

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра строительных конструкций

В.И. Рязанов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАНЕЛЕЙ- ОБОЛОЧЕК КЖС В ПОКРЫТИЯХ ЗДАНИЙ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство

Оренбург
2016

УДК 624.013.35 001.4(07)

ББК 38.53 я 7

Р-99

Рецензент - кандидат технических наук Р.Г. Касимов

Рязанов, В.И.

Р 99 Проектирование панелей-оболочек КЖС в покрытиях зданий: методические указания / В.И. Рязанов; Оренбургский государственный университет-Оренбург: ОГУ, 2016. – 29 с.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

УДК 624.012(076.5)

ББК 38.53 я7

© Рязанов В.И., 2016

© ОГУ, 2016

Содержание

1	Общие сведения.....	4
2	Панели-оболочки КЖС.....	6
2.1	Конструктивные решения панели-оболочки.....	6
2.2	Геометрия панели-оболочки.....	7
2.3	Методика расчета панелей-оболочек КЖС.....	12
	Список использованных источников.....	22
	<i>Приложение А</i> Письмо Госстроя РФ от 05.11.1998 N БЕ-178 "О ценах на проектные и изыскательские работы для строительства".....	23
	<i>Приложение Б</i> Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ для строительства.....	24

1 Общие сведения

На протяжении многих лет железобетонные конструкции усиленно применяются как в нашей стране, так и за рубежом. За последнее десятилетие объем применения железобетонных конструкций в России увеличился в 2 раза.

Одним из способов снижения материалоемкости и снижения массы зданий и сооружений, а так же уменьшения их стоимости является применение пространственных конструкций.

Строительная практика богата примерами применения железобетонных пространственных конструкций в покрытиях производственных и общественных зданий. Пространственные конструкции лучше всего отражают современные задачи строительства, его массовость, индустриальность, универсальность, темпы и прогресс развития.

Подобные конструкции имеют ряд преимуществ перед покрытиями, выполненными из плоских элементов. С помощью пространственных конструкций возможно перекрывать значительные пролеты со снижением расхода материалов до 25-40 %. Кроме этого масса пространственных конструкций значительно меньше, по сравнению с плоскими конструкциями. Богатое разнообразие геометрических форм оболочек придает большую архитектурную выразительность зданиям.

Особое место среди пространственных конструкций и покрытий занимают предварительно напряженные своды-оболочки, которые получили название панели КЖС (крупноразмерные железобетонные сводчатые). Панели-оболочки КЖС изготавливаются в заводских условиях и доставляются на строительную площадку как законченная пространственная конструкция, которую укладывают поперек пролетов 12, 18 и 24 м. Панели-оболочки КЖС возможно применять в составе комбинированных конструкций при пролетах 24-48 м и более.

Панель-оболочка КЖС представляет собой железобетонную предварительно напряженную крупноразмерную конструкцию. Преимущества её перед традиционными плоскими конструкциями состоит в пространственной работе панели-оболочки, что существенно упрощает конструктивную схему здания, снижает расход материалов, а так же значительно упрощает технологию монтажа. Значитель-

ная площадь панели-оболочки КЖС (36-72 м²) позволяет выполнять их комплексными максимальной заводской готовности.

Кроме этого, применение панелей-оболочек КЖС позволяет снизить высоту наружных стен зданий – продольных на 1,2 м, а торцевых на 2,4 м. А это уменьшает строительный объем здания, что позволяет снизить расходы на отопление и вентиляцию.

Анализ технико-экономических показателей наиболее распространенных промышленных зданий, приведенных в [2] показал, что применение панелей-оболочек КЖС размером 3x18 в 4-х пролетных зданиях длиной 72 м позволяет снизить расход бетона на 27,7 %, расход стали на 29,4 %, а трудозатраты на возведение – на 40 %. При этом учитывались показатели только по изменяющимся частям здания, т.е. покрытию. Для сельскохозяйственных зданий с бескаркасной схемой, т.е. при опирании панелей КЖС размером 3x18 м на пилястры продольных стен снижается расход бетона на 18 %, стали на 35 % [4].

Конструктивная схема покрытий из панелей-оболочек КЖС обеспечивает в большинстве случаев экономию капитальных вложений при строительстве не менее 5 Р., и 3 Р. при эксплуатации 1 м² покрытия, при снижении трудоемкости здания почти в 2 раза [4].

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели панелей-оболочек КЖС при унифицированной расчетной нагрузке 5,5 кН/м²

Наименование показателей	Номинальные размеры панелей, м		
	3x12	3x18	3x24
1	2	3	4
Класс бетона	B30	B40	B40
Приведенная толщина бетона, см	6,7	7,3	8,7
Расход стали на 1 м ² , в том числе на-прягаемой	5,75	6,65	7,63
	1,6	2,4	3,2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Масса панелей, т	6,05	9,85	15,5
Объем бетона, м ³	2,42	3,94	6,2

Примечание - Для перехода к ценам 2016 года рекомендуется использовать переходные коэффициенты, приведенные в приложении А.

2 Панели-оболочки КЖС

2.1 Конструктивное решение панели-оболочки

Конструкция плит КЖС решена по принципу пологого тонкостенного цилиндрического свода, устойчивость которого обеспечивается двумя продольными ребрами-диафрагмами сегментного очертания. Геометрическая ось свода располагается по кривой, близкой к кривой давления от равномерно распределённой нагрузки и пересекает с осью рабочей арматуры в пределах опорной площадки панели. Благодаря сводчатому очертанию конструкции и достаточно точному центрированию опорных узлов, поперечные силы, возникающие при действии основного вида нагрузки – равномерно распределенной, могут быть восприняты целиком вертикальными составляющими сил сжатия в полке плиты. Поэтому специального армирования для восприятия поперечных сил обычно не требуется. В случае несимметричного нагружения временной нагрузкой, возникающие в своде поперечные силы обычно настолько малы, что могут быть восприняты одним блоком диафрагм.

Подобное решение позволило значительно уменьшить массу панели-оболочки, а также принципиально упростить систему её армирования по сравнению с обычными конструкциями плоского типа.

