

## Дефекты и повреждения конструкций покрытия производственных зданий

УДК 69.059

### Евтушенко Сергей Иванович

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

### Крахмальний Тимофей Александрович

Канд. техн. наук, доцент, эксперт по промышленной безопасности, доцент кафедры «Общеинженерные дисциплины», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск); e-mail: krachmalniy@ikcmysl.ru

**Аннотация.** Данная статья является продолжением цикла статей авторов о дефектах и повреждениях производственных зданий, в ней приводится описание типовых дефектов конструкций покрытия – ферм и плит покрытия, причины появления дефектов, последствия к которым может привести развитие выявленного повреждения, рекомендации по оценке технического состояния и рекомендации по устранению выявленных повреждений. В статье так же выполнен обобщенный анализ причин образования дефектов и наиболее вероятные зоны образования повреждений.

**Ключевые слова:** железобетонные плиты покрытия, замачивание плит покрытия, шелушение бетона, разрушение защитного слоя, продавливание полки плиты покрытия, механические повреждения полок, отверстия в полках, сколы бетона по граням и ребрам плит покрытия, трещины в продольных ребрах, трещины в поперечных ребрах, разрушения ребер плит покрытия

Данная статья является продолжением цикла статей авторов о де-фектах и повреждениях производственных зданий [1-14]. Самой ответ-ственной частью покрытия производственного здания и самой тяжелой его частью являются железобетонные плиты покрытия. Кроме того, что они должны выдерживать нагрузку, приходящуюся от выше лежащих слоев конструкций кровли, нагрузку от снега, они так же обеспечивают горизонтальную жесткость здания в целом.

Сборные железобетонные ребристые плиты покрытия бывают не-скольких типовых размеров. Самые распространенные размеры плит покрытия – 1,5x6,0 м и 3,0x6,0 м – это для производственных зданий с шагом ферм 6 м. Для зданий с шагом ферм 12 м соответственно разме-ры плит покрытия будут 1,5x12 м и 3,0x12,0 м. Данные типовые разме-ры плит покрытия характерны для зданий, построенных во второй по-ловине XX века и в современное время. Указанные железобетонные пли-ты покрытия изго-

### DEFECTS AND DAMAGES OF STRUCTURES COVERING INDUSTRIAL BUILDINGS

#### 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), Profes-sor 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

#### 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

**Abstract.** This article is a continuation of the series of articles by the authors on defects and damages of industrial buildings, it describes typical defects in coating structures - trusses and coating plates, the causes of de-fects, the consequences of which can lead to the development of the revealed damage, recommendations for assessing the technical condition and recom-mendations for eliminating the identified damage. The article also provides a generalized analysis of the causes of defects and the most likely areas of damage formation.

**Key words:** reinforced concrete coating plates, soaking of coating plates, peeling of concrete, destruction of the protective layer, pushing through the shelf of the coating plate, mechanical damage to shelves, holes in shelves, concrete chips along the edges and edges of the coating plates, cracks in longitudinal ribs, cracks in transverse ribs, destruction of the edges of the coating plates



а) Следы замачивания плит покрытия



б) Шелушение бетона плит покрытия

Рис. 1. Следы замачивания железобетонных плит покрытия

тавливаются в массовом порядке на заводах ЖБИ, являются легкодоступными для строительно-монтажных организаций и поставляются на производственную площадку автотранспортом.

Для зданий, построенных в первой половине XX века или ранее, характерно использование мелкогабаритных сборных железобетонных плит покрытия размерами 0,5x1,5 м и 0,5x2,0 м. Толщина таких плит покрытия составляет до 50 мм, а вес 60–80 кг, что позволяло при строительстве цеха двум рабочим вручную укладывать плиты покрытия по кровле. Дефекты сборных железобетонных плит покрытия одинаковы для ребристых железобетонных плит покрытия и для мелкогабаритных.

Иногда в производственных зданиях применяются мелкогабаритные плоские плиты покрытия. Размеры таких плит могут быть различными, а толщина 50–70 мм. Применяют такие плиты в случае отклонения при проектировании от типовых размеров между осями железобетонных конструкций. Поскольку в таких плитах отсутствуют ребра жесткости, то для них характерны повреждения в виде замачивания, разрушения защитного слоя бетона, обнажения и коррозии арматуры.

