	-0,055	-0,016	-0,002	-0,001	-0,003
0,25	-0,066	+0,289	-0,053	-0,028	-0,003	-0,014	-0,017
0,50	-0,049	+0,310	-0,051	-0,032	-0,028	-0,019	-0,018
1,00	-0,013	+0,346	-0,046	-0,079	-0,053	-0,036	-0,020
5,00	+0,139	+0,539	+0,056	0,114	-0,142	-0,112	-0,059

Таблица 7. w и μ для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в середине пролета двухкабельной системы со средней подвеской¹

$\eta_l \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,125	0,250	0,375	0,500
0,05	-0,017	+0,006	+0,029	+0,048	+0,138	+0,026	-0,140	+0,073
0,25	-0,010	+0,026	+0,103	+0,153	+0,119	+0,044	-0,114	+0,094
0,50	-0,009	+0,053	+0,146	+0,210	+0,094	+0,038	-0,062	+0,129
1,00	-0,007	+0,119	+0,353	+0,502	+0,069	+0,031	-0,011	+0,278
5,00	+0,225	+0,675	+1,276	+1,621	+0,012	+0,049	+0,197	+0,616

Таблица 8. Коэффициенты для вычисления площадей влияния двухкабельной системы со средней подвеской при расчете на равномерно распределенную нагрузку¹

$\eta_l \cdot 10^{-4}$	Загрузка всего пролета					Загрузка половины пролета	
	α_1	α_2	v	$w(0,5)$	$\mu(0,5)$	$w(0,25)$	$\mu(0,25)$
0,05	+0,458	+0,529	-0,160	+0,008	+0,007	+0,020	+0,019
0,25	+0,463	+0,525	-0,204	+0,039	+0,049	+0,024	+0,040
0,50	+0,475	+0,508	-0,341	+0,087	+0,075	+0,047	+0,080
1,00	+0,492	+0,470	-0,586	+0,154	+0,080	+0,094	+0,165
5,00	+0,520	+0,377	-1,138	+0,736	+0,785	+0,395	+0,732

¹ Множители см. в табл. 6.

Т а б л и ц а 9. Коэффициенты для вычисления ординат линий влияния прогибов и изгибающих моментов в середине пролета системы с треугольной решеткой

$\eta_l \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,125	0,250	0,375	0,500
w — прогибы, множители 10^{-3}				μ — изгибающие моменты, множители 10^{-5}				
0,05	+0,001	+0,004	+0,012	+0,019	+0000	+0012	—0064	+0110
0,25	+0,007	+0,020	+0,059	+0,087	+0000	+0018	—0213	+0498
0,5	+0,014	+0,042	+0,116	+0,168	+0000	—0007	—0265	+0925
1,0	+0,027	+0,089	+0,225	+0,316	—0002	—0063	—0209	+1619
5,00	+0,156	+0,477	+0,935	+1,196	—0016	+0042	+1154	+5563

Т а б л и ц а 10. Коэффициенты для вычисления ординат линий влияния прогибов, изгибающих моментов в четверти пролета с усилием в крайней панели верхнего пояса v_1 и в опорном раскосе v_2 системы с треугольной решеткой

$\eta_l \cdot 10^{-4}$	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875
w — прогибы, множитель 10^{-3}							
0,05	0,003	0,012	0,007	0,004	0,002	0,000	0,000
0,25	0,012	0,052	0,034	0,020	0,010	0,002	0,001
0,5	0,025	0,097	0,071	0,042	0,021	0,006	0,003
1,0	0,051	0,175	0,146	0,089	0,045	0,015	0,006
5,0	0,261	0,632	0,651	0,477	0,285	0,125	0,042
μ — изгибающие моменты, множитель 10^{-5}							
0,05	+0001	+0179	—0131	—0062	—0044	—0011	—0005
0,25	+0001	+0716	—0467	—0266	—0167	—0051	—0019
0,50	+0012	+1182	—0673	—0456	—0280	—0098	—0033
1,00	+0048	+1797	—0811	—0714	—0449	—0179	—0055
5,00	+0468	+3645	—0374	—1243	—1059	—0569	—0183
v_1 — усилие в крайней панели верхнего пояса							
0,05	—0,094	0,864	1,340	1,466	1,090	0,369	0,118
0,25	—0,095	0,801	1,296	1,388	1,058	0,390	0,112
0,5	—0,087	0,755	1,275	1,367	1,033	0,410	0,114
1,0	—0,072	0,692	1,229	1,332	0,998	0,432	0,118
5,0	—0,007	0,494	0,940	1,069	0,843	0,449	0,142
v_2 — усилие в опорном раскосе							
0,05	1,249	0,748	0,254	—0,044	—0,145	—0,065	—0,013
0,25	1,239	0,800	0,278	—0,017	—0,130	—0,065	—0,010
0,5	1,2243	0,8438	0,3028	—0,004	—0,121	—0,067	—0,010
1,0	1,197	0,903	0,356	0,026	—0,102	—0,066	—0,010
5,0	1,050	1,044	0,629	0,257	0,047	—0,013	—0,002

