РЕКОНСТРУКЦИЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

СМОЛЯГО Г.А.¹, ДРОКИН С.В.², ДРОНОВ А.В.¹, БЕЛОУСОВ А.П.²,
ПУШКИН С.А.², ШИРОКИЙ В.В.², СМОЛЯГО Е.Г.²

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
²ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия

Аннотация. В зданиях, в которых технологический процесс сопровождается постоянным воздействием агрессивных жидких сред на железобетонные конструкции перекрытий, существенная часть из них имеет незначительный остаточных ресурс, а техническое состояние на отдельных участках приближается к недопустимому, что предопределяет необходимость выполнения работ по восстановлению их нормативного технического состояния или их реконструкцию.

Инструментальные обследования сборного безбалочного железобетонного перекрытия, подверженного воздействию молочных кислот, показали, что конструкции перекрытия имеют многочисленные дефекты и повреждения - значительную коррозию рабочей и распределительной арматуры, бетона, разрушение опорных участков плит перекрытия. Основные элементы перекрытия находятся в ограниченно-работоспособном состоянии, а на отдельных участках приближаются к недопустимому.

Предложены конструктивные решения по реконструкции перекрытия с устройством нового перекрытия с учетом действующей технологической нагрузки на вышерасположенное перекрытие, обеспечения устойчивости колонн и пространственной жесткости здания на момент возведения перекрытия и изменения отметки чистого пола.

Ключевые слова: сборное безбалочное железобетонное перекрытие, реконструкция перекрытия, замена перекрытия, надежность, долговечность

RECONSTRUCTION OF PRECAST REINFORCED CONCRETE FLAT FLOOR SLABS

SMOLYAGO G.A.¹, DROKIN S.V.², DRONOV A.V.¹, BELOUSOV A.P.²,
PUSHKIN S.A.², SHIROKIJ V.V.², SMOLYAGO E.G.²

¹BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

²ООО "Stroitel'naya ekspertiza", Belgorod, Russia

Abstract. In the buildings, where reinforced concrete floor slabs are subjected to the action of aggressive liquid environment due to the technological process, reinforced concrete structures have small remaining life and technical condition of them is close to inadmissible one, that causes necessity of repair works or reconstruction.

Instrumental inspections of the precast reinforced concrete flat floor slabs under the action of lactic acids show, that slabs have numerous defects and damages: deep corrosion of rebars and concrete, failure of support ends of the slabs. The main elements of floor slabs are in bounded functional condition or inadmissible condition at the parts

The constructive solutions on reconstruction of the floor slabs by construction of a new slab are suggested. These solutions consider technological loading on the floor, stability of columns, rigidity of a building frame during the construction, change of a floor level.

Keywords: precast reinforced concrete flat floor slab, reconstruction of a floor slab, replacement of a floor slab, reliability, durability

В работе рассматриваются вопросы реконструкции сборных железобетонных безбалочных перекрытий. Следует отметить, что в Российской Федерации эксплуатируются объекты запроектированные и построенные в 60-х и 70-х годах прошлого столетия с применением подобных перекрытий, существенная часть из которых имеет значительный физический износ, что предопределяет необходимость выполнения работ по восстановлению их нормативного технического состояния или их реконструкцию. Исследованию конструктивной безопасности зданий и сооружений при действии на них средовых и силовых воздействий в настоящее время посвящены многочисленные исследования [1-3].

Предложенные конструктивные решения по реконструкции сборных железобетонных безбалочных перекрытий были апробированы при проведении реконструкции здания фабрики мороженого в г. Белгороде.

