

УДК 69.07

Г.А. Смоляго, д-р техн. наук, профессор, БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород)
(e-mail: tpk-psv@yandex.ru)

С.В. Дрокин, канд. техн. наук, доцент, БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород)
(e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

А.В. Дронов, ассистент, БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

А.П. Белоусов, зам. директора по техническим вопросам, ООО «Строительная экспертиза»
БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

С.А. Пушкин, начальник отдела обследования зданий и сооружений, ООО «Строительная экспертиза»
БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

Е.Г. Смоляго, начальник отдела строительного аудита, ООО «Строительная экспертиза»
БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СБОРНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

При реконструкции и обследовании зданий, в которых технологический процесс сопровождается постоянным воздействием агрессивных жидких сред на железобетонные конструкции перекрытий следует уделять существенное внимание оценке остаточного ресурса безопасной эксплуатации строительных конструкций.

Результаты инструментальных обследований 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.

Расчет прочности элементов перекрытия с учетом коррозии арматуры и изменением условий опирания пролетных плит перекрытия позволяет утверждать, что основные несущие конструкции перекрытия находятся в ограниченно работоспособном состоянии, а на отдельных участках приближаются к недопустимому. Для дальнейшей безопасной эксплуатации здания необходимо в кратчайшие сроки выполнить комплекс мероприятий, направленных на временное усиление конструкций перекрытия.

Ключевые слова: сборные безбалочные железобетонные перекрытия, коррозия арматуры, несущая способность, долговечность.

Принимая во внимание длительный срок эксплуатации под воздействием нагрузок различного характера и окружающей среды и, как следствие этого, появление различных повреждений, основные при этом оказываются коррозионные, а также изменение прочностных и деформационных характеристик материалов, при проектировании и реконструкции следует уделять существенное внимание оценке остаточного ресурса безопасной эксплуатации строительных конструкций [1, 7]. Это достаточно актуально для зданий, когда технологический

процесс сопровождается воздействием агрессивных жидких сред [6, 8].

В данном случае это рассматривается применительно к зданиям, в которых отходы производства содержат молочные кислоты с их постоянным воздействием на железобетонные конструкции перекрытий, в результате которого происходит коррозия цементного камня бетона, разрушение защитного слоя, что в свою очередь ускоряет интенсивность процесса коррозии арматуры.

В конструктивном отношении обследуемое здание – каркасное с полным железобетонным каркасом, сеткой колонн –

бхб м, перекрытия и покрытие – сборные железобетонные безбалочные, состоящие из надколонных и пролетных плит сплошного сечения высотой 160 мм, имеющие размеры в плане 3,0х3,0 м (рис. 1). Сопряжение надколонных плит с капителями – жесткое, пролетных с надколонными – шарнирное, безметальное, за счёт заклинивания пролетных плит с конусообразными сужающимися к низу боковыми поверхностями в таком же проеме, образованном надколонными плитами. Пространственная жесткость обеспечивается жесткими сопряжениями колонн с перекрытиями и фундаментами, дисками перекрытий и стенами.

За многолетний период эксплуатации здания были выполнены многочисленные усиления аварийных участков конструкций перекрытия, а также усиления участков перекрытий вследствие установки нового технологического оборудования (танков). В связи с этим сборные железобетонные конструкции перекрытия имеют разную степень физического износа и как следствие отличную друг от друга несущую способность.

В результате проведенных вскрытий конструкций перекрытий были обнаружены многочисленные дефекты и повреждения, а именно: значительная коррозия рабочей и распределительной арматуры, бетона, разрушение опорных участков плит перекрытия (рис. 2-3). Общими для всех перекрытий дефектами также являются неплотности стыков между плитами, протечки через них, затеки по стыкам и по контурам плит капителей.

При проектировании силовое сопротивление конструкций оценивается применительно к определенной расчетной схеме, действующим нагрузкам и воздействиям. С течением времени в конструкциях происходит накопление различных дефектов, включая коррозионные, изменение прочностных и деформационных параметров бетона и арматуры, расчетных схем, состояния узлов и связей. Вследствие этого, оценка остаточного ресурса сопротивления строительных конструкций зданий зависит от предыстории эксплуатации объекта, накопленных силовых и коррозионных повреждений.

