

УДК 624.011.2:668,3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЕДИНЕНИЮ СТАРОГО И НОВОГО БЕТОНА ПУТЕМ ИХ СКЛЕИВАНИЯ

МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗІ З'ЄДНАННЯ СТАРОГО ТА НОВОГО БЕТОНУ ШЛЯХОМ ЇХ СКЛЕЮВАННЯ

DESIGN OF ORGANIZATIONALLY-TECHNOLOGICAL DECISIONS ON CONNECTION OF OLD AND NEW CONCRETE BY THEIR AGGLUTINATION

Золотова Н.М., к.т.н., доц. (Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков)

Золотова Н.М., к.т.н., доц. (Харківська національна академія міського господарства, м. Харків)

Zolotova N.M., the candidate of technical sciences, associate-professor, (Kharkiv national academy of municipal economy, Kharkiv)

Приводится созданная математическая модель организационно-технологических решений по соединению старого и нового бетона с помощью клеев, в том числе акриловых.

Наводиться створена математична модель організаційно-технологічних рішень зі з'єднання старого та нового бетону за допомогою клейов, у тому числі акрилових.

The created mathematical model over of organizationally-technological decisions is brought on connection of old and new concrete by means of glues, including acrylic.

Ключевые слова:

Бетон старый, бетон новый, клеевое соединение, организационно-технологическая модель.

Бетон старий, бетон новий, клейове з'єднання, організаційно-технологічна модель.

Concrete old, concrete new, glue connection, organizationally-technological model.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что соединение старого бетона и нового бетона в процессе осуществления формирования продукции капитального строительства при осуществлении реализации инвестиционных процессов – это сложный технологический процесс, требующий решения ряда технических, технологических и организационных задач по обеспечению заданных прочностных и экономических задач [1, 2].

В работах [3-6] рассматриваются технологические аспекты этих соединений, которые должны обеспечивать их работоспособность и обеспечение надежности параметров, принимающих участие в этом процессе.

Однако в этих работах недостаточно полно освещены положения, которые позволили бы обеспечить устойчивое функционирование организационно-технологических процессов выполнения этих соединений. Это не позволяет достичь соответствующих запланированных технико-экономических показателей и отрицательно сказывается на эффективности использования инвестиций в строительной отрасли [7], которая является ведущей на пути развития экономики страны. В свою очередь это не позволяет в достаточной степени эффективно моделировать этот процесс для выбора оптимальных решений.

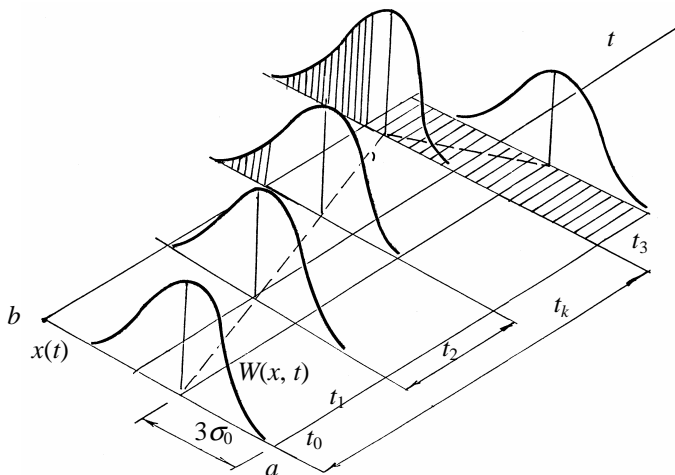
В связи с этим **целью настоящей работы** является разработка методики моделирования организационно-технологических решений при производстве работ по соединению старого и нового бетона путем их склеивания и обеспечивающих достижение запланированных параметров, что обеспечивает эффективное использование инвестиций в строительной отрасли.

Решая поставленные задачи необходимо исходить из тех основных принципиальных положений, что в ряде случаев технологический процесс склеивания старого и нового бетона не может быть полностью устойчивым потому, что с течением времени в нем появляются систематические погрешности [6, 7], вызванные изменением параметров оборудования и контактных сред соединения, а также воздействия на них направленного влияния ближней и дальней сред.

Если представить такой технологический процесс соединения старого и нового бетона как сложную систему [9], состояние которой характеризуется распределением качества соединения, то становится очевидным, что состояние этой системы есть функция времени, в течение которого происходят физико-химические процессы в соединении, что обеспечивает набор необходимой проектной прочности и решается проблема физической реализации проекта. При этом в общем случае изменяются и положения математического ожидания, и дисперсии показателя качества соединения старого и нового бетона (рис.).