В конструктивном отношении здание фабрики мороженого переменной этажности с размерами в плане 54,04х22,22 м, каркасное с полным железобетонным каркасом и самонесущими наружными и внутренними стенами и перегородками. Сетка колонн – 6,0 х 6,0 м, высота этажей – 4,8 м. Пространственная жесткость обеспечивается жесткими сопряжениями колонн с перекрытиями и фундаментами, дисками перекрытий и покрытия. Колонны – сборные железобетонные с разрезкой на один этаж круглого сечения диаметром 600 мм. Перекрытия и покрытие – сборные железобетонные безбалочные. Сопряжение надколонных (межколонных) плит с капителями – жесткое, пролетных с надколонными (межколонными) – шарнирное, безметальное за счет заклинивания пролетных плит конусообразными сужающимися к низу боковыми поверхностями в таком же проеме, образованном надколонными плитами, и опиранием пролетных плит на углы надкапительных плит. Проектная нормативная временная нагрузка на перекрытия составляет 20,0 кН/м².

Исследуемая производственная часть основного здания фабрики мороженого по технологическим особенностям относится к помещениям с мокрыми производственными процессами. Отходы производства, которые содержат молочные кислоты, постоянно воздействуют на железобетонные конструкции перекрытий, проникая через трещины, усадочные швы в полах, разрушенные водосборные трапы и неплотные стыки канализационных устройств. В результате их воздействия происходит коррозия цементного камня бетона. Вследствие разрушения защитного слоя бетона интенсивно протекает коррозия арматуры.

Несмотря на внешнее благополучие оштукатуренных и побеленных поверхностей перекрытий (капителей и плит перекрытия) в ходе проведения обследований было выявлено, что при простукивании молотком в зонах регулярного увлажнения технологическими жидкостями бетон легко крошится и отпадает.

Общими для всех перекрытий дефектами являются неплотность стыков между плитами перекрытия, протечки через них.

Так же необходимо отметить, что за многолетний период эксплуатации производственной части основного здания фабрики мороженого были выполнены неоднократные усиления отдельных участков конструкций перекрытий, вследствие установки нового технологического оборудования (танков), а также отслоения и выпадения поврежденного коррозией бетона плит перекрытий на отдельных участках у стыков. В связи с этим сборные железобетонные конструкции перекрытий имеют разную степень физического износа и, как следствие, отличную друг от друга несущую способность.

При проведении обследований технического состояния несущих железобетонных конструкций было произведено вскрытие конструкций перекрытий 1-го и 2-го этажей, которое подтвердили наличие многочисленных дефектов и повреждений, а именно – значительную коррозию рабочей и распределительной арматуры, разрушение опорных участков (консолей, зуба) межколонных и пролетных плит перекрытий, сопровождающихся коррозией арматуры и бетона. Ввиду неточности монтажа элементов каркаса здания, а также коррозии и разрушения бетона плит перекрытий в отдельных местах пролетные плиты опираются на надкапительные плиты на величину, значительно меньше проектного значения, т.е. фактически произошла

трансформация расчетной схемы отдельных пролетных плит перекрытия, что в дальнейшем может привести к прогрессирующему обрушению перекрытия или его части или здания в целом [4, 5].

Несмотря на высокие эксплуатационные качества железобетонных конструкций перекрытий, необходимо отметить снижение их долговечности в процессе эксплуатации. Это связано со снижением силового сопротивления железобетона, обусловленного внешними воздействиями агрессивной среды [6, 7].

С течением времени в конструкциях происходит накопление различных дефектов, включая коррозионные, изменение прочностных и деформативных характеристик бетона и арматуры, расчетных схем, состояния узлов и связей.

Для определения соответствия предельным состояниям и оценки остаточного ресурса конструктивные элементы перекрытий были рассчитаны по прочности и жесткости с учетом коррозии арматуры и бетона, конструктивной нелинейности, которые показали:

- допустимая временная нагрузка при расчете наиболее опасного сечения капители составляет $11,0 \text{ кН/м}^2$, сохраняя тенденцию к снижению.
- допустимая временная нагрузка при расчете межколонных плит составляет $8,0 \text{ кН/м}^2$, сохраняя тенденцию к снижению.

