

**ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ,
ПРОЯВЛЯЮЩИЕСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОГО ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ
ИЛИ ПЕРЕРЫВА В ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**THE DAMAGES OF REINFORCED CONCRETE BEARING STRUCTURES,
DUE TO RESULTS OF LONG-TERM CONSTRUCTION OF BUILDINGS
OR BREAKS IN THEIR CONSTRUCTION**

A.N. MALAKHOVA, A.S. BALAKSHIN
A.N. MALAKHOVA, A.S. BALAKSHIN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
ООО "МОСОБЛСТРОЙЦНИЛ")
(Moscow State (National Research) University of Civil Engineering,
Limited Liability Company "MOSOBLSSTROICNIL")
E-mail: gbk@mgsu.ru; mosoblcnil@gmail.com

На примере результатов обследования технического состояния объектов незавершенного строительства проанализированы повреждения железобетонных строительных конструкций, возникающие на этапе приостановки строительства. Приведена классификация таких повреждений. Рассмотрены возможные причины возникновения повреждений и процесс их развития во времени.

Based on the results of a survey of the technical state of unfinished buildings construction, the damages of reinforced concrete building structures arising at the stage of the break of construction were analyzed. The classification of such damages is given. Possible causes of damages and the process of their development in time are considered.

Ключевые слова: незавершенное строительство, повреждения железобетонных конструкций, трещины, коррозия арматуры, коррозия бетона.

Keywords: unfinished buildings construction, damages of reinforced concrete structures, cracks, corrosion of reinforcement, corrosion of concrete.

По материалам Росстата в России на конец 2016 г. было зафиксировано свыше 1,3 тыс. объектов незавершенного строительства. Из них более 1,2 тыс. объектов продолжали строить, работы на 82 были заморожены, на 32 – прекращены. При этом Росстат отмечал рост объемов незавершенного строительства в 2013 г. на 24%, а в 2014 г. – на 16,5%.

Известно, что при многолетнем возведении зданий или при перерыве в их строительстве незащищенные строительные конструкции подвергаются воздействию атмосферных осадков в виде дождя и снега, а

также попеременному воздействию отрицательных и положительных температур [1].

В этот период в железобетонных конструкциях могут появиться такие повреждения, как коррозия стальных закладных деталей и выпусков арматуры; коррозия арматурных каркасов и арматурных сеток самих элементов строительных конструкций вследствие просачивания воды в толщу конструкций; коррозия бетона, то есть процесс разрушения его структуры вследствие растворения и вымывания водой составных частей цементного камня, образования и кристаллизации в порах бетона труднора-

творимых веществ, разрушения цементного камня кислотами, содержащимися в воде, в воздухе; повреждения бетона грибами, мхами, растениями; трещины, расслоение бетона вследствие многократного попеременного воздействия отрицательной и положительной температуры [2...6].

На рис. 1 представлены фотографии объектов незавершенного строительства: а) – со сроком его приостановки не более двух лет (жилое здание); б) – со сроком приостановки строительства около восьми лет (торгово-бытовой комплекс); в) – со сроком приостановки строительства более десяти лет (многоэтажный гараж-стоянка).

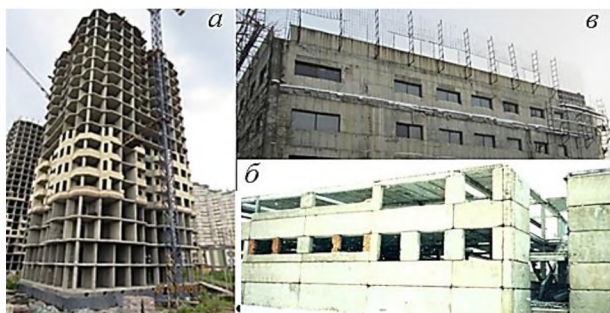


Рис. 1

Строительство монолитного 21-этажного жилого здания было приостановлено без выполнения мероприятий по консервации. Обследование технического состояния здания было выполнено год спустя после оставления многоэтажного монолитного здания в недостроенном состоянии.

