

УДК 69.059

ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Крахмальний Тимофей Александрович

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Общеинженерные дисциплины», Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия; e-mail: krachmalniy@ikcmysl.ru

Евтушенко Сергей Иванович

Д-р техн. наук, профессор, почетный работник высшего образования Российской Федерации, советник РААСН, член РОМГГиФ, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия; e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Аннотация: Статья продолжает цикл работ по созданию автоматизированной системе мониторинга дефектов и повреждений. В настоящей статье систематизированы дефекты и повреждения сборных железобетонных стеновых панелей, даны рекомендации по оценке технического состояния панелей, рекомендации по ремонту и рассматривается уникальная схема замены неработоспособных стеновых панелей на сэндвич-панели. Проектное решение по замене стеновых панелей дополнено чертежами, а так же фотографиями процесса монтажа и результатов реализации проекта.

Ключевые слова: производственные здания, железобетонный каркас, повреждение железобетонных стеновых панелей, трещины в панелях, проект замены стеновой панели, сэндвич-панель

DAMAGE TO REINFORCED CONCRETE PANELS PRODUCTION BUILDINGS

Krachmalniy Timofej Aleksandrovich

Ph. D, Associate Professor, Department of General Engineering Disciplines, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia; e-mail: krachmalniy@ikcmysl.ru

Evtushenko Sergey Ivanovich

Doctor of engineering, Professor, honorary worker of higher education of the Russian Federation, Advisor to the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN);

Member of the Russian Society for Soil Mechanics, Geotechnics and Foundation engineering (RSSMGFE), Professor of the Department of Information Systems, Technology and Automation of Construction;

National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia; e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Abstract: The article continues the cycle of work on the creation of an automated system for monitoring defects and damages. In this article, the defects and damage of prefabricated reinforced concrete wall panels are systematized, recommendations are given for assessing the technical condition of the panels, recommendations for repair, and a unique scheme for replacing inoperative wall panels with sandwich panels is considered. The design solution for the replacement of wall panels was supplemented with drawings, as well as photographs of the installation process and the results of the project implementation.

Key words: industrial buildings, reinforced concrete frame, damage to reinforced concrete wall panels, cracks in panels, wall panel replacement project, sandwich panel

В процессе эксплуатации промышленного здания в строительных конструкциях возникают повреждения, связанные с производственным процессом или с условиями эксплуатации. Проведение обследования производственных зданий позволяет выявить имеющиеся повреждения, получить экспертную оценку о его техническом состоянии, выполнить анализ риска аварии на объекте, разработать рекомендации по устранению выявленных дефектов и повреждений. Данная работа является продолжением научных публикаций авторов про дефекты и повреждения производственных зданий, ранее уже были описаны дефекты грунтового основания [1], железобетонных фундаментов [2], железобетонных колонн производственных зданий [3], вертикальных связей [4] и ограждающих конструкций [5-10].

В 2017 году специалистами ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова было проведено обследование здания склада металла на крупнейшем машиностроительном заводе в г. Ростов-на-Дону. На примере данного здания были рассмотрены и проанализированы типовые дефекты и повреждения сборных железобетонных стеновых панелей.

Здание склада расположено в окружении плотной заводской застройки, с восточной стороны расположен механосборочный цех, с западной стороны расположена открытая складская площадка, по которой ходит козловой кран и через которую проходит железнодорожный путь, с южной и северной стороны расположены площадки для погрузки и разгрузки автомобильного транспорта. Прилегающая к зданию территория асфальтирована с трех сторон, кроме западной.

Приблизительное время строительства здания – 1959-60 годы, то есть на период проведения обследования зданию было ориентировочно 58 лет. Проектная организация не установлена.

Здание склада металлов представляет собой одноэтажное производственное помещение, состоящее из двух пролетов (рис. 1). Размеры всего здания в плане – 252,0х48,0 м. Ширина каждого пролета – 24,0 м. Высота пролета до низа стропильных конструкций 11,0 м, высота пролета в коньке здания – 17,5 м. В поперечном направлении здание разделено на четыре температурных блока, размер каждого блока по 60,0 и 66,0 м.

Конструктивная схема здания – каркасная со смешанным каркасом. Фундаменты – железобетонные монолитные стаканного типа. Колонны по крайним продольным осям выполнены железобетонными с прямоугольным полнотелым сечением размерами 600х400 мм. Шаг колонн 6,0 м. Колонны по среднему ряду выполнены с прямоугольным полнотелым поперечным сечением размерами 800х600 мм. Шаг средних колонн 12,0 м. Подкрановые балки выполнены металлическими сварными двутаврового сечения. Стропильные фермы выполнены металлическими из уголков разного поперечного сечения. Ограждающие железобетонные стеновые панели здания выполнены из ячеистого пенобетона размерами 6,0х1,2 и 6,0х1,8 м. Остекление выполнено по периметру здания в две линии из одинарного стекла в металлических оконных рамах на отм. 2,400 и 9,600 м. Покрытие здания выполнено из профилированного металлического листа по металлическим прогонам.

