

8. Душин В.В., Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Псурцева Н.А. Соединение бетонных и железобетонных элементов. – Харьков: НТО Стройиндустрии, 189. – 66 с.

9. Торкатюк В.И., Соколовский С.Н., Покрасенко Л.Н. Строительство многоэтажных каркасных зданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.

10. Шутенко Л.Н. Повышение продолжительности жизненного цикла городского жилого фонда на основе его реконструкции // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип.7. – Рівне: РДТУ, 2001. – С.244-252.

11. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства. – М.: СИ, 1974. – 254 с.

12. Торкатюк В.И. Особенности формирования экономического критерия оптимальности новых технологических процессов возведения многоэтажных каркасных зданий с учетом уровня неопределенности/ Деп. во ВНИИС Госстроя СССР. Рег. №2896. Вып.18. – 1981. – 9 с.

13. Нефедов Л.И., Стопченко Е.Г., Стопченко Г.И., Золотова Н.М. Модели принятия решений в управлении развитием городских систем // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.36. – К.: Техніка, 2002. – С.461-466.

14. Панченко В.А. Совершенствование технологии монтажа сборных железобетонных конструкций промышленных каркасных зданий с клеевыми соединениями: Дис... канд. техн. наук: 05.23.08. – Днепропетровск, 1986. – 176 с.

15. Хартман К. и др. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1970. – 550 с.

16. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962. – 352 с.

17. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 312 с.

18. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров: Пер. с фр. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

19. Благов В.П. Исследование и количественная оценка влияния метеорологических условий района строительства на продолжительность строительных работ: Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.23.08. – Харьков, 1973. – 30 с.

20. Шутенко Л.Н. Миський житловий фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека. – К.: Техніка, 2002. – 251 с.

Получено 29.08.2002

УДК 69.059.4 : 728.1

Л.Н.ШУТЕНКО, профессор

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЕЖНЫХ ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГОРОДСКОГО ЖИЛОГО ФОНДА И ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ

В процессе формирования жизненного цикла городского жилого фонда в современных условиях остро стоит проблема создания научной концепции управления этой системой. Для решения данной проблемы необходимо осуществить ее формализацию и создать логико-математическую модель для осуществления надежного управления с использованием вычислительной техники.

Происходящие в настоящее время экономические преобразования в строительной отрасли Украины, которая в основном обеспечивает

эффективное формирование жизненного цикла городского жилого фонда, вызвали необходимость поиска новых, более эффективных форм управления этой системой.

При формировании и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда (рис. 1), как правило, возникают оптимизационные задачи, в которых нужно учитывать реально протекающие долгосрочные процессы и механизмы, специфику и многофакторную пространственную организацию, тенденции и закономерности устойчивого развития городов [1].

Это свидетельствует о существовании проблемной градостроительной ситуации и необходимости создания более совершенных методов управления процессами прогнозирования, проектирования и реализации формирования жизненных циклов городского жилого фонда – основного элемента градостроительных систем, способствующих обеспечению в градостроительной практике возможности приемлемого, сбалансированного регулирования и планирования процессов его протекания на долгосрочную перспективу, что показано на рис.2.

Функциональные методы формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда основаны на использовании аналитических зависимостей, получаемых из анализа их эквивалентных схем. Недостатком их расчета является то обстоятельство, что они учитывают только функциональные связи между основными с точки зрения формирования параметров жизненного цикла схемами. Как правило, при выводе аналитических зависимостей, описывающих связь между выходными параметрами и параметрами элементов схемы формирования жизненного цикла городского жилого фонда, принимается ряд упрощающих допущений, например, представление основных характеристик в виде линейных зависимостей. В связи с этим в результате расчетов получают только ориентировочные данные о номинальных значениях основных параметров жизненного цикла городского жилого фонда. Номинальные значения “второстепенных” параметров не рассчитывают, а выбирают на основании довольно общих рекомендаций.

В настоящее время при решении задач формирования и проектирования жизненного цикла городского жилого фонда применяют функциональные методы расчета, в ходе которых уточняются в процессе проектирования номинальные параметры.