Замачивание плит покрытия – самый распространенный вид повреждения плит покрытия (рис. 1, а). Дефект проявляется в виде темных пятен на полках и ребрах плит покрытия, причинами появления следов замачивания является повреждение рулонного гидроизоляционного покрытия. Повторные замачивания приводят к шелушению бетона, разрушению защитного слоя, появлению трещин вдоль стержней арматуры, размораживанию бетона. Техническое

состояние плит покрытия со следами замачивания является работоспособным. Устраняется повреждение латочным ремонтом гидроизоляционного покрытия, очисткой плиты покрытия металлическими щетками с последующей побелкой или покраской вододispersсионной краской.

Шелушение бетона плит покрытия – это повреждение является последствием многократного замачивания плит покрытия (рис. 1, б). Осадки, просачивающиеся через конструкции кровли, приводят к замачиванию бетона плит покрытия, отслоению окраски и побелки бетона, к разрушению и выветриванию частиц бетона по граням плит покрытия. Проявляется шелушение бетона в виде отслоившейся кусками краски и неровностей поверхностей плиты покрытия, в помещениях с повышенной влажностью, шелушение бетона сопровождается образованием грибка. Развитие дефекта приводит к обнажению и коррозии арматурного каркаса плиты покрытия. Техническое состояние плиты покрытия с шелушением бетона оценивается как работоспособное, поскольку несущая способность не нарушена. Устраняется повреждение путем очистки поверхности металлическими щетками, штукатуркой плиты на поврежденном участке с последующей побелкой или покраской. При неглубоких повреждениях защитного слоя бетона возможно так же применение шпаклевки.

Покрытие поверхности слоем испарений цинка и алюминия. Редко встречаемое повреждение, так как является уникальным для производственных цехов, в которых выполняется процесс оцинкования труб или деталей машин. Испарения цинка или алю-

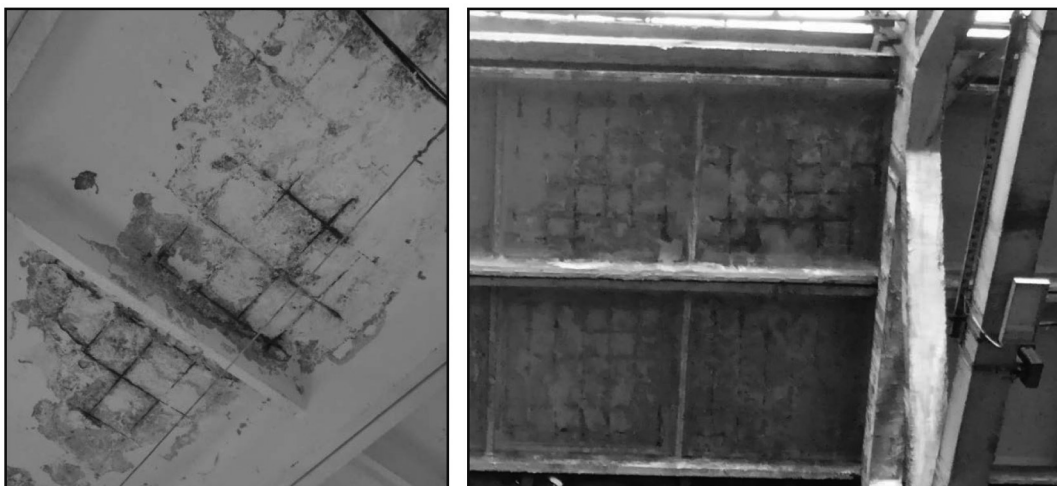


Рис. 2. Обнажение арматурного каркаса плиты покрытия в результате замачивания

миния оседают на поверх-ностях плит покрытия, что приводит к дополнительной непроектной нагрузке на плиты покрытия, однако, при этом если в плитах имеются участки разрушения защитной слоя бетона и обнажение рабочей арма-туры полок плит по-крытия, то покрытие цинком будет препятствовать раз-витию коррозии арматурного каркаса плиты по-крытия. Техническое состояние плит покрытия с по-крытием слоем цинка или алюминия оце-нивается как работоспособное, устраняется повреждение очист-кой по-врежденной плиты от слоя цинка и оштукату-риванием.

