

УДК 624.04 + 69.056.52/.53 + 693.9

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА МОНТАЖА 26-ЭТАЖНОГО КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМА ИЗ ИЗДЕЛИЙ ЗАВОДА «БЕТОТЕК»**

*А.Х. Байбурин, Е.В. Румянцев, М.А. Беляк, Я.К. Разумова*

Приведены данные о результатах контроля качества монтажа высотного крупнопанельного дома. Определены уровни дефектности по некоторым параметрам качества. Исследовано влияние дефектов на прочность платформенных стыков крупнопанельных зданий. Установлено, что наблюдаемые дефекты могут приводить к значительному снижению несущей способности конструкций.

Ключевые слова: дефекты, качество, крупнопанельное здание, платформенный стык, несущая способность.

В нашей стране на протяжении многих лет проводились исследования качества возведения крупнопанельных зданий. Результаты исследований в совокупности составляют достаточно большой массив данных. В работе [1] было показано, что случайные неточности монтажа, выражаемые в смещениях осей смежных по высоте стеновых панелей, не превышают 3 см. При этом физические эксцентриситеты в стенах зданий высотой 10–16 этажей меньше нормируемых значений и не превышают 1 см. Толщина горизонтальных растворных швов значительно отличается от проектных размеров и варьируется в пределах от 5 до 30–40 мм. Полные деформации сжатия растворных швов при эксплуатации могут в два раза превзойти значения деформаций при монтаже. Деформации сдвига в вертикальных стыках могут достигать 2–3 мм, что приводит к значительному раскрытию трещин в швах.

Исследования панельных зданий в процессе их возведения и эксплуатации, проведенные В.А. Беккером [2], показали, что в платформенных стыках наблюдается следующее распределение дефектов: 47 % – некачественное заполнение вертикальных швов между плитами перекрытий; 36 % – дефекты горизонтальных швов (пониженная прочность раствора, увеличенная толщина и некачественное заполнение швов); 10 % – недостаточная глубина опирания плит перекрытий. Трещины шириной раскрытия более 0,4 мм были обнаружены в 74 % наружных и 26 % внутренних стеновых панелях. Дефекты платформенных стыков приводят к обмятию слабейших элементов шва, появлению трещин в элементах и швах в результате неблагоприятного перераспределения усилий в несущей системе здания.

В результате контроля качества возведения 10-ти и 16-ти этажных крупнопанельных зданий серий 121 и 97 с шагом поперечных стен от 3 до 4,5 м обнаружены следующие дефекты [3]:

1) утолщение растворных швов в среднем на 9 мм, максимально до 40 мм (частота дефекта 37 %, что совпадает с данными В.А. Беккера);

2) снижение прочности раствора в швах в среднем на 10 % (частота дефекта 2 %);

3) снижение глубины опирания плит перекрытий в платформенных стыках в среднем на 6 мм, максимально до 25 мм (частота дефекта 32 %);

4) снижение прочности бетона замоноличивания стыков (с класса В15 до В12,5) или необоснованная замена бетона на раствор М150;

5) неполное замоноличивание шпоночных бетонных соединений, приводящие к исключению из работы до 30–50 % шпонок;

б) дефекты устройства стальных связей в виде неполномерных сварных швов, неплотного их замоноличивания, эквивалентные уменьшению диаметра связи на 10 %.

Для исследования влияния обнаруженных дефектов были составлены конечно-элементные расчетные схемы [3], в которых платформенный стык моделировался прямоугольными и треугольными пластинчатыми элементами. В результате расчетов было установлено, что при дефектах устройства стыка главные напряжения в растворных швах увеличиваются на 10–18 %. Напряжения в бетоне нижней стеновой панели возрастают на 15 %, а на концевых участках панелей перекрытий – на 3 %.