Такой подход имеет некоторые недоработки: в ряде случаев отдельные параметры не рассчитывают, а принимают по аналогии без должного анализа из уже функционирующих объектов городского жилого фонда. Как показывает анализ, эти операции выполняются субъ-

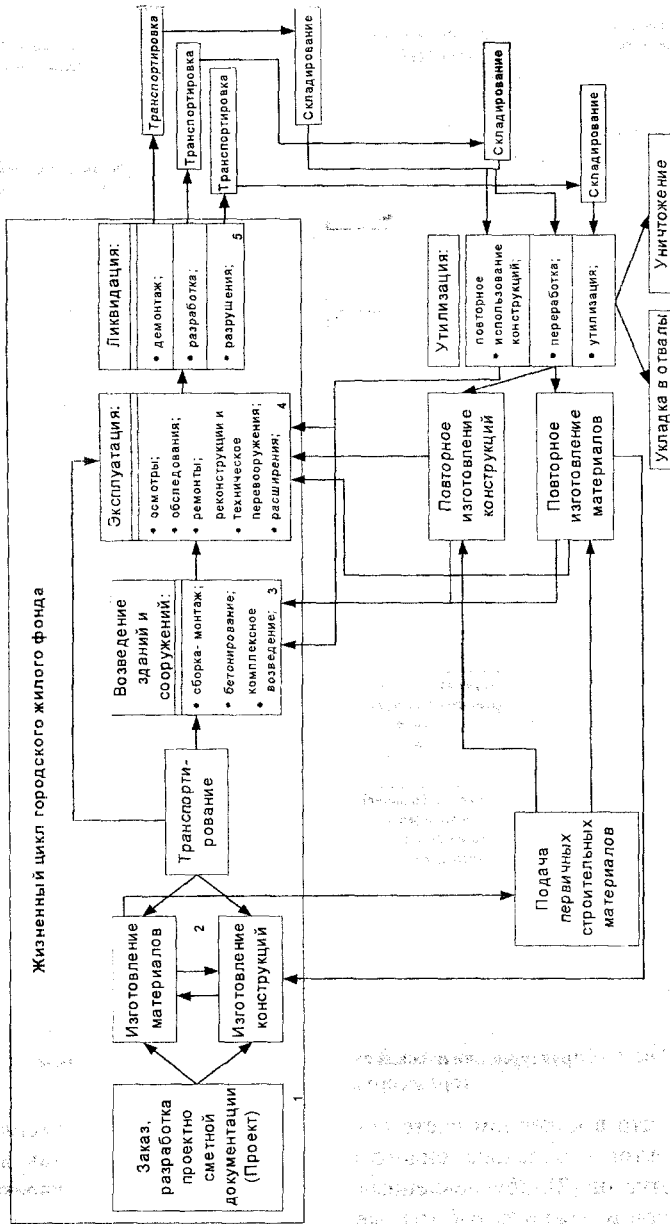


Рис.1 — Принципиальная схема жизненного цикла городского жилого фонда

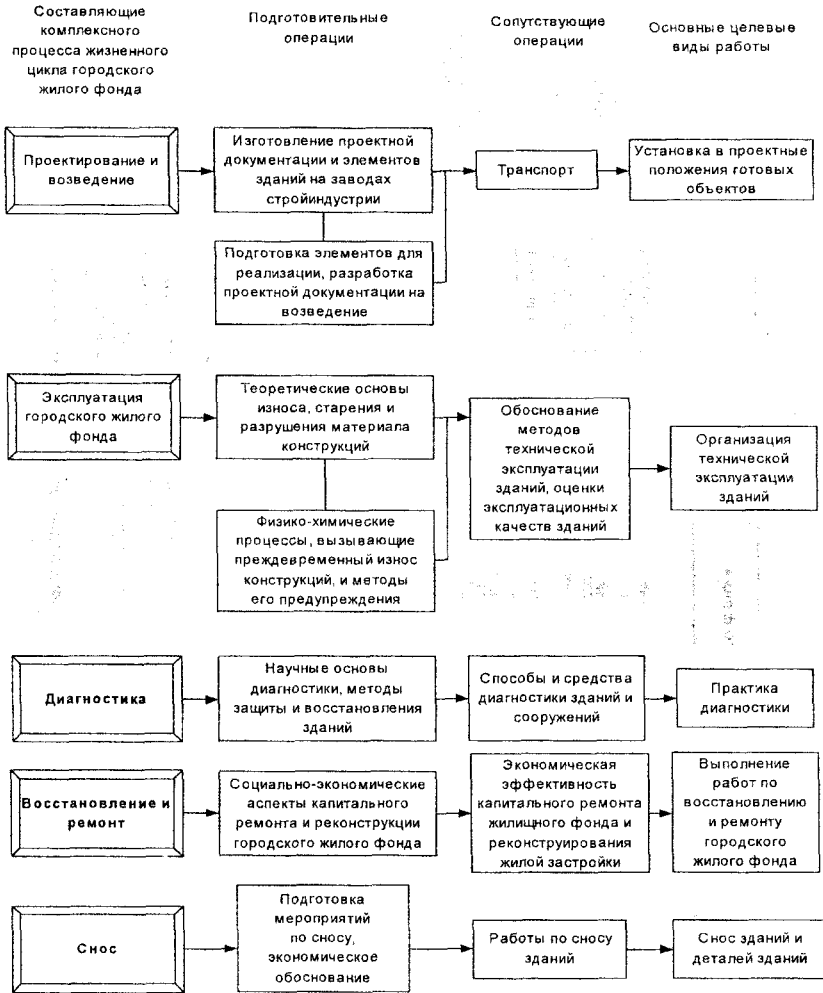


Рис.2 – Структурно-логическая схема протекания жизненного цикла городского жилого фонда

активно, что в конечном счете приводит к появлению при эксплуатации объектов городского жилого фонда как постепенных, так и внезапных отказов [2], обусловленных неправильным выбором характеристик, типов и режимов работы элементов объектов. Избежать указан-

действия), причем при получении большинства аналитических выражений принимают ряд допущений, которые не всегда отражают картину физических процессов в анализируемых схемах. Такое положение затрудняет обоснованный выбор номинальных значений параметров даже основных элементов. Следует отметить, что во многих случаях выбор номинальных значений на основании системы уравнений (1) неоднозначен. Это обусловлено тем, что для реальных схем число уравнений, входящих в систему (1), обычно меньше числа аргументов ($k < n$). В связи с изложенным не решен вопрос о том, оптимальны ли для заданных условий номинальные значения параметров элементов и режимов инвестирования, полученные в результате расчетов. Под оптимальными параметрами понимаются параметры, которые обеспечивают наибольшую или требуемую надежность конструктивных элементов зданий и режимов их эксплуатации на всех пространственно-временных уровнях протекания жизненного цикла. Но не решен также вопрос об оптимальности номинальных значений параметров "второстепенных" элементов, т.е. элементов, параметры которых не входят в расчетные выражения параметров жизненного цикла и не были учтены по тем или иным причинам в процессе проектирования.

2. При использовании системы уравнений (1) даже для ограниченного числа параметров выбор величины допустимого отклонения по каждому из параметров не однозначен. Очевидно, что выбор наименьших допусков по каждому из параметров (выбор элементов высшего класса точности) приведет к увеличению стоимости протекания жизненного цикла городского жилого фонда.

3. В процессе расчетов трудно и не всегда можно учесть "паразитные" связи между элементами жизненного цикла городского жилого фонда, которые отрицательно сказываются на жизнедеятельности его протекания.