2.2 Геометрия панели-оболочки

Для обеспечения равномерности распределения усилий сжатия в оболочке панели, ось оболочки очерчивается по квадратной параболе, расположенной несколь-

ко ниже кривой давления при всех видах загрузки. При этом очертание верхней поверхности оболочки между точками 1-2 (рисунок 2.1) принимается по уравнению 2.1.:

$$y_{1-2} = \frac{4f}{l}x - \frac{4f}{l^2}x^2 + h_1 \quad (2.1)$$

$$\text{где } f = \frac{h-h_k}{1 + \frac{4x_1^2}{l^2} - \frac{4x_1}{l}} \quad (2.2)$$

$$h_1 = h - f \quad (2.3)$$

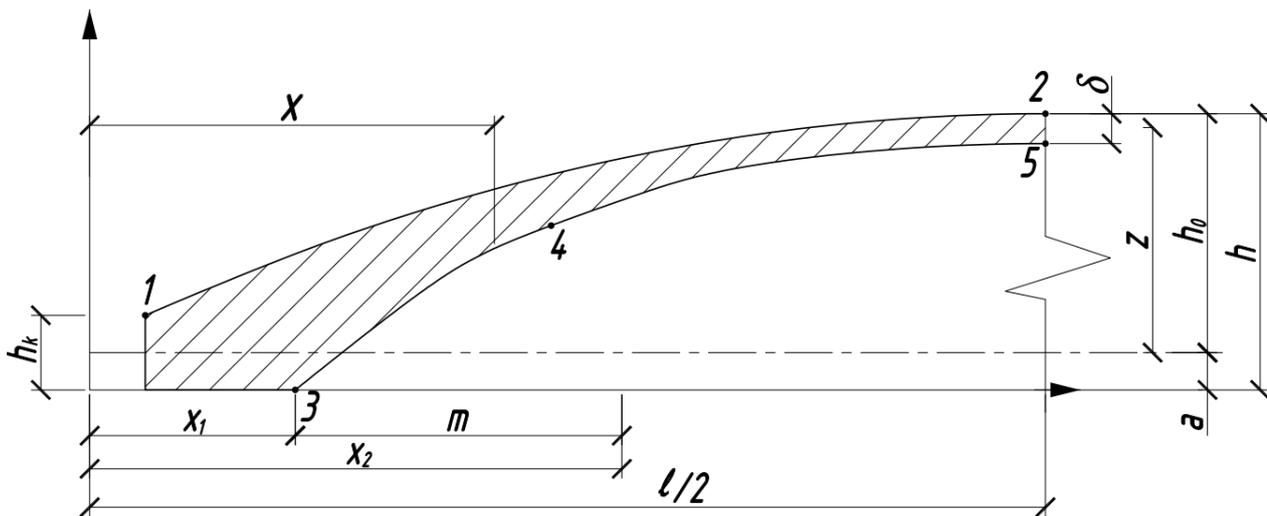


Рисунок 2.1 – Условное обозначение элементов панели-оболочки

Очертание нижней поверхности между точками 3-4 принимается по уравнению 2.4:

$$y_{3-4} = ax^2 + bx + c \quad (2.4)$$

Нижняя поверхность между точками 4-5 описывается уравнением 2.5.

$$y_{4-5} = \frac{4f}{l}x - \frac{4f}{l^2}x^2 + h_1 - \delta \quad (2.5)$$

$$\text{где } a = -\frac{4f}{l^2} \left(1 + \frac{nx_1}{m} \right) - \frac{h_2}{m^2} \quad (2.6)$$

$$b = \frac{4f}{l} \left(1 + \frac{2x_1x_2n}{m^2l} \right) + \frac{2h_2x_2}{m^2} \quad (2.7)$$

$$c = \frac{4fx_1x_2^2n}{m^2l^2} - \frac{h_2x_1(m+x_2)}{m^2} \quad (2.8)$$

$$n = l - x \quad (2.9)$$

$$m = x_2 - x_1 \quad (2.10)$$

$$h_2 = h - \delta \quad (2.11)$$

где l – длина панели-оболочки, см;

h_k – её высота на опоре, см;

δ – толщина оболочки панели в средней части пролета (между точками 4-5), см;

m – длина участка, в пределах которого толщина свода принимается переменной, см.

Высота поперечного сечения панели-оболочки в середине пролета принимается из соотношения $(1/20 \dots 1/15)l_0$, в зависимости от величины нагрузки и размера пролета. Так при пролете 18 м высота панели в середине пролета составляет 1 м, а при 24 м – 1,3 м. Минимальная толщина оболочки должна быть не менее $\delta=30$ мм.

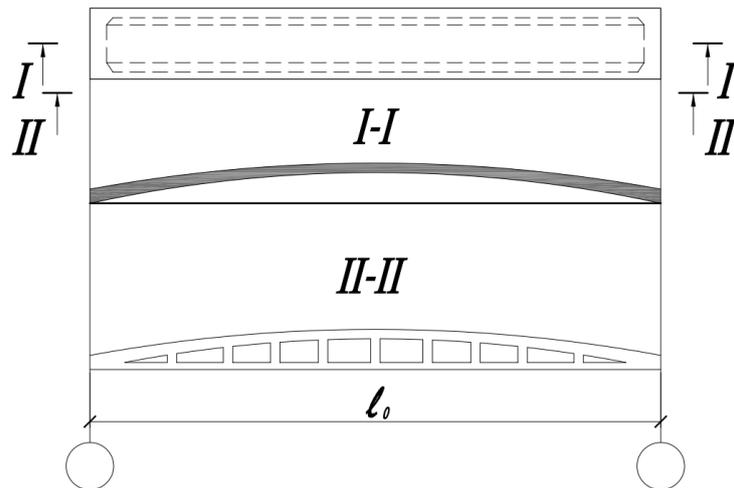


Рисунок 2.2 - Общий вид панели-оболочки КЖС

Для облегчения панелей-оболочек, продольные ребра-диафрагмы следует проектировать кессонного типа с минимальной толщиной стенки, равной $b_g = 40$ мм.



Рисунок 2.3 – Поперечное сечение панели-оболочки КЖС

Снизить расход бетона, при изготовлении панелей-оболочек, можно с помощью устройства отверстий в кессонах продольных ребер-диафрагм. Кроме этого, снижение расхода бетона достигается путем изменения очертания нижней поверхности оболочки в приопорной части панели.

Очертание нижней поверхности между точками 3-4 принимается по уравнению 2.12:

$$y_{3-4} = -0,000449x^2 + 0,3184x \quad (2.12)$$

при $1840 \geq x \geq 0$.

Опорная часть панели-оболочки для этого случая показана на рисунке 2.4.

В месте примыкания оболочки к продольным ребрам-диафрагмам, предусматриваются пологие вуты, обеспечивающие необходимую жесткость сопряжения (рисунок 2.3).

