

ность приведения исходной многосвязной системы уравнений к отдельным дифференциальным уравнениям, дающим решение спектральным методом.

Линеаризация жестких свойств упругопластических элементов приводит к результатам, оценку погрешности которых в условиях нестационарного динамического воздействия оценить невозможно.

Предлагаемая авторами методика расчета зданий, снабженных упругопластическими элементами, основана на численном моделировании нестационарных процессов динамического взаимодействия нелинейно-связанных линейно-упругих подсистем, сформированных на основе дискретных аппроксимаций. При этом пластические и нелинейные свойства элементов сейсмоизоляции учитываются при помощи использования уравнений теории пластичности Мизеса–Генки.

В словесном описании предлагаемая методика состоит в следующем:

- с использованием известных методов осуществляется конечноэлементная дискретизация расчетной области;
- дискретная динамическая система разбивается на две линейные системы, нижнюю (НЛС) – расположенную ниже сейсмоизоляторов и верхнюю (ВЛС) – расположенную над ними;
- на основе суперэлементных преобразований жесткие свойства подсистем аппроксимируются в виде матриц жесткостей, разрешенных относительно узлов сосредоточения инерционных параметров, сформированных в процессе дискретизации;
- матрица жесткостей нижней подсистемы трансформируется путем определения и введения в нее жестких параметров от перемещений опорных узлов;
- на основе метода перемещений с использованием сформированных матриц жесткости составляются уравнения равновесия всей системы (НЛС + сейсмоизоляторы + ВЛС);
- определяются инерционные параметры присоединенного грунта и инерционные параметры, сосредоточенные в неопорных узлах системы;
- с использованием принципа Даламбера формируется система уравнений динамического равновесия дискретной модели, при этом состояние упругопластических элементов описывается в зависимости от величин взаимного перемещения опор упругопластических элементов на основе использования реологической модели Н. Н. Давиденкова;
- численно на каждом шаге интегрирования системы дифференциальных уравнений определяются перемещения узлов модели при функции воздействия, заданной в виде сейсмограммы землетрясения, определяется траектория перемещений опорных узлов ВЛС;
- из анализа полученной траектории по известным критериям определяется балльность сейсмического воздействия на ВЛС;
- на основе параметров полученной балльности спектральным методом выполняется динамический расчет ВЛС.

Методика реализована в виде программного комплекса «*PROXIMA*», позволяющего численно, не используя приближений линеаризации в упругопластических элементах, моделировать сейсмические и другие нестационарные динамические процессы в многоэтажных зданиях, оснащенных системами сейсмоизоляции, и осуществлять адекватную оценку эффективности мер сейсмоизоляции и сейсмобезопасности.

УДК 693.5

ВЛИЯНИЕ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА НА НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д. С. СТЕПАНЦОВ, А. М. ОВСЯНКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основную долю конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные конструкции (ЖБК) различных типов. В процессе эксплуатации под воздействием внешней среды, механических нагрузок, технологических процессов возникают различ-

ного рода повреждения железобетонных конструкций, т. е. происходят изменения свойств материалов и конструкций, снижающие их качество, несущую способность, долговечность и, как следствие, долговечность, надежность и безопасность зданий и сооружений в целом.

Одним из основных факторов, влияющих на долговечность ЖБК, является карбонизация бетона, которая представляет собой процесс взаимодействия углекислого газа воздуха с продуктами гидратации вяжущего. Этот процесс вызывает нейтрализацию бетона, т. е. потерю им защитных свойств по отношению к арматуре, что в соответствующих условиях способствует развитию процессов коррозии стальной арматуры различной интенсивности. А интенсивное коррозионное разрушение арматуры в свою очередь приводит к постепенной потере несущей способности конструкции и снижению безопасности зданий и сооружений. Эти факторы обуславливают необходимость изучения процессов карбонизации и создания на основе исследований изменений физико-химических характеристик бетона, происходящих при карбонизации бетона, способов и методов диагностики и прогнозирования технического состояния ЖБК.