В связи с этим при организационно-технологических решениях по устройству конструкции соединения старого и нового бетонов необходимо определение начального математического ожидания, дисперсии качества и периодичности промежуточных корректировок в зависимости от условий выполнения технологического процесса (степень стесненности, температура

окружающей среды, способ подачи бетонной смеси, методы ее уплотнения, физико-химические характеристики ключевых составов и др.) по критерию минимальной технологической себестоимости устройства этого соединения для эксплуатационной пригодности.



Динамика восстановлений плотности вероятности при неустойчивом технологическом процессе соединения старого и нового бетона с помощью склеивания

При представлении технологического процесса склеивания старого и нового бетонов как сложной стохастической системы [9], ее состояние можно описать дифференциальным уравнением

$$\frac{dx}{dt} = m_x(t) + q(x,t)L(f), \quad (1)$$

где $m_x(t)$ и $q(x,t)$ – детерминированные функции, связанные с устройством соединения; $q(x,t)L(t)$ – нормальный белый шум, те факторы или процессы, оказывающие отрицательное влияние на устройство соединения.

В данном выражении изменения математического ожидания описывается функцией $m_x(t)$, а дисперсия качества соединения старого и нового бетона – произведением функции $q(x,t)L(t)$. Как показала практика и выполненные исследования [10,11], прямое исследование технологического процесса соединения старого и нового бетона путем решения данного дифференциального уравнения затруднено.

Один из способов определения плотности распределения вероятности появления брака в процессе выполнения соединения старого и нового бетона в

данных производственных условиях $f(k)$ можно осуществлять через одномерные характеристики плотности распределения $W(x, t)$ случайной функции $x(t)$, характеризующий разброс показателей качества (т.е. эффективности) технологического процесса соединения старого и нового бетона путем их склеивания.

Примем следующие ограничения применительно к строительной отрасли:

1. Закон распределения $W(x, t)$ во времени не изменяется.
2. Реализация $W_j(t)$ и моментные функции $m_x(t) = \xi_m(t)$ случайного процесса создания соединения старого и нового бетона на основе их склеивания $x(t)$ во времени изменяются монотонно в силу физико-химических процессов, происходящих в этом соединении.
3. В начальный момент времени t_0 , примыкающее к t , значение параметра вытекает за границы поля допуска, основные положения о его определении изложены в работе [9], равна

$$W(t)dt = P(t + dt) - P(t), \quad (2)$$

где P – вероятность получения готового конструктивного элемента на основе соединения старого и нового бетона.

Эту вероятность можно записать через закон распределения значений x и в сечении t и $t + dt$:

$$\begin{aligned} f(t)dt &= [1 - P(a < x < b; t + dt)] - [1 - P(a < x < b; t)] = \\ &= |dP(a < x < b; t)| = \left| dW(x, t) \right|_{x=b}^{x=a}, \end{aligned} \quad (3)$$

где a и b – границы поля допуска; W – функция распределения плотности показателей качества соединения старого и нового бетона на основе клеевого соединения.

Тогда выражение (3) имеет вид:

$$f(x) = \left| \frac{dW(x, t)}{dt} \right|_{x=b}^{x=a}. \quad (4)$$

Знак $\left. \begin{matrix} x = a \\ x = b \end{matrix} \right|$ означает, что после дифференцирования необходимо написать

разность полученных результатов и в первом члене разности подставить вместо x значение верхней границы в поле допуска, а во втором – значение нижней границы a .

Функцию $W(t)$ можно выразить через одномерную плотность распределения $W(x, t)$ случайного процесса склеивания старого и нового бетона $x(t)$ (рис.)

$$W(x,t) \frac{dW(x,t)}{dt}. \quad (5)$$

Введем некоторую функцию $\theta(x,t)$, которая в (5) представляет собой последнюю общую ступень дифференцирования по x и t [12].

Для нормального случайного процесса, которым является технологический процесс устройства соединения старого и нового бетонов

$$W(x,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x(t)} \int_{-\infty}^x \exp\left\{-\frac{[x-m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} dx, \quad (6)$$

в выражении (6)

$$\frac{x-m_x(t)}{\sigma_x(t)} = \theta(x,t). \quad (7)$$

По закону Релея [12] выражение (6) будет иметь вид:

$$W(x,t) = 1 - \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2(t)}\right], \quad (8)$$

где

$$\frac{x}{\sigma_x(t)} = \theta(x,t). \quad (9)$$

Тогда выражение (5) можно записать в виде

$$W(x,t) = \frac{dW(x,t)}{d\theta(x,t)} \cdot \frac{d\theta(x,t)}{dx}. \quad (10)$$