Разрушение защитного слоя бетона плит. Часто встречаемое при обследованиях зданий и сооружений повреждение, которое является следствием развития замачивания и шелушения бетона. Проявляется по-вреждение в виде обнажения арматурного каркаса в полках и ребрах плит покрытия (рис. 2). Развитие повреждения приводит к коррозии ар-матурного каркаса плиты покрытия, слоистой коррозии, поте-ре площа-ди поперечного сечения арматурных стержней, потере несущей способ-ности плиты по-крытия. Техническое состояние плиты покрытия с таким повреждением является ограниченно работо-способным, ремонт выпол-няется очисткой арма-туры от продуктов коррозии и оштукатуриванием по-врежденного участка цементно-песчаным раствором или специальной ремонтной смесью для бетона.

Продавливание полки плиты. Редкое поврежде-ние, причиной появления которого является внеш-няя ударная приложенная нагрузка. В плите одного из производственных зданий в г. Таганрог было вы-явлено такое повреждение, явившееся результатом

спила дерева — при па-дении ствол дерева продавил полку плиты покрытия. При этом арма-турный кар-кас плиты покрытия выдержал нагрузку, и обрушения не произошло. При отсутствии повторных ударных нагрузок, развития данного повреждения не проис-ходит, техническое состояние плиты по-крытия оце-нивается в зависимости от степени поврежденности — работо-способное или ограниченно работоспособ-ное. Устраняется повреждение зачеканкой трещин цементно-песчаным раствором или специальной ре-монтной смесью для бетона.

Механические повреждения полок — очень часто встречаемое повреждение. Механические поврежде-ния в полках связаны с техноло-гическим процессом, если, например, необходимо установить вентиля-ци-онный дефлектор или пропустить через конструкции кровли дымовую трубу (рис. 3, а). В таких случаях в полке плиты покрытия пробивается отверстие, вы-резается рабочая арматура и устанавливается труба или дефлектор. Так же часто выполняются отверстия в плитах покрытия для прокладки системы ливнево-го водостока, тогда в пробитое отверстие устанавли-вается воронка с патрубком (рис. 3, б). В таких слу-чаях слож-но оценить техническое состояние плиты по-крытия, поскольку отверстие вызвано технологи-ческой необходимостью и выполнить систему ливне-вого водостока другим образом не представляется возможным. Развития данного повреждения не про-исходит, и тогда техническое состояние плиты сле-дует оценивать как работоспособное. Однако следу-ет обратить внимание на края пробитых отверстий, чаще всего края не оштукатуре-ны и видна торчащая арматура. В таком случае возможно разрушение кра-



**Рис. 3.** Механически пробитые отверстия в полках плиты покрытия:  
*а) Организация отверстия для вентиляционной трубы;*  
*б) Организация отверстия для ливневого водостока*

ев, обнажение и коррозия арматуры, техническое состояние плиты следует оценивать как ограниченно работоспособное. Для устранения повреждения рекомендуется выполнить оштукатуривание бетона по краям отверстия с последующей побелкой или окраской водоэмульсионной краской.