Перечисленные особенности методов формирования жизненного цикла городского жилого фонда с учетом допусков затрудняют их эффективное использование для повышения надежности его параметров в процессе проектирования, формирования и протекания.

Таким образом, можно сделать вывод об актуальности задачи изыскания методов, которые позволяют связать в единую систему элементы подсистемы, приведенные на рис. 1, 2, с оценкой их надежности как в начальный момент времени, так и в течение заданного времени протекания жизненного цикла городского фонда.

Основная идея расчета надежности по отношению к внезапным отказам базируется на том, что в настоящее время оценка надежности

проектируемых параметров (P_{Π}) жизненного цикла городского жилого фонда обычно производится в предположении отсутствия постепенных отказов, т.е. $P_{\Pi}(t) = 1$. При формировании реальной оценки надежности параметров жизненного цикла городского жилого фонда такое допущение может привести к довольно существенным погрешностям. Это обусловлено тем, что "окончательный" расчет $P_{вн}(t)$ выполняется на основании интенсивности отказов, которые получают-ся при учете только полных отказов элементов. В ряде случаев за полный отказ принимаются такие отказы, когда параметры элементов превышают заданные уровни технических условий (ТУ) или когда они превышают выбранные уровни. Так как допустимые отклонения параметров элементов, при которых наступает отказ в реальных схемах, могут изменяться в широких пределах и существенно отличаться от пределов, установленных ТУ на параметры элементов, то отказы (протекания жизненного цикла осуществляются за пределами границ, которые установлены в проекте или определены другими нормативными документами), обусловленные постепенными изменениями параметров комплектующих элементов, или вообще не учитываются, или учитываются только частично. Кроме того, интенсивности отказов элементов, используемые при расчете $P_{вн}(t)$, берут для исходного режима работы элементов, заложенных в процессе формирования и протекания жизненного цикла городского жилого фонда. Это приводит к тому, что $P_{вн}(t)$ определяется с погрешностью, которая зависит от того, насколько будут отличаться режимы работы элементов городского жилого фонда в реальных условиях в исходный момент времени, и от того, насколько (и с каким знаком) изменяются режимы работы элементов в течение требуемого времени. Изменения режимов работы элементов обуславливаются постепенными изменениями параметров. В связи с этим уместно заметить, что учет возможных изменений параметров комплектующих элементов позволит более точно определить $P_{вн}(t)$.