Для пролетных плит в свете возможной трансформации расчетной схемы были выполнены расчеты по прочности и деформативности в случаях их опирания по 3-м и 2-м сторонам вследствие возможного среза бетона по стыку опирания пролетных плит на межколонные [8].

Результаты обследования, поверочные расчеты показали, что основные несущие конструкции перекрытий находятся в ограниченно работоспособном состоянии, а на отдельных участках приближается к недопустимому, т.е. не способных воспринимать проектную временную нагрузку. Для дальнейшей нормальной эксплуатации и недопущения ухудшения их расчетных характеристик необходимо ограничить временную нагрузку на несущие конструкции перекрытия не более $8,0 \text{ кН/м}^2$. В то же время техническое состояние остальных несущих конструкций соответствует требованиям нормативных документов.

Для обеспечения дальнейшей нормативной безотказной эксплуатации здания целесообразно восстановить несущую способность и эксплуатационную пригодность межэтажных перекрытий.

Планируемая реконструкция здания фабрики мороженого с целью увеличения производственных мощностей, учитывая текущее состояние основных несущих конструкций перекрытий и в большей степени узлов сопряжения их конструктивных элементов, возможна при реконструкции перекрытий и их конструктивных элементов либо выполнения их усиления согласно разработанным рекомендациям и техническим решениям. При этом необходимо было учитывать неоднократные усиления отдельных участков перекрытий за период эксплуатации, их разную несущую способность и проблематичность обеспечения необходимого срока службы.

Наиболее распространенные варианты усиления сборных железобетонных перекрытий [9, 10]:

- наращивание сверху перекрытия с устройством железобетонных шпонок;
- устройство балочной клетки из прокатного металла с полным разгрузением перекрытия;
- устройство дополнительной разгружающей ребристой плиты (сверху);
- подведение разгружающих металлических балок снизу перекрытия;
- усиление плиты перекрытия устройством дополнительного внешнего армирования композитным материалом.

При выполнении детальной проработки вариантов усиления или реконструкции был выполнен анализ технологической возможности устройства разных вариантов перекрытий, выполнены поверочные статические и конструктивные расчеты перекрытий и просчитана их экономическая составляющая по укрупненным показателям, которые показали техническую и

экономическую целесообразность выполнения реконструкции перекрытий под нормативную временную нагрузку $20,0 \text{ кН/м}^2$.

Рисунок 1 - Конструктивное решение устраиваемого перекрытия

При разработке конструктивных решений монолитных перекрытий при их реконструкции были приняты во внимание следующие обстоятельства, а именно:

- действующую нагрузку на перекрытие второго этажа, вследствие не проведенного демонтажа расположенного на нем технологического оборудования;
- изменившуюся отметку чистого пола 2-го и 3-го этажей по сравнению с предыдущей проектной (выравнивание отметок пола реконструируемого здания и существующей пристройки);
- технологические возможности подрядной организации, выполняющей реконструкцию перекрытия.

Реконструкция перекрытий предусматривала следующие конструктивные решения:

- 1) полная разборка существующих конструкций пола до сборных железобетонных плит перекрытия с демонтажем конструкций усиления;
- 2) полный демонтаж пролетных плит с использованием алмазных пил с целью исключения динамических воздействий и возможной трансформации их расчетных схем с вероятностью отказа части или всего перекрытия;
- 3) учитывая конструктивное решение стыка колон с разрезкой их на этаж в уровне низа перекрытия, а также не только постоянную, но и действующую временную нагрузку на перекрытие над 2-ым этажом, с целью избегания потери устойчивости колонн и обеспечение необходимой пространственной жесткости и устойчивости здания межколонные плиты остаются в проектном положении;
- 4) для обеспечения выхода на проектную отметку чистого пола после реконструкции устраивается новое железобетонное безбалочное перекрытие с отметкой верха устраиваемой плиты перекрытия 1-го этажа на 440 мм больше отметки верха существующей плиты перекрытия 1-го этажа;
- 5) поверху надкапитальных плит у колонн устраивается утолщение с размерами в плане $2,0 \times 2,0 \text{ м}$ и высотой 240 мм, являющаяся конструктивным элементом нового железобетонного монолитного перекрытия и выполняющая роль капители, снижая усилия и деформации в пролете устраиваемой плиты;

