

УДК 691.32

МИНИМИЗАЦИЯ ТОЛЩИНЫ БЕТОННЫХ ПЛИТ
ДЛЯ ФАСАДНОЙ ОТДЕЛКИ

А. А. АЛЕКСАНДРИКОВ, В. А. РЖЕВУЦКАЯ, А. В. ТРЕТЬЯКОВА,
А. Н. ШЛЯХТОВА

Научный руководитель И. А. ЛЕОНОВИЧ, канд. техн. наук
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В мировой практике возведения наружных стен все более широко применяются облицовочные фибробетонные панели толщиной не более 10 мм, что облегчает вес конструкции и позволяет обеспечить требуемую паро- и воздухопроницаемость. По стандартам Республики Беларусь минимальная толщина наружного несущего слоя стеновой панели для тяжелого бетона класса В 12,5 должна быть не менее 50 мм [1], а толщина облицовочной плиты должна быть не менее 20 мм при минимальном классе прочности бетона на сжатие В20 и пределе прочности при статическом изгибе в 28-ми суточном возрасте 7,5 МПа [2]. Такие требования препятствуют внедрению в производство тонкостенных облицовочных изделий.

В данной работе приводятся результаты исследований, доказывающих возможность уменьшения толщины несущего бетонного слоя в трехслойных стеновых панелях и толщины облицовочных модульных или малоразмерных бетонных плит.

Наиболее характерными силовыми воздействиями на облицовочную и стеновую плиту является ветровая нагрузка, собственный вес, сила, распределенная по малой площади (брошенный камень или нагрузка от приставленной лестницы). Для тонкой плиты из бетона действием собственного веса можно пренебречь. Рассматривалась плита в двух полярных вариантах закрепления кромок: при свободном опирании по контуру и при жестком закреплении контура.

Эксплуатационные напряжения и деформации в однослойных облицовочных плитах. Для расчета напряжений при изгибе и прогибов использовали аналитические выражения и справочные данные для квадратной пластины, выполненной из материала со значением коэффициента Пуассона $\nu = 0,167$ [3].

Максимальное нормальное напряжение при изгибе в зависимости от толщины пластины δ определяли по формуле

$$\sigma_{\max} = 6 \cdot M_{\max} / \delta^2 . \quad (1)$$

Расчетные формулы для определения максимального изгибающего момента M_{\max} и прогиба ω квадратной пластины показаны в табл. 1. При свободном опирании по контуру максимальные моменты действуют в центре пластины. При жестком закреплении контура наиболее неблагоприятное со-

четание изгибающих моментов получилось в центре каждой стороны контура пластины.

Табл. 1. Расчетные формулы для однослойной плиты

Определяемая величина	Граничные условия	
	Свободное опирание по контуру	Жесткое опирание по контуру
Максимальный изгибающий момент от ветровой нагрузки	$M_{\max}=0,0429 \cdot q_1 \cdot a^2$	$M_{\max} = 0,0506 \cdot q_1 \cdot a^2$
Максимальный изгибающий момент от силы, приложенной в центре	$M_{\max}=0,3294 \cdot q_2 \cdot \lambda^2$	$M = 0,12 \cdot q_2 \cdot \lambda^2$
Максимальный прогиб от ветровой нагрузки	$\omega = 0,00406 \cdot \frac{q_1 \cdot a^4}{D}$	$\omega = 0,1928 \cdot \frac{q_2 \cdot \lambda^4}{D}$
Максимальный прогиб от силы, приложенной в центре	$\omega = 0,1928 \cdot \frac{q_2 \cdot \lambda^4}{D}$	$\omega = 0,096 \cdot \frac{q_2 \cdot \lambda^4}{D}$

Интенсивность ветровой нагрузки принята равной $q_1 = 480 \text{ Н/м}^2$. Внешняя сосредоточенная сила ($F = 100 \text{ Н}$) приложена в центре пластины, действие которой условно представлено распределенной нагрузкой интенсивностью $q_2 = 1600 \text{ Н/м}^2$, действующей на площади $0,0625 \text{ м}^2$ ($\lambda = 0,25 \text{ м}$). D – цилиндрическая жесткость пластины ($\text{Н} \cdot \text{м}$).

