

Оценка технического состояния железобетонных плит перекрытий эксплуатируемых панельных жилых домов первых индустриальных серий

УДК 624.1

Желнинский Владимир Александрович

Старший преподаватель кафедры «Жилищно-коммунального комплекса», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);
e-mail: ZhelninskiyVA@mgsu.ru

Король Светлана Юрьевна

Магистрант кафедры «Жилищно-коммунального комплекса», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);

Аннотация. Опыт многолетней эксплуатации крупнопанельных зданий в различных регионах нашей страны выявил ряд существенных проблем. Они связаны, как непосредственно с самими конструктивными особенностями зданий первого индустриального периода, так и с качеством их изготовления, а именно отклонениями от проектных решений конструктивных элементов в процессе изготовления. Они не повлияли в целом на безопасную эксплуатацию зданий, но оказали влияние на эксплуатационные качества этих конструкций. К их числу относятся плиты перекрытий для жилых крупнопанельных зданий, опирающиеся по двум сторонам по балочной схеме, которые в процессе изготовления получили отклонение толщины защитного слоя арматуры от проектных значений в сторону увеличения. Это, в свою очередь, в процессе эксплуатации привело к увеличению прогибов плит перекрытий, в ряде случаев больше нормативных. Современные исследова-

ния выявили эффективность применения альтернативных решений - трехслойных конструкций перекрытий, которые обеспечивают повышенные эксплуатационные характеристики панельных зданий.

Ключевые слова: эксплуатируемые жилые здания, крупнопанельное домостроение, плиты перекрытий, прогибы и деформации

Введение

С целью обеспечения безопасной эксплуатации, комфортных условий проживания, а также постоянного совершенствования конструктивных решений периодически проводятся обследования конструктивных элементов эксплуатируемых зданий.

Развитие индустриального крупнопанельного домостроения, начиная с 50-х годов прошлого столетия,

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS IN OPERATING PANEL RESIDENTIAL BUILDINGS OF THE FIRST INDUSTRIAL SERIES

Zhelninsky Vladimir Alexandrovich

Senior lecturer of the Department of Housing and Communal Complex; National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia
e-mail: ZhelninskiyVA@mgsu.ru

Korol Svetlana Yurievna

Undergraduate of the Department of Housing and Communal Complex; National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

Abstract: The experience of many years of operation of large-panel buildings in various regions of our country has revealed a number of significant problems. They are connected both directly with the very

design features of the buildings of the first industrial period, and with the quality of their manufacture, namely, deviations from the design solutions of structural elements in the manufacturing process. They did not affect the overall safe operation of buildings, but they did affect the performance of these structures. These include floor slabs for residential large-panel buildings, supported on two sides by a beam scheme, which, during the manufacturing process, received a deviation in the thickness of the protective layer of reinforcement from the design values in the direction of increase. This, in turn, during operation led to an increase in the deflection of floor slabs, in some cases more than the normative ones. Modern research has revealed the effectiveness of the use of alternative solutions - three-layer floor structures, which provide increased performance characteristics of panel buildings.

Keywords: operated residential buildings, large-panel housing construction, floor slabs, deflections and deformations

в настоящее время определило наличие эксплуатируемого жилого фонда, который нуждается в оценке технического состояния для принятия решения о возможности пролонгации его эксплуатации или признанию аварийного, подлежащего сносу. Если в Москве принята и реализуется программа широко-масштабной реновации, то в других регионах России необходимо обеспечить безопасную эксплуатацию крупнопанельных жилых зданий.

Серия крупнопанельных жилых домов I-335 с несущими продольными стенам и числом секций в исходной модификации — 3, 4, 5, 6, 8 и 10 относится к наиболее часто встречающейся в различных регионах России. Первый дом этой серии был построен в Ангарске в конце января 1959 года. В 2019 году этот дом был признан аварийным и расселён, а в 2020 году запланирован к экспериментальному сносу, который позволил узнать, насколько каркас дома потерял жёсткость, определить степень износа, выяснить остаточный ресурс и сделать выводы в отношении других зданий указанной серии.