б) для передачи нагрузки от нового перекрытия (нормативная технологическая нагрузка на перекрытие после реконструкции составляет $20,0 \text{ кН/м}^2$) на колонны по их периметру в уровне плиты выполняются шпонки глубиной 25 мм, не превышающей защитный слой бетона арматуры колонн, что позволяет частично разгрузить поврежденный коррозией стык старого перекрытия и колонны.

Конструктивное решение нового монолитного безбалочного перекрытия представлено на рис. 1.

Сметная стоимость устройства межэтажных перекрытий сопоставима со стоимостью восстановительных работ по их усилению за предыдущий период эксплуатации. Учитывая предстоящий срок службы перекрытий до капитального ремонта без дополнительных финансовых затрат, можно говорить о значительном экономическом эффекте для собственника здания.

Устройство нового железобетонного монолитного безбалочного перекрытия позволило восстановить эксплуатационную пригодность и повысить надежность и срок службы здания, практически исключить отказ перекрытий в процессе дальнейшей эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепции и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. №2. С. 28-31.
2. Смоляго Г.А., Луценко А.Н., Дрокин С.В. К оценке живучести каркасных конструктивных систем из монолитного железобетона с учетом дефектов изготовления и монтажа // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2010. №2. С. 80-83.
3. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2009. №4. С. 53-54.
4. Бондаренко В.М., Ключева Н.В. К расчету сооружений, меняющих расчетную схему вследствие коррозионных повреждений // *Известия вузов. Строительство*. 2008. №1. С. 4-12.
5. Бондаренко В.М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2009. №5. С. 13-17.
6. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.
7. Бондаренко В.М., Мигаль Р.Е., Ягунов Б.А. Конструктивная безопасность железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивной среде // *Строительство и реконструкция*. 2016. №2. С. 3-11.
8. Смоляго Г.А., Дрокин С.В., Дронов А.В., Белоусов А.П., Пушкин С.А., Смоляго Е.Г. Оценка остаточного ресурса несущей способности сборных безбалочных железобетонных перекрытий // *Известия Юго-западного государственного университета*. 2016. №6. С. 66-73.
9. Мальганов А.И., Плевков В.С. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие. Томск: Печатная мануфактура, 2002. 391 с.
10. Римшин В.И., Меркулов С.И. К вопросу усиления железобетонных конструкций внешним армированием композитным материалом // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. №5. С. 92-100.

REFERENCES

1. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Kontseptsii i napravleniya razvitiya teorii konstruktivnoy bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy pri silovykh i sredovykh vozdeystviyakh [The Concept and Directions of Development of the Theory of Structural Safety of Buildings and Structures under the Influence of Force and Environmental Factors]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2013. No 2. Pp. 28-31.
2. Smolyago G.A., Lutsenko A.N., Drokin S.V. K otsenke zhivuchesti karkasnykh konstruktivnykh sistem iz monolitnogo zhelezobetona s uchetom defektov izgotovleniya i montazha [Durability of Frame Systems of Reinforced Concrete with Defects and Damages]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2010. No 2. Pp. 80-83.
3. Merkulov S.I. Konstruktivnaya bezopasnost' ekspluatiruyemykh zhelezobetonnykh konstruktсий [Constructive Safety of Operating Reinforced Concrete Structures]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2009. No 4. Pp. 53-54.