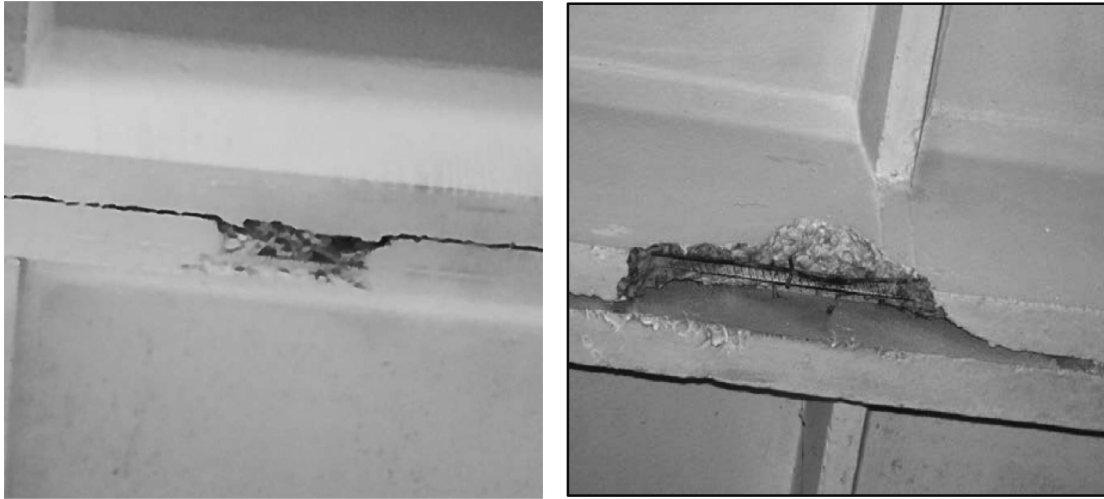
К этому же дефекту следует отнести пробитые не технологических отверстий в полках плит покрытия. Чаще всего такие повреждения связаны с проходом коммуникаций через плиту покрытия, но после демонстрации коммуникаций, остаются отверстия. Небольшие отверстия в плитах покрытия не существенно влияют на их несущую способность, поэтому техническое состояние плит покрытия можно признать работоспособным, при большом количестве отверстий – ограниченно работоспособным. Устраняется повреждение путем оштукатуривания плиты на поврежденной участке с зачеканкой отверстий бетоном или цементно-песчаным раствором.

Исключением из данного дефекта является вырезание полки в плите покрытия согласно рекомендациям или проекту для обеспечения необходимой площади легкобрасываемых конструкций (ЛСК). Если при расчете на взрыв, площадь оконных проемов является недостаточной для обеспечения взрывобезопасности здания, то необходимо увеличить площадь ЛСК. Для этого в железобетонных плитах покрытия вырезают полки, оставляя при этом ребра жесткости, затем на открытые проемы укладывают

конструкции кровли с массой не более 70 кг/м<sup>2</sup>. Чаще всего такие решения применяются в зданиях котельных, зданиях газораспределительных пунктов и в зданиях литейной промышленности с установленным внутри газовым оборудованием. При этом необходимо соблюдение еще одного условия – конструкции кровли так же должны быть поделены на секции, или «карты», обеспечивающие отделение части конструкций при взрыве.

Сколы бетона по ребрам и граням плит покрытия. Часто встречаемое повреждение, однако, причинами появления таких сколов являются не производственные процессы, а неаккуратное выполнение работ при транспортировке и монтаже (рис. 4), поскольку после установки плиты в проектное положение, повредить ее на большой высоте очень сложно. Небольшие сколы без обнажения рабочей арматуры каркаса не представляют опасности, развития повреждения не происходит, и техническое состояние плиты являются работоспособными. Сколы бетона с обнажением рабочей арматуры являются более серьезным повреждением, так как развитие коррозии может привести к потере площади поперечного сечения и снижению несущей способности плиты покрытия. Техническое состояние плит с такими сколами является ограниченно работоспособным. Устраняются повреждения путем очистки скола от пыли и грязи с последующим оштукатуриванием.