С использованием неразрушающих методов (приборы "УК1401", "ПОС-50МГ4") был подтвержден проектный класс бетона конструктивных элементов здания (класс В25). По результатам вскрытий конструктивных элементов здания было установлено, что диаметр и расположение арматурных стержней в обследуемых конструкциях соответствуют проектному решению.

Вместе с тем были выявлены: несоблюдение проектной толщины защитного слоя бетона, повреждения, вызванные нарушением технологии укладки бетонной смеси.

Несоблюдение проектной толщины защитного слоя бетона могло быть вызвано либо неправильной установкой фиксаторов арматурного каркаса, либо их отсутствием,

либо несоответствием размеров крупного заполнителя бетона размерам пластмассовых фиксаторов, определяющих толщину защитного слоя. В соответствии со строительными нормами расстояние между поверхностью опалубки и нижней арматурой должно быть не менее 20 мм диаметра рабочей арматуры, а также 1,25 максимальной крупности заполнителя. В противном случае не будут обеспечены совместная работа арматуры с бетоном и равномерное растекание бетонной смеси в опалубке, что приведет к образованию необетонированных зон, каверн в бетоне с участками незащищенной арматуры.



Рис. 2

На рис. 2 показан объект незавершенного строительства со сроком его приостановки не более двух лет: рис. 2-а – несоблюдение толщины защитного слоя, плохое уплотнение бетонной смеси.

На рис. 2-б приведена фотография стыка двух участков бетонирования колонны. Видно, что перерыв в бетонировании колонны имел место на высоте, расположенной ниже уровня плит перекрытия. Выбор такого места стыка, во-первых, существенно снижает прочность контактной зоны колонн разных этажей, поскольку отсутствует упрочняющее влияние "обоймы" бетона плиты перекрытия. Во-вторых, в результате давления плиты перекрытия может произойти скол граней стыкуемых участков колонны, обладающих низкой адгезионной прочностью контакта "старого" и свежееуложенного бетонов. В-третьих,

при укладке свежей бетонной смеси на затвердевший бетон в любом случае образуется зона с пониженными прочностными характеристиками. Разрушение места стыка послойного бетонирования будет значительнее, если выполнено некачественное виброуплотнение бетонной смеси, либо если для послойного бетонирования использован бетон от разных поставщиков бетонной смеси. Практика показывает, что бетоны разных поставщиков могут отличаться видом и маркой заполнителей цемента, видом химических добавок, прочностными характеристиками [7].

При проведении обследования в некоторых местах здания были обнаружены трещины на поверхности монолитных железобетонных стен и пилонов, на нижней поверхности лестничного марша, а также на потолочной поверхности плит перекрытий с шириной раскрытия до 0,2 мм.

Возможной причиной образования таких трещин могут являться ранняя распалубка, нагружение конструкций до набора проектной прочности бетона (рис. 2-в), а также проявление температурно-усадочных деформаций (рис. 2-г).

Практика показывает, что технологические трещины, возникающие при изготовлении железобетонных конструкций от усадки бетона при твердении, от осадки бетонной смеси под хомутами и стержнями арматуры при вибрировании изделия, от температурных деформаций форм опалубки, мало сказываются на прочности конструкций. Но они снижают эксплуатационные свойства конструкций и уменьшают их жесткость. В [8...10] приведены результаты компьютерного моделирования, иллюстрирующие процесс появления и развития усадочных трещин в конструктивных элементах монолитных многоэтажных зданий.

В соответствии с СП 63.13330.2012 [11] для обеспечения долговечности железобетонных конструкций при нормальных условиях эксплуатации предельно допустимая ширина раскрытия трещин составляет: $a_{\text{кр,ult}}=0,3$ мм (продолжительное раскрытие), $a_{\text{кр,ult}}=0,4$ мм (непродолжительное раскрытие). Трещины с шириной раскрытия

0,5 мм и более свидетельствуют о перегрузке конструкции [12].