Пространственная жесткость здания обеспечивается жестким закреплением колонн в стаканы фундаментов, вертикальными связями жесткости, стеновыми панелями, подкрановыми балками и горизонтальными связями жесткости в уровне стропильного покрытия.



Рис. 1. Торцевой фасад здания склада.

В настоящее время один пролет здания эксплуатируется в качестве склада металла, куда привозят и осуществляют разгрузку грузовой транспорт, второй пролет используется для отгрузки готовой продукции завода на автомобильный и железнодорожный транспорт.

При проведении обследования здания были выявлены дефекты железобетонного каркаса и систематизированы дефекты сборных железобетонных стеновых панелей.

Сетка трещин в защитном слое. Многие панели здания имели сетку мелких трещин по защитному слою бетона, в некоторых случаях эти трещины повторяли расположение арматурного каркаса панели (рис. 2). Техническое состояние таких панелей было признано ограниченно работоспособным. Для устранения рекомендовалось выполнить затирку трещин цементно-песчаным раствором.



Рис. 2. Сетка трещин в защитном слое бетона.

Истирание стеновых панелей. Нижний ряд стеновых панелей был подвержен механическому воздействию транспортной нагрузкой, вилочные погрузчики при размещении поддонов с грузом постоянно били деревянными поддонами и вилами стеновые панели, разрушая при этом защитный слой (рис. 3). Техническое состояние панелей оценивалось как ограниченно работоспособное. Для устранения повреждения было рекомендовано выполнить оштукатуривание стеновых панелей.



Рис. 3. Механическое истирание защитного слоя бетона транспортом.

Разрушение защитного слоя бетона внутри помещений. С внутренней стороны здания так же происходили процессы регулярного механического повреждения, что привело к разрушению защитного слоя бетона, обнажению и коррозии арматурного каркаса панели (рис. 4). Техническое состояние стеновых панелей оценивалось в зависимости от степени поврежденности как ограниченно работоспособное или недопустимое. Для устранения выявленных повреждений было рекомендовано очистить арматуру от продуктов коррозии и выполнить оштукатуривание поврежденных стеновых панелей.



Рис. 4. Разрушение защитного слоя бетона, обнажение и коррозия рабочей арматуры.

Регулярное замачивание. Несколько панелей здания были подвержены регулярному замачиванию, что привело к разрушению защитного слоя бетона и обнажению арматурного каркаса (рис. 5). Техническое состояние таких панелей оценивалось как ограниченно работоспособное. Для устранения повреждения было рекомендовано выполнить оштукатуривание панелей цементно-песчаным раствором.



Рис. 5. Следы замачивания стеновых панелей и разрушение защитного слоя.

Разрушение закладных деталей. Наиболее серьезным повреждением панелей явилось разрушение закладных деталей крепления панели к колоннам здания. Причем отмечены повреждения как на деталях колонны, так и наклонные трещины в зоне крепления стеновой панели. Техническое состояние стеновых панелей с трещинами и поврежденными закладными деталями оценивалось как недопустимое. Для устранения разрушения было рекомендовано выполнить усиление согласно специально разработанного проекта.

Разрушение центральной части панели. Повреждение стеновой панели, которое можно отнести к уникальным повреждениям. Причинами появления пробоин в центральной части стеновых панелей, очевидно, являются аварии большегрузного транспорта. Так же отмечено, что эти повреждения были в первой и второй панели от земли, со стороны дороги с интенсивным движением большегрузного транспорта. Для устранения повреждения было рекомендовано выполнить замену стеновых панелей.

По результатам проведенного обследования техническое состояние здания было признано ограниченно работоспособным, при этом 33 стеновых панелей рекомендованы к замене.



Рис. 6. Выбоины в центральной части панелей.

В следующем, 2018 году заказчик повторно обратился к специалистам ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова с просьбой разработать проект замены поврежденных стеновых панелей, находящихся в недопустимом состоянии.

Стандартное решение по замене стеновых панелей предполагает замену стеновых панелей полностью по всему ряду. Для реализации такого решения пришлось бы демонтировать 124 стеновых панели, заменить поврежденные и восстановить обратно 91 стеновую панель. При этом в процессе демонтажа стеновых панелей возможно появление новых повреждений, вплоть до разрушения. Заказчик не одобрил такого решения, так как оно было слишком дорогостоящим.