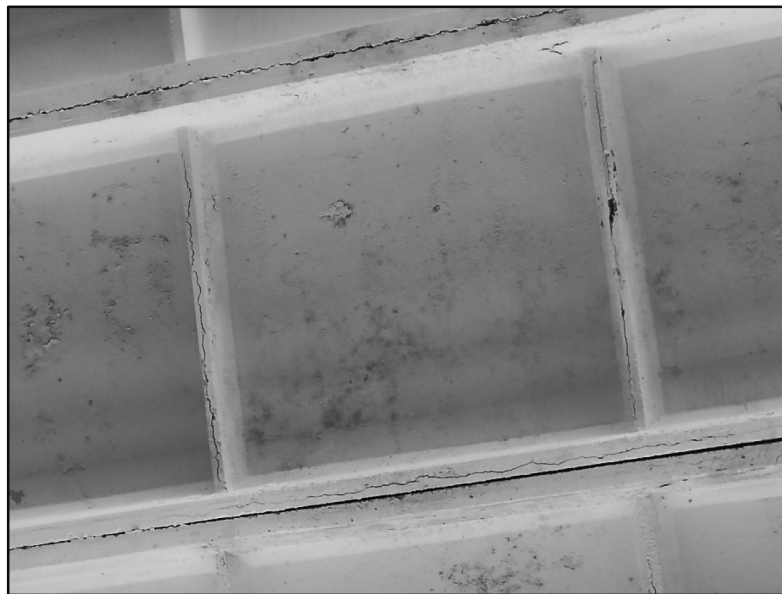




**Рис. 4.** Сколы бетона в продольных ребрах плиты покрытия без обнажения арматуры и с обнажением арматуры

Трещины в поперечных ребрах. Часто встречаемое повреждение, причиной появления которого является регулярное замачивание плиты покрытия (рис. 5). Просачиваясь через конструкции кровли и бетон плиты покрытия, атмосферная влага достигает рабочей арматуры поперечных ребер жесткости и приводит к коррозии. Продукты коррозии, увеличиваясь в размерах, «разрывают» бетон поперечного ребра и появляются трещины. Дефект так же сопровождается появлением трещин не в одном ребре, а в нескольких ребрах одной плиты или в ре-

брах соседних плит, попавших в зону замачивания. С течением времени, развитие трещин приводит к полному разрушению поперечных ребер плиты покрытия и полному разрушению арматурных стержней в поперечных ребрах. Техническое состояние плит покрытия с трещинами в поперечных ребрах оценивается как ограниченно работоспособное, состояние плит с разрушенными поперечными ребрами следует оценивать, как неработоспособное. При незначительных трещинах устраняется повреждение путем очистки ребра жесткости от отслоив-



**Рис. 5.** Трещины в поперечных ребрах плиты покрытия.

шегося бетона, про-мывке и продувке трещины сжатым воздухом с последующей зачекан-кой трещины цементно-песчаным раствором или специальной ремонт-ной смесью для бетона. При значительном раскрытии трещины и корро-зии арматуры рекомендуется сбить бетон ребра до арматурного стерж-ня, очистить стержень от продуктов коррозии и восстановить ребро це-ментно-песчаным раство-ром или ремонтной смесью. При полном раз-рушении поперечного ребра железобетонной плиты восстановление ре-комендуется выполнять согласо-но специально разработанного проекта. Проект может предусматривать замену арматурного стерж-ня на другой с увеличенной площадью поперечного сечения или замену стержня на металлический уго-лок с последующим оштукатуриванием.

Механические разрушения поперечных ребер плит покрытия. Не часто встречаемый дефект плит покрытия. Встречается при необхо-димости установ-ки на крыше дефлектора большого диаметра (рис. 6, а), при проходе дымовой трубы через конструкции кровли или при необ-ходимости крепления техно-логического оборудования над плитой (рис. 6, б). Так

как при размещении оборудования полностью пере-резается арматурный стержень поперечного ребра плиты, то ее несущая способ-ность уменьшается, соответственно, техническое состояние поврежден-ных плит покрытия необходимо оценивать как огра-ниченно работоспо-собное. Устраняется поврежде-ние путем восстановления армирования ребра плиты и восстановления формы ребра из мелкозернистого бетона или из цементно-песчаного раствора. Чаще всего, восстановления ребра плиты выполняют по специально разработанному проекту.

Трещины в продольных ребрах. Редко встречаемое поврежде-ние в плитах покрытия. Механизмы об-разования таких трещин такие же, как и трещин в поперечных ребрах плит покрытия. Проникая через кон-струкции кровли, влага приводит к коррозии арматуры, образованию продуктов коррозии и раз-рыву бетона в продольных ребрах. Появле-ние тре-щин в продольных ребрах является опасным повреж-дением и приводит к снижению несущей способно-сти плиты. Техническое состоя-ние таких плит следует признавать ограниченно работоспособным, а при сильном повреждении коррозией арматурных

