

УДК 303.094.6:69.059.4

**Шмелев Г.Д.** – кандидат технических наук, профессор

E-mail: [shmelev8@mail.ru](mailto:shmelev8@mail.ru)

**Федотова М.И.** – аспирант

E-mail: [petrusha.marina@yandex.ru](mailto:petrusha.marina@yandex.ru)

**Воронежский государственный технический университет**

Адрес организации: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

### **Использование случайных функций и процессов в комбинированной интегральной методике прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Вопросам прогнозирования надежности и долговечности строительных конструкций посвящено большое количество работ. Опубликованные в них методики оценки остаточных сроков службы обладают рядом недостатков. Для прогнозирования остаточных сроков службы предлагается использовать теорию случайных функций и интервальный метод. Для семейства реализаций случайных функций вводятся границы интервала, по которым и выполняется прогноз. Прогнозирование ведется по нескольким независимым параметрам с использованием различных методов и прогнозных моделей.

*Результаты.* Использование предложенного метода позволяет получить несколько интервалов остаточных сроков службы. На каждом интервале генерируются промежуточные числа, по количеству однотипных конструкций в здании. В последующем производится статистическая обработка полученных интервалов остаточных сроков службы.

*Выводы.* Использование большого числа методов прогнозирования по нескольким параметрам позволяет повысить достоверность и точность прогноза.

**Ключевые слова:** прогнозирование, комбинированная интегральная методика, случайные функции, границы, случайный процесс, строительные конструкции.

#### **Введение**

Вопросы прогнозирования самых разнообразных процессов в последние годы приобретают в научной литературе все возрастающую популярность. Не является исключением, и тема прогнозирования различных параметров строительных конструкций зданий и сооружений. Одной из актуальных проблем является тема разработки методики прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций зданий и инженерных сооружений, находящихся в стадии эксплуатации или консервации. Начиная с середины 90-х годов 20 века, в Российской Федерации введена система промышленной безопасности, предполагающая проведение экспертиз промышленной безопасности, в том числе зданий (инженерных сооружений) на опасных производственных объектах, и предусматривающая расчетное обоснование остаточных сроков службы строительных конструкций. Однако, до настоящего времени нет ни одной утвержденной методики, которая бы позволяла оценить остаточный срок службы не только здания или инженерного сооружения в целом, но и отдельных конструкций в частности.

Аналогично ситуация обстоит и в области атомной энергетики, с той лишь разницей, что в области атомного надзора есть одна утвержденная методика оценки железобетонных конструкций, а именно методика оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности (РД ЭО 0447-03). Следует заметить, что методика содержит ошибки, опечатки, требует от инженера глубоких познаний в механике разрушения бетона. Кроме того, методика рассматривает работу строительных конструкций при перепаде температур в зимний и летний периоды времени, что характерно только для ограждающих конструкций. Конструкции, эксплуатирующиеся в условиях практически неизменных температур внутри здания, рассматриваемая методика рассчитать не может, так как такой расчет приводит в итоге к разного рода математическим неопределенностям.

### Анализ существующих методик прогнозирования

Многими исследователями создаются различные упрощенные методики, учитывающие самые разнообразные параметры конструкций. В таблице перечислены методики прогнозирования остаточного ресурса строительных конструкций, разработанные в нашей стране, и дана краткая информация об их особенностях.