Исследования [6-8] показывают, что отклонения параметров элементов могут достигать значительных величин. В связи с этим возникает необходимость найти методы, позволяющие количественно оценивать общую надежность жизненного цикла городского жилого фонда по отношению к внезапным и постепенным отказам.

В настоящее время в нашей и зарубежной научной литературе

опубликован ряд работ, посвященных вопросам определения количественных характеристик надежности параметров жизненного цикла городского жилого фонда, относящихся к постепенным отказам [9-11].

Сложность определения $P_n(t)$ для требуемого интервала времени обусловлена тем, что физические явления, имеющие место в процессе протекания жизненного цикла городского жилого фонда, представляют собой многомерные нестационарные случайные процессы, математическая теория которых для инженерных приложений разработана недостаточно полно [12].

Рассмотрим основные математические модели определения $P_n(t)$ применительно к жизненному циклу городского жилого фонда.

Вероятность безотказной работы $P_n(T_3)$ в течение заданного интервала времени T_3 вычисляют из выражения

$$P_{II}(T_3) = 1 - \int_0^{T_3} f(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $f(\tau)$ — плотность распределения вероятности моментов постепенных отказов элементов жизненного цикла или жизненного цикла в целом.

Возможны следующие методы практического определения $P_{II}(T_3)$:

- 1) экспериментальное определение оценки вероятности $P_{II}(T_3)$;
- 2) экспериментальное определение оценки $f(\tau)$ с последующим интегрированием в требуемых пределах;
- 3) определение $f(\tau)$ через известные плотности распределения параметров составляющих элементов жизненного цикла (рис. 1, 2) и известные функциональные связи между выходными параметрами и параметрами этих составляющих.

Нахождение $P_{II}(T_3)$ и $f(\tau)$ опытным путем связано с рядом принципиальных и технических трудностей. Однако эти функции можно установить, используя результаты эксплуатации определенного количества образцов элементов и подсистем жизненного цикла [13-16]. Очевидно, что такой путь на этапе формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда мало пригоден и поэтому в дальнейшем нами не рассматривается. Кроме того, для установления

этих величин можно использовать результаты статистических испытаний математической или физической модели проектируемой системы жизненного цикла городского жилого фонда. Программа этих статистических испытаний может быть составлена как на основании стохастических методов (метод Монте-Карло) [20], так и детерминированных. При использовании метода Монте-Карло изменения параметров элементов задаются случайным образом, а при детерминированном методе испытаний значения параметров элементов берутся в соответствии с жесткой программой.

Метод статистических испытаний с жесткой программой, предложенный Б.В.Васильевым [17], может быть адаптирован для процесса формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда. Он известен в литературе как матричный метод расчета надежности. Этот метод позволяет учитывать как внезапные, так и постепенные отказы элементов жизненного цикла городского жилого фонда.

Матричный метод дает возможность рассчитывать надежность при внезапных отказах с учетом последствия постепенных отказов элементов. Кроме того, он позволяет оценить критичность схем к изменениям допусков параметров элементов. Но при практическом оп-ределении величины $P_{\Pi} \cdot (T_3)$ матричному методу присущи существенные недостатки:

1. Метод фактически не позволяет вычислить количественные характеристики надежности как функции времени. Это объясняется тем, что в данном методе предполагается скачкообразное изменение параметров потока отказов лишь в момент возникновения постепенных отказов, а в промежутках между отказами корреляционные связи между параметрами элементов отсутствуют. Для случаев, когда справедлив экспоненциальный закон надежности, это предположение означает, что интенсивность отказов остается все время постоянной, а в моменты возникновения постепенных отказов она скачкообразно изменяет свою величину [18].

