

В связи с вышеизложенным, возникла необходимость разработки методики оценки и прогнозирования технического состояния ЖБК, основанной на изучении физико-химических процессов, происходящих в бетоне, и их влиянии на изменение защитных по отношению к арматуре свойств бетона. В основу методики положено использование методов рН- и карбометрии, поскольку показатель рН (водородный показатель поровой влаги цементного камня) является основной количественной характеристикой перерождения цементного камня в карбонаты под воздействием внешней среды и является универсальной характеристикой состояния бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре, а показатель КС характеризует процентное содержание карбонатов в бетоне и позволяет оценить их влияние на изменение показателя рН.

На основе анализа результатов обследования разных типов ЖБК, эксплуатировавшихся длительные сроки в различных воздушных условиях:

- выведены зависимости изменения во времени показателей КС и рН в защитном слое бетона. На их основе получены аналитические выражения, позволяющие прогнозировать изменение карбонатной составляющей и щелочности поровой жидкости во времени для различных условий эксплуатации;
- получены зависимости распределения показателей рН и КС по глубине железобетонных конструкций; определены количественные критерии для качественной оценки состояния ЖБК для различных условий эксплуатации (атмосферных и сельскохозяйственных помещений) по физико-химическим показателям рН и КС цементно-песчаной фракции бетона;
- получены зависимости, увязывающие толщину слоя бетона с $pH = 10$ (определенную фенолфталеиновой пробой) с толщиной слоя с $pH = 11,8$ (граничное значение зоны, в которой может развиваться коррозия по термодинамическим расчетам). Они позволяют, не разрушая конструкцию, в полевых условиях с высокой точностью оценивать состояние защитных свойств бетона в зоне расположения арматуры;
- разработан комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБК, включающий в себя методики:
- оценки состояния защитных свойств бетона по отношению к арматуре защитного слоя бетона, состояния стальной арматуры и технического состояния конструкции в целом;
- прогнозирования технического состояния как новых конструкций, так и длительно эксплуатируемых ЖБК;
- оценки состояния защитных свойств бетона по отношению к арматуре и состояния стальной арматуры по сечению ЖБК;
- оценки состояния защитных свойств бетона по отношению к арматуре ЖБК в полевых условиях.

Предлагаемый комплексный метод, позволяющий оценивать и прогнозировать техническое состояние ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, и, как следствие, их долговечность, является дополнительным неразрушающим методом обследования железобетонных конструкций, эксплуатирующихся длительные сроки в различных атмосферных условиях.

УДК 69.056.52/.53

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ СЕРИИ 1-464А

А. А. ВАСИЛЬЕВ, С. В. ДЗИРКО

Белорусский государственный университет транспорта

Современное жилое здание является сложной системой. Надежность системы в комплексе зависит от надежности составляющих ее элементов.

Значительная часть крупнопанельных жилых домов в Республике Беларусь построена в 60–70-е годы XX века по серии 1-464А. Их можно отнести ко II группе капитальности с нормативным сроком эксплуатации 125 лет. В качестве покрытия в этих домах применены комплексные плиты со вставленной крыши с внутренним отводом воды. Они представляют собой трехслойную конструкцию, состоящую из двух «ребристых» плит (потолочной и кровельной), совместная работа которых обеспечивается за счет стальных связей, выполненных из стержней $\varnothing 6$ АІ (S240). В качестве утеп-

лителя в них применяются минераловатные и фибролитовые плиты. Расчетное сопротивление теплопередаче плит составляет $R_0^{\text{по кр}} = 1,673 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, нормативная нагрузка – не более 430 кг/м^2 .

В результате многолетних обследований комплексных плит покрытия в г. Гомеле были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- многочисленные трещины по лицевой поверхности «потолочных» плит, различного характера, шириной раскрытия до 1 мм;
- прогибы плит (в отдельных комнатах прогиб достигал 30 мм);
- следы коррозии арматуры на лицевой поверхности «потолочных» плит;
- следы увлажнения и промерзание покрытия вследствие протечек кровли;

На участках вскрытия плит покрытия выявлены:

- пластинчатая коррозия стальных связей (на отдельных участках было зафиксировано полное разрушение стержней). Это привело к тому, что была нарушена совместная работа кровельной и потолочной плит. При проведении испытаний плит нагружением с приложением к ним нагрузки, приближающейся к разрушающей, прогиб «потолочной» плиты практически не определялся, что подтверждает разрушение стальных связей вследствие их коррозии;
- значительное уплотнение утеплителя (фибrolита), частичное его разрушение вследствие старения, а также процессов замораживания и оттаивания увлажненных участков;
- отсутствие утеплителя на отдельных участках.

