

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА, АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

П. Н. Садчиков, Т. В. Золина

*Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

Важнейшим аспектом деятельности муниципальных и региональных органов исполнительной власти является формирование стратегии развития и восстановления строительного комплекса. Тактические же цели предусматривают формирование реестра объектов недвижимости, требующих капитального ремонта. Приоритет в данном случае отдается зданиям и сооружениям с высокой степенью накопленного физического износа, величину которого можно значительно снизить при ограниченном объеме финансовых вложений. В условиях отсутствия возможности глобальной модернизации экономики возрастает роль безопасной эксплуатации стареющих объектов, оценки их надежности и долговечности. Однако существующие методики оценки физического износа объектов недвижимости построены на использовании методов неразрушающего контроля, а потому не позволяют оценить скрытые дефекты и повреждения.

Подход, предложенный авторами статьи, кардинально отличается от ныне применяемых при проведении экспертизы. Он построен на оценке резерва прочности конструкций каркаса [1], определяемым разностью между их несущей способностью и наибольшим значением обобщенной нагрузки.

В качестве цели исследования, реализующего данный подход, выступает увеличение срока эксплуатации зданий и сооружений посредством проведения ремонтно-восстановительных работ на объектах строительного комплекса в расчетные периоды их эксплуатации. Для достижения поставленной цели авторами решены вопросы:

- разработки комплекса математических моделей по расчету зданий и сооружений на статические и динамические нагрузки;
- построения прогноза устойчивости здания к внешним и внутренним воздействиям по истечении конкретного срока эксплуатации объекта на основе выведенных регрессионных зависимостей;
- определения функций фиктивной нагрузки и работоспособности здания, учитывающих динамику изменения напряжений в отдельных конструктивных элементах каркаса, возникающих под воздействием совокупности факторов;
- формирования оценки остаточного ресурса работоспособного состояния конструкций промышленного здания, находящегося в эксплуатации, опираясь на систему коэффициентов надежности;
- создания программного комплекса, выступающего в качестве инструмента для автоматизации процессов расчета, анализа и прогнозирования изменений работоспособности конструкций здания и сроков дальнейшей безопасной его эксплуатации.

В ходе данного исследования разработан целый комплекс математических моделей, положенных в основу ряда методик и схем по организации сбора данных и проведению расчетов зданий при неизменных, случайных техногенных и экстремальных воздействиях. Нагрузки, которые испытывают конструкции каркаса, рассматриваются в различных вариантах сочетаний, что повышает достоверность получаемых результатов.

Данные воздействия могут носить как статический, так и динамический характер проявления. Кроме собственного веса конструкций, здание испытывает ряд нагрузок, обусловленных порывами ветра, снеговыми наносами, временными воздействиями на неэксплуатируемую кровлю и т. д.

При анализе результатов обследования промышленного объекта, оснащенного мостовыми кранами, кроме рассмотренных факторов, влияющих на работоспособность конструкций и продолжительность времени их безопасной эксплуатации, авторами статьи также учитывается влияние:

- работы боковых сил, возникающих при перемещении крана;
- динамического торможения крановой тележки;
- вертикального давления крана с грузом;

т. е. воздействий, носящих технологический характер [2].

Решение проблемы обеспечения надежности даст неверный результат, если оставить без внимания влияние экстремальных кратковременных воздействий, как на стадии проектирования, так и при эксплуатации здания [3]. Благодаря разработанной модели разложения колебательных процессов в виде тригонометрических рядов в зависимости от уровня интенсивности землетрясения становится реальным построение спектров входа и выхода сейсмоактивной волны на несущих частотах.

Авторами статьи рассмотрены общие вопросы методологии по оценке степени риска дальнейшей эксплуатации промышленного здания, а также формализована методика расчета изменений в работе конструкций каркаса объекта, подверженного сейсмическим воздействиям. Предложенный автором алгоритм позволяет оценить риск сейсмической уязвимости конструкций при реализации землетрясения заданной интенсивности. Проблемы же возникающие при реализации данного алгоритма вследствие сложности проведения вероятностных расчетов разрешаются посредством разработанной автоматизированной системы управления.

Предлагаемый программно-расчетный комплекс «DINCIB-new» полностью решает проблему, связанную с оценкой остаточного эксплуатационного ресурса здания или сооружения [4]. Комплекс дает точный расчет, что позволяет определить работоспособность здания и оценить возникновение возможных рисков при их эксплуатации.

Реализация ПК «DINCIB-new» позволяет пошагово решить проблемы по:

- оформлению больших объемов входной информации и анализу результатов на выходе из системы;
- проведению статических и динамических расчетов промышленного здания под действием крановых и сейсмических нагрузок при многократной реализации алгоритмов;
- накоплению статистической информации о поведении работы конструкций каркаса при варьировании параметров нагрузочных характеристик в заданном диапазоне в целях построения динамических образов системы;
- решению обратной задачи, позволяющему скорректировать матрицу жесткости в зависимости от изменения смещений в расчетных точках каркаса;
- построению прогноза о степени снижения работоспособности объекта в будущих периодах;
- оценке гамма-ресурса и остаточного срока службы по достижению предельно допустимого состояния технической системы;
- планированию текущих и капитальных ремонтов конструктивных элементов здания.

Решение вопросов по обеспечению надежности и долговечности зданий и их рационального проектирования при учете большого числа действующих внешних нагрузок, а также нагрузок техногенного характера, вызванных работой мостовых кранов, предполагает количественную оценку риска и его минимизацию.