При повторной разработке проекта было предложено заменить демонтированные стеновые панели на сэндвич-панели в количестве 124 штук, которые так же устанавливались бы вертикальными рядами. Однако и это решение оказалось дорогим для заказчика. К тому же, выполнение работ осложнялось наличием железнодорожного пути с западной стороны здания,

так как наличие пути и козлового крана не давало возможности установить автокран для демонтажа панелей.

Тогда, было предложено уникальное проектное решение по точечной замене стеновых панелей на встраиваемые сэндвич-панели. Особенностью монтажа стеновых панелей является плотный контакт («опирание») вышележащих панелей на нижние, поэтому для точечной замены панелей необходимо было зафиксировать панели над заменяемой панелью и обеспечить их устойчивость. Для этого в проекте было предусмотрено несколько этапов:

1-й этап – закрепление стеновых панелей, расположенных выше заменяемых. Для этого были выполнены сквозные отверстия диаметром 16 мм по краям стеновой панели на расстоянии 200 мм от края. В отверстия вставляется хомут, выполненный из двух швеллеров №14 и двух арматурных стержней гладкого профиля $\varnothing 14$ мм с нарезанной резьбой на концах. Фиксирующие хомуты монтируются сверху и снизу с каждой стороны стеновой панели и притягиваются к колонне через металлическую прокладку (рис. 7). Затяжку гаек рекомендовано производить со наружной стороны цеха, после окончательной затяжки наворачивается контргайка.

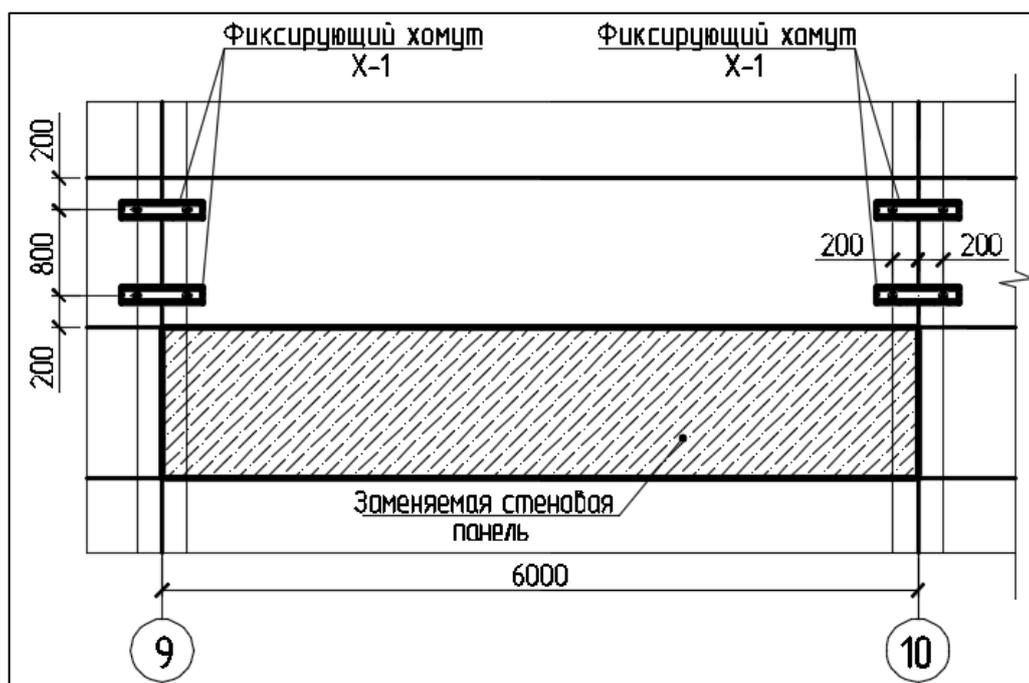


Рис. 7. Фиксирование верхней стеновой панели

2-й этап – монтаж временных опор под верхнюю стеновую панель. На этом этапе в демонтируемой панели выполняются четыре сквозных отверстия размерами 90х90 мм, в которые устанавливается временная опора. Опора представляет собой прямоугольный каркас 460х1210(н) мм, выполненный из труб квадратного сечения 80х80х5. Временные опоры устанавливаются на расстоянии 2 м от края стеновой панели и фиксируются снизу через «уши» дюбель-шурупами. Сверху временных опор выполняется монтаж опорных уголков 80х80х5 длиной 2600 мм на болтовом соединении под верхнюю стеновую панель (рис. 8).

