

$$k_c \geq 1 + \frac{d_1 f_{sd}}{d_2 f_{cd}} (1 - k_s) + \frac{d_3 h_d}{d_2 f_{cd}} (1 - k_h) +$$

$$+ \beta_R \left( \sqrt{\left( \frac{d_1 f_{sd}}{d_2 f_{cd}} \right)^2 V_{fsa}^2 \cdot k_s^2 + V_{fca}^2 \cdot k_c^2 + \left( \frac{d_3 h_d}{d_2 f_{cd}} \right)^2 V_{ha}^2 \cdot k_h^2} - \right. \quad (11) [3]$$

$$\left. \sqrt{\left( \frac{d_1 f_{sd}}{d_2 f_{cd}} \right)^2 V_{fsd}^2 + V_{fcd}^2 + \left( \frac{d_3 h_d}{d_2 f_{cd}} \right)^2 V_{hd}^2} \right)$$

В рамках работы предполагается разработать метод статистических оценок, базирующийся на фактической изменчивости единичных показателей качества для отдельно взятого предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Перельмутер, А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А. В. Перельмутер. – М.: Изд-во строительных вузов, 2007. – 256 с.
- 2 Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций / пер. с нем. О. О. Андреева. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.: с ил.
- 3 Тур, В. В. О сертификационных испытаниях изделий из сборного железобетона / В. В. Тур, Д. М. Марковский // Республиканская строительная газета. – 2007. – № 34 (247) 14 сентября. – С. 4.
- 4 Сидоренко, М. В. Комплексный контроль несущей способности конструкций по единичным показателям качества / М. В. Сидоренко. – К., 1990. – С. 37–42.

УДК 624.01

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ХЛОРА, МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ✓

А. В. СТЕПАНОВА, В. В. ТАЛЕЦКИЙ, Д. Н. ШЕВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из распространенных моделей предельного состояния железобетонных конструкций (ввиду инициирования коррозии арматуры из-за воздействия хлора) является DuraCrete-модель. Она позволяет учитывать толщину защитного слоя бетона, коэффициент диффузии хлора, критическую концентрацию и поверхностное содержание хлора, время воздействия. Каждый из воздействующих факторов может быть еще более детализирован (например, коэффициент диффузии хлора в каждый момент времени определяется условиями изготовления, условиями окружающей среды, начальным коэффициентом диффузии хлора, временем измерения начального коэффициента диффузии, возрастом бетона).

Многие учитываемые факторы DuraCrete-модели являются стохастическими: в простейшем стационарном случае – случайными величинами с заданными законами распределения. При этом аналитическое решение прямой задачи определения вероятности ресурсного отказа и обратной задачи определения гамма-процентного ресурса железобетонных конструкций затруднено тем, что законы распределения воздействующих факторов подчиняются произвольным распределениям, а функции их влияния, как правило, нелинейные. Возможным способом решения поставленных задач является метод Монте-Карло. Основной проблемой этого метода является компьютерная реализация. Целью данного исследования является разработка специализированных программных средств автоматизации моделирования.

Предлагается программный комплекс «NeoMetro», который состоит из трех модулей. Первый отвечает за генерацию случайных величин. В нем реализованы подпрограммы генерации базовой случайной величины (подчиняющейся равномерному закону распределения на отрезке [0; 1]), а также подпрограммы моделирования основных типовых распределений случайных величин (нормального, бета, гамма, Вейбулла, треугольного, трапецеидального, Лапласа, арксинуса, Пуассона и др.), а также произвольного распределения, заданного гистограммой. В качестве алгоритмов генерации базовой случайной величины предлагается использовать линейный конгруэнтный метод, реализованный в системе программирования Delphi, а также «вихрь Мерсенна», имеющий лучшие статистические свойства (в сравнении с конгруэнтным методом) по критериям совпадения моментов и независимости элементов генерируемой числовой последовательности. Второй модуль – вычислительный – отвечает за функциональные преобразования с множеством влияющих случайных величин. Поскольку исследуемые модели могут включать сколь угодно сложные и разнообразные математические преобразования, то в качестве вычислительного модуля было решено использовать ядро символьных вычис-

лений пакета компьютерной математики Maple. Для взаимодействия программы «NeoMetro», написанной в среде программирования Delphi, с ядром Maple используется стандартная технология OpenMaple и дополнительная библиотека преобразования типов данных. Третий модуль занимается анализом результатов статистических испытаний: оценкой основных числовых характеристик, в том числе квантилей распределения случайных величин и вероятностей событий (что актуально для решения двух поставленных задач).