В Москве дома 335 серии в квартальной застройке малочисленны. Наибольшее количество домов этой серии было построено в Санкт-Петербурге - 289 зданий, в Омске эксплуатируется 170 домов серии I-335ПК с неполным каркасом. Построены жилые дома этой серии в Калуге, Туле, Архангельске, Астрахани и др. городах с использованием региональных модификаций. Эта серия является самой массовой серией жилых домов в регионах юга Западной Сибири и в Казахстане.

Одой из актуальных задач, направленных на снижение массы зданий в целом, является разработка облегченных перекрытий. Применение слоистых железобетонных перекрытий из разномодульных бетонов является перспективным направлением совершенствования конструктивных элементов зданий с целью снижения их массы и нагрузки на основание и фундамент здания.

С появлением бетонов нового поколения, получаемых, в том числе, из самоуплотняющийся бетонных смесей разрабатываются новые конструктивные решения и технологии их применения, такие как создание многослойных конструкций, в которых максимально используются преимущества материалов каждого слоя, используемого по заданному назначению [1, 2].

Использование легких бетонов на пористых заполнителях дает возможность создавать эффективные конструкции, их преимущество в сравнительно

малом весе открывает широкие возможности в области совершенствования несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений. Внедрение исследований легких бетонов активно используется в современном строительстве [3, 4, 5]. В ряде научных работ обобщен опыт экспериментальных и теоретических исследований, проектирования, областей перспективного применения и определены основные направления совершенствования железобетонных конструкций, поперечное сечение которых состоит из бетонов различной плотности, прочности и деформативных характеристик [6, 7, 8].

Применение новых разновидностей бетонов в многослойных плитных конструкциях требует целенаправленного исследования их силового сопротивления с учетом особенностей работы контактного слоя [9, 10, 11, 12]

Применение слоистых железобетонных плитных конструкций позволяет снизить вес перекрытий по сравнению с традиционными однослойными из тяжелого бетона за счет использования в среднем слое бетонов, плотность которых меньше, чем наружных слоев, с достаточной прочностью сцепления слоев, обеспечивающих их монолитную работу [3, 13, 14, 15].

Материалы и методы

Натурные исследования проводились в эксплуатируемых крупнопанельных зданиях типовой серии для железобетонных сплошных плит перекрытий размерами 317х565 см высотой 11 см. Плиты изготавливались из тяжелого бетона проектной марки М300 и армировались рабочей арматурой диаметром 10 мм. Толщина защитного слоя бетона до рабочей арматуры по проекту составила 10 мм. Шаг рабочей арматуры по проекту — 175 мм.

В рабочем состоянии в здании согласно проекту плиты опираются по балочной схеме по двум длинным сторонам. Одна из коротких сторон приваривается к наружной стене при помощи закладных деталей, а вторая — заводилась за внутриквартирную перегородку из гипсобетона.

Для заданных размеров плит при соответствующей балочной схеме опирания по двум длинным сторонам нормативное значение прогиба составляет 16мм (1/200 длины пролета). Значения измеренных максимальных прогибов плит в среднем сечении имели существенный разброс - от 5 до 30 мм или достигали 1/100 пролета. В отдельных случаях прогиб

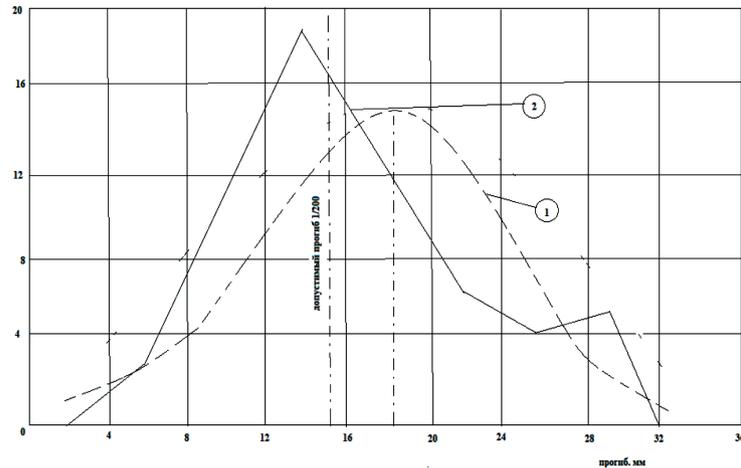


Рис. 1. Прогибы плит перекрытий при нормальном распределении и экспериментальных замерах

достигал максимума у наружной стены. Среднеарифметическая величина замеренных прогибов плит в эксплуатируемых домах составила 17,3 мм при среднем квадратичном отклонении 6,3 мм. Кроме того, наблюдалось образование трещин в большинстве (до 45%) обследованных плит перекрытий.