2. Понятие "допустимые пределы" для параметров элементов не всегда определено достаточно четко. Например, если завод-изготовитель установил допуск на пределы геометрических параметров элементов зданий и сооружений или оборудования $\pm 5\%$, то это вовсе не означает, что при изменении этих параметров на 6-7% относительно его номинального значения в системе жизненного цикла наступит внезапный отказ.

3. Метод требует довольно громоздких вычислений, если анализируется сложная схема. В этом случае значительно усложняется мат-

рица гипотез и приходится учитывать гипотезы высших порядков, что может вызвать непреодолимые трудности при расчетах.

Разработке метода аналитического определения $f(\tau)$ посвящена работа Х.Л.Смолицкого и П.А.Чукреева, основное содержание которой изложено в [19]. Достоинством этого метода является то, что он позволяет определить величину $P_{\Pi} \cdot (T_3)$ в течение требуемого времени (равного или меньшего времени статистических испытаний элементов). Однако практическая реализация метода применительно к анализу даже простейших схем (два-три элемента) связана с большим объемом сложных вычислений. Кроме того, использование его возможно лишь при условии, если известна система уравнений, описывающая связи между выходными параметрами ее элементов. Этот метод, как и метод Б.В.Васильева [17], не позволяет учесть корреляционные связи между параметрами элементов.

В ряде работ [3, 4, 10] определение вероятности безотказной работы проводится путем вычисления вероятности того, что выходной параметр (или выходные параметры) находится в заданных пределах. Рассмотрим основную идею этого метода.

Вероятности безотказной работы в фиксированный момент времени можно вычислить по формуле

$$\begin{aligned}
 P_{\Pi}(t_{\phi}) &= P(U_1' < U_1 < U_1'', U_2' < U_2 < \\
 &< U_2'', \dots, U_k' < U_k < U_k'') = \quad (5) \\
 &= \int_{U_1'}^{U_1''} \int_{U_2'}^{U_2''} \dots \int_{U_k'}^{U_k''} u(U_1, U_2, U_3, \dots, U_k) dU_1, \dots, dU_k,
 \end{aligned}$$

где $u(U_1, U_2, \dots, U_k)$ – совместная плотность распределения выходных параметров; U_i', U_i'' – ограничения, наложенные на выходные параметры.

Заметим, что выражение, подобное (5), может быть использовано и для вычисления вероятности безотказной работы в течение заданного интервала времени. В этом случае подынтегральное выражение и пределы интегрирования должны быть определены с учетом требуемого интервала времени. При практическом решении этих задач возникают трудности, обусловленные главным образом сложностью определения совместной многомерной плотности распределения выходных параметров с учетом корреляционных связей между ними. В общем

случае необходимо определить k -мерную (при $k \rightarrow \infty$) плотность распределения [18] параметров, где k – число отсчетов на требуемом интервале времени. Более детальное рассмотрение этого вопроса выходит за рамки данной работы.

Возьмем методы определения вероятности безотказной работы в фиксированный момент времени $P_{\Pi}(t_{\phi})$. Определение $P_{\Pi}(t_{\phi})$ можно производить экспериментальным и аналитическим путем. Рассмотрим аналитический путь.

Как видно из (5), для аналитического определения $P_{\Pi}(t_{\phi})$ нужно найти совместную плотность распределения вероятности выходных параметров, а затем проинтегрировать ее в требуемых пределах. Для нахождения совместной плотности вероятностей выходных параметров допустим, что известна система уравнений, а также плотности распределения параметров элементов. Рассмотрим модели строгого и приближенного решений этой задачи.

А. Используя известные законы теории вероятностей [20], выражения для совместной плотности вероятности выходных параметров в фиксированный момент времени можно записать в виде

$$u(U_1, U_2, \dots, U_k) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k, U_{k+1}, \dots, U_n) |J| dU_{k+1}, \dots, dU_n, \quad (6)$$

где $|J|$ – якобиан преобразования переменных.

Зная допустимые пределы изменений каждого из выходных параметров $(U_i' \div U_i'')$, можно из (5) найти $P_{\Pi}(t_{\phi})$.

Практическая реализация методов расчета, основанных на этой модели, усложняется следующими обстоятельствами:

- 1) аналитические зависимости (система уравнений (1)) для большинства разновидностей жизненного цикла городского жилого фонда приближенные и не учитывают всех параметров цикла;
- 2) подынтегральное выражение в уравнении (6) даже для простейших схем получается весьма сложным, что значительно усложняет расчеты.