Первоначально программа «NeoMetro» формирует текстовую строку, соответствующую исследуемой модели – математическую функцию  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  множества аргументов, записанную на языке Maple. Для получения очередной реализации метода Монте-Карло разыгрывается случайный вектор  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Его значения передаются в ядро Maple с запросом на вычисление вещественной функции  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Процедура повторяется указанное число раз с последующим статистическим анализом результатов.

УДК 693.5

## ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО КЛАДОЧНЫХ РАБОТ – ОСНОВНОЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д. С. СТЕПАНЦОВ, А. М. СТЕПАНЦОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасность и надежность зданий и сооружений во многом определяется качеством строительных работ при их возведении. Кирпичные здания лидируют по части долговечности выполнения своих функций среди зданий со стенами из штучных стеновых материалов, применяемых в настоящее время. Кирпичная кладка позволяет эксплуатировать здания не один десяток лет без существенного ремонта, что особенно важно для обеспечения безопасности людей, находящихся в зданиях, и для надежности здания в целом.

Однако для того чтобы обеспечить надежность и долговечность кирпичной кладки при возведении стен, особое внимание следует уделять качеству выполняемых работ.

НИЛ «СКОиФ» им. д. т. н., профессора И. А. Кудрявцева ежегодно выполняет значительный объем работ по оценке технического состояния зданий и сооружений. В течение 2012 года было произведено обследование большого количества зданий со стенами, выполненными из штучных стеновых материалов. В числе этих зданий оказались три жилых дома, расположенные в трех разных городах Гомельской области (Калинковичах, Рогачеве и Наровле), однако имеющие много общего. Все эти обследованные здания пятиэтажные, бескаркасные, с поперечными несущими стенами, возведены в 1976 году. Наружные и внутренние стены зданий выполнены из кирпича керамического полнотелого, наружные стены с наружной стороны имеют облицовочный слой из кирпича силикатного. Толщина наружных стен составляет 510 мм (в том числе облицовочного слоя – 120 мм), внутренних – 380 мм. Во всех трех зданиях имеются лоджии, стены которых (толщиной 380 мм) выполнены из кирпича силикатного. Учитывая одинаковую конструктивную схему указанных зданий, однотипность условий их эксплуатации и одинаковый срок службы строительных конструкций, можно проследить влияние качества кладочных работ на долговечность конструкций стен.

В ходе обследования во всех трех зданиях были выявлены многочисленные вертикальные трещины как по швам кладки, так и с разрывом кирпича на стыке стен основной части здания и стен практически всех лоджий, на участках, к которым предъявляются повышенные требования по качеству выполнения работ.

В результате удаления отделочных слоев (со стороны помещений) и облицовочного слоя (с наружной стороны здания) на участках расположения трещин выявлены:

- некачественная перевязка рядов кладки стен здания и стен лоджий (на отдельных участках выявлена перевязка рядов кладки стен лоджий только с облицовочным слоем стен здания);
- низкая прочность кладочного раствора на отдельных участках (раствор выкрашивается из швов при минимальном механическом воздействии);
- крайне низкое качество выполнения внутренних растворных швов кладки наружных стен, выявленное при удалении облицовочного слоя (незаполнение швов раствором на глубину до 70 мм; утолщение вертикальных и горизонтальных швов на величину до 30 мм).

Отметим, что при отрывке шурфов на участках образования трещин по стенам не обнаружены просадочные или пучинистые грунты, не выявлено дефектов и повреждений фундаментов.

Следовательно, появление и развитие трещин обусловлено именно низким качеством работ по возведению стен надземной части здания, что привело к значительным проблемам в период эксплуатации. Выявленные дефекты повлекли за собой появление и развитие поврежденных кладки стен, которые, в свою очередь, обусловили необходимость усиления отдельных участков стен, что вызвало значительные экономические затраты по восстановлению конструкций. Кроме того, трещины по наружным стенам, снижающие их несущую