Таблица

**Методики прогнозирования и оценки остаточного ресурса строительных конструкций**

Источник	Наименование методики, особенности методики, год опубликования
РД ЭО 0447-03	Механика разрушения бетона. Учет внутренних дефектов структуры бетона с использованием коэффициентов интенсивности напряжений. 2003
Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам.	Определение категории технического состояния по наличию дефектов и повреждений строительных конструкций зданий и сооружений. Использование экспоненциальной модели распределения плотности вероятности. 2001
[1]	Использование экспоненциальной модели, теории нечетких множеств и квалиметрии. Введение понятия риска, основанного на изменении физического износа и энтропии. Использование экспоненциальной модели распределения плотности вероятности. 2006
[2]	Расчет остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений. Экстраполяция параметров, определяющих техническое состояние, с использованием квадратичной зависимости. Зависимость строится по нескольким промежуточным точкам, соответствующим вычисленному значению несущей способности. 2007.
[3]	То же, но с использованием квадратной параболы имеющей осью симметрии ось абсцисс ветви, которой направлены в сторону отрицательных значений абсцисс. Зависимость строится по нескольким промежуточным точкам, соответствующим вычисленному значению несущей способности. 2009.
[4]	Определение в разные периоды эксплуатации величины контролируемого параметра (степень поврежденности конструкций), построение регрессионной зависимости и экстраполяция полученной зависимости. 2011.
[5]	Методика прогнозирования деградации. Экспоненциальная модель надежности, использующая показатели износа строительных конструкций. 2004.
[6]	Определение остаточного ресурса строительной конструкции. Экспоненциальная модель надежности, вероятности отказов на начало и конец эксплуатации. Предложения по вероятностному расчету конструкций. 2008
[7]	Деградационная модель износа железобетонных конструкций инженерных сооружений при малоцикловом нагружении и коррозионном воздействии окружающей среды. Учитывается мера накопления повреждений в бетоне и арматуре. Выполняется учет изменения прочности бетона. 2004.
[8]	Моделирование деградации. Линейная модель деградации. Коэффициент стойкости бетона. 2008.
[9]	Линейная модель снижения несущей способности. Проверка и учет проектной несущей способности. Линейная модель снижения несущей способности строительных конструкций. 2001.
[10]	Нелинейная модель развития физического износа. Предложена нелинейная модель развития физического износа строительных конструкций независимо от их вида. Модель предусматривает три стадии работы: приработка, нормальная работа и лавинообразное накопление повреждений. 2006.
[11]	Линейные модели развития поврежденности и вероятности безотказной работы конструкций. 2012
[12]	Учет динамической составляющей при сейсмических воздействиях. Используется модель многоциклового усталости материалов конструкций. 1998.
[13]	Расчет долговечности строительных элементов. Экспоненциальная модель развития деградации конструкций, учитывающая развитие дефектов и накопление повреждений конструкций во времени. 1971.

Перечисленные в таблице методики можно разделить на несколько групп:

1-я группа методик [5, 6, 13] выполнена на основе экспоненциальной модели распределения плотности вероятности. К недостаткам методик этой группы следует

отнести невозможность прогнозирования поведения конструкций, имеющих явно выраженные износосвые отказы, так как экспоненциальная модель описывает внезапные отказы и может быть использована для оценки времени между внезапными отказами. Исключение из этого ряда составляет работа [13], поскольку с использованием модели выполняется прогноз развития коррозионных процессов, а не надежности конструкции;

2-я группа методик основана на использовании линейных моделей [8, 9, 11]. К недостаткам этих методик следует отнести низкую точность прогноза;

3-я группа объединяет нелинейные модели развития ключевых параметров [4, 7, 10] и несущей способности конструкций [2, 3]. Эта группа основана на построении моделей интерполяции значений собранных в ходе длительных наблюдений и экстраполяции их в будущее. К недостаткам этой группы методик следует отнести необходимость постоянного наблюдения за объектом, исключение составляет методика [10], не требующая большого количества наблюдений;

4-я группа методик основана на изменении несущей способности конструкций при воздействии циклических нагрузок [7, 12] при одновременном использовании вероятностных расчетов строительных конструкций [6, 12].

Особняком в этом ряду стоит методика оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности (РД ЭО 0447-03), которая основана на механике разрушения бетона. К ее недостаткам можно отнести: сложность учета и анализа внутренней дефектной структуры бетона, множество промежуточных величин, характеризующих состав и внутреннюю структуру бетона, реальный учет которых для большинства строительных конструкций достаточно сложен.