Для пропуска вентиляционных шахт и установки крышных вентиляторов в поле оболочки, предусматривают отверстия диаметром 400, 700, 1000 и 1450 мм. Эти отверстия располагают по оси панели на различных расстояниях

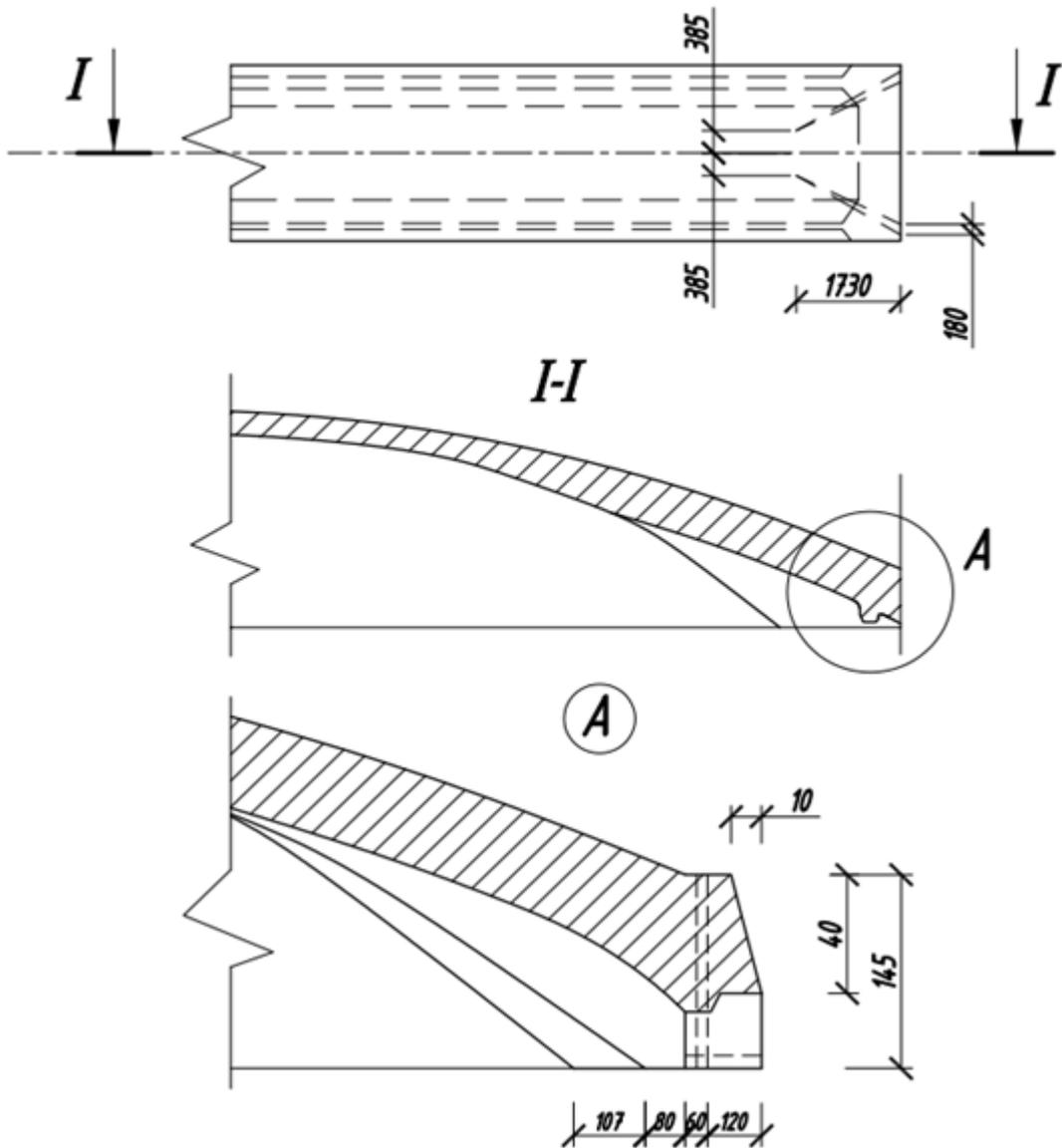


Рисунок 2.4 – Приопорная зона панели-оболочки КЖС

от торца. Вокруг отверстий обязательно предусматривается увеличение толщины оболочки.

Так как производственные здания часто проектируются со светоаэрационными и зенитными фонарями, то для их устройства панели-оболочки КЖС проектируются с проемами размером 2,5х6 м и 2,5х9 м при размерах панелей соответственно 3х18 м и 3х24 м.

При этом толщина оболочки плавно увеличивается от 30 до 80 мм. Кроме этого, в соответствии с расчетом, устанавливается дополнительная арматура в сжатой зоне диафрагм.

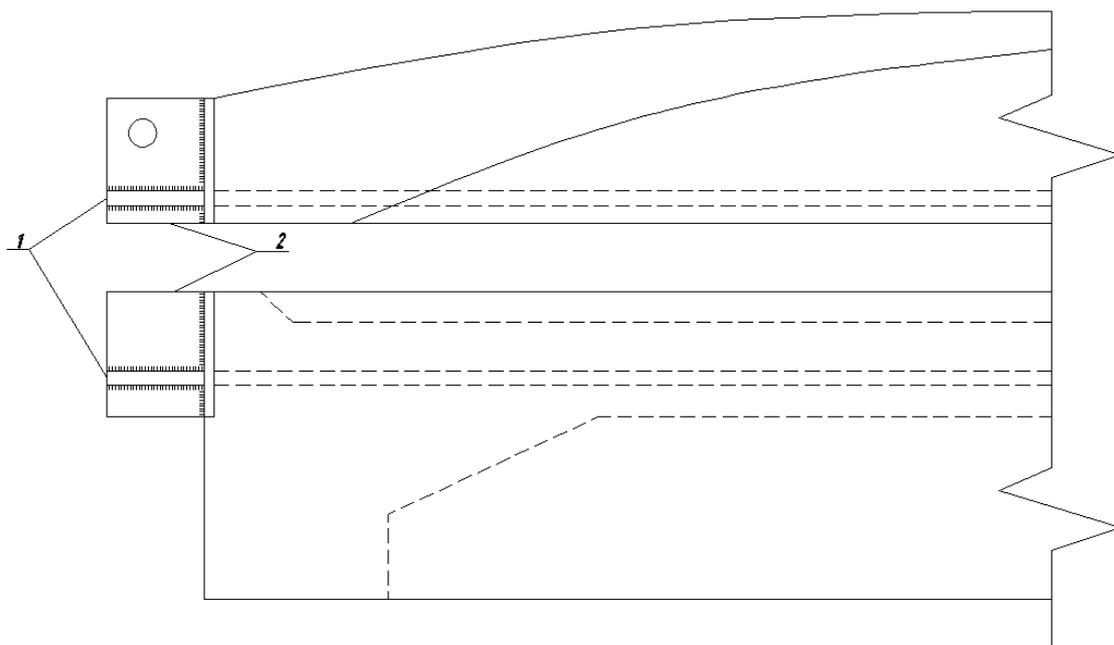
Для изготовления панелей-оболочек рекомендуется принимать тяжелый бетон или бетоны на пористых заполнителях классов В30-В50, в зависимости от размеров пролета и действующих нагрузок.