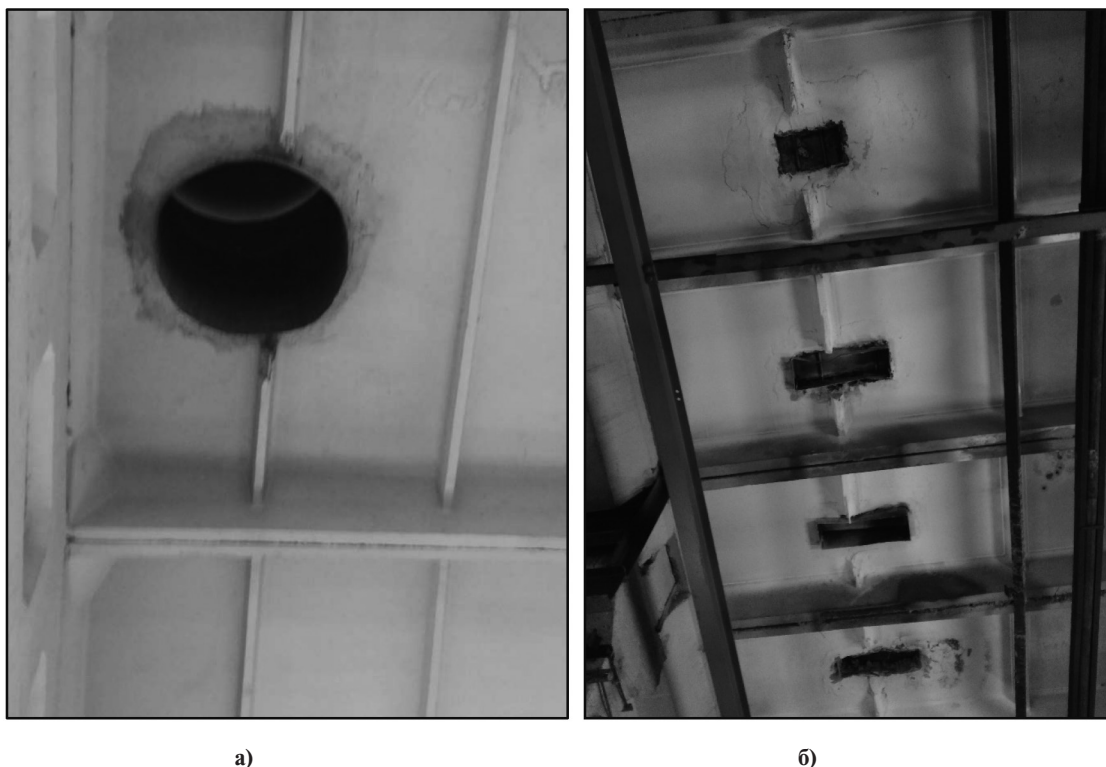
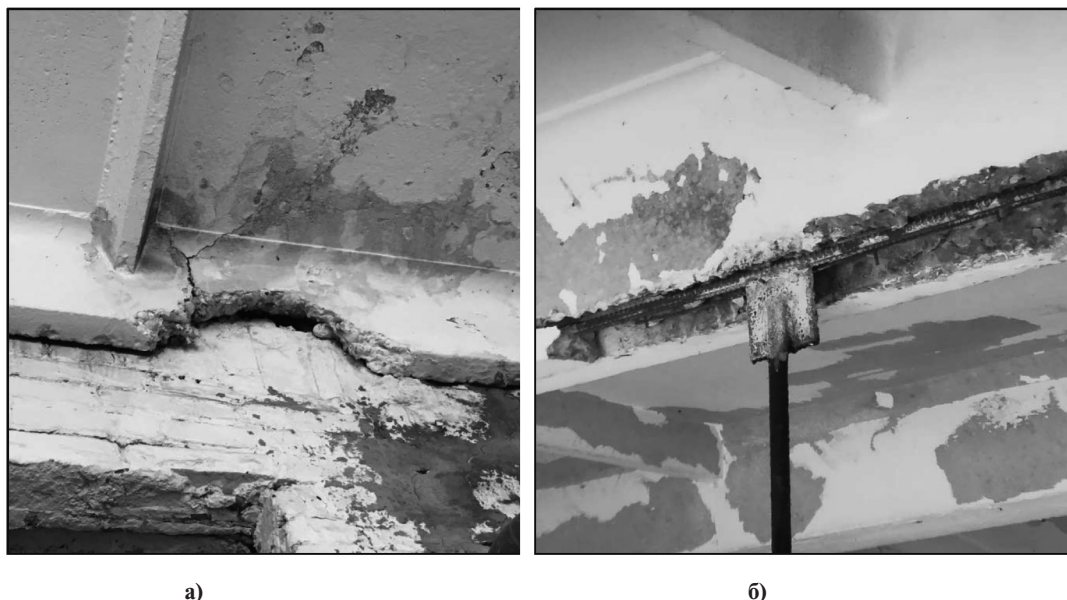