4. Bondarenko V.M., Klyuyeva N.V. K raschetu sooruzheniy, menyayushchikh raschetnyuyu skhemu vsledstviye korrozionnykh povrezhdeniy [On the Analysis of Structures that Change a Design Diagram due to Corrosion Damages] *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2008. No 1. Pp. 4-12.
5. Bondarenko V.M. Korrozionnyye povrezhdeniya kak prichina lavinnogo razrusheniya zhelezobetonnykh konstruktsey [Corrosive Damages as a Reason of Avalanche-type Failure of Reinforced Concrete Structures]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 2009. No 5. Pp. 13-17.
6. Alekseyev S.N., Rozental' N.K. Korrozionnaya stoykost' zhelezobetonnykh konstruktsey v agressivnoy promyshlennoy srede [Corrosive resistance of reinforced concrete structures in aggressive industrial environment]. Moscow: Stroyizdat, 1976. 205 p.
7. Bondarenko V.M., Migal' R.Ye., Yagupov B.A. Konstruktivnaya bezopasnost' zhelezobetonnykh konstruktsey, ekspluatiruyushchikhsya v agressivnoy srede [Constructive Safety of Reinforced Concrete Structures, Operating in a Corrosive Environment]. *Building and Reconstruction*. 2016. No 2. Pp. 3-11.
8. Smolyago G.A., Drokin S.V., Dronov A.V., Belousov A.P., Pushkin S.A., Smolyago Ye.G. Otsenka ostatnochno-go resursa nesushchey sposobnosti sbornyykh bezbalochnykh zhelezobetonnykh perekrytiy [Residual Life Assessment of Load-bearing Capacity of Precast Flat Concrete Slabs]. *Izvestiya Yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016. No 6. Pp. 66-73.
9. Mal'ganov A.I., Plevkov B.C. Vosstanovleniye i usileniye ograzhdayushchikh stroitel'nykh konstruktsey zdaniy i sooruzheniy [Restoration and Reinforcing of Fencing Structures of Buildings and Constructions]. Tomsk: Pechatnaya manufaktura, 2002. 391 p.
10. Rimshin V.I., Merkulov S.I. K voprosu usileniya zhelezobetonnykh konstruktsey vneshnim armirovaniyem kompozitnym materialom [External Reinforcement of Concrete Structures Using Composite Materials]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2018. No 5. Pp. 92-100.

Информация об авторах:

Смоляго Геннадий Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства и городского хозяйства
E-mail: tpk-psv@yandex.ru

Дрокин Сергей Владимирович

ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия,
Кандидат технических наук, инженер-проектировщик
E-mail: drokin_sergey@mail.ru

Дронов Андрей Васильевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,
Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов
E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com

Белоусов Александр Петрович

ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия,
Заместитель директора по техническим вопросам

Пушкин Сергей Александрович

ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия,
Начальник отдела обследования зданий и сооружений

Широкий Виталий Викторович

ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия,
Инженер-конструктор

Смоляго Елена Геннадьевна

ООО «Строительная экспертиза», г. Белгород, Россия,
Кандидат технических наук, начальник отдела строительного аудита

Information about authors:

Smolyago G. A.

BSTU after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
Doctor of Sciences, Professor, Department of Building and Urban development
E-mail: tpk-psv@yandex.ru

Drokin S. V.

ООО "Stroitel'naya expertiza", Belgorod, Russia,
Candidate of Sciences, Design engineer ООО "Stroitel'naya expertiza"
E-mail: drokin_sergey@mail.ru

Dronov A. V.

BSTU after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
Candidate of Sciences, Assistant Professor, Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials
E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com

Belousov A. P.

ООО "Stroitel'naya expertiza", Belgorod, Russia,
Deputy Director of Technical Problems

Pushkin S. A.

ООО "Stroitel'naya expertiza", Belgorod, Russia,
Head of Building and Construction Inspection Department

Shirokiy V. V.

ООО "Stroitel'naya expertiza", Belgorod, Russia,
Design engineer ООО "Stroitel'naya expertiza"

Smolyago E. G.

ООО "Stroitel'naya expertiza", Belgorod, Russia,
Candidate of Sciences, Head of Building and Construction Audit Department