Так как $\theta(x,t)$ зависит от t , то (3) можно передавать в следующем виде

$$f(t) = \left. \frac{dW(x,t)}{d\theta(x,t)} \cdot \frac{d\theta(x,t)}{dx} \right|_{x=b} \Big|_{x=a}. \quad (11)$$

С учетом (1) получим

$$f(t) = \left. W(x,t) \frac{d\theta(x,t)/dt}{d\theta(x,t)/dx} \right|_{x=b} \Big|_{x=a}. \quad (12)$$

Для нормального закона распределения при двухсторонних допусках

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[b-m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} \left. \frac{b-m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right|_{x=b} \Big|_{x=a} - \exp\left\{-\frac{[a-m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} \left. \frac{a-m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right|_{x=a}. \quad (13)$$

Здесь

$$\left[\frac{x - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right]' = \frac{d\theta(x,t)}{dt}. \quad (14)$$

Для односторонних допусков технологического процесса склеивания старого и нового бетона с помощью клеевых композитов

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[c - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} \left| \left[\frac{c - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right] \right|, \quad (15)$$

где C – граница поля допуска a и b .

В соответствии с законом Релея [12] выражение (15) будет иметь вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_x^3(t)} \left| \frac{d\sigma_x(t)}{dt} \left\{ b^2 - \exp\left[-\frac{b^2}{2\sigma_x^2(t)}\right] - a^2 \exp\left[-\frac{a^2}{2\sigma_x^2(t)}\right] \right\} \right|. \quad (16)$$

Из аналитических зависимостей функции $f(t)$ и одномерных физико-химических и технических характеристик соединения старого и нового бетона с помощью клеевых композитов, плотности распределения которых $W(x,t)$ случайного технологического процесса по устройству этих соединений $x(t)$ и положения границ допуска следует, что:

1. Если с течением времени дисперсия случайного технологического процесса по устройству соединений старого и нового бетона $x(t)$ постоянная $\sigma_x(t) = \sigma_0 = const$, а математическое ожидание изменяется линейно $m_x(t) = m_0 + \Delta mt$, то закон распределения плотности вероятности некачественного выполнения соединения (брака) совпадает с типом закона распределения случайных значений x , если последний для всех моментов времени одинаков.

2. Если дисперсия случайного технологического процесса склеивания старого и нового бетона с помощью клеевых композитов $x(t)$ постоянна $\sigma_x(t) = \sigma_0 = const$, а функция $m_x(t)$ нелинейная, то закон распределения $f(t)$ может существенно отличаться от закона распределения значений x .

В качестве примера рассмотрим случай линейного изменения моментных функций. Пусть одномерная плотность $W(x,t)$ – нормальный закон (рис.) с моментными функциями $m_x(t) = m_0 - \Delta m_x(t)$, $\sigma_x(t) = \Delta \sigma_x t$, а допуск односторонний (улучшение качества неограничено, а снижение качества соединения старого и нового бетона ограничено) с нижней границей $a < m_0$ (по определенному критерию или системе критериев). Из выражения (13) после подстановки и преобразований получили

$$f(t) = \frac{m_0 - a}{\sqrt{2\pi\Delta\sigma_x^2 t^2}} \exp\left[-\frac{(a - m_0 + \Delta m_x t)^2}{2\Delta\sigma_x^2 t^2}\right]. \quad (17)$$

Приведенный пример имеет практическое значение, так как для технологических процессов, используемых для создания клеевых соединений старого и нового бетонов, характерна малая скорость изменения систематических погрешностей и моментные функции для них с хорошей степенью точности могут быть приняты линейными.

Определим вероятность непосредственного выполнения конструкций соединения старого и нового бетонов с помощью склеивания в момент времени t_k

$$P_k = \int_{t_0}^{t_k} f(t_k) dt_k. \quad (18)$$

Если моментные функции $\xi_m(t)$ и $\xi_\sigma(t)$ принять для данного технологического процесса склеивания старого и нового бетонов неизменными, обусловленными применяемым оборудованием, физико-химическими параметрами конструктивных элементов соединения и организационной структурой технологического процесса, то определению подлежат значения $x(t_0)$ и $\sigma(t_0)$, при которых технологический процесс склеивания старого и нового бетона будет наиболее эффективен как по технологическим, так и по экономическим параметрам, что очень важно для эффективного использования инвестиций в строительную отрасль, а также времени, после которого необходима корректировка технологического процесса соединения старого и нового бетонов.

Для технологического процесса склеивания старого и нового бетонов применительно к конкретному объекту, минимальным расстоянием центра группирования от границы допуска a при нормальном законе распределения $x(t)$ будет $3\sigma_0$.