В ходе многолетних исследований НИЛ «СКОиФ» имени д.т.н., профессора И. А. Кудрявцева, под руководством к.т.н., доцента А. А. Васильева было изучено распределение показателя КС (карбонатной составляющей – величины, характеризующей количественное содержание карбонатов в цементно-песчаной фракции бетона в массовых процентах в исследуемой пробе) для различных типов условий эксплуатации, классов бетона по прочности на сжатие, толщин защитного слоя бетона.

Многолетние исследования показывают, что основным параметром, определяющим скорость карбонизации являются условия эксплуатации, а развитие карбонизации во времени в целом подчиняется квадратичной параболической зависимости. В качестве основных рассматривались три типа условий эксплуатации: атмосферные, условия общественных зданий (промышленных зданий с неагрессивной средой), сельскохозяйственных помещений. В процессе исследований были получены уравнения для прогнозирования скорости карбонизации и созданы модели развития карбонизации для каждого из перечисленных типов условий эксплуатации.

Результаты определения показателя КС для различных классов бетона по прочности показывают, что степень карбонизации бетона по сечению ЖБК подчиняется сложной экспоненциальной зависимости. Она в поверхностных слоях бетона отличается для различных классов бетона по прочности и зависит от количества использованного цемента. В «низкомарочных» бетонах (классов по прочности $C^{12}/_{15}$, $C^{18}/_{22,5}$) она по абсолютным значениям КС ниже, чем в «высокомарочных», однако скорость деградации бетона в них выше.

На основании многолетних исследований были созданы модели развития карбонизации как во времени, так и по сечению бетонов различных классов по прочности для каждого из рассмотренных типов условий эксплуатации. Полученные модели показывают, что в отличие от общепринятой теории карбонизации (основывающейся на линейном развитии карбонизации с узкой зоной протекания реакции), карбонизация не развивается широким фронтом с жесткой границей, делящей бетон на карбонизированный и «здоровый», а продолжается все время эксплуатации конструкций и развивается с поверхностных слоев вглубь бетона конструкций по сложной экспоненциальной зависимости, а также доказывают зависимость показателя КС от условий и продолжительности эксплуатации ЖБК, класса бетона по прочности на сжатие, толщины защитного слоя бетона.

В качестве примера приведена модель развития карбонизации по сечению бетона во времени для бетона класса $C^{18}/_{22,5}$ для ЖБК, эксплуатирующихся в сельскохозяйственных помещениях в условиях повышенной карбонизации (рисунок 1).

Использование данной модели позволяет определить начальные показатели КС (к примеру для толщины защитного слоя бетона 15 мм – КС = 7,34 %, 20 мм – 5,90 %), спрогнозировать значение показателя КС через определенный период эксплуатации (например через 20 лет эксплуатации для заданных толщин защитного слоя: 15 мм – КС = 16,46 %, 20 мм – 13,32 %), а также оценить срок службы ЖБК до полной карбонизации бетона (соответственно 15 мм – 28 лет, 20 мм – 56 лет).

Полученные модели развития карбонизации позволяют:

- на стадии проектирования закладывать класс бетона по прочности на сжатие с учетом предполагаемых условий эксплуатации и требуемой долговечности;
- в зависимости от полученных на момент обследования значений карбонатной составляющей и толщины защитного слоя бетона, а также с учетом возраста конструкции оценить интенсивность кар-

бонизации и в зависимости от существующих (предполагаемых) условий эксплуатации подобрать выражение для прогнозирования скорости карбонизации, а также оценить остаточный срок службы конструкции до полной карбонизации бетона.