Натурные исследования дефектов были продолжены в 2015 году при возведении в г. Челябинске двух 26-этажных панельных зданий из изделий завода «Бетотек». Наружные стены в направлении цифровых осей несущие толщиной 410 мм в подвале и на 1-м этаже, толщиной 380 мм на 2–14 этажах и 350 мм выше 14-го этажа. Наружные стены в направлении буквенных осей самонесущие толщиной 350 мм по всей высоте здания. Внутренние стены с шагом 3,2 и 3,6 м толщиной 200 мм в подвале и 1–9 этажах, толщиной 180 мм на 10–14 этажах и 160 мм выше 14-го этажа. Плиты перекрытий с опиранием на три стороны толщиной 160 мм. Вертикальные стыки образованы с помощью тросовых петель фирмы РЕИККО с заполнением безосадочным бетоном В30. Марка раствора швов 200.

По результатам строительного контроля параметров качества монтажа 13-ти этажей получены статистические данные (табл. 1). Из данных табл. 1 видно, что наблюдаются значительные отклонения толщины растворной постели и глубины опирания плит перекрытий. Уровень дефектности по этим параметрам равен 0,728 и 0,621 соответственно. Вместе с тем, другие отклонения фактического планово-высотного положения сборных элементов находятся в пределах допуска.

Качественно схожие данные были получены при строительном контроле 18-этажного панельного жилого дома 97-й серии, возводимого в микрорайоне «Академ-Сити» в г. Челябинске.

По данным измерительного контроля были построены гистограммы и определены законы распределения случайных величин параметров (рис. 1). Интегрированием функций распределения, ограниченных пределами допусков, были получены уровни дефектности (частота дефекта).

Таблица 1

Статистические данные строительного контроля

Параметр качества	Среднее, мм	Стандарт, мм	Min...max, мм	Допуск, мм	Частота дефекта
Отклонение панелей стен от осей	1,37	1,17	0...8	8	0
Отклонение панелей стен от вертикали	0,74	0,86	0...11	10	0,001
Толщина растворной постели панелей стен	22,2	3,68	15...35	10–30	0,034
Глубина опирания плит перекрытий	90,3	9,50	58...120	90±5	0,621
Толщина растворной постели перекрытий	22,9	4,79	8...40	10–20	0,728
Отклонение отметок плит перекрытий	-2,94	2,49	-12...10	±10	0,001

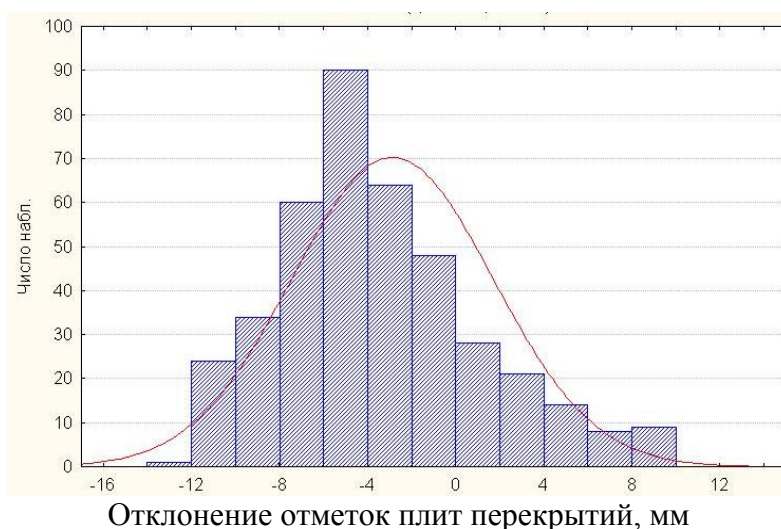


Рис. 1. Гистограмма отклонений высотных отметок плит перекрытий

Построенные по полученным данным контрольные карты Шухарта (рис. 2) позволили сделать выводы от точности процессов монтажа по двум критериям: стабильности среднего значения параметра и величинам разброса. По карте рис. 2 установлено, что отклонение отметок плит перекрытий находится в пределах допуска, однако величина разброса этого параметра в пяти случаях превысила контрольные границы.