Поле оболочки армируется по расчету рулонной сварной сеткой с минимальным процентом армирования в сечениях между точками 4-5 – 0,3 % (рисунок 2.1) для поперечных стержней и 0,2 % для продольных стержней.

В приопорных зонах диафрагм на расстоянии не менее $0,1l_0$, устанавливаются сварные каркасы. Кроме этого, в диафрагмах по всей их длине располагаются стержни-подвески, с помощью которых обеспечивается проектное положение рабочей арматуры.

Напрягаемая арматура панели-оболочки проектируется в виде двух элементов, расположенных в нижней зоне ребер-диафрагм (рисунок 2.3).

Рабочая арматура должна приниматься в соответствии с расчетом из стержневой свариваемой стали, а количество принятых стержней, в каждом ребре-диафрагме, не должно быть больше двух. При этом стержни располагаются вплотную друг к другу. По концам напрягаемых стержней привариваются стальные анкерные детали (рисунок 2.5). Анкера должны надежно заанкерировать рабочую арматуру в бетоне опорного узла панели, так как она выполняет функции затяжек сводчатой системы. Площадь анкеров определяется расчетом. В некоторых случаях допускается использовать в качестве напрягаемой арматуры ребер-диафрагм высокопрочную проволоку или стальные канаты, а конструкция жестких анкеров, располагаемых по углам панелей, должна обеспечивать надежную фиксацию арматуры при отпуске предварительного напряжения и действии эксплуатационных нагрузок.



1 – напрягаемая арматура диафрагмы; 2 – анкер.

Рисунок 2.5 – Узел примыкания анкера к телу оболочки

2.3 Методика расчета панелей-оболочек КЖС

Расчет пологой панели-оболочки проводят по методике предельных состояний с учетом изменения геометрической схемы в процессе нагружения с [3].

Расчет нормальных сечений

Методика расчета основана на предположении, что вдоль пролета действуют только продольные силы, а поперек (т.е. вдоль образующей) только поперечные силы и изгибающие моменты. Следовательно, оболочка рассматривается как цилиндрический свод, работающий совместно с диафрагмами деформированными, при этом необходимо, чтобы несущая способность оболочки была достаточной для восприятия усилий сжатия и изгибающих моментов при воздействии на систему «свод-диафрагма» наименее выгоднейших сочетаний нагрузок. Общая несущая способность этой системы определяется по аналогии с балочной конструкцией переменного сечения и характеризуется предельным изгибающим моментом, вычисляемым в зависимости от площади сечения и расчетного сопротивления рабочей

арматуры ребер-диафрагм. Величина внутренней пары сил принимается равной от оси рабочей арматуры до оси оболочки.

В соответствии с этим, необходимые площади поперечного сечения рабочей арматуры и толщины оболочки определяются следующим образом:

$$A_s \geq \frac{M}{zR_s} \quad (2.13)$$

Толщина оболочки между точками 4-5 (см. рис. 2.1)

$$\delta_{4-5} \geq \frac{M}{zb_f R_b m_0 \gamma_{b2}} \quad (2.14)$$

Толщина оболочки между точками 3-4 (см. рис. 2.1)

$$\delta_{3-4} \geq \frac{M}{z(x+4a_r)R_b \gamma_{b2}} \quad (2.15)$$

где M – изгибающий момент в рассматриваемом сечении, кг·м;

z – расстояние по вертикали от оси оболочки до оси рабочей арматуры, см;

b_f – ширина панели поверху, см;

m_0 – коэффициент условной работы тонкой оболочки, принимаемый равным для панелей шириной 3м – 0,75; 2м – 0,9; 1,5м – 1;

x – расстояние от рабочей поверхности анкера до рассматриваемого сечения, см;

a_r – расстояние по горизонтали от оси рабочей арматуры диафрагмы до предельной грани панели на опоре (см. рисунок 2.6), см.

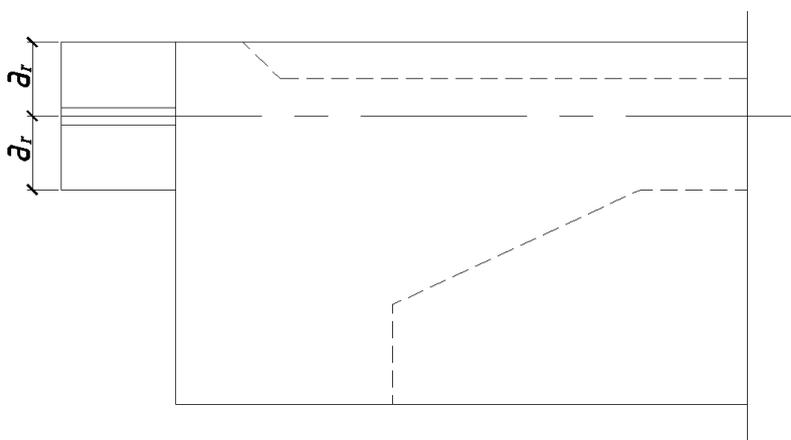


Рисунок 2.6 - Схема опорного узла панели-оболочки

Для опорных сечений оболочки кроме условия 2.15 обязательно выполнение условия

$$\delta_{3-4} \geq \frac{M_0}{z_0(x+4a_r)R_b\gamma b_2} \quad (2.16)$$

где M_0 – расчетный изгибающий момент в середине пролёта панели, кг·м;

z_0 – стрела подъема оболочки, см.

Выражение (2.16) используется также для проверки прочности оболочки в месте её примыкания к фонарному проему. В этом случае выражение (3.4) имеет вид:

$$\delta_{3-4} \geq \frac{M_0}{z_0(x+2b_{нф})R_b\gamma b_2} \quad (2.17)$$

где x – расстояние от грани проема до рассматриваемого сечения, см;

$b_{нф}$ – расстояние от наружной грани оболочки до грани пролёта, см.

Толщина оболочки между точками 4-5 должна быть проверена на условные критические напряжения сжатия, при действии изгибающего момента, определяемого при коэффициентах перегрузки, равных единице.

$$\delta_{4-5} \geq 0,8l_b \sqrt{\frac{M_0^n y_0}{E_s I_{red_0}}} \quad (2.18)$$

где l_b – расчетный пролёт, равный расстоянию в свету между вутами, см;

M_0^n – изгибающий момент в середине пролета панели при коэффициенте перегрузки $n=1$, кг·м;

y_0 – расстояние от центра тяжести приведенного сечения панели в середине пролета до оси оболочки, см;

I_{red_0} – момент инерции приведенного сечения панели в середине пролёта, см⁴.

Проверка прочности на изгиб вдоль образующей

Так как оболочка панели вдоль образующей, т.е. перпендикулярном к ребрам направлении, работает под действием изгибающего момента, при этом в процессе нагружения изменяется её геометрическая схема и увеличиваются прогибы дефор-

мируемых ребер-диафрагм, то обычная методика расчета цилиндрических оболочек в этом случае неприемлема.