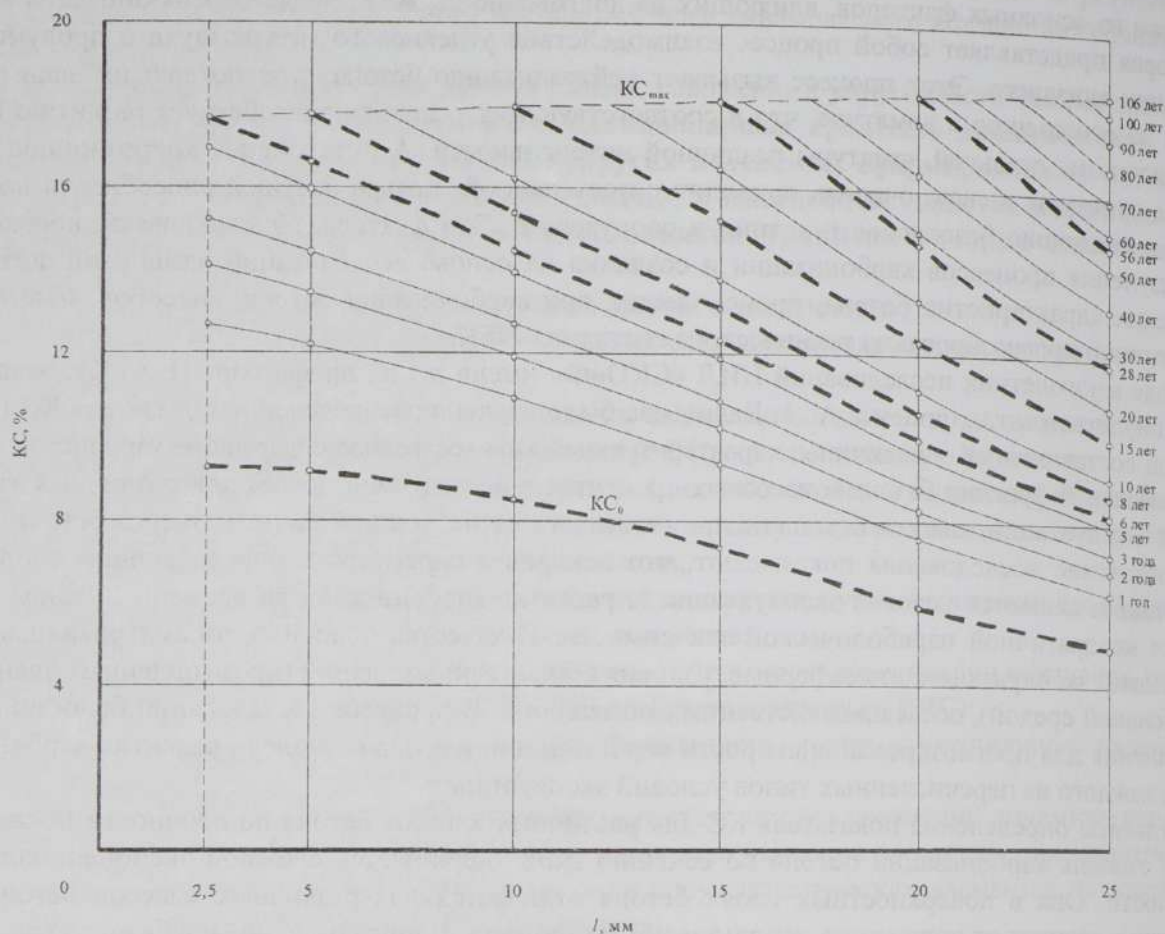


Рисунок 1 – Модель развития карбонизации бетона класса С18/22,5 для ЖБК, эксплуатирующихся в сельскохозяйственных помещениях в условиях повышенной карбонизации

УДК 624.01/.04(476.2)

НАРУШЕНИЯ ШПАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ВЫСОКОГО ПОДЪЕЗДНОГО ПУТИ ПРУП «БЕЛОРУССКИЙ ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД» И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

В. В. ТАЛЕЦКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Блоки повышенных эстакад на участках выгрузки угля и очистки вагонов Белорусского цементного завода выполнены и смонтированы по привязанному типовому проекту 709-9-126.93 «Открытый цех по переработке сыпучих навалочных грузов промышленных предприятий» альбом № 3 «Строительные изделия». Привязку к объекту выполнил институт «Минский Промтранспроект».

В соответствии с проектом рельсы железнодорожного пути Р65 крепятся к шпальным блокам через прокладку ПР1 и прокладку КБ-50. Прокладка ПР1 устанавливается непосредственно на шпальный блок, а прокладка КБ-50 приваривается к прокладке ПР1. Соединенные вместе прокладки крепятся к двум закладным деталям ЗД-1 шпального блока болтами М24×140. Основным элементом закладной детали является труба диаметром 28 мм с толщиной стенок 4 мм и длиной 250 мм.