Будем называть партией соединений старого и нового бетона, которые были выполнены до первой корректировки технологического процесса. Очевидно, что количество соединений, соответствующих проектным параметрам, выполненных по данной технологии будет равно

$$n = F[\sigma_x(t), t_k]. \quad (19)$$

Зависит от σ_0 при фиксированном x_0 и может быть аналитическими методами согласно формулы (18). Для заданного промежутка времени $T > t_k$ будет осуществлено определенное количество соединений на различных объектах. Количество инноваций технологического процесса составит $T/t_k = N$, а объемы работ по устройству соединений соответствующих параметрам качества, которые заложены в проектах T_n/t_k . При этом предполагается, что в

результате инноваций процессов x и σ возвращаются в исходное (или улучшаются), а моменты функции его не изменяются. Технологическая себестоимость выполненных работ по устройству соединения старого и нового бетонов с помощью склеивания по данной технологии [3] будет

$$S_T = F_1[(\sigma_x(t))]. \quad (20)$$

Зависимость технологической себестоимости от точности процесса определяется на основе обработки статистических данных или экспериментально.

Технологическая себестоимость качественного соединения по анализируемой технологии будет

$$C_T = \frac{F_1[\sigma_k(t)]}{F[\sigma_x(t):t_k]}. \quad (21)$$

Если стоимость инновационных процессов по улучшению технологии соединения нового и старого бетонов S_k , то технологическая себестоимость единицы продукции соединения старого и нового бетона, за календарный период функционирования устройства соединений T будет:

$$C_T = \frac{F_1[\sigma_k(t)] + S_k}{F[\sigma_x(t):t_k]}. \quad (22)$$

Определению подлежат значения σ_0 и t_k , при которых технологическая себестоимость единицы продукции соединения старого и нового бетона C_T будет минимальной.

Если функция C_T задана в виде явной функции этих двух неизвестных, процесс определения минимума для нее достаточно прост и сводится к решению системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_T}{\partial(\sigma_0)} &= 0 \\ \frac{\partial C_T}{\partial(t_k)} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (23)$$

Однако на практике часто сложно найти такую функцию. На основе обработки статистических данных факторного пространства и экспериментальных данных удастся определить минимальную функцию C_T . Это соответствует оптимальному использованию инвестиций для решения задач по вводу рассматриваемого объекта в эксплуатацию, которое невозможно без устройства соединения старого и нового бетона.

Таким образом, изложенные положения по формированию моделей организационно-технологических решений при производстве работ по соединению старого и нового бетона с использованием клеевых материалов с целью более эффективного использования инвестиций позволят более полно их использовать и создать благоприятный инвестиционный климат в строительной отрасли, одной из ведущих отраслей экономики Украины.

1. Торкатюк В.И. Исследование эффективности применения клеевых соединений на основе полимерных материалов в многоэтажном каркасном строительстве / В.И. Торкатюк, В.А. Панченко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: тезисы докл. I Междунар. науч.-техн. конф. – Х.: ХИИКС, 1982. – С. 382-385; 2. Шутенко Л.Н. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений / Л.Н. Шутенко, С.М. Золотов, А.О. Гарбуз // Будівельні конструкції: зб. – К.: НДІБК, 2001. – С. 810-814; 3. Торкатюк В.И. Склеивание старого бетона с новым / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2002. – Вып. 42. – С. 92-98; 4. Торкатюк В.И. Исследование акриловых клеев для соединения бетонных и железобетонных конструкций // В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова, В.А. Мельман // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2004. – Вып. 51. – С. 61-68; 5. Торкатюк В.И. Определение некоторых параметров технологического процесса соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – Вып. 43. – С. 564-570; 6. Золотова Н.М. Организационные мероприятия при выполнении работ по соединению старого бетона с новым акриловыми клеями / Н.М. Золотова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – Вып. 50. – С. 215-220; 7. Шутенко Л.Н. Проблема маркетинга инвестиций городского жилого фонда / Л.Н. Шутенко // Регіональні перспективи: науково-практичний журнал «Економічні проблеми регіонів». – Полтава, 2001. – № 5-6(18-19). – С. 13-16; 8. Золотов М.С. Прочность соединения бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений / Н.М. Золотова Н.М., А.О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2011. – Вып. 63. – С. 258-264; 9. Торкатюк В.И. Особенности моделирования и оптимизации организационно-технологического процесса склеивания старого бетона с новым / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова, А.В. Марюхин // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2002. – Вып. 43. – С. 102-117; 10. Шутенко Л.Н. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, В.З. Клименко. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.; 11. Шутенко Л.Н. Комплексные строительные конструкции на основе ориентированных стеклопластиков / Л.Н. Шутенко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Х.: ХИИГХ, 1996. – С. 24-25; 12. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн; пер. с фран. – М.: Наука, 1970. – 720 с.