Ребра-диафрагмы при загрузке панели сильно деформируются с появлением и раскрытием трещин, что вызывает существенное перераспределение внутренних усилий в конструкции при переходе к определенному состоянию. В результате этого кривизна свода уменьшается, а несущая способность оболочки существенно падает. В этом случае имеет место одна из нелинейных контактных задач строительной механики – задача расчета пологого весьма короткого цилиндрического свода-оболочки с гибкими диафрагмами при их переменной во времени жесткости, зависящей от развития трещин в процессе нагружения конструкций. Расчет производится на основании изложенного [3, 4] путём определения «изгибающей нагрузки» q передающейся на диафрагмы за счет изгиба оболочки и сравнения этой нагрузки с несущей способностью оболочки на изгиб, определяемой методом предельного равновесия. Несущая способность оболочки на изгиб проверяется при наименее выгодных вариантах загрузки.

Величина максимальной изгибающей нагрузки на 1 м^2 определяется по формуле:

$$q_{иmax} = q_M - \left(1 - \frac{\omega_{0max}}{z_0}\right) (q + q_p) \quad (2.19)$$

где q_M – расчётная равномерно распределённая нагрузка на 1 м^2 , приложенная непосредственно к оболочке с учетом её массы, но без учета массы диафрагм, кг/м^2 ;

ω_{0max} – расчетный прогиб панели в середине пролета при нагрузке, равной $1,4q$, см;

q – эквивалентная по моменту в середине пролета расчётная равномерно распределённая нагрузка на 1 м^2 с учетом массы панели, кг/м^2 ;

q_p – вертикальная нагрузка на 1 м^2 , эквивалентная по нормальной силе, возникающей от предварительного напряжения панели, кг/м^2 ;

χ – коэффициент, учитывающий неравномерность сил сжатия в оболочке

$$\omega_{0_{max}} = \omega_{HT} - (\omega_{HT} - \omega_p) \sqrt{1 - \frac{q}{q^{пред}}} \quad (2.20)$$

$$\omega_{HT} = \frac{0,173l^2}{z_0 E_a} \left[\left(1 + \frac{\alpha A_s}{A_b} \right) 1,4R_a - \sigma_{sp} + \sigma_{loss} \right] \quad (2.21)$$

$$\omega_p = - \frac{P_{02} l_{op} l^2}{6k_n E_b I_{red_0}} \quad (2.22)$$

$$\overline{A_b} = b_f \delta_0 \quad (2.23)$$

$$q^{пред} = \frac{8P_{02}}{b_0 l^2} \left(\frac{I_{red_0}}{y_0 F_{red_0}} - l_{OH} \right) \quad (2.24)$$

где ω_{HT} – прогиб панели вначале текучести арматуры диафрагм, см;

ω_p – выгиб панели от предварительного сжатия, см;

σ_{sp} – начальное контролируемое напряжение арматуры диафрагм, определяемое в соответствии с [1], определяемое при $m_T=1,1$ кг/см²;

σ_{loss} – суммарные потери предварительного напряжения, определяемые по [1], кг/см².

$$q_p = \frac{8P_{02}}{b_0 l^2} \left(\frac{I_{red_0}}{y_0 F_{red_0}} - l_{OH} \right) \quad (2.25)$$

$$\chi = \frac{b_n \delta_0 y_0 z_0}{I_{red_0}} \leq 1 \quad (2.26)$$

где δ_0 – толщина оболочки в середине пролета, см;

P_{02} – усилие сжатия, определяемое при $\gamma_{sp} = 1,1$, кг.

Минимальная величина изгибающей нагрузки определяется по формуле:

$$q_{и_{min}} = q_m - \left(1 - \frac{\omega_{0_{min}}}{z_0} \right) (q + q_p) \chi \quad (2.27)$$

где $\omega_{0_{min}}$ – расчетный прогиб панели в середине пролёта при нагрузке равной q , см:

$$\omega_{0_{min}} = \omega_{HT} - (\omega_{HT} - \omega_p) \sqrt{1 - \frac{q}{1,4q^{пред}}} \quad (2.28)$$

Величины ω_{HT} ; ω_p ; $q^{пред}$; χ – определяются по формулам (2.20) – (2.26), при коэффициенте точности натяжения $\gamma_{sp} = 0,9$.

В случаях, когда панель-оболочка загружена постоянной равномерно распределенной нагрузкой q в сочетании со снеговой нагрузкой p , расположенной на ле-

вой половине пролета, изгибающие нагрузки с учетом собственной массы оболочки для левой половины $q_{и_л}$ и правой половины $q_{и_п}$ определяются по формулам:

$$q_{и_л} = q_{м_л} - \left[1 - \frac{2(1+\gamma)\omega_{0max}}{(2+\gamma)z_0} \right] \left(\frac{3+2\gamma}{3} q + q_p \right) \chi \quad (2.29)$$

$$q_{и_п} = q_{м_п} - \left[1 - \frac{2\omega_{0min}}{(2+\gamma)z_0} \right] \left(\frac{3+\gamma}{3} q + q_p \right) \chi \quad (2.30)$$

$$\gamma = \frac{p}{q} \quad (2.31)$$

При определении, для этого варианта загрузки, величину равномерно распределенной нагрузки заменяют на

$$q_c = q + 0,5p \quad (2.32)$$

В зоне примыкания фонарного проема, расчет оболочки на изгиб производят, вычисляя величины эквивалентных изгибающих нагрузок для сечений, расположенных на различных расстояниях от торца фонарного проема, по формуле:

$$q_{и_{хэ}} = q_{и_{х}} + (q_{м_{х}} - q_{и_{х}}) \left(2 \frac{l_x}{l_b} - \frac{l_x^2}{l_b^2} \right) \quad (2.33)$$

где $q_{и_{х}}$ – максимальная расчетная изгибающая нагрузка в сечении расположенном на расстоянии x от фонарного проема

$$q_{и_{х}} = q_{м_{х}} - \left(1 - \frac{\omega_{0max}}{z_0} \right) (q_{\phi} + q_p) \frac{b' \chi_x}{b_f' - l_x} \quad (2.34)$$

где $q_{м_{х}}$ – расчетная равномерно распределенная нагрузка, приложенная в этом же сечении, кг/см²;

ω_{0max} – прогиб панели в середине пролёта при нагрузке, равной $1,4q_{\phi}$;

q_{ϕ} – эквивалентная по моменту в середине пролёта равномерно распределенная нагрузка на 1м² с учетом массы панели и всех нагрузок, приложенных к диафрагмам, кг/см²;

χ_x – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения сил сжатия в оболочке, для сечения расположенного на расстоянии x от фонарного проема, см.:

$$\chi_x = 1 - (1 - \chi) \frac{x}{l_b} \quad (2.35)$$

Полученные из выражений (2.19), (2.27), (2.29), (2.30), (2.33) абсолютные значения величин расчетных изгибающих нагрузок не должны превышать предельной изгибающей нагрузки (т.е. $q_n \leq q_{\text{ипр}}$), определяемой из выражения

$$q_{\text{ипр}} = \frac{8A_{sn}R_s^n}{l_b^2} \left(100\delta_x - \frac{A_{sn}R_a^n}{R_b m \delta_1} \right), \quad (2.36)$$

где A_{sn} – площадь сечения рабочей арматуры на 1м оболочки, см²;

R_s^n – расчетное сопротивление арматуры оболочки, кгс/см²;

δ_x – толщина оболочки в рассматриваемом сечении, см.

