

3. Современное высотное строительство: Монография / [Айрапетов А.Б., Абрамов А.М., Айрумян Э.Л. и др.]; под ред. Н.М. Щукиной. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 440 с.
4. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5-2009. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 61 с.
5. Броневицький А.П. Організаційно-технологічне обґрунтування тривалості висотного цивільного будівництва в умовах ущільненої міської забудови: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.08 /Броневицький Сергій Петрович. – Київ, 2012. – 172 с.
6. Містобудівна концепція (схема) розміщення висотних будинків і споруд в місті Києві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua>.

УДК 624.011.2:668.3

**Золотова Н.М., Гарбуз А.О., Морковская Н.Г.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

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

**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, 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.1).

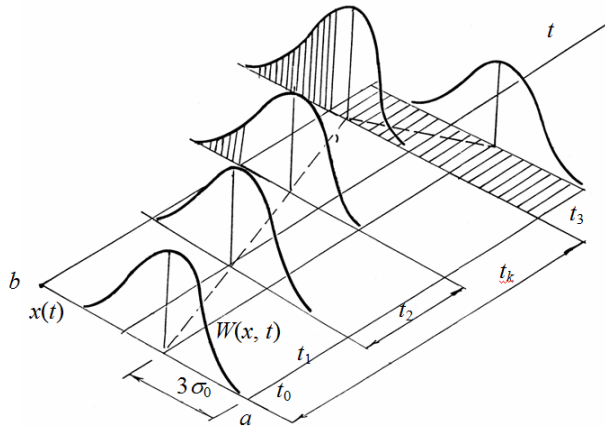


Рис.1. Динамика восстановлений плотности вероятности при неустойчивом технологическом процессе соединения старого и нового бетона с помощью склеивания

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.

При представлении технологического процесса склеивания старого и нового бетонов как сложной стохастической системы [5,6], 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 фак-

торы 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 [9,10], 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 бетонов 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 бетонов 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 работах [5,6], равна

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

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

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

$$f(t)dt = [1 - P(a < x < b; t + dt)] - [1 - P(a < x < b; t)] =$$

$$= |dP(a < x < b; t)| = \left| \frac{dW(x, t)}{dt} \right|_{x=b}^{x=a}, \quad (3)$$

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  $\left. \frac{x=a}{x=b} \right|$  означает, что после дифференцирования необходимо написать раз-

ность 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.2)

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

Введем некоторую функцию  $\theta(x, t)$ , которая в (5) представляет собой последнюю общую ступень дифференцирования по  $x$  и  $t$  [11].

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 [11] 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

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

(10)

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

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

С учетом (1) получим

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

(12)

Для нормального закона распределения при двухсторонних допусках

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left| \exp\left\{-\frac{[b - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} \left| \frac{b - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right|' - \exp\left\{-\frac{[a - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} \left| \frac{a - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right|' \right|. \quad (13)$$

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 [11] выражение (15) будет иметь вид:

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

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  $m_x(t) = m_0 + \Delta m t$ , 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

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

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, обусловленные 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  $\sigma_0$  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  $\sigma$  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  $\sigma_0$  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 удается 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.

#### ЛИТЕРАТУРА:

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 // 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, 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 / М.С. Золотов, А.О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2011. – Вип. 63. – С. 258-264.
  9. Шутенко Л.Н. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, В.З. Клименко. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.
  10. 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.: ХИ-ИГХ, 1996. – С. 24-25.
  11. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн; пер. с фран. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

УДК 691.58:668.3

**Бабаев В.Н., Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А., Дауд А.Х.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТА ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ**

В условиях строительства и реконструкции различных зданий и сооружений возникает необходимость надежного крепления железобетонных конструкций, иногда в кратчайшие сроки без остановки производственных процессов. Такие конструкции соединения возможно выполнить с использованием полимерных клеев, в том числе акриловых, в виде заделки в бетон арматурных стержней. Составы этих клеев разработаны в Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А.Н.Бекетова [1-3].

В Украине в связи с широким использованием в строительном производстве арматуры серповидного профиля класса А500С авторами были проведены экспериментальные исследования по определению глубины их заделки в бетон акриловыми клеями различных составов. Как показали эксперименты глубина заделки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловыми клеями обычных составов (прочность клея при срезе  $R_k^{cp} = 29,5$  МПа, адгезионная прочность  $R_k^{ad\sigma} = 29,9$  МПа) составила  $l_{анк} = 22,5d_s$ , а при использовании модифицированных акриловых клеев ( $R_k^{cp} = 36,5$  МПа,  $R_k^{ad\sigma} = 40,2$  МПа) глубина заделки составила  $l_{анк} = 17,5d_s$  (где  $d_s$  –

диаметр арматурного стержня). При этом прочность заделки определялась прочностью арматуры на разрыв [4,5].

Преимущества такой анкеровки заключается в следующем:

- снижаются сроки ремонта и реконструкции зданий и сооружений;
- уменьшается энерго- и материалоемкость работ;
- снижается стоимость и трудоемкость работ;
- возможность установки арматурных стержней в разных погодных условиях;
- в некоторых случаях этот метод является практически единственно возможным (например: изменение геометрических размеров фундамента на небольшую величину при значительных увеличениях нагрузок);
- простота, надежность и высокая технологичность производства работ;
- возможность прикладывать проектные нагрузки на реконструируемые и усиленные конструкции и участки через 6-24 часа, а не через 28 суток как для конструкций усиленных обычным способом;
- крепление арматурных стержней в существующих бетонных и железобетонных конструкциях с использованием