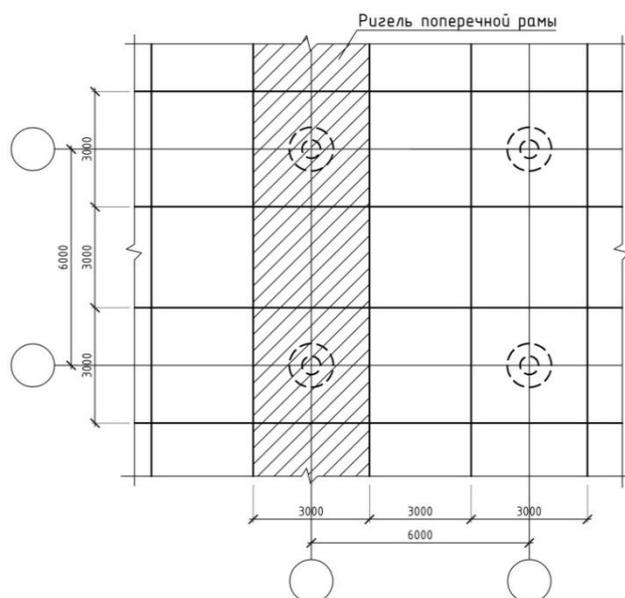


Рис. 1. Фрагмент плана безбалочного сборного перекрытия



Рис. 2. Значительная коррозия продольной и поперечной арматуры на вскрытом участке межколонной плиты перекрытия



Рис. 3. Состояние узлов опирания межколонных и пролетных плит перекрытия на колонные плиты, сопровождающиеся разрушением опорных участков (консолей, зуба) и значительной коррозией арматуры

С учетом принятого конструктивного решения узлов сопряжения, колонны с капителями и межколонными плитами образуют пространственную раму, ригели которой расположены в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Без существенных погрешностей можно учитывать работу продольных и поперечных рам независимо друг от друга. Поэтому был рассмотрен только ригель поперечной рамы и выполнен статический расчет этого ригеля как многопролетной неразрезной балки переменной жесткости (согласно [5]) с учетом развития коррозии арматуры с течением времени.

На основании натуральных обследований конструкций перекрытий была выявлена зависимость изменения глубины коррозии в зависимости от срока эксплуатации и степени агрессивности среды [2, 3]. При этом установлено, что скорость коррозии арматуры в железобетонных конструктивных элементах перекрытий варьировалась от 0,04 мм до 0,1 мм в год.

При натуральных обследованиях конструкций перекрытий производственной части обследуемого здания после 30 лет эксплуатации было установлено, что глубина коррозии рабочей арматуры перекрытий оставляет 0,28 мм. На момент

проведения обследования срок эксплуатации здания составлял 47 лет.

С целью установления изменения прочности нормальных сечений элементов перекрытия и, соответственно, допустимой временной нагрузки, в зависимости от развития коррозии арматуры с течением времени, были выполнены расчеты, с учетом фактических нагрузок и технического состояния конструкций (табл. 1). Принятие скорости проявления коррозии 0,04 мм/год связано с тем, что коррозионные повреждения арматуры первоначально проявляются с большей интенсивностью, затем скорость коррозии уменьшается.

Пролетные плиты опираются на деформируемый контур, которым являются межколонные плиты. Работая в составе безбалочного перекрытия, пролетные плиты находятся в сложном напряженном состоянии: они испытывают влияние распора, частичного защемления на контуре, деформативности контура и т.д.

Плита армирована в обоих направлениях стержнями Ø14 А400, установленными с шагом 200 мм. По результатам испытаний бетона пролетных плит перекрытий его минимальная прочность составила 33,0 МПа.