К наиболее перспективным методикам, с точки зрения их точности и достоверности расчета, следует отнести методики, основанные на вероятностных расчетах строительных конструкций. Однако следует заметить, что использование при прогнозировании вероятностных методов расчета строительных конструкций сопряжено с рядом трудностей самого различного характера, некоторые из них перечислены ниже:

- для выполнения вероятностных расчетов одной конструкции требуется определить в конкретный момент времени характер распределения ее определяющих параметров, нагрузок, воздействий, а также характеристик материалов. Если же речь идет о здании, состоящем из десятков и сотен разнородных конструкций, то расчеты значительно усложняются;

- для выполнения вероятностных прогнозов все вышеперечисленные параметры и характеристики надо четко пронаблюдать на интервале «предыстории» прогнозируемого объекта, чтобы провести аппроксимацию на интервале «предыстории» и экстраполяцию их развития на интервале прогнозирования;

- предположение сохранения параметров, зафиксированных сегодня на далекую перспективу, при выполнении прогноза неминуемо приведет к грубой ошибке и полностью сведет на нет все преимущества вероятностного метода, поскольку известным фактом является размывание распределений любых параметров конструкций во времени;

- следует учесть, что прогноз, построенный на строгой математической модели, пусть даже самой точной, не предусматривает возможных изменений, которые могут произойти в будущем. К таким изменениям можно отнести внезапное повышение нагрузок, непредвиденную осадку фундамента из-за подтопления и т. п.

Анализ публикаций в зарубежной печати [15-20] показал, что в них рассматриваются линейные или экспоненциальные модели прогнозирования (более ранние методики), либо методики вероятностного расчета конструкций, учитывающие только развитие напряженно-деформированного состояния конструкций.

### **Предложения по разработке методики**

В последние годы активно развивается методика интервального прогнозирования, основанная на учете ошибок измерений, случайных числах и выборках. Эта методика находит все более широкое применение в различных областях прогнозирования. Однако, математический аппарат, используемый при интервальном прогнозировании, требует от пользователя глубоких знаний в специфической области математики – интервальных вычислениях.

Известные более сотни лет методы статистического прогнозирования продолжают развиваться и в настоящее время, но применение их на практике сдерживается отсутствием результатов длительных статистических наблюдений. Попытки построения статистических прогнозов не находят широкого применения, так как даже в случае наличия данных наблюдения на некотором временном отрезке, нет четкой уверенности в том, что выявленная зависимость не содержит грубых ошибок измерений и адекватно описывает изменение состояния конструкций до начала наблюдения и на дальнейшую перспективу (на период прогноза).

В предлагаемом автором подходе к решению сложных задач прогнозирования строительных конструкций эксплуатируемых зданий и инженерных сооружений сделана попытка использования преимуществ известных методов прогнозирования в сочетании с доступностью разработанной методики прогнозирования.

Проблему сложности сбора статистических данных о группе однотипных конструкций, характеристики которых предстоит прогнозировать, предлагается решать с использованием интервального метода. Суть метода заключается в том, что при проведении визуального обследования в группе однотипных конструкций (выборке) выделяются наиболее поврежденные конструкции и конструкции, имеющие наилучшее состояние. Для них производится инструментальный контроль всех определяющих параметров. Поскольку в выборку попали конструкции со значительно различающимися параметрами и характеристиками, классическая математическая статистика при попытке получения статистических характеристик такой выборки потребует расширения выборки из-за ее значительной неоднородности. Расширение выборки означает увеличение числа инструментальных измерений всех определяющих параметров. Увеличение числа инструментальных измерений сопряжено сразу с двумя проблемами:

- дополнительный выезд на объект и как следствие увеличение сроков обследования;
- повышение заранее оговоренной стоимости работ по обследованию объекта.

Оба этих пункта входят в противоречие с интересами заказчика, имеющего желание получить результаты в кратчайшие сроки и со снижением общей стоимости работ.

Использование интервального метода сбора сведений об объекте исследования позволяет заранее определиться с числом контролируемых (определяющих) параметров, набором и количеством инструментальных исследований непосредственно на объекте. Вся статистическая обработка полученных инструментальных измерений, в интервальном методе сводится к нахождению максимального и минимального значений каждого параметра. Именно эти значения, полученные с учетом ошибок приборов, влияния внешних воздействий, неточности фиксации значений при записи и др., принимаются за границы интервала измеренного параметра.