Для определения снижения прочности платформенного стыка с учетом дефектов монтажа используем выражение, рекомендуемое нормами [4]:

$$R_c = R_{bw} \left( 1 - \frac{(2 - t_m / b_m) t_m / b_m}{1 + 2R_m / B_w} \right) \cdot \left( \frac{b_{pl} - \delta_{pl}}{t} \right) \gamma_{pl} \eta_{pl}, \quad (1)$$

где  $R_{bw}$  – прочность бетона стены при сжатии;  $t$  – толщина стены;  $t_m$  – толщина растворного шва;  $R_m$  – прочность раствора;  $B_w$  – класс по прочности на сжатие бетона стены;  $b_m$  – ширина растворного шва;  $b_{pl}$  – суммарная ширина платформенных площадок;  $\delta_{pl}$  – суммарное смещение в платформенном стыке плит перекрытий;  $\gamma_{pl}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки платформенных площадок;  $\eta_{pl}$  – коэффициент, учитывающий соотношения прочностей бетона стены и опорных участков плит перекрытий.

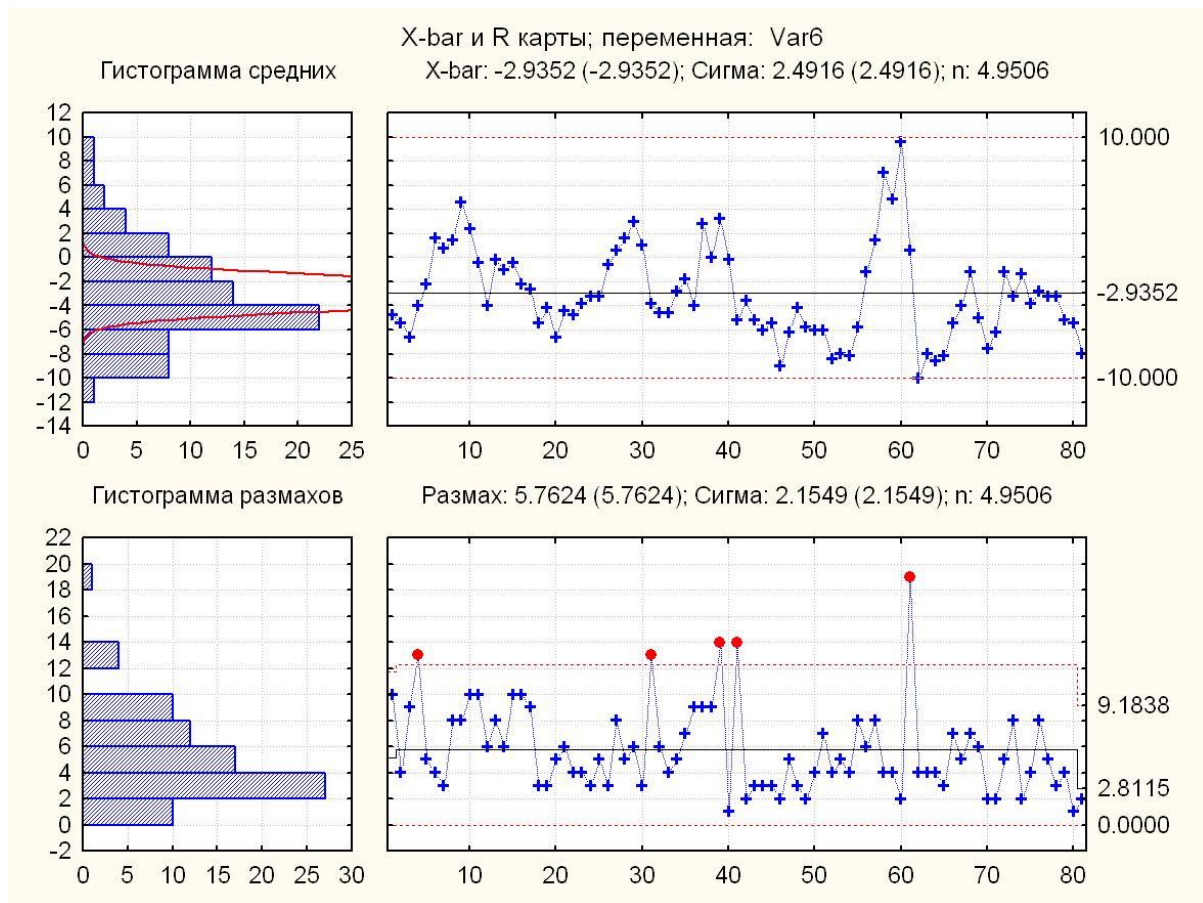


Рис. 2. Контрольная карта Шухарта по отметкам плит перекрытий

Второй сложный множитель формулы (1) представляет собой коэффициент, учитывающий влияние горизонтальных растворных швов. Третий сложный множитель учитывает конструктивный тип стыка, неравномерность распределения сжимающей нагрузки между опорными площадками и эксцентриситет продольной силы.

Результаты расчетов по формуле (1) стыков с различными дефектами приведены в табл. 2. Категория значимости дефектов, указанная в табл. 2, классифицировалась по ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» в рамках установленных границ понятий.

Таблица 2

Снижение прочности платформенного стыка при дефектах

Вид дефекта	Величина дефекта, %	Снижение прочности стыка		Значимость дефекта
		ВС	НС	
Снижение прочности бетона стеновой панели	10	0,930	0,908	значительный
	20	0,844	0,802	критический
	30	0,736	0,695	критический
Снижение прочности бетона плит перекрытий	10	0,953	0,978	малозначительный
	20	0,892	0,923	значительный
	30	0,819	0,858	критический
Снижение прочности раствора горизонтальных швов	20	0,980	0,955	малозначительный
	50	0,937	0,859	значительный
	100	0,789	0,492	критический
Увеличение толщины горизонтальных швов	20	0,972	0,955	малозначительный
	50	0,932	0,899	значительный
	100	0,872	0,836	критический
Увеличение смещения сборных элементов в стыке	50	0,942	0,868	значительный
	100	0,884	0,736	критический
	200	0,769	0,472	критический