Эти трудности не позволяют использовать методы, основанные на строгой аналитической модели, для практических расчетов вероятности безотказной работы схем жизненного цикла городского жилого фонда даже для фиксированного момента времени.

Б. Трудности практического использования методов, основанных на строгой аналитической модели, предопределили необходимость создание методов приближенного решения этой задачи [10,20].

Первая группа этих методов основана на аппроксимации несколькими членами многомерного разложения подынтегрального выражения в (6), что только снижает математические трудности. Вторая группа методов основана на допущении, что в системе уравнений (1) выходные параметры представляют собой линейные функции параметров элементов жизненного цикла городского жилого фонда, распределенных по нормальным законом и режимам работы, т. е.

$$U_i = \sum_{i=1}^n l_i x_i + m_i, \quad (7)$$

где l_i и m_i – неслучайные числа.

На основании теорем о математическом ожидании (\bar{U}) и дисперсии ($\sigma_{U_i}^2$) линейной функции получаем

$$\bar{U} = \sum_{i=1}^n l_i \bar{x}_i + m_i, \quad (8)$$

$$\sigma_{U_i}^2 = \sum_{i=1}^n l_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i < j < k} l_i l_j r_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (9)$$

где r_{ij} – коэффициент корреляции между i -м и j -м параметрами.

Как следует из сказанного, практическая реализация этих методов (даже при довольно серьезном допущении о линейности уравнений, описывающих связь выходных параметров с параметрами элементов и режимов работы, составляющих систему процесса жизненного цикла городского жилого фонда [18], приведенных на рис. 1, 2) возможна при условии, если известны коэффициенты корреляции между всеми параметрами схемы. Эти коэффициенты могут быть получены только в результате статистических испытаний. В связи с этим на этапе проектирования расчет $P_{\Pi}(t_{\phi})$ предлагается осуществлять при допущении о независимости параметров комплекующих элементов. Это допущение позволяет представить выражение (9) в виде

$$\sigma_{U_i}^2 = \sum_{i=1}^n l_i^2 \sigma_i^2. \quad (10)$$

Тогда с учетом (8) и (10) можно записать

$$P_{i_n}(t_\phi) = P(a_i \leq U_i \leq b_i) = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{b_i - \bar{U}_i}{\sqrt{2\sigma_{U_i}}} \right) - \Phi \left(\frac{a_i - \bar{U}_i}{\sqrt{2\sigma_{U_i}}} \right) \right], \quad (11)$$

где a_i, b_i – допустимые пределы изменений выходного параметра, $i = 1, 2, \dots, k$, а $\Phi(x)$ – функция Лапласа [20].

Определение $P_{\Pi}(t)$ жизненного цикла городского жилого фонда, имеющее два и более выходных параметров, производится также при допущении о независимости всех этих параметров:

$$P_{\Pi}(t_\phi) = \prod_{i=1}^k P_{i_n}(t_\phi). \quad (12)$$

Достоинством методов расчета, основанных на допущении о линейности связи выходных параметров схемы и параметров ее элементов и допущении о независимости отклонений параметров элементов, является то, что при расчетах $P_{\Pi}(t_\phi)$ используются статистические данные, получаемые при испытаниях элементов. Но, к сожалению, такие методы могут применяться лишь при оценке безотказной работы проектируемых схем в начальный момент времени – непосредственно после начала функционирования рассчитываемого составляющего элемента жизненного цикла городского жилого фонда [21], когда допущение о независимости отклонений параметров отдельных комплекствующих элементов справедливо.

Таким образом, методы расчета, в которых используются выражения (10)–(12), фактически являются методами расчета с учетом допусков и не могут быть использованы для определения надежности процесса формирования и функционирования жизненного цикла городского жилого фонда по отношению к постепенным отказам в течение требуемого времени. Это обусловлено тем, что с течением времени параметры жизненного цикла городского жилого фонда изменяются, что приводит к изменениям коэффициентов нагрузки (K_{Hj}) всех элементов схемы. Изменения K_{Hj} , в свою очередь, приводят к вариациям скоростей изменения параметров элементов, что обуславливает изменения во времени числовых характеристик законов распределения параметров элементов. Такие изменения могут быть учтены лишь при наличии корреляционных зависимостей между параметрами всех элементов жизненного цикла городского жилого фонда, приведенными на

рис.2.