Рис. 6. Повреждения поперечных ребер железобетонных плит:  
*а) Разрушение поперечного ребра плиты для установки дефлектора;*  
*б) Разрушение ребер плит покрытия для закрепления оборудования.*



**Рис. 7.** Механические повреждения продольных ребер плиты покрытия:

- а) – разрушение бетона ребра и вырез арматурного стержня, появление трещин в полке плиты;  
б) – разрушение бетона с целью крепления оборудования*

стержней и разрушению бетона ребра плиты, техническое состояние плит покрытия является неработоспособным. Устраняется повреждение путем усиления плит покрытия металлическими конструкциями. В качестве усиления возможно применение металлического уголка и подведение его под поврежденное ребро плиты по всей длине. В случае необходимости усиления двух продольных ребер соседних плит покрытия возможно применение швеллера, закрепляемого горизонтально с помощью коротышей к арматурным стержням продольных ребер плит покрытия и заполнением бетоном образовавшейся полости между ребрами и швеллером.

Механические повреждения продольных ребер плит покрытия. Наиболее редкое и опасное повреждение, поскольку может сразу привести к неработоспособному состоянию конструкции или аварийному (рис. 7. а). Часто механические повреждения связаны с необходимостью рабочего персонала закрепить технологическое оборудование, при этом разбивается защитный слой бетона и выполняется закрепление оборудования на электросварке к рабочим стержням арматуры (рис. 7. б). Дополнительная приложенная нагрузка к арматурным стержням в ребрах плит покрытия приводит к выдергиванию арматурного стержня из ребра и разрушению всего ребра плиты покрытия.

При незначительных повреждениях защитного слоя бетона и обнажении арматурного стержня ре-

бра техническое состояние плиты следует оценивать, как ограниченно работоспособное, при вырезанном или выдернутом стержне из ребра техническое состояние плиты следует оценивать, как неработоспособное или аварийное. Вырезание арматуры из ребра приводит к полной потере несущей способности продольного ребра и может привести к обрушению. Устраняется повреждение только усилением плиты покрытия, при этом возможно подведение под продольные ребра металлических уголков или швеллеров.

Обнажение каркаса железобетонной плиты. По существу, данное повреждение является совокупность нескольких повреждений: разрушение защитного слоя полков, разрушение поперечных ребер и трещины в продольных ребрах. Причиной появления такого повреждения является многолетнее замачивание плиты покрытия, воздействие осадков на арматурный каркас и развитие коррозии, приведшее к отслоению и отваливанию бетона от арматурного каркаса. Развитие повреждения может привести к обрушению плиты покрытия. Техническое состояние является неработоспособным или аварийным. Устраняется повреждение усилением плиты покрытия или ее заменой.

В настоящее время очень распространена замена значительно поврежденных железобетонных ребристых плит покрытия размером 6,0x1,5 м на металли-

ческие щиты соответствующего размера. Периметр щита выполняется из швеллера №14 или №16, поперечные ребра выполняются из равнополочного уголка L50x5, L65x6 или L75x7, а полка щита выполняется из листовой стали толщиной 4–5 мм. Данные конструкции нашли широкое применения при замене поврежденных плит покрытия на одном из трубопрокатных заводов Ростовской области в г. Таганрог. Так же возможна замена поврежденных мелко-размерных плит покрытия размером 1,5x0,5 м на металлические щиты аналогичного размера. Периметр щита и поперечные ребра жесткости выполняется из равнополочного уголка L50x5 или L65x5, а полка щита из листового металла толщиной 3–4 мм. Такое решение нашло широкое применение на крупном металлургическом заводе по производству алюминия в г. Белая Калитва.