Требования к качеству поверхности монолитных железобетонных конструкций, приведенные в [13], ограничивают ширину раскрытия трещин $a_{\text{кр}}$. Для конструкций без защиты от атмосферных осадков, $a_{\text{кр}}=0,1$ мм, в помещениях допускаются трещины с шириной раскрытия $a_{\text{кр}}=0,2$ мм.

Часто на объектах встречаются трещины, расположенные в шве между сборными плитами перекрытий. Их происхождение объясняется прогибом одной плиты относительно другой вследствие некачественного замоноличивания шва между плитами, разной жесткостью смежных плит или значительной перегрузкой одной из плит. Такие трещины не снижают прочность конструкций. Они лишь приводят к снижению жесткости дисков перекрытий и покрытия, а также к уменьшению эстетичности их вида.

При отсутствии консервации на объектах незавершенного строительства конструктивные элементы здания подвергаются неблагоприятным климатическим воздействиям. Особенно это касается конструктивных элементов недостроенного верхнего этажа здания и участков плит перекрытий по периметру здания, которые в большей мере подвергаются увлажнению атмосферными осадками.

Повреждения бетона и арматуры, проявившиеся в условиях незавершенного строительства, прогрессируют во времени. Как развиваются коррозия арматуры и разрушение бетона, видно из рис. 3 (проявление коррозии в конструктивных элементах объектов незавершенного строительства: а) – коррозия арматурных выпусков стены на объекте незавершенного строительства со сроком приостановки не более двух лет; б) – коррозия арматурных стержней верхней сетки армирования плиты перекрытия на объекте незавершенного строительства со сроком приостановки не более двух лет; в) – разрушение защитного слоя бетона на объекте незавершенного строительства со сроком приостановки восемь лет; г) – разрушение защитного слоя бетона на

объекте незавершенного строительства со сроком приостановки более десяти лет) и рис. 4 (повреждения бетонных конструкций на объектах незавершенного строительства: а) – разрушение бетона и коррозия арматуры на объекте незавершенного строительства со сроком приостановки около восьми лет; б) – коррозия стальных закладных деталей на объекте незавер-



Рис. 3

Коррозионные трещины образуются в защитном слое бетона в результате возникновения в нем растягивающих напряжений из-за накопления ржавчины на поверхности арматуры. Начало процесса коррозии арматуры может быть вызвано многими причинами, в том числе высокой пористостью бетона, трещинами, возникающими вследствие разрушения бетона (усадочные, от температурных воздействий, от механических повреждений и др.).

Первым характерным признаком коррозии арматуры являются бурые пятна или полосы на бетоне (рис. 3-а, б), затем появляются трещины вдоль арматуры, где продукты коррозии, увеличиваясь в объеме, разрывают бетон (рис. 4-а). Трещины сначала появляются над арматурой с уменьшенной толщиной защитного слоя. Дальнейшая коррозия арматуры приводит к отслаиванию защитного слоя бетона и оголению арматуры (рис. 4-в,г). При оголении арматуры в железобетонном элементе происходит уменьшение его поперечного сечения и сечения арматуры, а также сцепления арматуры с бетоном. Нарушение сцепления корродирующей арматуры с бетоном вле-

шенного строительства со сроком приостановки около восьми лет; в) – плесень, грибок на стене подвала недостроенного здания со сроком приостановки более десяти лет; г) – разрушение бетонных ступеней на строительной площадке объекта незавершенного строительства со сроком приостановки более десяти лет).