Расчет ребер-диафрагм на поперечную силу

Ребра-диафрагмы панелей-оболочек КЖС рассчитываются на действие поперечной силы с учетом разгружающего действия вертикальных составляющих сил сжатия в оболочке. Расчет начинают с проверки условия:

$$\frac{Q_d}{2b'_d h_0} \leq 0,5R_{bp} \quad (2.37)$$

где Q_d – часть поперечной силы, воспринимаемая диафрагмами, кН:

$$Q_d = Q_0 - \frac{M}{z} \operatorname{tg} \varphi \quad (2.38)$$

Q_0 – полная величина поперечной силы в рассматриваемом сечении, кН;

b'_d – ширина диафрагмы в самом узком месте рассматриваемого сечения (рисунок 2.3). см.

φ – угол наклона оси оболочки в рассматриваемом сечении, в любом случае $\operatorname{tg} \varphi \leq 0,5$;

h_0 – рабочая высота сечения, см.

В случаях, когда условие (2.37) выполняется, расчетная поперечная арматура в диафрагмах не требуется, достаточно установить стержни-подвески в вертикальных ребрах жесткости диафрагм, расположив их с шагом 1,5-1,6 м.

Если условие (2.37) не выполняется, то на приопорных участках диафрагм длиной $0,1l$ устанавливается поперечная арматура в соответствии с расчетными и конструктивными требованиями [1].

Расчет сечения торцевой арматуры и площади поверхности анкеров рабочей арматуры

Торцевая арматура принимается из стали класса А-III, предназначается для обеспечения прочности панели при снятии панели-оболочки с формы, а так же несущей способности торцевой части панели при её опирании на продольные подстропильные конструкции. Этот расчет производится по большему из усилий:

$$N_t = \frac{(q+200)l^2 b_a}{64z_0} \quad (2.39)$$

$$N_t = \frac{A_s R_a b_a}{8b_{f'}} \quad (2.40)$$

где q – расчетная нагрузка от массы панели на 1 м^2 , кг/м^2 ;

b_a – расстояние между осями рабочей арматуры диафрагм, см;

$b_{f'}$ – ширина панели на опоре, см;

200 – сопротивление отрыву при съеме панели с формы (кг/м^2).

Площадь поперечного сечения торцевой арматуры определяется по формуле:

$$A_{st} = \frac{N_t}{R_s} \quad (2.41)$$

Площадь рабочей поверхности анкера определяется из условия:

$$A_{i \text{ ан}} \geq \frac{M_1}{2z_1 R_b} \quad (2.42)$$

где M_1 – изгибающий момент на всю ширину панели, на расстоянии 1,5 м от рабочей поверхности анкера, кН/м^2 ;

z_1 – расстояние по вертикали от оси рабочей арматуры диафрагм до оси оболочки в рассматриваемом сечении, см.

Расчет трещиностойкости панели-оболочки

Трещиностойкость панелей-оболочек КЖС проверяется в соответствии с указаниями раздела 4[1]. При этом коэффициент точности натяжения $\gamma_{sp} = 1$, упруго-пластический момент сопротивления приведенного сечения определяется по формуле:

$$W_{pl} = 1,4W_{red} \quad (2.43)$$

где W_{red} – момент сопротивления для растянутой грани сечения, определяемый в упругой стадии работы панели:

$$W_{red} = \frac{I_n}{l_{ан} + a} \quad (2.44)$$

Расчет панели-оболочки по деформациям

Суммарная величина прогиба в середине пролета панелей-оболочек КЖС не должна превышать предельно допустимых значений, указанных в таблице [1].

Величина прогиба в середине пролёта при кратковременном действии нагрузок определяется по формуле:

$$\omega_{ок}^H = \frac{q^H l^4}{48k_n E_b I_{red_0}} \quad (2.45)$$

где q^H – равномерно-распределённая расчётная нагрузка при $n=1$, кг/м²;

k_n – коэффициент, учитывающий влияние кратковременной ползучести.

Прогиб панели-оболочки в середине пролёта с учетом длительного действия нагрузки и предварительного напряжения, определяется из выражения:

$$\omega_0^H = \frac{(q_k + c q_{дл} - q_в) l^4}{48k_n E_b I_{red_0}} - \frac{(\sigma_n - \sigma'_n) l^2}{6E_s h_{оц}} \quad (2.46)$$

где q_k – кратковременно действующая часть нагрузки, кг/м²;

c – коэффициент, учитывающий влияние ползучести при действии длительных нагрузок, определяемый в соответствии с [1];

$q_{дл}$ – длительно действующая часть нагрузки кг/м²;

$q_в$ – эквивалентная по моменту в середине пролета равномерно распределенная нагрузка от сил предварительного напряжения:

$$q_в = \frac{8P_{01} l_{оц}}{l^2} \quad (2.47)$$

$h_{оц}$ – рабочая высота сечения панели в середине пролета, см.;

σ_{loss} ; σ'_{loss} ; P_{01} ; P_{op} – величины, определяемые в соответствии с [1] и определяемые с коэффициентом точности напряжения $\gamma_{sp} = 1$, кг/см²;

Список использованных источников

1. СНиП 2.03.01-84 Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции - НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР:М.:Стройиздат, 1985.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) : утв. приказом ЦНИИпромзданий Госстроя СССР 30.11.1984 № 106а / Центр. науч.-исслед. ин-т промзданий Госстроя СССР, НИЖБ Госстроя СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 192 с.
3. Мацелинский, Р.Н. Панели-оболочки КЖС в железобетонных сборных покрытиях/ Р.Н. Мацелинский. - ЦБТИ ЦНИИОМТП. - М.1968.
4. Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий/НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР -М.: Стройиздат, 1979. Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293784/4293784059.htm>
5. Мацелинский, Р.Н. Об экономической эффективности панелей-оболочек КЖС / Мацелинский Р.Н., Миронов А.А., Spannот Л.С.// Бетон и железобетон, 1976, №11. –7 с.