П р и м е ч а н и е. Табл. 9 и 10 составлены инж. Р.М. Гарифулиным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы. — М.: Стройиздат, 1983. — 488 с.
2. Бахтин В.Ф. Исследование вантово-стержневого покрытия производственного здания. — В кн.: Висячие покрытия и мосты. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. — С. 163—175.
3. Баленя Е.И., Стрелецкий Н.Н., Ведеников Г.С. и др. Металлические конструкции. Специальный курс. — М.: Стройиздат, 1982. — 472 с.
4. Баленя Е.И. Предварительно напряженные несущие металлические конструкции. — М.: Стройиздат, 1975. — 415 с.
5. Болдырев Г.Г. Устойчивость и деформируемость оснований анкерных фундаментов. — М.: Стройиздат, 1987. — 81 с.
6. Гарифулин Н.М. К расчету висячих комбинированных систем методом конечных элементов. Висячие покрытия и мосты. — Воронеж, 1986. — С. 144—157.
7. Дуров И.С. Деформационный расчет висячих мостов. — Дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. — М.: МАДИ, 1970. — 427 с.
8. Дыховичный Ю.А. Большепролетные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве. — М.: Стройиздат, 1982. — 227 с.
9. Жандаров М.А. Расчет пространственного висячего покрытия промышленного здания с подвесными кранами. Вопросы проектирования висячих комбинированных конструкций, вып. 2. — Воронеж, 1973, вып. 3, с. 34—41.
10. Забавников Б.И., Назаренко Н.Г. Расчет стальной мембраны, воспринимающей распор от висячего покрытия. Исследования висячих строительных конструкций. — Воронеж: изд-во ВГУ, 1983. — С. 83—87.
11. Ивниц И. Висячие преднапряженные конструкции покрытий залов. Международный конгресс ИАСС "Теория и экспериментальные исследования пространственных конструкций. Применение оболочек в инженерных сооружениях". Доклады, т. 4, ЦНИИСК им. Кучеренко, 1985. — С. 202—213.
12. Калашов Н.Н. Расчет висячих и арочных покрытий с произвольным очертанием оси несущих элементов. Облегченные конструкции покрытий зданий. — Ростов-на-Дону, 1980. — С. 47—52.
13. Кичурин В.К. Теория висячих систем. — М.: Госстройиздат, 1962. — 224 с.
14. Кираенко В.И. и др. Висячие покрытия зданий предприятий легкой промышленности. Строительные конструкции, вып. XI. — Киев: Будівельник, 1969. — С. 13—18.
15. Кирсанов Н.М. Висячие системы повышенной жесткости. — М.: Стройиздат, 1973. — 116 с.
16. Кирсанов Н.М. Висячие и вантовые конструкции. — М.: Стройиздат, 1981. — 158 с.
17. Кирсанов Н.М. Влияние деформативности и статической неопределенности на собственные частоты и формы колебаний висячих комбинированных конструкций. — Воронеж, 1976, вып. 4, с. 3—21.
18. Кирсанов Н.М. Расчет висячих комбинированных систем по линиям влияния с учетом прогибов. — Воронеж, 1976. — 104 с.
19. Колодежнов С.Н. Определение частот и форм собственных колебаний висячих покрытий производственных зданий. Исследование висячих строительных конструкций. — Воронеж, 1983. — С. 43—52.
20. Морозов А.П., Василенко О.В., Миронков Б.А. Пространственные конструкции общественных зданий и сооружений. — Л.: Стройиздат, 1977. — 168 с.
21. Москалев Н.С. Конструкции висячих покрытий. — М.: Стройиздат, 1980. — 331 с.
22. Мушанов В.Ф. Висячая ортотропная металлическая оболочка покрытия производственного здания с подвесным транспортным оборудованием: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — М., 1987. — 24 с.
23. Никифоров В.Ф. О взаимосвязи основных компоновочных параметров висячего моста с его деформативностью // Строительная механика и расчет сооружений. — 1987. — № 4. — С. 4—8.