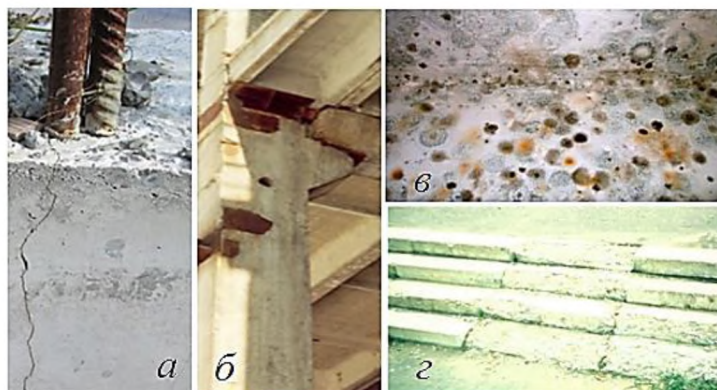


Рис. 4

чет за собой снижение несущей способности железобетонных конструкций. Оголение преднапряженной арматуры и ее коррозия говорят об аварийном состоянии конструкции.

Под воздействием атмосферных осадков на объекте незавершенного строительства активно происходит коррозия стальных закладных деталей и выпусков арматуры (рис. 4-а,б). В местах, где сохраняется повышенная влажность, могут появиться биологические повреждения (рис. 4-в).

Разрушение железобетонных конструкций на объектах незавершенного строительства происходит вследствие как коррозии арматуры, так и бетона. Коррозия бетона, точнее цементного камня в бетоне, может происходить за счет: вымывания из него "мягкой" водой извести, вследствие чего на поверхности бетона образуются белые подтеки; образования растворимых и уносимых водой продуктов, связанных с обменными реакциями при действии на бетон растворов кислот и некоторых солей; образования солей, кристаллизующихся в порах и капиллярах бетона. Все эти три вида коррозии цементного камня снижают

защитные свойства бетона по отношению к арматуре и вызывают ее коррозию.

Разрушению бетона в значительной степени способствуют увлажнение и циклическое действие отрицательных и положительных температур. Установлено, что при температуре ниже -36°C особенно интенсивно развиваются нарушения сцепления арматуры с бетоном. Длительное действие переменных отрицательных температур приводит к постепенному снижению прочности бетона. При этом снижение прочности тем больше, чем меньше прочность бетона и больше его влажность перед замораживанием.

Увеличение водонасыщения бетона до некоторой критической величины является причиной увеличения его коэффициента температурных деформаций. Физическая сущность этого явления связана с влиянием льда, образующегося в порах, коэффициент температурных деформаций которого в 3,3...7,4 раза больше коэффициента температурных деформаций "сухого" бетона.

При многократном замораживании и оттаивании в железобетонном элементе накапливаются необратимые деформации, которые могут вызвать продольные трещины. Как указывалось выше, вода, заполняющая поры и капилляры бетона, а также трещины, при замерзании разрушает связи между твердыми составляющими бетонной смеси, разуплотняя структуру бетона. Результат комплексного действия коррозии и трещинообразования бетона вследствие многократного попеременного воздействия отрицательной и положительной температуры представлен на рис. 4-г.

ВЫВОДЫ

Практика свидетельствует о чрезмерной уязвимости поверхностного слоя бетона и арматуры к атмосферным и температурным воздействиям. Чтобы повреждения, полученные железобетонными конструкциями на этапе незавершенного строительства, не стали на стадии эксплуатации причиной снижения их конструкционной безопасности, необходимо своевременно и правильно