Практически все выявленные дефекты и повреждения плит вызваны их увлажнением вследствие протечек кровли, что особенно проявляется при длительной эксплуатации. Для дальнейшей эксплуатации таких зданий с учетом современных теплотехнических требований необходимо выполнение теплореновации покрытий. Если на основании выполненных исследований принять расчетное остаточное сопротивление теплопередаче плит $R_{\text{т. тр. ос}} = 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ и в качестве дополнительного слоя утеплителя наиболее часто применяемое пеностекло, то для обеспечения требуемого $R_{\text{т. тр}} = 3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ толщина утеплителя составит $\approx 30 \text{ мм}$. С учетом стяжки, керамзитового слоя для разуклонки дополнительная расчетная нагрузка на плиты составит $\approx 60 \text{ кг/м}^2$. С учетом нагрузки от собственного веса плит, составляющей 260 кг/м^2 , и снеговой нагрузки, равной 112 кг/м^2 (г. Гомель), несущая способность плит (даже находящихся в удовлетворительном состоянии) недостаточна, что потребует их обязательного усиления. В свою очередь, усиление плит вызовет полную замену кровли. Стоимость усиления одной комплексной плиты (с учетом восстановления кровли) на сегодняшний день составляет ориентировочно 20 млн р. Таким образом, стоимость усиления плит покрытия, к примеру 120-квартирного дома, составит ≈ 2 млрд р. А стоимость капитального ремонта кровли в таком здании – 135 млн р.

С учетом того, что такие здания эксплуатируются уже порядка 40 лет и что продолжительность эксплуатации до капитального ремонта покрытий из рулонных материалов составляет 10 лет, до истечения нормативного срока службы здания капитальный ремонт кровли необходимо будет проводить не менее 8 раз. И это без учета дополнительных повреждений кровли и, как следствие, плит покрытия в результате протечек, которые никак нельзя исключать при столь длительном сроке эксплуатации.

Таким образом, для дальнейшей длительной безопасной эксплуатации здания необходимо усиление всех плит покрытия, а в процессе эксплуатации – тщательное содержание плит покрытия с многочисленными капитальными ремонтами кровли. Решением вопроса дальнейшей эксплуатации таких зданий может стать устройство скатных крыш. При таком варианте при доутеплении чердачного перекрытия дополнительная нагрузка на плиты составит не более 50 кг/м^2 , что с учетом отсутствия снеговой нагрузки позволит не усиливать плиты, находящиеся в удовлетворительном состоянии. Стоимость устройства скатной крыши для аналогичного 120-квартирного дома составляет ориентировочно 750 млн р. Продолжительность эксплуатации до капитального ремонта покрытий крыши из керамической черепицы составляет 60 лет. Таким образом, практически до истечения нормативного срока эксплуатации здания, капитального ремонта либо замены кровли не потребуется.

Скатные крыши позволяют эксплуатировать плиты покрытия в сухом состоянии, что значительно повысит не только их долговечность, но и долговечность здания в целом.

Приведенное выше показывает, что с учетом длительной эксплуатации зданий единовременные затраты на усиление плит покрытия и эксплуатационные расходы на содержание плоской кровли в несколько раз превысят единовременные затраты на устройство скатной крыши. При этом с учетом

конструктивных особенностей комплексных плит будет очень сложно обеспечить требуемую долговечность покрытия.

Следовательно, устройство скатных крыш на жилых домах серии 1-464А, на наш взгляд, является наиболее оптимальным вариантом, поскольку:

- обеспечит необходимую долговечность покрытия в течение нормативного срока эксплуатации здания;
- значительно улучшит условия проживания жителей верхних этажей, особенно в летнее время;
- экономически более выгодно по сравнению с плоской кровлей.

УДК 691.32.008.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА ПО РЕАКЦИИ НА УДАРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

А. П. КРЕНЬ, О. В. МАЦУЛЕВИЧ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

В настоящее время объемы неразрушающего контроля прочности бетонных и железобетонных конструкций значительно возросли. Неразрушающие методы используются как при производстве конструкций, так и при возведении, диагностике и мониторинге состояния зданий и сооружений, находящихся в длительной эксплуатации, оценке поврежденности после воздействия природных и техногенных факторов (пожаров, наводнений и др.). Применяемые для контроля прочности бетона неразрушающие методы можно разделить на две основные группы: ультразвуковые и механические. Последние в свою очередь делятся на упруго-деформационные методы и методы локального разрушения.

Развитием упруго-деформационных методов является метод динамического индентирования, разработанный в Институте прикладной физики НАН Беларуси. Основным отличием метода от известных аналогов является принцип получения первичной информации о контролируемом объекте. Он заключается в непрерывной регистрации процесса внедрения индентора в материал и последующей обработке полученного сигнала по специальным алгоритмам. В результате рассчитываются такие параметры ударного взаимодействия, как коэффициент восстановления скорости, динамическая твердость по Мейеру, длительность удара, глубина внедрения и контактное усилие. Большое количество регистрируемых параметров является значительным преимуществом метода по сравнению с существующими способами определения прочности бетона, главным недостатком которых является их малая информативность. Метод реализован в приборе ИПБ-М.

УДК 539.4.015.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТРИЦЫ КОМПОЗИТА И АРМАТУРЫ

Г. М. КУЗЁМКИНА, О. И. ЯКУБОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта

Постановка арматуры в матрицу композита увеличивает прочность и жесткость машиностроительных и строительных конструкций. Качество композитного материала в значительной степени зависит от свойств поверхностей сцепления его контактирующих фаз. В последние годы в мире большое внимание уделяется уточненным расчетам напряженно-деформированного состояния конструкций из композитных материалов. Среди программных комплексов, реализующих расчеты таких конструкций методом конечных элементов, наиболее известны ANSYS, NASTRAN, MARC.

Авторы исследований чаще всего моделируют арматуру тонкими стержнями, воспринимающими только продольные нагрузки. Это, во-первых, не позволяет достоверно оценить напряжения в