Экспериментальные значения распределения прогибов (рис. 1) выявили, что большая их часть не превышает вершины нормального распределения. Однако вершина экспериментальной кривой находится выше. При прогибах до 25 мм кривая экспериментального распределения повторяет очертания и приближена к нормальной. Это свидетельствует о

естественном разбросе значений прогибов в этих пределах.

Вместе с тем, экспериментальная кривая имеет вторую вершину вследствие образования больших прогибов плит. Фактическая форма изгиба плит отличается от расчетной, соответствующей балочной работе плит, поскольку по проекту одна короткая сторона плиты, заведенная на гипсобетонную перегородку, частично опирается на нее (рис. 2). Вторая короткая сторона плиты, приваренная к панелям наружной стороны, работает на изгиб, но пролет ее уменьшен (от 312 до 282 см, что соответствует расстоянию между закладными деталями. Кроме того,

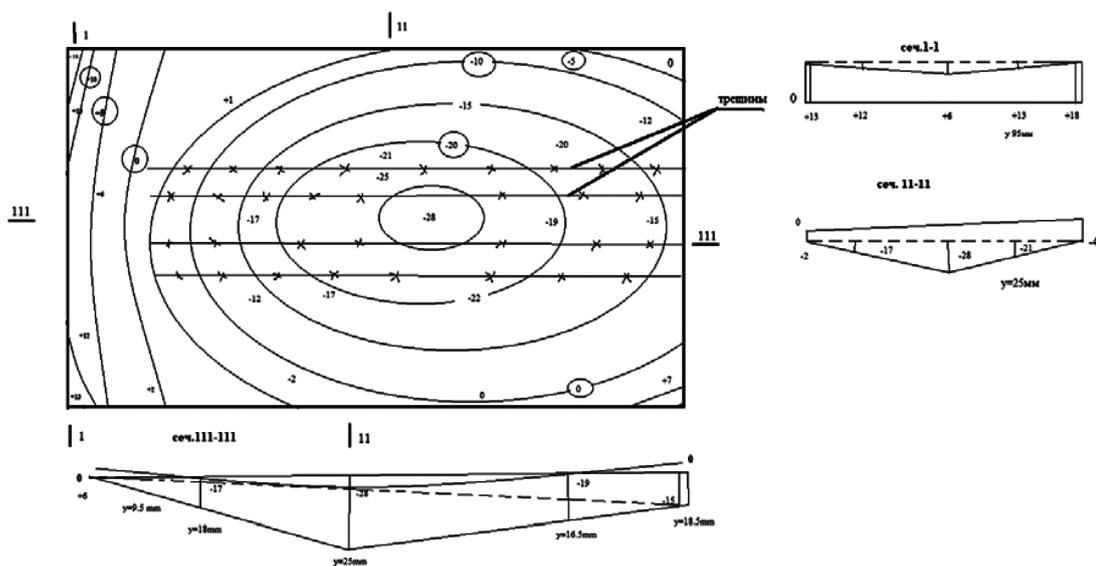


Рис. 2. Деформации и трещины на потолочной поверхности плиты перекрытия

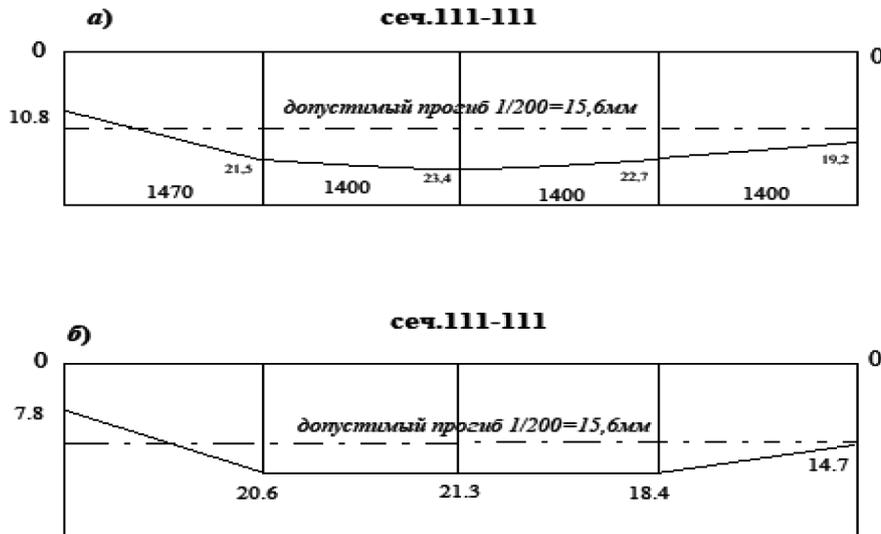


Рис. 3. Линия изгиба плит перекрытия с трещинами при нормальном (а) и экспериментальном (б) распределении прогибов

на часть плиты перекрытия, примыкающей к наружной стене с окном и балконной дверью, приходится меньше полезной нагрузки из-за отсутствия в этой зоне мебели.

Значительное искажение формы изгиба плит обусловлено также перепадом монтажного основания, что привело к подъему или опусканию одной из сторон плиты и ее общему перекосу. Фактический перепад точек основания плит доходил до 60 мм при нормативном значении перепада монтажного горизонта не более 20 мм.

Форма изгиба поверхности плит перекрытий, определенная по пяти поперечным сечениям, соответствует балочной работе с максимальным прогибом в середине плиты (рис. 3). Исключение составляет сечение плиты в характерном месте опирания ее на гипсобетонную межкомнатную перегородку.

Кроме того, в ряде случаев, в плитах имели место поперечные трещины. В квартирах, где был произведен ремонт, эти трещины были скрыты отделочным слоем. Раскрытие имеющихся трещин не превышало допустимых размеров, и арматура была надежно защищена от коррозии защитным слоем.

Измерения толщины защитного слоя бетона до рабочей арматуры плит перекрытий показали, что для обследованных плит эта величина имеет существенные отклонения от проектной в пределах даже одной плиты. Значения толщины защитного слоя различались более, чем в 4 раза, колебались от 10 до