принимать решения о приостановке строительства и консервации объекта [14]. Это в дальнейшем будет способствовать экономии расходов на восстановление и усиление строительных конструкций, на продолжение строительства здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тамразян А.Г. К задачам мониторинга риска зданий и сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2013, № 3 (170). С. 19...21.
2. Малахова А.Н. Причины и механизм эксплуатационных повреждений железобетонных балконных плит жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, №7. С. 69...73.
3. Байдин О.В. К вопросу об образовании трещин в железобетоне, подверженном коррозии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012, №4. С.20...24.
4. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – В 2-х частях. – Ч1. Оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / Под ред. Бедова А.И. – М.: АСВ, 2014.
5. Тамразян А.Г. Динамическая устойчивость сжатого железобетонного элемента как вязкоупругого стержня // Вестник МГСУ. – 2011, № 1-2. С.193...196.
6. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг // Вестник МГСУ. – 2013, № 11. С. 84...90.
7. Писарев С.В., Астахов Н.Н. Оценка технического состояния конструкций зданий при типовых нарушениях технологии строительства // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2014, № 12. С. 142...148.
8. Tamrazyan A. Reduce The Impact of Dynamic Strength of Concrete Under Fire Conditions on Bearing Capacity of Reinforced Concrete Columns // Applied Mechanics and Materials. – V. 475-476, 2014. P.1563...1566.
9. Головин Н.Г., Бедов А.И., Силаитьев А.С., Воронов А.А. Стесненная усадка бетона как фактор развития дефектов в монолитных перекрытиях многоэтажных зданиях // Промышленное и гражданское строительство. – 2015, №1. С. 46...50.
10. Тамразян А.Г., Орлова М.А. К остаточной несущей способности железобетонных балок с трещинами // Жилищное строительство. – 2015, № 6. С.32...34.
11. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

12. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
13. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.
14. Тамразян А.Г. К задачам мониторинга риска зданий и сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в. – 2013, № 3 (170). С. 19...21.

REFERENCES

1. Tamrazyan A.G. K zadacham monitoringa riska zdaniy i sooruzhenij // Stroitelnye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka. – 2013, № 3 (170). S.19...21.
2. Malahova A.N. Prichiny i mehanizm ekspluatatsionnyh povrezhdenij zhelezobetonnyh balkonnnyh plit zhilyh zdaniy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2016, №7. S. 69...73.
3. Bajdin O.V. K voprosu ob obrazovanii treshin v zhelezobetone, podverzhenom korrozii // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. – 2012, №4. S.20...24.
4. Ocenka tehniceskogo sostoyaniya, vosstanovlenie i usilenie osnovanij i stroitelnyh konstrukcij ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij. – V 2-h chastyah. – Ch1. Ocenka tehniceskogo sostoyaniya osnovanij i stroitelnyh konstrukcij ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij / Pod red. Bedova A.I. – M.: ASV, 2014.
5. Tamrazyan A.G. Dinamicheskaya ustojchivost szhatogo zhelezobetonного элемента как vyazkouprugogo sterzhnya // Vestnik MGSU. – 2011, № 1-2. S.193...196.
6. Tamrazyan A.G., Filimonova E.A. Racionalnoe raspredelenie zhestkosti plit po vysote zdaniya s uchetom raboty perekrytiya na sdvig // Vestnik MGSU. – 2013, № 11. S. 84...90.
7. Pisarev S.V., Astahov N.N. Ocenka tehniceskogo sostoyaniya konstrukcij zdaniy pri tipovyh narusheniyah tehnologii stroitelstva // Prioritetnye nauchnye napravleniya: ot teorii k praktike. – 2014, №12. S. 142...148.
8. Tamrazyan A. Reduce The Impact of Dynamic Strength of Concrete Under Fire Conditions on Bearing Capacity of Reinforced Concrete Columns // Applied Mechanics and Materials. – V. 475-476, 2014. P.1563...1566.
9. Golovin N.G., Bedov A.I., Silantev A.S., Voronov A.A. Stesnennaya usadka betona kak faktor razvitiya defektov v monolitnyh perekrytiyah mnogoetazhnyh zdaniyah // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2015, №1. S. 46...50.
10. Tamrazyan A.G., Orlova M.A. K ostatochnoj nesushей sposobnosti zhelezobetonnyh balok s treshinami // Zhilishnoe stroitelstvo. – 2015, № 6. S.32...34.
11. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNIIP 52-01-2003.
12. GOST 27751–2014. Nadezhnost stroitelnyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozheniya.
13. SP 70.13330.2012. Nesushie i ograzhdayushie konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNIIP 3.03.01-87.
14. Tamrazyan A.G. K zadacham monitoringa riska zdaniy i sooruzhenij // Stroitelnye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI v. – 2013, № 3 (170). S. 19...21.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций НИМГСУ. Поступила 06.04.18.