Методы, основанные на использовании выражений (8), (9) и учитывающие корреляционные связи между параметрами элементов, справедливы при малых отклонениях параметров элементов. Однако, как показывают исследования [1, 3, 4, 8, 9, 13, 18, 21], отклонения параметров системы жизненного цикла городского жилого фонда в процессе его протекания и особенно во время эксплуатации могут быть значительными. В связи с этим использование таких методов расчета может привести к значительным ошибкам в оценке надежности формирования жизненного цикла городского жилого фонда, учитывая его длительный период протекания.

Таким образом, с учетом изложенного выше можно сделать вывод о том, что при использовании любого из упомянутых выше методов расчета (даже при наличии всех необходимых данных) находится только фактическая величина вероятности отказа анализируемой системы жизненного цикла городского жилого фонда в начальный момент времени для заданных номинальных значений ее параметров, определяемых на основании решения системы уравнения (1), т.е. практически без учета надежности. В связи с этим рекомендации по повышению надежности проектируемых систем жизненного цикла за счет изменения характеристик элементов и режимов инвестирования можно получить только методом многократных вычислений вероятностей отказов для различных значений параметров элементов и режимов функционирования жизненного цикла городского жилого фонда.

В результате выполненных исследований получаем возможность для обоснования критерия эффективности общей системы формирования, функционирования и, что особенно важно, оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда по критерию надежности. Имея критерий, который является обобщающим для всех подсистем технологии формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда, представляется возможность, несмотря на то, что задачи формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда, как правило, относятся к слабоструктурированным и характеризуются неопределенностью исходной информации, наличием неопределенности в описании объектов жизненного цикла городского жилого фонда, многофакторностью и многокритериальностью принимаемых решений, осуществлять моделирование процесса жизненного цикла городского жилого фонда.

Решение задач управления с использованием модели формирования, оптимизации и протекания жизненного цикла городского жилого фонда по критерию надежности предполагает дальнейшее исследова-

ние особенностей жизненного цикла с целью получения данных, необходимых для составления целостной картины материальных процессов, информационных потоков и процессов принятия решений [21].

Таким образом, в целях дальнейшего совершенствования моделирования процесса жизненного цикла городского жилого фонда необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать новые инженерные методы оценки надежности его составных подсистем по отношению к постепенным отказам. Трудности решения этой задачи обусловлены отсутствием полных аналитических зависимостей, описывающих работу элементов жизненного цикла городского жилого фонда, и тем, что на этапе формирования подсистем этого цикла практически можно иметь статистические данные только о надежности их элементов.

В заключение, основываясь на результатах проведенного в данной работе анализа, сформулируем основные направления в формировании моделей жизненного цикла городского жилого фонда на основе критерия надежности:

1) определение наиболее надежных решений составляющих жизненного цикла (рис.2) и оптимальных с точки зрения надежности номинальных значений параметров его элементов, режимов функционирования и допусков на них без использования полных аналитических зависимостей, описывающих связи между выходными параметрами и параметрами комплектующих элементов;

2) комплексное решение задачи обеспечения требуемых выходных параметров и наибольшей надежности проектируемого жизненного цикла по отношению к внезапным и постепенным отказам для заданного уровня надежности комплектующих элементов, т. е. в методе должна быть органическая связь между способом определения параметров элементов жизненного цикла городского жилого фонда и способом оценки ее надежности [18];

3) использование статистической информации, полученной при испытаниях только элементов безотносительно к тому, в какой из подсистем жизненного цикла эти элементы будут использоваться в дальнейшем (например, монтаж конструкции и механизмы для его осуществления почти одинаковые при возведении, ремонте и даже сносе жилого здания);

4) оценка надежности элементов жизненного цикла городского жилого фонда и при ограниченном объеме статистической информации о надежности элементов. Заметим, что в связи с этим требованием должна быть обеспечена возможность сравнительной оценки надежно-

сти проектируемых элементов жизненного цикла городского жилого фонда;

5) использование результатов, полученных при проектировании, для контроля качества элементов жизненного цикла городского жилого фонда на этапе возведения и определения обоснованной периодичности ремонтов и восстановления его элементов в процессе эксплуатации (прогнозирование отказов и планирование ремонтов), а также эффективных методов сноса, использования и утилизации конструкций и элементовносимых зданий и сооружений (экологический аспект).

1. Шутенко Л.Н. Обеспечение устойчивого развития городов на основе совершенствования технологических процессов формирования городского жилого фонда // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.36. – К.: Техніка, 2002. – С. 407-415.

2. Шутенко Л.Н. Об оценке надежности жизненного цикла городского жилого фонда // Науковий вісник будівництва. Вип.15. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2001. – С. 3-18.