24. **Николаев С.Н.** Способы обеспечения жесткости висячих многопролетных покрытий промышленных зданий. Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — Воронеж: Воронежский ИСИ, 1987. — С. 227.
25. **Пыринов Б.В., Самочернов Ю.Г., Якобсон К.К.** Новый вантовый пешеходный мост // Транспортное строительство. — 1968. — № 4. — С. 13—14.
26. Рекомендации по проектированию висячих конструкций ЦНИИСК. — М.: 1974. — 176 с.
27. Рекомендации по проектированию и применению железобетонных (с внешним листовым армированием) висячих покрытий при реконструкции предприятия без остановки производства. — М.: НИИЖБ, 1984. — С. 54.
28. **Ружанский И.Л.** Висячие конструкции покрытий. — М.: ВНИИС, 1984. — 96 с.
29. Руководство по применению стальных канатов и анкерных устройств в конструкциях зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1978. — 94 с.
30. **Сигаев И.П.** Исследование перекрестных висячих комбинированных покрытий при воздействии на них сосредоточенных нагрузок // Исследования висячих конструкций покрытий и мостов. — Воронеж, 1982. с. 93—121.
31. **Сигаев И.П., Колодежнов С.Н.** Модель висячего покрытия промышленного здания и ее испытания // Исследования висячих покрытий и мостов. — Воронеж, 1982, с. 121—126.
32. **Сигаев И.П.** Анализ компоновочных параметров рамы висячего покрытия промышленного здания // Исследования висячих строительных конструкций. — Воронеж, 1983, с. 67—76.
33. **Смирнов В.А.** Висячие мосты больших пролетов. — М.: Высшая школа, 1975. — 368 с.
34. **Стрелецкий Н.Н.** Решетчатые комбинированные системы мостов. — М.: Дориздат, 1953. — 220 с.
35. **Стрелецкий Н.С.** Новые идеи и возможности в металлических промышленных конструкциях. — М.: Госстройиздат, 1934. Избранные труды. — М.: Стройиздат, 1975.
36. **Трофимов В.И., Микулин В.Б., Прицкер А.Я.** и др. Мембранные конструкции зданий и сооружений. — Киев: Будівельник, 1986. — 176 с.
37. **Трущев А.Г.** Пространственные металлические конструкции. — М.: Стройиздат, 1983. — 215 с.
38. **Уваров Н.И.** Цилиндрические мембранные покрытия производственных зданий больших пролетов, усиленные балками жесткости: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — Воронеж, 1986. — 24 с.
39. **Уваров Н.И.** Исследование прогибов висячих мембранных покрытий производственных зданий под действием различных нагрузок // Висячие покрытия и мосты. — Воронеж, 1986, с. 106—112.
40. **Филиппов А.А.** Повышение срока службы стальных канатов. — М.: Стройиздат, 1981. — 128 с.
41. **Цаллин С.А.** Висячие мосты. — М.: Дориздат, 1949. — 239 с.
42. **Червяков А.В.** Канонические методы определения собственных частот и форм вертикальных колебаний висячих мостов // Прочность, устойчивость и колебания висячих систем. — Саратов, 1973, вып. 72, с. 3—73.
43. **Шимановский В.Н.** Висячие системы. Конструкции и расчет нитей конечной жесткости. — Киев: Будівельник, 1984. — 208 с.
44. **Штолько В.Г.** Архитектура сооружений с висячими покрытиями. — Киев: Будівельник, 1979. — 152 с.
45. **Щеглов А.С.** Висячие комбинированные покрытия производственных зданий с перекрестными несущими элементами: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — Воронеж, 1986. — 21 с.
46. **Щеглов А.С.** Исследования компоновочных параметров висячих конструкций с перекрестными несущими элементами // Висячие покрытия и мосты. — Воронеж, 1986, с. 133—148.
47. Висячее покрытие промышленного здания. А.С. 1081308; МКИ³ Е 04 В 7/14 Н.М. Кирсанов, С.Н. Колодежнов, И.П. Сигаев. Оpubл. в Б.И. 1984, № 11.
48. Висячее покрытие производственного здания с подвесными кранами. А.С. 1101530; МКИ³ Е 04 В 7/14 Н.М. Кирсанов. Оpubл. в Б.И. 1984, № 25.