Приложение А

(справочное)

Письмо Госстроя РФ от 05.11.1998 N БЕ-178 "О ценах на проектные и изыскательские работы для строительства"

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ, АРХИТЕКТУРНОЙ И ЖИЛИЩНОЙ ПОЛИТИКЕ

ПИСЬМО

от 5 ноября 1998 г. N БЕ-178

О ЦЕНАХ НА ПРОЕКТНЫЕ И ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Госстрой России установил на IV квартал 1998 года средний уровень базовых цен на проектные работы для строительства в размере 5,27 к принятому по состоянию на 1 января 1995 года уровню базовых цен, определяемых с учетом положений, изложенных в [письме](#) Госстроя России от 13.01.98 N 9-1-1/6.

При определении базовых цен на проектные работы, определяемых по Справочникам базовых цен, в которых цены установлены в зависимости от стоимости строительства, указанный индекс не применяется.

Инфляционный индекс на изыскательские работы для строительства на IV квартал 1998 года установлен в размере 6,9 по отношению к базовым ценам на 1 января 1991 г., рассчитываемым в соответствии с ["Временными рекомендациями"](#) по уточнению базовых цен, определяемых по Сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства", рекомендованными к применению письмом Минстроя России от 17.12.92 N БФ-1060/9.

Приложение Б

(справочное)

Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ для строительства (справочное)

Таблица Б.1

Период, на который установлены индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, проектных и изыскательских работ	Индекс изменения стоимости изыскательских работ для строительства (по отношению к базовым ценам по состоянию на 1 января 1991 года)	Индекс изменения стоимости изыскательских работ для строительства (по отношению к базовым ценам по состоянию на 1 января 2001 года)	Индекс изменения стоимости проектных работ для строительства (по отношению к базовым ценам по состоянию на 1 января 1995 года)	Индекс изменения стоимости проектных работ для строительства (по отношению к базовым ценам по состоянию на 1 января 2001 года)	Индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ	Документ, установивший индексы изменения сметной стоимости
1	2	3	4	5	6	7
I квартал 2016 г.	44,50	3,93	30,17	3,92	Приложение 1 к Письму Министра России от 19.02.2016 N 4688-ХМ/05	Письмо Министра России от 19.02.2016 N 4688-ХМ/05
IV квартал 2015 г.	44,19	3,90	29,59	3,84	Приложение 1 к Письму Министра России от 14.12.2015 N 40538-ЕС/085	Письмо Министра России от 15.12.2015 N 40538-ЕС/05
III квартал 2015 г.	44,19	3,90	29,59	3,84	Приложение 1 к Письму Министра России от 13.08.2015 N 25760-ЮР/08	Письмо Министра России от 13.08.2015 N 25760-ЮР/08
II квартал 2015 г.	42,91	3,79	28,73	3,73	Приложение 1 к Письму Министра России от 26.06.2015 N 19823-ЮР/08	Письмо Министра России от 26.06.2015 N 19823-ЮР/08
I квартал 2015 г.	42,91	3,79	28,73	3,73	Приложение 1 к Письму Министра России от 06.02.2015 N 3004-ЛС/08	Письмо Министра России от 12.02.2015 N 3691-ЛС/08

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
IV квартал 2014 г.	42,58	3,76	28,50	3,70	Приложение 1 к Письму Министра России от 13.11.2014 N 25374-ЮР/08	Письмо Министра России от 13.11.2014 N 25374-ЮР/08
III квартал 2014 г.	42,58	3,76	28,50	3,70	Приложение 1 к Письму Министра России от 04.08.2014 N 15285-ЕС/08	Письмо Министра России от 04.08.2014 N 15285-ЕС/08
II квартал 2014 г.	41,93	3,70	28,05	3,64	Приложение 1 к Письму Министра России от 15.05.2014 N 8367-ЕС/08	Письмо Министра России от 15.05.2014 N 8367-ЕС/08
I квартал 2014 г.	41,93	3,70	28,05	3,64	Приложение 1 к Письму Министра России от 28.02.2014 N 3085-ЕС/08	Письмо Министра России от 28.02.2014 N 3085-ЕС/08
IV квартал 2013 г.	41,93	3,70	28,05	3,64	Приложение 1 к письму Минрегиона России от 12.11.2013 N 21331-СД/10	Письмо Минрегиона России от 12.11.2013 N 21331-СД/10
III квартал 2013 г.	41,93	3,70	28,05	3,64	Приложение 1 к письму Минрегиона России от 29.07.2013 N 13478-СД/10	Письмо Минрегиона России от 29.07.2013 N 13478-СД/10
II квартал 2013 г.	41,51	3,66	27,77	3,60	Приложение 1 к письму Минрегиона России от 07.06.2013 N 9912-СД/10	Письмо Минрегиона России от 07.06.2013 N 9912-СД/10
I квартал 2013 г.	41,26	3,64	27,60	3,58	Приложение 1 к письму Минрегиона России от 12.02.2013 N 1951-ВТ/10	Письмо Минрегиона России от 12.02.2013 N 1951-ВТ/10
IV квартал 2012 г.	40,67	3,59	27,19	3,53	Приложение 1 к письму Госстроя от 03.12.2012 N 2836-ИП/12/ГС	Письмо Госстроя от 03.12.2012 N 2836-ИП/12/ГС
III квартал 2012 г.	39,97	3,53	26,67	3,46	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 03.09.2012 N 23167-АП/08	Письмо Минрегиона РФ от 03.09.2012 N 23167-АП/08

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
II квартал 2012 г.	39,52	3,49	26,35	3,42	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 04.05.2012 N 10837-ИП/08	Письмо Минрегиона РФ от 04.05.2012 N 10837-ИП/08
I квартал 2012 г.	38,71	3,42	25,81	3,35	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 28.02.2012 N 4122-ИП/08	Письмо Минрегиона РФ от 28.02.2012 N 4122-ИП/08
IV квартал 2011 г.	38,29	3,38	25,53	3,31	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 07.11.2011 N 30394-ИП/08	Письмо Минрегиона РФ от 07.11.2011 N 30394-ИП/08
III квартал 2011 г.	37,80	3,34	25,20	3,27	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 15.07.2011 N 18769-АП/08	Письмо Минрегиона РФ от 15.07.2011 N 18769-АП/08
II квартал 2011 г.	36,84	3,25	24,56	3,19	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 09.06.2011 N 15076-КК/08	Письмо Минрегиона РФ от 09.06.2011 N 15076-КК/08
I квартал 2011 г.	36,12	3,19	24,08	3,13	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 02.03.2011 N 4511-КК/08	Письмо Минрегиона РФ от 02.03.2011 N 4511-КК/08
IV квартал 2010 г.	36,12	3,19	24,08	3,13	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 18.11.2010 N 39160-КК/08	Письмо Минрегиона РФ от 18.11.2010 N 39160-КК/08
III квартал 2010 г.	36,12	3,19	24,08	3,13	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 26.07.2010 N 28203-кк/08	Письмо Минрегиона РФ от 26.07.2010 N 28203-кк/08
II квартал 2010 г.	35,24	3,11	23,49	3,05	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 26.05.2010 N 22030-ВТ/08	Письмо Минрегиона РФ от 26.05.2010 N 22030-ВТ/08