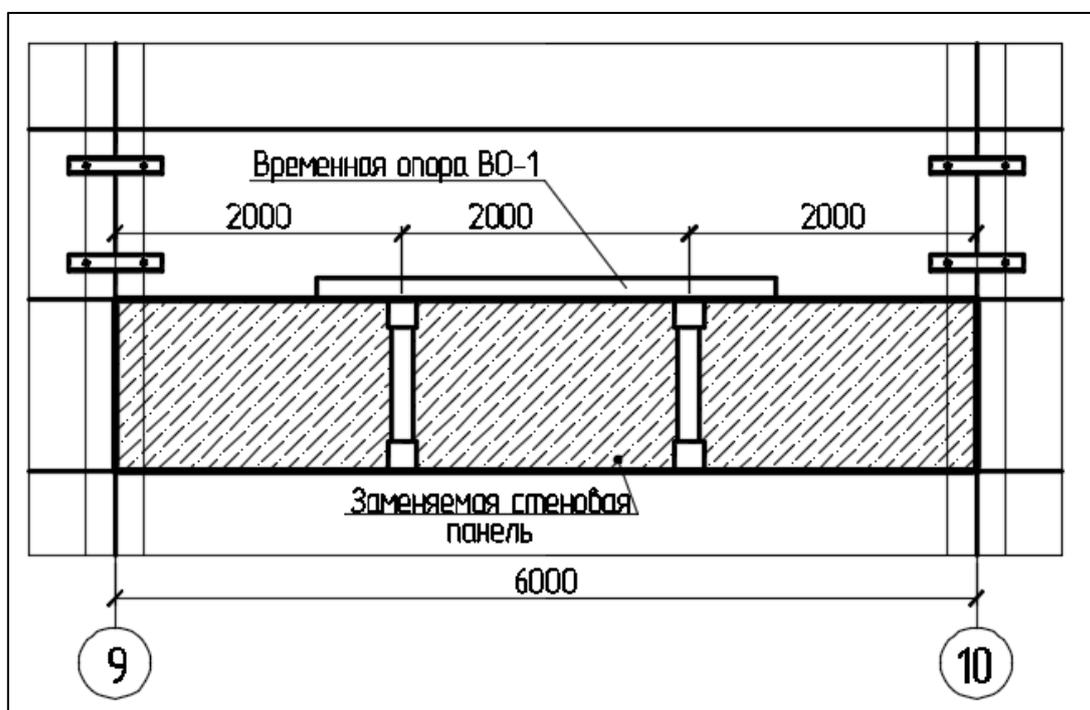


Рис. 8. Конструкция временных опор под верхнюю стеновую панель

3-й этап - ручной демонтаж заменяемой стеновой панели. Перфоратором, отбойным молотком и кувалдой рабочие выбивают небольшими кусками элементы бетона и спускают его в мутьду, при этом арматурные рабочие стержни и сетка из проволоки остается в проектном положении. После демонтажа бетона демонтируется и арматурная сетка (рис. 9). Далее выполняется очистка поверхности соседних строительных конструкций. Альпинисты-монтажники со строительных лесов удаляют из швов после демонтированной панели герметик, остатки раствора, зачищают плоскости при необходимости.



Рис. 9. Ручной демонтаж стеновых панелей

4-й этап – монтаж каркаса новой сэндвич-панели. Для постоянного опирания вышестоящих железобетонных стеновых панелей и фиксации сэндвич-панели, проектом предусмотрена установка каркаса КС-1 на место демонтированной стеновой панели. Каркас КС-1 выполнен из опорных стоек и прогонов и надежно закрепляется к колонне каркаса здания. Стойки каркаса выполняются из трубы прямоугольного сечения 120х40х4. Прогоны выполняются из трубы прямоугольного сечения 60х40х4 (рис. 10).



Рис. 10. Установка металлического каркаса новой сэндвич-панели

5-й этап – монтаж сэндвич-панели. После монтажа нового каркаса временные стойки удаляются. На этом этапе каркас заполняется минераловатным утеплителем и зашивается с двух сторон листовой сталью, швы заполняются герметизирующим материалом, горизонтальные швы закрываются специальными накладками из оцинкованной кровельной стали на шурупах (рис. 11).



Рис. 11. Внешний вид новых стеновых панелей после окончания ремонтных работ

При выполнении проекта было точно заменено 13 стеновых панелей, расположенных выше уровня окон, то есть выше отм. 3,000 м. Остальные 20 стеновых панелей, расположенных ниже уровня окон, были заменены на кирпичную кладку. В данном случае, наиболее поврежденные нижние стеновые панели демонтировались и выполнялась кирпичная кладка толщиной 250 мм, опирающаяся на фундаментные балки здания.