Дальнейшее прогнозирование ведется по верхней и нижней границам определяющих параметров. Для повышения точности прогноза и учета всех возможных изменений в будущем, на период прогнозирования, подключается аппарат случайных функций.

### **Научное обоснование предлагаемой методики прогнозирования**

С точки зрения дальнейшего развития любой процесс, происходящий во времени, может быть представлен как случайный (рис. 1).

Фактически график, изображенный на рис. 1, является одной реализацией случайного процесса  $D(t)$  из множества возможных реализаций. В теории случайных процессов такая реализация носит название неслучайной функции  $x(t)$ , в которую превращается случайный процесс  $X(t)$  в результате проведения опыта [14]. При рассмотрении большого количества наблюдений, получаем семейство реализаций случайного процесса. На практике, такое семейство реализаций является экспериментальной основой для выявления закономерностей поведения однотипных объектов во времени и построения на их основе прогнозирующих функций.

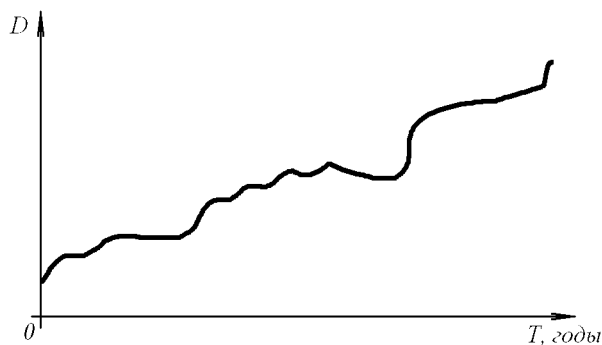


Рис. 1. Развитие случайного процесса

Графически семейство реализаций случайного процесса может быть представлено в следующем виде (рис. 2).

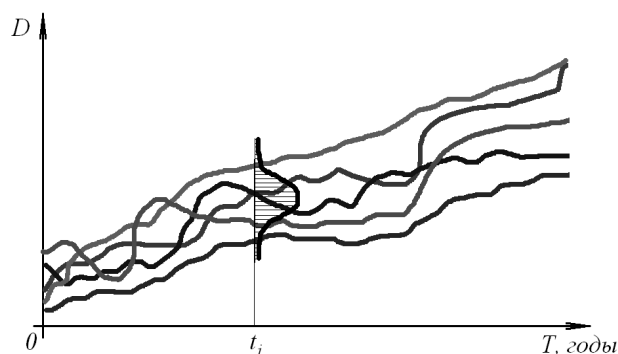


Рис. 2. Распределение семейства реализаций случайного процесса

Если рассмотреть сечение семейства всех возможных реализаций случайных функций случайного процесса в фиксированный период времени  $t_i$ , то при достаточно большом количестве реализаций такое сечение будет представлять собой закон распределения случайного процесса (рис. 2).

В реальных условиях эксплуатации для строительных конструкций при проведении измерений их параметров и физических величин в фиксированные моменты времени характерен разброс показателей, который является фактическим распределением параметра или физической величины (функцией распределения).

В этом случае можно говорить о реальной применимости случайных процессов к прогнозированию, в том числе и к процессу деградации строительных конструкций по ключевым (определяющим) параметрам.

Однако, при выполнении прогнозов с использованием случайных процессов на семейство реализаций случайных функций необходимо накладывать ряд ограничений:

- коридор случайных функций должен быть ограничен сверху и снизу (рис. 3), но при этом должен оставаться достаточно широким, чтобы охватить максимально возможное число реализаций случайных процессов, происходящих в реальных конструкциях, при учете изменчивости реальных нагрузок и воздействий;

- границы коридора случайных функций должны описываться простейшими функциями, в целом адекватно описывающими процессы, происходящие со строительными конструкциями, составляющими их материалами и действующими на них нагрузками, в реальных условиях эксплуатации.