Таблица 1

Снижение прочности межколонных и пролетных плит (при их опирании по 3-м сторонам) и допустимой временной нагрузки в зависимости от глубины коррозии

Срок эксплуатации, лет	Глубина коррозии, мм	Площадь арматуры A_s , см ²	Прочность сечения на действии изгибающего момента, кН·м	Допустимая нормативная временная нагрузка на перекрытие, кПа	Снижение допустимой нормативной временной нагрузки, %
Межколонная плита					
0	0	38,83	168,0	11,3	
30	0,28	35,67	158,0	10,3	9
35	0,48	33,51	147,0	9,4	17
40	0,68	31,43	136,0	8,6	24
45	0,88	29,43	130,0	8,0	29
50	1,08	27,52	122,0	7,4	35
Пролетная плита (при опирании её по 3-м сторонам)					
0	0	7,697	34,4	18,8	
30	0,28	7,093	31,6	16,3	13
35	0,48	6,678	28,9	13,8	27
40	0,68	6,274	26,1	11,3	40
45	0,88	5,883	24,1	9,5	49
50	1,08	5,505	22,2	7,8	59

В процессе эксплуатации возможно изменение граничных условий пролетной плиты вследствие коррозии бетона опорных участков, что было выявлено при

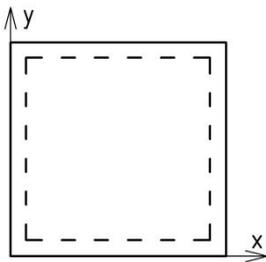
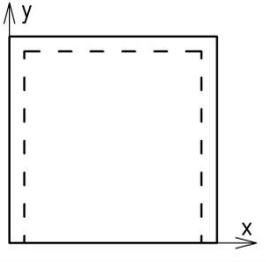
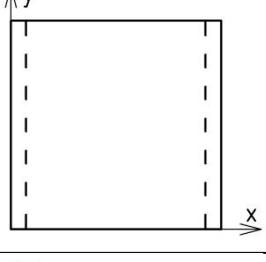
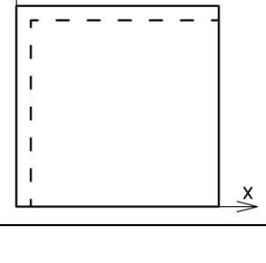
проведении обследования здания. Для пролетной плиты в свете возможной трансформации расчетной схемы была рассчитана прочность в случае её опира-

ния по 3-м и 2-м сторонам, вследствие изменения граничных условий. Изгибающий момент вычислен при распределенной нагрузке, равной 10 кПа. Зная несущую способность сечения (34,4 кН·м), была найдена максимальная расчетная

нагрузка на плиту, а затем допустимая нормативная временная нагрузка (табл. 2). Расчет производился для случая отсутствия коррозионных повреждений арматуры.

Таблица 2

Изменение изгибающего момента в пролетной плите в зависимости от условий опирания

Схема опирания плиты	Максимальные изгибающие моменты от нагрузки 10 кПа, кН·м	Максимальный изгибающий момент от нагрузки 10 кПа, кН·м	Допустимая нормативная временная нагрузка на перекрытие, кПа
	$M_x=3,97$ $M_y=3,97$	3,97	59,7
	$M_x=9,14$ $M_y=2,87$	9,14	18,8
	$M_x=0$ $M_y=11,25$	11,25	13,0
	$M_x=9,45$ $M_y=9,45$	9,45	17,8

Результаты расчетов прочности по нормальному сечению пролетной плиты с учетом фактических нагрузок и реального состояния конструкций при опирании

её по трем сторонам представлены в таблице 1.

На основании выполненных расчетов прочности по нормальным сечениям с

учетом фактической прочности бетона и коррозии арматуры выявлено:

– на момент обследования допустимая временная нагрузка (при расчете капители) составляет 11 кПа, сохраняя тенденцию к снижению;

– на момент обследования допустимая временная нагрузка (при расчете межколонной плиты) составляет 7,8 кПа, сохраняя тенденцию к снижению;

– в случае возможной трансформации расчетной схемы пролетной плиты, а именно, опирания плиты не по 4-м, а по 3-м сторонам вследствие разрушения бетона по стыку опирания пролетной плиты на межколонную, допустимая временная нагрузка на перекрытие составляет 8,8 кПа.