49. Висячее сооружение: А.С. 1232765 СССР: МКИ³ Е 04 В 7/14 /Н.М. Кирсанов, С.Н. Николаев, А.С. Щеглов, В.Ф. Бахтин. Оpubл. в Б.И. 1986, № 19.

50. Каркас производственного здания с висячим покрытием. А.С. 125463 СССР: МКИ³ Е 04 В 5/00 /Н.М. Кирсанов, С.Н. Николаев, А.С. Щеглов. Оpubл. в Б.И. 1986, № 31.

51. Висячее покрытие производственного здания. А.С. 1310490 СССР: МКИ³ Е 04 В 7/14 / Н.М. Кирсанов, Р.М. Гарифулин, А.С. Щеглов. Оpubл. в Б.И. 1987, № 18.

52. Kißig H., Schrecke M. Hängedachkonstruktion der Omnibusreparaturhalle in Berlin—Weißensee. — Bauplanung Bautechnik, 1965, h. 10.

53. Thon R., Bomhard H. Konstruktion und Bau der Wartungshalle V auf Flughafen Frankfurt-Mein. Beton und Stahlbeton, 1970, №5, S. 121—1932.

54. Hyi P. Hängekrananlage in der neuen Wartungshalle V der Deutsche Lufthansa AG am Flughafen Frankfurt-Mein. Der Stahlbau, 1971, № 1, S. 24—26.

55. Rognar Hedlund. Das "Jaawerth — System", Deutsche Bauzeitschrift, 1964, № 11, S. 1825—1832.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Особенности компоновки висячих покрытий	5
1.1. Общие сведения	5
1.2. Конструктивные схемы	6
1.3. Обеспечение жесткости пролетных конструкций	9
1.4. Конструкции, воспринимающие распоры от висячих элементов	24
Глава 2. Расчет висячих комбинированных конструкций с помощью функций влияния	34
2.1. Метод расчета	35
2.2. Расчет статически неопределимых систем покрытий	43
2.3. Анализ покрытий с произвольным очертанием висячего элемента	47
2.4. К динамическому расчету покрытий	49
2.5. Проектирование анкерных устройств	54
Глава 3. Пространственные стержневые висячие покрытия	56
3.1. Схемы пространственных покрытий	56
3.2. Стержневые покрытия, объединенные продольными связями	59
3.3. Висячие покрытия с диагонально-перекрестными нитями и с ортогональными балками	81
3.4. Строительство и испытания опытных каркасов и покрытий	86
Глава 4. Покрытия производственных зданий с цилиндрическими мембранами	91
4.1. Мембранные покрытия и возможности их использования	91
4.2. Напряженно-деформированное состояние мембран в покрытиях	97
4.3. Компонировочный расчет цилиндрических покрытий	100
4.4. Проектные предложения мембранных покрытий	101
Глава 5. Многопролетные висячие покрытия	103
5.1. Общая характеристика конструкций	103
5.2. Компоновка и расчет многопролетных покрытий	109
5.3. Вантовые покрытия производственных зданий	111
Глава 6. Использование висячих покрытий для реконструкции предприятий без остановки производства	114
6.1. Висячие покрытия над реконструируемым объектом	114
6.2. Проектные предложения по использованию мембранных покрытий при реконструкции	115
6.3. Вантовые покрытия над реконструируемыми цехами	117
Приложение	119
Список литературы	124