

УДК 624.014.059.22

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ШАТРОВЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ***Риблов В.В.**Луганский национальный аграрный университет, Луганск, Украина*

**Введение. Постановка проблемы.** Деформирование железобетонных пластинчатых элементов издавна привлекало внимание исследователей, поскольку они имеют широкое распространение. Это, в первую очередь, плоские элементы перекрытий. Методики расчета, рекомендуемые действующими нормативными документами, не всегда дают возможность правильно оценить деформативность конструкций, поскольку в их основу положены предпосылки об упругой или об упруго-пластической работе материала в эксплуатационной стадии. Положение усугубляется еще и тем, что расчеты ведутся, как правило, с применением недеформированных схем.

Железобетонные шатровые плиты еще недавно были весьма распространенными элементами перекрытий строящихся жилых зданий. Экономичность в сочетании с индустриальностью изготовления и монтажа позволили применять шатровые плиты в крупнопанельном домостроении, в т.ч. и в Луганской обл., с 60-х годов прошлого века.

Опыт эксплуатации таких конструкций свидетельствует о повышенной деформативности плит. В связи с этим возникает необходимость в проведении работ по обследованию, оценке технического состояния и восстановлению их эксплуатационной пригодности. При этом необходимо решать вопросы, связанные с определением напряженно-деформированного состояния (НДС) и выполнением работ по продлению срока эксплуатации как отдельных конструкций, так и зданий в целом.

Работа отвечает актуальным направлениям научно-технической политики Украины в области оценки технического состояния строительных конструкций в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Украины №409 от 5 мая 1997 г. «Об обеспечении надежности и безопасной эксплуатации зданий, сооружений и инженерных сетей».

**Анализ последних достижений и публикаций.** Анализ последних достижений и публикаций (решению проблем продления срока эксплуатации конструкций посвящены регулярно проводимые конференции как в стране, так и за рубежом) свидетельствует о необходимости продолжения исследований, направленных на решение важной народно-хозяйственной задачи – продления срока эксплуатации шатровых плит перекрытий [1–4 и др.]. Решение этой задачи возможно различными методами. При этом учет упругопластических свойств материалов и изменения условий закрепления при расчетах производится не всегда адекватно, что не дает возможности сделать правильные выводы о возможности продления эксплуатации таких конструкций.

**Целью работы** является оценка технического состояния шатровых плит и обоснование возможности их дальнейшей эксплуатации.

**Основная часть.** Ниже приводятся основные результаты обследования шатровых плит перекрытий в жилом доме № 13 по проспекту Metallurgov в

городе Алчевске [1]. Необходимость в проведении обследования была вызвана наличием дефектов и повреждений, исключающих возможность дальнейшей безопасной эксплуатации. К числу таких повреждений относятся прогибы полог и ребер плит, превышающие допустимые, а также наличие трещин, ширина раскрытия которых выше допустимых пределов. Жилой дом построен по типовому проекту 1-480А из конструкций, изготовленных на Коммунарском заводе крупнопанельного домостроения. В эксплуатацию жилой дом введен в 1978 году. При этом сверхнормативные прогибы полог отдельных шатровых плит перекрытий были зафиксированы практически с момента ввода здания в эксплуатацию.

Полученные в ходе проведения работ данные позволили провести анализ состояния плит перекрытий и классифицировать их по степени поврежденности на предмет очередности их ремонта:

Состояние плит оценивалось по таким параметрам:

удовлетворительным признано состояние плит, у которых прогибы ребер и полог не превышали предельной величины, равной 38 мм. Трещины и другие видимые повреждения были незначительны;

непригодным к эксплуатации признавалось состояние плит, у которых прогибы ребер не превышали предельной величины, а прогибы полог находились в пределах 39–57 мм. Трещины и другие видимые повреждения незначительны (ширина раскрытия трещин не более 0,4 мм);

аварийным признано состояние плит, у которых прогибы ребер превысили 38 мм и (или) прогибы полог – 57 мм. В конструкциях имелись характерные трещины: на опорах участков ребер наклонные; в средней части ребер – нормальные; в полках – от углов к центру (по "конверту"). Ширина раскрытия трещин более 0,4 мм.

При определении степени поврежденности учитывались требования, изложенные в нормативных документах [2, 3, 4].

Из 208 обследованных плит в удовлетворительном состоянии были 106, в непригодном к эксплуатации – 59 и в аварийном – 43 конструкции.

Для оценки технического состояния и обоснования возможности дальнейшей эксплуатации шатровых плит на основе МКЭ разработана методика определения НДС с учетом неупругих свойств железобетона. Для проверки основных положений разработанной методики использованы полученные в ходе проведенных обследований данные. Наличие данных о прочностных характеристиках материалов и реальном армировании позволило получить и применить зависимость «момент–кривизна». При этом использовано допущение, что изменение модуля упругости материала в каждом направлении в зависимости от величины действующих усилий происходит независимо друг от друга.