Также необходимо отметить, что на отдельных участках временная нагрузка на перекрытие достигает порядка 15 кПа, что существенно превышает расчетную допустимую временную нагрузку. Указанное несоответствие объясняется тем, что участки перекрытия с повышенной временной нагрузкой усилены с повышением их несущей способности.

Выявленное техническое состояние конструкций перекрытия позволяет отметить, что вследствие накопления различных повреждений, связанных с деструкцией бетона, коррозией арматуры, остаточными деформациями, высока вероятность отказа (выхода из строя) конструкций перекрытия. Коррозия арматуры и бетона способствует потере сцепления арматуры с бетоном, снижению несущей способности и жесткости перекрытий.

Результаты обследования, поверочные расчеты позволяют утверждать, что основные несущие конструкции перекрытия находятся в ограниченно работоспособном состоянии, а на отдельных участ-

ках приближаются к недопустимому (согласно [4]). Для дальнейшей нормальной эксплуатации, восприятия действующих нагрузок необходимо ограничить временную нормативную нагрузку на несущие конструкции перекрытия не более 7,8 кПа.

Для дальнейшей безопасной эксплуатации здания необходимо в кратчайшие сроки выполнить комплекс мероприятий, направленных на временное усиление конструкций перекрытия. Планируемая реконструкция здания с целью увеличения производственных мощностей возможна при условии полного демонтажа конструкций перекрытия с устройством новых монолитных железобетонных перекрытий, отвечающих современным технологическим процессам и требованиям строительных норм и правил.

Список литературы

1. Меркулов С.И. Развитие теории конструктивной безопасности объектов в условиях коррозионных воздействий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – №3. – С. 44-46.
2. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры / Г.А. Смоляго, В.И. Дронов, А.В. Дронов, С.И. Меркулов // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 12. – С. 25-27.
3. Исследование работоспособности изгибаемых железобетонных конструкций с учетом коррозионных повреждений / С.И. Меркулов, Е.Г. Пахомова, А.В. Гордеев, А.С. Маяков // Известия Курского государственного технического университета. – 2009. – №4. – С. 74-78.
4. СП13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М., 2003.

5. Проектирование железобетонных конструкций: справочное пособие / А. Б. Голышев, В. Я. Бачинский, В. П. Полищук, А. В. Харченко, И. В. Руденко; под ред. А. Б. Голышева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Будивельник, 1990. – 544 с.

6. Бондаренко В.М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – №5. – С. 13 - 17.

7. Ключева Н.В., Тамразян А.Г. Основополагающие свойства конструктивных систем, понижающих риск отказа элементов здания // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №5(44). Ч.2. – С. 126-131.

8. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.

Получено 14.11.16

G.A. Smolyago, Doctor of Engineering Sciences, Professor, BSTU named after V.G. Shukhov (Belgorod) (e-mail: tpk-psv@yandex.ru)

S.V. Drokin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, BSTU named after V.G. Shukhov (Belgorod) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

A.V. Dronov, Assistant, BSTU named after V.G. Shukhov (Belgorod) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

A.P. Belousov, Deputy Director of Technical Problems, ООО “Stroitel'naya Expertiza” (Belgorod) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

S.A. Pushkin, Head of Building and Construction Inspection Department, ООО “Stroitel'naya Expertiza” (Belgorod) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

E.G. Smolyago, Head of Building and Construction Audit Department, ООО “Stroitel'naya Expertiza” (Belgorod) (e-mail: drokin_sergey@mail.ru)

RESIDUAL LIFE ASSESSMENT OF LOAD-BEARING CAPACITY OF PRECAST FLAT-CONCRETE SLABS

When reconstructing and examining buildings in which the process is accompanied by constant exposure of concrete floor structures to aggressive fluid environments, it is necessary to pay considerable attention to the assessment of residual life of safe operation of building structures.

The results of instrumental examinations of precast flat concrete slab exposed to lactic acids showed that the floor structure has many defects and damages: significant corrosion of working reinforcement, distribution bars, concrete, and collapse of support sections of floor slabs.