45 мм при проектном значении 10 мм. Среднеарифметическое значение толщины защитного слоя бетона плит перекрытий составляло 23,5 мм.

Увеличение толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры плит приводит как к снижению их несущей способности, так и уменьшению жесткости. По расчету увеличение толщины защитного слоя бетона рассматриваемых плит с 10 до 35 мм приводит к снижению несущей способности плит более, чем на 20%. Количество уложенной рабочей арматуры и марка бетона по прочности на сжатие, как показало обследование, соответствует проекту. При этом прочность плит обеспечивалась за счет того, что в расчете заложены коэффициенты безопасности, обеспечивающие надежную работу плитных конструкций.

Увеличение толщины защитного слоя бетона плит повлияло также на величину длительного прогиба. По расчету, увеличение толщины защитного слоя до 30 мм приводит к двукратному увеличению прогиба. При повторном нагружении равномерно распределенной нагрузкой плиты перекрытия, имевшей после снятия эксплуатационной нагрузки, остаточный прогиб 20 мм, прогибы ее были практически в 2,5 раз больше расчетных. Такие отклонения могли быть вызваны также отклонениями фактического модуля упругости бетона от проектного.

Толщина защитного слоя бетона в плитах перекрытий оказывает существенное влияние на прогиб

плитных конструкций. Как показали обследования, отклонения от проектных размеров и увеличение толщины защитного слоя бетона может приводить к четырехкратному увеличению прогиба плиты в центре пролета и, как следствие, к нарушению эксплуатационных требований. Правильность выбранных предпосылок расчета подтверждено тем, что расчетные значения прогибов соответствуют полученным данным при обследовании плит перекрытий в эксплуатируемых крупнопанельных зданиях.

Заключение

Безусловное соблюдение требований норм и правил проектирования несущих железобетонных конструкций, в первую очередь, обеспечивает их безопасность для проживания и обеспечения всех процессов жизнедеятельности. Образование трещин и

деформации определяют в большей степени эксплуатационные характеристики, которые нормами проектирования относятся ко второй группе предельных состояний или к обеспечению эксплуатационной пригодности.