3. Колотилкин Б. М. Надежность функционирования жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 376 с.

4. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства. – М.: СИ, 1974. – 254 с.

5. Шутенко Л.Н. Особенности технологии организационно-технологических процессов формирования жизненного цикла городского жилого фонда // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.39. – К.: Техніка, 2002. – С. 371-374.

6. Шутенко Л.Н., Золотов М. С., Шульга Н.А., Ткачев В. А., Далека В. Ф. Концепция оценки технического состояния городских инженерных сетей в электрическом транспорте г. Харькова // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.37. – К.: Техніка, 2002. – С. 131-134.

7. Шутенко Л.Н., Золотов М. С., Гуцин С. В. Датчики расхода холодной и горячей воды в системах тепло- и водоснабжения жилых домов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.5. – К.: Техніка, 1996. – С. 93-94.

8. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Безлюбенко Е.С. Технологические и прочностные свойства акрилраствора для покрытия полов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.3. – К.: Техніка, 1994. – С. 64-69.

9. Гончаренко Д. Ф. Методы формирования инженерной подготовки реконструкции промышленных предприятий: Дисс... д-ра техн. наук 05.23.08. – М.: МИСИ, 1992. – 486 с.

10. Евдокимов А. Г. Оптимальные задачи на инженерных сетях. – Харьков: Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 153 с.

11. Залуин В. Ф. Стратегия и тактика строительной фирмы в условиях рынка. – Днепропетровск: Придніпровський науковий вісник, 1998. – 240 с.

12. Шутенко Л.Н. Проблемы исследования и оптимизации процесса формирования жизненного цикла городского жилого фонда // Технічний прогрес і ефективність виробництва: Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Вип. 24. – Харків: НТУ “ХПИ”, 2001. – С. 36-38.

13. Шутенко Л.Н. Комплексные строительные конструкции на основе ориентированных стеклопластиков // Доклад на IV Украинской науч.-техн. конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков, 1996. – С. 24-25.

14. Шутенко Л.Н. Экспериментальные исследования несущей способности свай, погруженных с помощью лидера // Основания и фундаменты: Сб. Вып.2. – К., 1969. –

С.104-107.

15. Душин В.В., Шутенко Л.Н., Золотов М.С. Технология соединения сборных бетонных и железобетонных конструкций // Материалы конференции "Проблемы комплексной застройки Южного берега Крыма". Т.2. – Симферополь, 1988. – С. 231-233.

16. Шутенко Л.Н. Об анизотропии механических характеристик грунтов // Известия ВУЗов. Геология и разведка. №12. – Новосибирск, 1968. – С. 86-89.

17. Васильев Б. В. и др. Надежность и эффективность радиоэлектронных устройств. – М.: Советское радио, 1964. – 284 с.

18. Шутенко Л.Н. Интегральное формирование качественных показателей кибернетической системы проектного организационно-технологического решения по формированию жизненного цикла городского жилого фонда // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н.Каразіна. №535. – Харків, 2001. – С. 323-328.

20. Кори Г., Кори Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Пер. с фр. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

21. Шутенко Л.М. Миський житловий фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека. – К.: Техніка, 2002. – 251 с.

Получено 30.08.2002

УДК 657.58 : 668.3

О.В.ЗУДОВ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗАДЕЛКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ В БЕТОН АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ

Приведены результаты определения интенсивности заделки арматурных стержней в бетон акриловым клеем в зависимости от его жизнеспособности и способа ведения работ.

Опыт анкероустановочных работ [1, 2] показал, что наиболее технологичной является заделка арматурных стержней в существующие бетонные и железобетонные конструкции полимерными клеями. При этом использование акриловых клеев наиболее экономичное и менее трудоемкое [3]. Разработки автора показали, что арматурные стержни и выпуски можно заделывать в бетон по двум технологическим схемам [4]. По схеме I арматурные стержни устанавливаются в скважины после заливки в них акрилового клея, а по схеме II акриловый клей заливают в скважины после установки в них арматурных выпусков при монтаже сборных железобетонных конструкций.

Технология закрепления арматурных стержней в бетоне с помощью акриловых клеев состоит из трех операций: образование скважин в бетоне или железобетоне, приготовление клея, установка арматурных стержней (выпусков) и заливка скважин клеем.

При определении интенсивности заделки арматурных стержней (выпусков) в бетон рассматривали два способа производства работ.

Первый способ предусматривает последовательное выполнение