The calculation of the strength of floor components with regard to corrosion of reinforcement and change of support conditions of span slabs suggests that main load-bearing floor structures are in limited operating condition, and in some sections, they are close to unacceptable state. For safe operation of the building, it is necessary to take a set of measures aimed at temporary strengthening of floor structures in the shortest time possible.

Key words: precast flat concrete slabs, reinforcement corrosion, load-bearing capacity, operational life.

Reference

1. Merkulov S.I. Razvitie teorii konstruktivnoj bezopasnosti ob#ektov v usloviyah korrozionnyh vozdeystvij // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2014. – №3. – S. 44-46.

2. Izuchenie vlijaniya defektov zhelezobetonnyh konstrukcij na razvitie korrozionnyh processov armatury / G.A. Smoljago, V.I. Dronov, A.V. Dronov, S.I. Merkulov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014. – № 12. – S. 25-27.

3. Issledovanie rabotosposobnosti izgibaemyh zhelezobetonnyh konstrukcij s

uchetom korrozionnyh povrezhdenij / S.I. Merkulov, E.G. Pahomova, A.V. Gordeev, A.S. Majakov // Izvestija Kurskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2009. – №4. – S. 74-78.

4. SP13-102-2003. Pravila obsledovani-ja nesushhih stroitel'nyh konstrukcij zdaniij i sooruzhenij. – M., 2003.

5. Proektirovanie zhelezobetonnyh konstrukcij: spravocnoe posobie / A. B. Golyshev, V. Ja. Bachinskij, V. P. Polishhuk, A. V. Harchenko, I. V. Rudenko; pod red. A. B. Golysheva. – 2-e izd., pererab. i dop. - Kiev: Budivjel'nyk, 1990. – 544 s.

6. Bondarenko V.M. Korrozionnye povrezhdenija kak prichina lavinnogo razrushenija zhelezobetonnyh konstrukcij // Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij. – 2009. – No5. – S. 13 - 17.

7. Kljueva N.V., Tamrazjan A.G. Os-novopolagajushhie svojstva konstruktivnyh sistem, ponizhajushhih risk otkaza jelementov zdaniija // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. - №5(44). Ch.2. – S. 126-131.

8. Alekseev S.N., Rozental' N.K. Korrozionnaja stojkost' zhelezobetonnyh konstrukcij v agressivnoj promyshlennoj srede. – M.: Strojizdat, 1976. – 205 s.

УДК 711.554

А.Л. Поздняков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: dekanov@bk.ru)

ПРИНЦИПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ГЕНПЛАНОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

В статье раскрываются принципы совершенствования архитектурно-строительных решений генеральных планов производственных комплексов предприятий с позиции экологической безопасности. Рассматриваются различные приемы улучшения экологической ситуации в промышленных зонах. Среди них виды зонирования по различным признакам. Подробно описываются основные направления экологического зонирования и его применение при построении модульной планировочной структуры производства. Одним из главных направлений экологизации архитектурно-строительных решений генеральных планов в целях рационального использования и максимального сохранения земельных ресурсов является сокращение территории застройки промышленного предприятия. Принцип оптимизации микроклиматических условий предполагает использование различных приемов, перечисленных в статье. Увеличение площади зеленых насаждений и рациональная планировочная организация озелененных пространств также рассматривается в качестве основополагающего принципа экологизации промышленной застройки. Кроме того, совершенствование визуальных качеств среды промышленного предприятия рассматривается как важнейшее условие для совершенствования генерального плана в целом. По итогам исследования был сделан вывод о недостаточности проработки вопросов экологической безопасности и, как следствие, о необходимости применения этих принципов на практике.

Ключевые слова: генплан промышленного предприятия, архитектурно-строительные решения, экологическое совершенствование промышленных зон, экологическое зонирование.

Разработка решений генеральных планов промышленных предприятий с учетом современных экологических требований – важнейший аспект оздоровления городской среды. Во многих промышленно-развитых городах территории предприятий и их комплексов занимают

порядка 20-30% городской территории. В организации экологически безопасной деятельности людей на промышленном предприятии и производственного процесса и заключается экологический аспект в решениях генеральных планов промышленных предприятий, а также в