Как видно из приведенных рисунков (рис. 9 - 11) в 2018 году данное проектное решение было успешно реализовано заказчиком, стеновые панели были заменены. В настоящее время здание в полной мере эксплуатируется по назначению. Данное проектное решение может быть интересно специалистам, занимающимся обследованием зданий и сооружений и разрабатывающим проекты усиления и замены строительных конструкций.

Аналогичным образом оно может быть применено при разработке проектов ремонта производственных зданий.

Ранее авторами уже отмечалась [2-5] необходимость выделения опасных зон для каждой строительной конструкции, что позволит систематизировать дефекты и повреждения и позволить оптимизировать процесс их выявления. Так же ранее были выявлены зоны образования дефектов и повреждений для фасадов производственных зданий:

Зона 1 – дефекты в виде замачивания и размораживания, приводящие к обнажению и коррозии арматуры стеновых панелей, а так же к разрушению заполнения деформационных швов и швов между панелями;

Зона 2 – дефекты оконных заполнений и технологических проемов, разрушение остекления оконных рам, отливов и отсутствие откосов;

Зона 3 – дефекты карнизных плит и парапетов, отсутствие водоотливов из оцинкованной кровельной стали на парапетах;

Зона 4 – дефекты входной группы, повреждения ступеней и козырьков;

Зона 5 – Повреждения отмостки и нижних панелей, в том числе повреждения от ввода коммуникаций и кирпичных вставок.

Систематизация зон образования дефектов позволяет увеличить полезный функционал автоматизированной системы мониторинга состояния здания на стадии эксплуатации жизненного цикла объекта капитального строительства. Разработка универсальной АСУ для длительного мониторинга за состоянием производственных зданий и опасных производственных объектов позволит выполнять проведение текущих осмотров и формулирование рекомендаций по проведению текущих и капитальных ремонтов здания техническими службами предприятия и осуществлять контроль за ремонтами со стороны Федеральной службы надзора.

Литература

1. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения грунтовых оснований промышленных зданий // Строительство и архитектура (2019). Том 7. Выпуск 3 (24) 2019. – С.45-49. DOI:10.29039/2308-0191-2019-7-3-45-49
2. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения столбчатых фундаментов производственных зданий // Строительство и архитектура (2019). Том 7. Выпуск 4 (25) 2019. – С.36-40. DOI:10.29039/2308-0191-2019-7-4-36-40
3. Evtushenko S.I. New System of Monitoring of a Condition of Cracks of Small Reinforced Concrete Bridge Constructions / S.I. Evtushenko, T.A. Krakhmal'nyi, M.P. Krakhmal'nay // (2016) Procedia Engineering 150, pp. 2369-2374. DOI:10.1016/j.proeng.2016.07.322
4. Евтушенко С.И. Информационные технологии при обследовании промышленных зданий / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.П. Крахмальная, И.А. Чутченко // Строительство и архитектура (2017), Т. 5, № 1 (14), с. 65-71. DOI:10.12737/article_592eb1694d6262.73142749
5. Evtushenko S.I. The information technologies use at difficult technical objects condition control / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmaly, V.A. Lepikhova, M.A. Kuchumov // 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 698(6), 066017. DOI:10.1088/1757-899X/698/6/066017.
6. Евтушенко С.И. Совершенствование методов обследования фасадов промышленных зданий / С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, В.Е. Шапка, Н.Н. Бабец // Строительство и архитектура. - 2017. - Т. 5. - № 2 (15). - С. 140-144. DOI:10.12737/article_5950d228c2ae96.86803061
7. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения железобетонных колонн производственных зданий // Строительство и архитектура (2020). Том 8. Выпуск 2 (27) 2020. – С.5-10. DOI:10.29039/2308-0191-2020-8-2-5-10
8. Систематизация дефектов фасадов промышленных зданий / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.П. Крахмальная, В.Е. Шапка, А.Б. Александров // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI международной научно-практической конференции, г. Новочеркасск, 15 ноября 2016 г. / Южно-Российский государственный технический университет (НПИ) имени М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 132–136.
9. Krahmaly T.A., Evtushenko S.I. Typical defects and damage to the industrial buildings' facades // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 775 (2020) 012135, DOI:10.1088/1757-899X/775/1/012135.

10. Evtushenko S.I., Krahmalny T.A. Damage to vertical links production buildings / International Science and Technology Conference FarEastCon 2020 // (2021) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 052086. DOI:10.1088/1757-899X/1079/5/052086