Моделирование шатровой плиты производилось плоскими КЭ (полка) и стержневыми КЭ (ребра). Повышенная деформативность полог и ребер плит моделировалась введением коэффициентов уменьшения модуля упругости железобетона. Эти коэффициенты в зависимости от действующих усилий определялись по ранее установленным зависимостям «момент–кривизна».

Коэффициенты уменьшения модуля упругости для слабоармированных элементов носят резко убывающий характер, находятся в пределах 0,01–0,08 и практически не зависят от характеристики ползучести. В практических расчетах влияние временного фактора можно не учитывать.

Аналитическое определение усилий в элементах шатровых плит выполнялось МКЭ. Учет физической нелинейности работы железобетона производился путем пошагового изменения модуля упругости. Деформированная схема плиты приведена на рис. 1.

В ходе проведенных расчетов отмечено существенное влияние уменьшения жесткостных характеристик элементов расчетной схемы на деформативность пластинчато–стержневой системы. Отмеченное обстоятельство свидетельствует о необходимости учета уменьшения жесткостных характеристик материалов, особенно для слабоармированных конструкций, находящихся в эксплуатации продолжительное время.

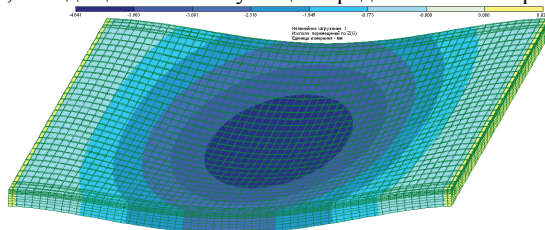


Рис. 1. Деформации плиты вдоль оси OZ при силовом нагружении

Применение МКЭ позволяет решить не только задачу оценки НДС, но и спрогнозировать его изменение в процессе усиления конструкций. Для этой цели были введены дополнительные элементы в расчетную схему, чтобы сделать выводы о целесообразности усиления. Последовательно изменяя положение элементов усиления в расчетной схеме можно добиться оптимального с позиций расхода материалов и технологии ведения работ варианта.

Следует отметить, что применение известных вычислительных комплексов с ручной корректировкой модуля упругости для решения указанной задачи может рассматриваться как первое приближение. В дальнейшем предполагается провести исследования НДС шатровых плит с использованием разработанных зависимостей «момент–кривизна» другими методами строительной механики, например, методом конечных разностей. Применение этого или аналогичных численных методов исследований (методики расчета стержневых элементов с учетом изменяющейся жесткости сечений приведены в работах [5, 6 и др.]), позволит получить замкнутую систему алгебраических уравнений, решение которой в перемещениях позволит установить НДС и сделать вывод о резервах конструкции и возможности дальнейшей эксплуатации.

Несмотря на кажущуюся простоту решения задачи, окончательное ее решение, т.е. ответ на вопрос о несущей способности плиты, остается открытым. В первую очередь это вызвано изменением геометрической схемы

конструкции – из плоской при допустимых прогибах она превращается в висячую. Разрушение висячей конструкции может носить другой характер – вследствие проскальзывания из-за нарушения анкеровки или разрыва арматуры возможно мгновенное обрушение плитной части конструкции. Поэтому окончательный ответ на вопрос о допустимой величине прогибов может дать только эксперимент.

### **Выводы**

1. Шатровые плиты широко использовались в качестве несущих элементов перекрытий при строительстве крупнопанельных домов массовых серий с 60-х годов прошлого века. За время эксплуатации во многих плитах появились дефекты и повреждения, параметры которых превышают установленные нормативными документами величины.

2. Основными причинами развития деформаций шатровых плит во времени являются нарушения технологии изготовления. Вследствие смещения арматуры от проектного положения в процессе бетонирования произошло резкое снижение жесткости плиты при эксплуатации, что способствовало развитию трещин и прогибов во времени.

3. Моделирование НДС шатровых плит возможно МКЭ. При этом следует добиваться, чтобы математическая модель была адекватна конструкции. Изменение жесткости плиты в зависимости от действующих усилий возможно путем корректировки модуля упругости материала плиты.

При моделировании следует учитывать изменение геометрической схемы конструкции и возможное превращение ее из плоской в висячую.

### **ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Риблов В.В. Результаты определения технического состояния шатровых плит перекрытий / В.В. Риблов // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна безпека: теорія і практика» / АПБ імені Героїв Чорнобиля. – Черкаси: АПБ імені Героїв Чорнобиля, 2012. – С. 296–299.
2. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
3. Методичні рекомендації з питань обстежень деяких частин будівель (споруд) та їх конструкцій / Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К.: Держбуд України, 1999. – 153 с.
4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. – Введено вперше (із скасуванням в Україні розділу 10 СНиП 2.01.07-85); Введ. 01.01.2007. – К.: Мінбуд України, 2006. – 10 с.
5. Голоднов А.И. Расчет конструкций с резко изменяющимися жесткостными характеристиками / А.И. Голоднов, О.С.Балашова // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2008. – Вип. 2. – С. 18–24.