Проведенный анализ дефектов и повреждений сборных железобетонных плит покрытия выявил следующие зоны возможного образования дефектов:

- Зона 1. — Полка плиты покрытия;
- Зона 2. — Поперечные ребра плиты покрытия;
- Зона 3. — Продольные ребра плиты покрытия.

Так же при анализе выявленных дефектов и повреждений было установлено, что большинство из них незначительно снижают несущую способность плиты покрытия, наиболее опасным является сочетание не-скольких повреждений, приводящих к снижению и потере несущей способности. Например, трещины в продольных и поперечных ребрах плит покрытия в сочетании с разрушением защитного слоя бетона приводят к обнажению и разрушению арматурного каркаса и аварийному состоянию плиты.

Так же были установлены причины появления дефектов и повреждений в плитах покрытия: замачивание плит покрытия протечками атмосферных осадков и человеческий фактор.

Регулярный осмотр покрытия представителями эксплуатирующей организации и проведение текущих ремонтов поврежденных участков позволит значительно продлить жизненный цикл железобетонных плит покрытия. Регулярный осмотр и своевременный ремонт рулонного гидроизоляционного ковра кровли предотвратит от замачивания.

## Литература

1. Крахмальний 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. Крахмальний 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. Крахмальний 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
4. Крахмальний Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения металлических колонн производственных зданий // Строительство и архитектура (2021). Том 9. Выпуск 2 (31) 2021. — С.11-15. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-2-11-15
5. Крахмальний Т.А., Евтушенко С.И. Повреждения железобетонных панелей производственных зданий // Строительство и архитектура (2021). Том 9. Выпуск 2 (31) 2021. — С. 66-70. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-2-66-70
6. Крахмальний Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения металлических под-крановых балок производственных зданий // Строительство и архитектура (2021). Том 9. Выпуск 3 (32) 2021. — С. 11-15. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-3-11-15
7. Damage to the Vertical Braces of Industrial Buildings / T A Krahmalny and S I Evtushenko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 (2021) 052086 DOI: 10.1088/1757-899X/1079/5/052086
8. Систематизация дефектов фасадов промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальний, 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. Typical defects and damage to the industrial buildings' facades / T A Krahmalny and S I Evtushenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 775 (2020) 012135, DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012135.
10. New system of monitoring of a condition of cracks small reinforced concrete bridge constructions Krahmalny T.A., Evtushenko S.I., Krahmalnaya M.P. В сборнике: Procedia Engineering. 2016. С. 2369-2374.
11. Информационные технологии при обследовании промышленных зданий Евтушенко С.И., Крахмальний Т.А., Крахмальная М.П., Чутченко И.А. Строительство и архитектура. 2017. Т. 5. № 1 (14). С. 65-71. DOI: 10.12737/article\_592eb1694d6262.73142749
12. К вопросу об остаточном ресурсе длительно эксплуатируемых мостов через водо-проводящие каналы Евтушенко С.И., Крахмальная М.П., Крахмальний Т.А. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 35 (54). С. 166-170.
13. Система мониторинга состояния трещин и стыков зданий и сооружений Евтушенко С.И., Крахмальний Т.А., Крах-



- мальная М.П. Патент на изобретение RU 2448225 С1, 20.04.2012. Заявка № 2010140257/03 от 01.10.2010
14. Совершенствование методов обследования фасадов промышленных зданий /Евтушенко С.И., Крахмальная М.П., Шапка В.Е., Бабец Н.Н. // Строительство и архитектура. 2017. Т. 5. № 2 (15). С. 140-144. DOI: 10.12737/article\_5950d228c2ae96.86803061
15. Новые системы наблюдения и контроля дефектов и повреждений строительных конструкций / Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Фирсов В.В., Лепихова В.А., Кучумов М.А. // Строительство и архитектура (2020). Том 8. Выпуск 1 (26) 2020. – С. 11-18. DOI: 10.29039/2308-0191-2020-8-1-11-18