Данные табл. 2 в отличие от классификатора дефектов [5], применяемого в системе Госстройнадзора, позволяют дифференцировать дефекты по степени значимости не только по виду, но и по значению отклонения.

**Заключение.** По результатам строительного контроля параметров качества монтажа 26-этажного дома установлены значительные отклонения толщины растворной постели и глубины опирания плит перекрытий. Уровень дефектности по этим параметрам равен 0,728 и 0,621 соответственно. Другие измеренные отклонения фактического планово-высотного положения сборных элементов находятся в пределах допуска. Построенные по результатам измерений гистограммы и контрольные карты позволили всесторонне изучить изменчивость параметров качества.

Влияние обнаруженных дефектов определялось подстановкой соответствующих значений параметров в формулу прочности платформенного стыка, рекомендуемую строительными нормами.

Установлено, что хотя снижение прочности раствора не оказывает существенного влияния на прочность стыков, при быстрых темпах возведения (этаж за 6 дней) этот параметр может оказаться критическим.

Среди наблюдаемых дефектов наиболее опасными являются утолщение растворных швов и увеличение смещения сборных элементов в стыке. При увеличении толщины швов в два раза прочность стыка снижается на 13–16 %. При взаимном неблагоприятном смещении сборных элементов в стыке с увеличением нормативных допусков на 50 % прочность стыка снижается на 6–13 %. Полученные данные позволили уточнить классификатор дефектов монтажа, применяемый в системе Госстройнадзора.

### Библиографический список

1. Шапиро, Г.А. Оценка качества изделий и монтажа крупнопанельных зданий по результатам прочностных натуральных испытаний / Г.А. Шапиро, Б.В. Сендеров, М.Я. Фрайнт. – М.: Стройиздат, 1976. – 97 с.
2. Беккер, В.А. Разновидности и повторяемость дефектов и повреждений панельных зданий на основе результатов натуральных исследований / В.А. Беккер, А.Н. Нарушевич // Известия вузов. Строительство. – 2005. – № 8. – С. 97–99.
3. Байбурин, А.Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий: научное издание / А.Х. Байбурин. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 336 с.
4. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). – М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
5. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов / Госстрой России. – М.: Изд-во «Архграсс», 1993. – 48 с.