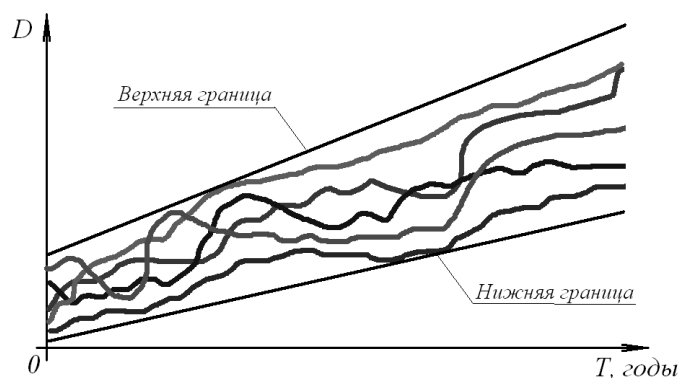


Рис. 3. Ограничения на семейство реализаций случайного процесса сверху и снизу

На рис. 3 изображен возможный вариант ограничения случайных функций из семейства реализаций случайного процесса граничными линейными функциями. В зависимости от общего характера протекающих процессов в отношении каждого ключевого (определяющего) параметра могут быть использованы как линейные, так и нелинейные функции.

Верхняя и нижняя границы, наложенные на семейство реализаций случайного процесса, в любой момент времени образуют интервалы значений, ограниченные сверху и снизу максимальным и минимальным значениями распределения параметра. Именно эти значения и предлагается использовать при последующем прогнозировании.

В ходе выполнения прогноза, функции, описывающие нижнюю и верхнюю границы диапазона, семейства реализаций случайного процесса изменения ключевого (определяющего) параметра пересекутся с границей, определяющей предельно допустимое изменение параметра (рис. 4).

Для прогнозирования, с целью повышения достоверности прогноза группы однотипных конструкций, рекомендуется использовать одновременно несколько ключевых параметров, для каждого из которых будут получены свои временные интервалы. Полученные временные интервалы по каждому параметру прогнозирования и прогнозирующей функции следовало бы подвергать статистической обработке по методам интервальной математики и статистики. Однако, это значительно затруднило бы как сам процесс обработки, так и процесс понимания исполнителем проводимых математических действий над интервалами.

Для возврата к классической статистике предлагается на каждом полученном временном интервале при помощи генератора случайных чисел провести моделирование чисел, имитирующих промежуточные значения сроков службы. Предполагается генерировать на каждом временном интервале такое количество чисел, которое бы соответствовало реальному количеству конструкций в исходной выборке.

Далее методами классической математической статистики производится обработка значений интервалов, определяется сходимость всех полученных интервалов, оцениваются возможные выбросы, производится группировка отдельных интервалов в итоговый временной интервал. Для последнего методами классической математической статистики оцениваются доверительные границы интервала.

В предлагаемой методике количество отдельных временных интервалов соответствует количеству использованных при выполнении прогноза методов и функций. Следовательно, даже для небольшого по количеству конструкций здания или инженерного сооружения, будет получен набор значений выходного параметра, достаточный для выполнения строгого статистического анализа с использованием классических статистических методов. При этом достоверность прогноза, за счет привлечения большого количества разнородных методов и функций прогнозирования, значительно возрастает.

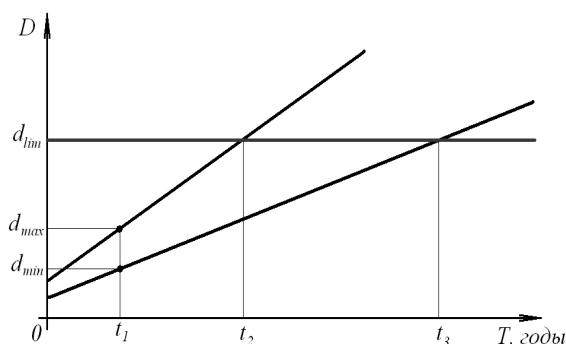


Рис. 4. Схема интервального прогнозирования по одному из ключевых параметров:  
 $t_1$  – время выполнения обследования строительной конструкции и фиксации значений ключевого (определяющего) параметра;  
 $d_{min}$  и  $d_{max}$  – минимальное и максимальное значения ключевого (определяющего) параметра, зафиксированные на момент времени  $t_1$ ;  
 $t_2$  – нижняя граница временного интервала срока службы строительной конструкции, полученная в результате прогноза;  
 $t_3$  – верхняя граница временного интервала срока службы строительной конструкции, полученная в результате прогноза;  
 $d_{lim}$  – предельное значение ключевого (определяющего) параметра, по которому выполнялся прогноз