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
I квартал 2010 г.	35,24	3,11	23,49	3,05	Приложение 1 к Письму Минрегиона РФ от 20.01.2010 N 1289-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 20.01.2010 N 1289-СК/08
IV квартал 2009 г.	35,81	3,14	23,72	3,08	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 13.10.2009 N 33498-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 13.10.2009 N 33498-СК/08
III квартал 2009 г.	35,26	3,09	23,36	3,03	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 13.07.2009 N 21713-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 13.07.2009 N 21713-СК/08
II квартал 2009 г.	34,53	3,03	22,87	2,97	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 09.04.2009 N 10217-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 09.04.2009 N 10217-СК/08
I квартал 2009 г.	33,05	2,90	21,83	2,83	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 12.02.2009 N 3652-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 12.02.2009 N 3652-СК/08
IV квартал 2008 г.	32,23	2,83	21,25	2,76	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 14.10.2008 N 26064-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 14.10.2008 N 26064-СК/08
III квартал 2008 г.	31,37	2,75	20,70	2,69	Приложение 1 к письму Минрегиона РФ от 09.07.2008 N 16568-СК/08	Письмо Минрегиона РФ от 09.07.2008 N 16568-СК/08
II квартал 2008 г.	30,09	2,64	19,85	2,58		Письмо Росстроя от 04.04.2008 N ВБ-1302/02
I квартал 2008 г.	28,97	2,54	19,06	2,48		Письмо Росстроя от 09.01.2008 N ВБ-5/02
IV квартал 2007 г.	28,05	2,46	18,4	2,39		Письмо Росстроя от 09.10.2007 N СК-3742/02

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
III квартал 2007 г.	26,88	2,36	17,51	2,27		Письмо Росстроя от 23.07.2007 N BK-2766/02
II квартал 2007 г.	26,43	2,32	17,21	2,23		Письмо Росстроя от 09.04.2007 N СК-1394/02
I квартал 2007 г.	25,94	2,28	16,92	2,19		Письмо Росстроя от 23.01.2007 N СК-184/02
IV квартал 2006 г.	25,51	2,24	16,67	2,16		Письмо Росстроя от 09.10.2006 N СК-4250/02
III квартал 2006 г.	24,91	2,19	16,42	2,13		Письмо Росстроя от 10.07.2006 N СК-2843/02
II квартал 2006 г.	24,33	2,14	16,04	2,08		Письмо Росстроя от 21.04.2006 N СК-1524/02
I квартал 2006 г.	23,22	2,04	15,35	1,99		Письмо Росстроя от 01.02.2006 N СК-280/02
IV квартал 2005 г.	22,64	1,99	14,89	1,93		Письмо Росстроя от 10.11.2005 N СК-4714/02
III квартал 2005 г.	21,75	1,91	14,42	1,87		Письмо Минрегиона РФ от 25.07.2005 N 4078-BA/70
II квартал 2005 г.	20,97	1,84	13,96	1,81		Письмо Минрегиона РФ от 27.05.2005 N 2586-МП/70
I квартал 2005 г.	20,08	1,76	13,38	1,73		Письмо Минрегиона РФ от 14.02.2005 N 500-ВГ/70
IV квартал 2004 г.	19,46	1,71	12,97	1,68		Письмо Минпром-энерго РФ от 22.10.2004 N ИМ-1312

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
III квартал 2004 г.	18,97	1,67	12,67	1,64		Письмо Минпром-энерго РФ от 27.07.2004 N AP-722
II квартал 2004 г.	18,47	1,62	12,37	1,6		Письмо Госстроя РФ от 07.04.2004 N СК-2206/10
I квартал 2004 г.	17,75	1,56	11,9	1,54		Письмо Госстроя РФ от 09.01.2004 N СК-91/10
IV квартал 2003 г.	17,34		11,59	1,5		Письмо Госстроя РФ от 06.10.2003 N СК-6291/10
III квартал 2003 г.	16,86		11,28	1,46		Письмо Госстроя РФ от 07.07.2003 N СК-4107/10
II квартал 2003 г.	16,46		10,96			Письмо Госстроя РФ от 09.04.2003 N СК-2144/10
I квартал 2003 г.	15,94		10,64			Письмо Госстроя РФ от 09.01.2003 N НК-70/10
IV квартал 2002 г.	15,57		10,38			Письмо Госстроя РФ от 09.10.2002 N АПШ-5844/10
III квартал 2002 г.	15,29		10,19			Письмо Госстроя РФ от 19.07.2002 N АПШ-3981/10
II квартал 2002 г.	14,69		9,77			Письмо Госстроя РФ от 04.04.2002 N АПШ-1717/10
I квартал 2002 г.	13,40		9,12			Письмо Госстроя РФ от 08.01.2002 N АПШ-32/10
IV квартал 2001 г.	12,76		8,62			Письмо Госстроя РФ от 03.10.2001 N АПШ-5360/10

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
III квартал 2001 г.	12,52		8,48			Письмо Госстроя РФ от 04.07.2001 N АШ-3623/10
II квартал 2001 г.	11,91		8,06			Письмо Госстроя РФ от 05.04.2001 N АШ-1691/10
I квартал 2001 г.	11,37		7,71			Письмо Госстроя РФ от 04.01.2001 N АШ-9/10
IV квартал 2000 г.	10,81		7,33			Письмо Госстроя РФ от 09.10.2000 N АШ-4440/10
III квартал 2000 г.	10,18		7,04			Письмо Госстроя РФ от 21.08.2000 N АШ-3648/10
II квартал 2000 г.	10,01		6,93			Письмо Госстроя РФ от 19.04.2000 N АШ-1636/10
I квартал 2000 г.	9,8		6,8			Письмо Госстроя РФ от 05.01.2000 N АШ-6/10
IV квартал 1999 г.	8,98		6,46			Письмо Госстроя РФ от 07.10.1999 N АШ-3412/10
III квартал 1999 г.	7,8		5,9			Письмо Госстроя РФ от 30.06.1999 N АТ-2194/10
II квартал 1999 г.	7,3		5,56			Письмо Госстроя РФ от 01.04.1999 N БЕ-1043/10
I квартал 1999 г.	6,9		5,27			Письмо Госстроя РФ от 28.12.1998 N АТ-588
IV квартал 1998 г.	6,9		5,27			Письмо Госстроя РФ от 05.11.1998 N БЕ-178