Рассчитав значения показателей надежности и долговечности, согласно предложенным методикам, по всем зданиям, подвергнутым обследованию, становится возможным:

- формирование научно обоснованной программы проведения капитального ремонта, как на уровне управляющей кампании, так и на уровне субъекта Федерации;
- прогнозирование аварийных ситуаций на строительных объектах и своевременное принятие мер по их предотвращению;
- предоставление аналитической информации о причинах сложившейся на объекте аварийной обстановки.

Внедрение результатов исследования в практические аспекты деятельности предприятий ремонтно-строительного комплекса позволяет обеспечить безаварийную эксплуатацию зданий и экономию материальных ресурсов при их проектировании и реконструкции. Внедрение предлагаемых конструктивных мер в промышленных зданиях различного назначения позволяет получить: экономию материальных ресурсов порядка 10 %, увеличение периода межремонтной эксплуатации (на 20..30 %) при снижении стоимости ремонта, уменьшение затрат на диагностирование состояния несущих конструкций и рихтовку подкрановых путей за счет уменьшения деформаций в элементах каркаса.

В качестве потенциальных потребителей данного продукта выступают:

- проектные организации для проведения расчетов промышленных зданий, оборудованных мостовыми кранами;
- промышленные предприятия при реконструкции зданий с целью усиления несущих элементов для увеличения срока эксплуатации, а также при установке нового, более мощного, кранового оборудования;
- органы государственной экспертизы проектов;
- службы МЧС РФ для установления причин произошедших аварий.

Разработанные теоретические положения нашли подтверждения в многочисленных натурных испытаниях промышленных зданий с крановым оборудованием, и эффективно использовались при разработке рекомендаций по усилению конструкций обследуемых цехов, позволивших регламентировать режим эксплуатации зданий и оборудования, увеличив срок их безаварийной работы.

Научно-методические положения исследований внедрены в содержательную часть учебных программ, курсов лекций и практических занятий по дисциплинам направления «Строительство». Внедрение полученных результатов в процесс обучения значительно увеличивает скорость и качество усвоения теоретического материала, способствует развитию навыков ведения исследовательской работы.

Для подготовки специалистов и повышения их квалификации в области промышленного и гражданского строительства, экспертизы и управления недвижимостью используются следующие результаты исследования:

- концептуальная схема проведения исследования напряженно-деформированного состояния здания, отображающая последовательность действий исследователя для получения конечного результата;
- методика пространственного расчета промышленного здания на статические и динамические нагрузки, учитывая как неизменный, так и случайный характер воздействий;
- алгоритм решения обратной задачи, позволяющий по известным изменениям смещений в расчетных точках каркаса скорректировать матрицу жесткости здания;
- методика оценки остаточного ресурса промышленного здания, оснащенного мостовыми кранами, включающая поиск значений условного, внешнего и полного сейсмического риска в зависимости от срока эксплуатации здания при заданном уровне значимости;
- математическая модель оценки сейсмоустойчивости промышленного здания, построенная на вероятностном подходе к величине и направленности действия крановых и сейсмических нагрузок;
- автоматизированная система «DINCIB-new», предоставляющая удобный интерфейс для организации и проведения всех вышеуказанных расчетов, используя аппаратные средства ЭВМ.

Разработанный комплекс моделей поэтапного достижения целей, поставленных перед исследованием, представляется в виде инструментария, в основе которого лежит вероятностный подход как наиболее соответствующий случайному характеру воздействий на эксплуатируемое здание или сооружение [5, 6]. Использование данного инструментария позволяет не только выполнить целый ряд расчетов по воздействию на объект различных сочетаний нагрузок и оценить при этом изменения в работе конструкций здания, но и спрогнозировать с высокой точностью сроки проведения необходимых технических ремонтов. Своевременное выполнение текущих ремонтов отдельных конструктивных элементов здания или сооружения позволит значительно отсрочить время проведения капитального ремонта, а следовательно, сэкономить значительные финансовые средства.

Основным достоинством результатов представленной работы является автоматизированная система, выступающая в качестве инструмента реализации намеченных целей и расширяющая круг пользователей предложенной концепции исследования. Предлагаемое программное средство позволяет автоматизировать расчет значений: условного и полного сейсмического риска, коэффициентов динамичности системы, суммарной дисперсии, эффективного периода, среднего числа выбросов за расчетный период, на основе вероятностных методик. Реализация вложенных алгоритмов позволяет получить результаты по каждому конкретному объекту и провести анализ работы здания под действием как статической, так и динамической нагрузки.

Список литературы

1. Тамразян, А. Г. Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности / А. Г. Тамразян // Вестник МГСУ. – 2012. – № 10. – С. 109–115.
2. Золина, Т. В. Расчет промышленных зданий на крановые нагрузки : учеб. пособие / Т. В. Золина. – Астрахань : АИСИ, 2004. – 156 с.
3. Пшеничкина, В. А. Надежность зданий как пространственных составных систем при сейсмических воздействиях / В. А. Пшеничкина, А. С. Белоусов, А. Н. Кулешова, А.А. Чураков. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2010.– 180 с.
4. Золина, Т. В. Автоматизированная система расчета промышленного здания на крановые и сейсмические нагрузки / Т. В. Золина, П. Н. Садчиков // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 8. – С. 14–16.
5. Лычев, А. С. Вероятностные методы расчета строительных элементов и систем / А. С. Лычев. – М. : Ассоциация строительных вузов, 1995. – 143 с.
6. Барштейн, М. Ф. Приложение вероятностных методов к расчету сооружений на сейсмические воздействия / М. Ф. Барштейн // Строительная механика и расчет сооружений. – 1960. – № 2. – С. 6–14.