Предлагаемая методика является комбинированной, поскольку при проведении прогноза используются одновременно:

- интервальные оценки определяющих параметров;
- прогнозирование на основе теории случайных функций;
- моделирование изменения состояния реальных конструкций с использованием генератора случайных чисел на полученных в ходе прогноза временных интервалах по каждому прогнозируемому параметру;
- классической математической статистики для окончательной статистической обработки полученных результатов.

Термин «интегральная оценка» подразумевает, что прогнозирование выполнено с учетом подхода к проблеме, с использованием максимального числа методов прогнозирования: экспертных оценок (по физическому износу, поврежденности и снижению несущей способности), параметрических методов (по прочности материала, прогибам, отклонению от вертикали и др.) и «точных» методов, основанных на расчетах строительных конструкций по двум группам предельных состояний (по несущей способности – все расчетные сечения, по деформациям – прогибы, образование и раскрытие трещин).

### Заключение

Разработанная автором комбинированная интегральная методика прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций включает в себя несколько различных подходов к прогнозированию, использует различные методы и функции и позволяет при минимальной информации об объекте прогнозирования получить статистически обоснованный результат прогноза. При этом для построения прогноза используется небольшое количество исходных данных и не требуется длительное наблюдение за состоянием строительных конструкций здания или инженерного сооружения. Поскольку автором предложено использовать одновременно несколько ключевых (определяющих) параметров группы однотипных строительных конструкций и несколько методов прогнозирования, то все это, при выполнении последующей статистической обработки, позволяет повысить достоверность и точность прогноза.

Предложенный метод опробован на ряде объектов, в том числе при обосновании остаточных сроков службы отдельных строительных конструкций реакторного отделения 5-го блока Нововоронежской АЭС.

**Список библиографических ссылок**

1. Мельчаков А. П., Чебоксаров Д. В. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений. Челябинск : ЮУрГУ, 2009. 111 с.
2. Шматков С. Б. Расчет остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений // Вестник ЮУрГУ. 2007. № 22. С. 26-57.
3. Суцев С. П., Адаменко И. А., Смолинов Н. А. Остаточный ресурс конструкций здания (сооружения) и возможные методы его оценки // Предотвращение аварий зданий и сооружений : интернет-изд. 2009. URL: <http://pamag.ru/prensa/ostatok-resurs> (дата обращения: 20.04.2013).
4. Самигуллин Г. Х., Султанов М. М. Определение остаточного ресурса производственных зданий и сооружений нефтеперерабатывающих предприятий // Нефтегазовое дело : интернет-изд. 2011. № 2. С. 167–175. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Samigullin/Samigullin\\_3.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Samigullin/Samigullin_3.pdf) (дата обращения: 25.04.2013).
5. Козачек В. Г., Нечаев Н. В., Нотенко С. Н., Римшин В. И., Ройтман А. Г. Обследование и испытание зданий и сооружений. М. : Высш. шк. 2004. 447 с.
6. Лычев А. С. Надежность строительных конструкций. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов. 2008. 184 с.
7. Пухонто Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). М. : АСВ. 2004. 424 с.
8. Селяев В. П. Долговечность строительных материалов, изделий, конструкций. Методы прогнозирования // Строительство, архитектура, дизайн : интернет-изд. 2008. Выпуск 2. URL: [http://marhdi.mrsu.ru/2008-2/pdf/69\\_seliaev.pdf](http://marhdi.mrsu.ru/2008-2/pdf/69_seliaev.pdf) (дата обращения: 25.04.2013).
9. Шмелев Г. Д. Техническая безопасность строительных конструкций : материалы международного науч. симпозиума – Безопасность жизнедеятельности, XXI век / ВолгГАСУ. Волгоград, 2001. С. 106–108.
10. Шмелев Г. Д., Савченко Е. Н. Методика экспресс прогноза остаточного срока службы конструкций зданий и сооружений по их физическому износу : сб. тезисов докладов – Первой международной научно-практической конференции Оценка риска и безопасность строительных конструкций / ВГАСУ. Воронеж, 2006. С. 87–89.
11. Шмелев Г. Д., Головина Н. В. Прогнозирование надежности и остаточного ресурса строительных конструкций с использованием метода линеаризации в условиях ограниченной статистической информации : сб. науч. тр. SWorld Международной науч.-практ. конференции Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании, 2012 / КУПРИЕНКО. Одесса, 2012. С. 100–107.
12. Чирков В. П. Анализ динамического поведения конструкций при интенсивных многокомпонентных сейсмических воздействиях // Информационный бюллетень РФФИ Математика, информатика, механика. 1998. № 6.
13. Авиром Л. С. Надежность конструкций сборных зданий и сооружений. Л. : Изд-во литературы по строительству. 1971. 216 с.
14. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М. : Высш. шк. 2000. 383 с.
15. Rosovsky D. V. Structural Reliability. Part of publ. W.Chen, The Civil Engineering Handbook, CRC Press, W.F. Chen Ed. 1995, Clenslon University. CS.
16. Alex F Bielajew. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and particle transport / The University of Michigan. 1998.
17. Bojidar S. Yanev. Bridge Management for New York City. Structural Engineering International 3/98. P. 21–215.
18. Kala Z. Finite element method for sensitivity analysis of stability problems of steel plane frames. In Proc. of Int. Conf. CMM-2009 – Computer Methods in Mechanics. 2009, Zielona Gora (Poland). P. 49-52.
19. Puklicky L., Omishore A., Kala Z. Fuzzy and Fuzzy. Random Analysis of Uncertainties of Standards Leading to Failure of Structures. In CD prog. of Int. Conf. on Computational Method for Coupled Problems in Science and Engineering, COUPLED PROBLEMS