В результате расчетов получены графики зависимости максимального напряжения на растяжение при изгибе и максимального прогиба бетонной плиты от ее толщины. Отталкиваясь от требуемой минимальной прочности на изгиб в $7,5 \text{ МПа}$ [1], доказана возможность снижения толщины облицовочной плиты до 7 мм (тяжелый бетон) и 9 мм (легкий бетон).

Эксплуатационные напряжения в трехслойной панели с бетонными облицовками. Напряжения при изгибе трехслойной панели от ветровой нагрузки определялись по формулам обычной теории пластин с учетом различных модулей упругости материалов [4]. Нормальные напряжения в обшивках от общего изгиба панели при ветровой нагрузке определялись по формуле

$$\sigma_{\max} = M_{\max}/W, \quad (2)$$

где $W = \delta \cdot (C_o + \delta)^2 / (C_o + 2\delta)$ – момент сопротивления сечения трехслойной панели с обшивками одинаковой толщины, $\text{м}^3/\text{м}$; M_{\max} – изгибающий момент в опасной точке панели (табл.1); C_o – толщина утеплителя; δ – толщина обшивок.

Максимальные напряжения, возникающие в наружном слое от ветровой нагрузки, оказались незначительными даже при толщине бетонного слоя

в 4 мм.

При определении максимальных нормальных напряжений в обшивке от местной нагрузки использовались формулы для бесконечной пластины на упругом основании [4]:

$$\sigma = \theta_1 \cdot q_m \cdot \left(\frac{r}{\delta} \right)^2, \quad (3)$$

где q_m – интенсивность равномерно распределенной нагрузки по ограниченной площади A ; $r = 0,565 \cdot \sqrt{A}$ – радиус приведенного круга; δ – толщина облицовочного слоя; θ_1 – коэффициент, который определяется по соответствующим графикам [4] в зависимости от величины:

$$\frac{r}{\delta} \cdot \sqrt[4]{\frac{E_{ym} \cdot \delta}{E_{np} \cdot C_o}}. \quad (4)$$

Приведенный модуль упругости материала облицовок равен:

$$E_{np} = \frac{E}{1-\nu^2} = \frac{20}{1-0,167^2} = 20,574 \text{ ГПа}. \quad (5)$$

В качестве примера местной нагрузки принято действие силы в 500 Н, приложенной на площади $0,01 \text{ м}^2$ в центре панели (давление на стену лестницы с человеком). Интенсивность нагрузки составит $q_m = 50000 \text{ Н/м}^2$. Расчеты показали, что в обшивке, толщиной 6–10 мм, возникнут изгибающие напряжения от 3,55 до 2,24 МПа.

Для обычных мелкозернистых бетонов полученные напряжения могут оказаться разрушающими. По сравнению с пределом прочности на растяжение при изгибе мелкозернистых фибробетонов, составляющих для разных составов значение 8–16 МПа, рассчитанные напряжения незначительны даже при малой толщине обшивок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений. Общие технические условия : СТБ 1185–99. – Введ. 01.01.01. – Минск : М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 2000. – 26 с.
2. Плиты облицовочные бетонные. ТУ : СТБ 1374–2003. – Введ. 01.07.03 – Минск : М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 2003. – 8 с.
3. **Вайнберг, Д. В.** Расчет пластин / Д.В. Вайнберг, Е.Д. Вайнберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будивельник, 1970. – 436 с.
4. **Губенко, А. Б.** Строительные конструкции с применением пластмасс / А. Б. Губенко. – М. : Изд. лит. по строит., 1970. – 328с.