Железобетонные плиты перекрытий высотой 1/30 пролета в крупнопанельных зданиях являются сравнительно тонкими конструктивными элементами. Неудовлетворение требований по жесткости плит перекрытий приводит к появлению сверхнормативных прогибов, а также трещин по площади потолка.

Одним из перспективных решений по совершенствованию панелей перекрытий является проектирование их трехслойными с использованием легких бетонов низкой средней плотности и прочности в среднем слое, что позволяет снизить массу конструкции в целом и обеспечить их повышенную жесткость и трещиностойкость.

Литература

1. Беляев, А.В. К расчету трехслойных железобетонных плит перекрытий / А.В. Беляев // Инженерный вестник Дона. - 2015. - №1, ч.2. - С. 1-7.
2. Беляев, А.В. О сцеплении конструкционного керамзитобетона и тяжелого бетона в монолитных слоистых перекрытиях / А.В. Беляев, Г.В. Несветаев // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». - 2016. - Том 8, №4. - С. 1-9.
3. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета М: АСВ, 2001 – 248с.
4. Король Е.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А. Влияние технологических факторов на формирование связи слоев многослойных ограждающих конструкций // Вестник МГСУ 2014.
5. Тхо В. Д., Лам.Т. В., Король Е. А., Булгаков Б. И., Александрова О. В., Ларсен О.А. Теплоизоляционные свойства эффективных легких бетонов для покрытий зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. Т. 5. С. 36-44.
6. Ву Динь Тхо, Король Е.А. Влияние контактных слоев на трещиностойкость изгибаемых трехслойных конструкций // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15 (7). С. 988–998.
7. Vu Dinh Tho, Tang Van Lam, Vu Kim Dien, B.I. Bulgakov, E.A. Korol. Properties and thermal insulation performance of lightweight concrete. Magazine of Civil Engineering. 2018. 84(8). Pp. 173–191. doi: 10.18720/MCE.84.17.
8. Tho, V.D., Korol, E.A., Vatin, N.I., Duc, H.M. The Stress–Strain State of Three-Layer Precast Flexural Concrete Enclosure Structures with the Contact Interlayers. Buildings 2021, 11, 88. <https://doi.org/10.3390/buildings11030088>.
9. Elena Korol, Vu Dinh Tho and Yuliya Kustikova. Model of stressed-strained state of multi-layered reinforced concrete structure with the use of composite reinforcement, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 052033 doi:10.1088/1757-899X/365/5/052033.
10. Elena Korol, Vu Dinh Tho and Nguyen Huy Hoang. Analysis the effects of lightweight concrete in the middle layer of multi-layered reinforced concrete structures on the stress-strain state using the finite element method, MATEC Web of Conferences 196, 02022 (2018) doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819602022>.
11. Dinh Tho, V., Korol, E., & Huy Hoang, N. (2018). Analysis of the effectiveness of thermal insulation of a multi-layer reinforced concrete slab using layer of concrete with low thermal conductivity under the climatic conditions of Vietnam. MATEC Web of Conferences, 251, 04026. doi:10.1051/mateconf/201825104026.
12. Elena Korol, Vu Dinh Tho. Influence of Geometrical Parameters of the Cross Section, Strength and Deformability of the Materials Used on Stress-strain State of Threelayered Reinforced Concrete, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 661, 012121 (2019), IOP Publishing doi: <https://10.1088/1757-899X/661/1/012121>.
13. Elena Korol, Vu Dinh Tho, Yuliya Kustikova and Nguyen Huy Hoang «Finite element analysis of three-layer concrete beam with composite reinforcement», MATEC Web of Conferences 97, 02023 (2019) doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702023>.
14. Korol, E. A., & Tho, V. D. (2020). Bond strength between concrete layers of three-layer concrete structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 775, 012115. doi:10.1088/1757-899x/775/1/012115.
15. Korol, E. A., & Vu Dinh Tho. (2021). Geometric and physio-mechanical characteristics of the contact layer area of multilayer reinforced concrete structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1015 (2021) 012034. doi:10.1088/1757-899X/1015/1/012034.