2009, Ischia, 2009. P. 25–31.

20. Shmelev G., Makarychev K. The technique of expert evaluation and forecast of actual reliability of building structures of operated buildings and engineering constructions. In Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2011. № 4. P. 7-17.

**Shmelev G.D.** – candidate of technical sciences, professor

E-mail: [shmelev8@mail.ru](mailto:shmelev8@mail.ru)

**Fedotova M.I.** – post-graduate student

E-mail: [petrusha.marina@yandex.ru](mailto:petrusha.marina@yandex.ru)

**Voronezh State Technical University**

The organization address: 394006, Russia, Voronezh, 20<sup>th</sup> anniversary of October str., 84

### **The use of random functions and processes in the combined integral method of forecasting the residual service life of building constructions**

#### **Abstract**

*Problem statement.* Based on the analysis of existing techniques of predicting the reliability and residual service life of building constructions proposed combined integral technique of an estimation residual service life of building constructions and engineering structures. Technique simultaneously uses: interval estimates of defining parameters; prediction based on the theory of random functions; modeling of real change in the state constructions using a random number generator for prediction obtained during time intervals for each forecasted parameter; classical mathematical statistics for the final statistical analysis of the results. To perform the prediction held apparatus random functions and processes. By random processes restrictions are imposed. Forecasting of conducted on several methods: expert assessments, parametric, method «load – load bearing capacity» method «load – of deformation». Apparatus functions of random amplified using the technique of interval forecasting.

*Results.* The projections are used top and bottom interval values for each parameter defining, obtained in the study of the technical condition of the object. In the course prediction parameter for each interval is obtained lifetime. Inside each interval are simulated intermediate deadlines service lives of all type under study constructions. In the subsequent interval are combined according to the rules aggregation. In this case, the forecast used to build a small amount of input data and does not require long-term monitoring of the constructions building or engineering structure.

*Conclusion.* The proposed approach allows the author increase the reliability and accuracy of the prediction with minimal set of input data without a long-term observation of the object.

**Keywords:** forecasting, combined integral method, the random function, borders, random process, building construction.

#### **References**

1. Melchakov A. P., Cheboksarov D. V. Prognosis, assessment and management risk of an accident buildings. Chelyabinsk : YuUrGU. 2009. 111 p.
2. Shmatkov S. B. The calculation of the residual life construction structures of buildings and structures // Herald YuUrGU. 2007. № 22. P. 26-57.
3. Sushchev S. P., Adamenko I. A., Smolinov N. A. Residual life of the building structure (structure) and possible methods of assessment // Prevention accidents of buildings and structures : internet-edit. 2009. URL: <http://pamag.ru/pressa/ostatok-resurs> (reference date: 20.04.2013).
4. Samigullin G. H., Sultanov M. M. Determination of the residual life industrial buildings and structures oil refineries // Neftegazovoe delo : internet-edit. 2011. № 2. P. 167–175. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Samigullin/Samigullin\\_3.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Samigullin/Samigullin_3.pdf) (reference date: 25.04.2013).
5. Kozachek V. G., Nechayev N. V., Notenko S. N., Rimshin V. I., Roitman A. G. Survey and test of buildings and structures. M. : Vysshaya shkola. 2004. 447 p.

6. Lychev A. S. Reliability of building structures. M. : ASV. 2008. 184 p.
7. Puhonto L. M. Durability of reinforced concrete structures engineering structures (silos, bins, tanks, tank towers, retaining walls). M. : ASV. 2004. 424 p.
8. Selyaev V. P. Durability of building materials, products and structures. Forecasting methods // Construction, architecture, design : internet-edit. 2008. Issue 2. URL: [http://marhdi.mrsu.ru/2008-2/pdf/69\\_seliaev.pdf](http://marhdi.mrsu.ru/2008-2/pdf/69_seliaev.pdf) (reference date: 25.04.2013).
9. Shmelev G. D. Technical safety of building structures : Materials of International scientific of the symposium. Safety of vital functions, XXI century / VolgGASU. Volgograd. 2001. P. 106-108.
10. Shmelev G. D., Savchenko E. N. Method of express forecast a residual life structures of buildings on their by physical deterioration : Proc. theses of reports – The First International scientific-practical conf. Risk assessment and safety of building structures / VGASU. Voronezh. 2006. P. 87–89.
11. Shmelev G. D., Golovina N. V. Prediction maintainability and remaining life of building constructions using a method of linearization in conditions of limited of statistical information : Proc. scientific tr. SWorld. – The international scientific-practical conference Modern problems and their solutions in the science, transportation, manufacturing and education, 2012 / Kupriyenko. Odessa, 2012. P. 100–107.
12. Chirkov V. P. The analysis of the dynamic behavior of structures under intense multi-component seismic effects // Newsletter RFFI. Mathematics, computer science, mechanical. 1998. № 6.
13. Aviom L. S. Reliability of structures prefabricated buildings. L. : Publishing Literary po stroitelstvu. 1971. 216 p.
14. Ventsel E. S., Ovcharov L. A. The theory of stochastic processes and its engineering applications. M. : Vysshaya shkola. 2000. 383 p.
15. Rosovsky D. V. Structural Reliability. Part of publ. W. Chen, The Civil Engineering Handbook, CRC Press, W.F.Chen Ed. 1995, Clenson University. CS.
16. Alex F Bielajew. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and particle transport / The University of Michigan. 1998.
17. Bojidar S. Yanev. Bridge Management for New York City. Structural Engineering International 3/98. P. 21–215.
18. Kala Z. Finite element method for sensitivity analysis of stability problems of steel plane frames. In Proc. of Int. Conf. CMM-2009 – Computer Methods in Mechanics. 2009, Zielona Gora (Poland). P. 49–52.
19. Puklicky L., Omishore A., Kala Z. Fuzzy and Fuzzy. Random Analysis of Uncertainties of Standards Leading to Failure of Structures. In CD prog. of Int. Conf. on Computational Method for Coupled Problems in Science and Engineering, COUPLED PROBLEMS 2009, Ischia, 2009. P. 25–31.
20. Shmelev G., Makarychev K. The technique of expert evaluation and forecast of actual reliability of building structures of operated buildings and engineering constructions. In Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2011. № 4. P. 7–17.