

УДК 624.012.45

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Н. А. НЕВГЕНЬ, А. А. СОЛОШЕНКО, А. А. КРИВОРУЧКО, А. С. ПОПЫТАЙЛЕНКО,  
И. В. ЕЛЬКИН**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Проблемы долговечности привлекают заметное и все возрастающее внимание в строительном мире. Это объясняется тем, что значительная часть зданий, сооружений и объектов инфраструктуры возведена 50–70 лет назад и находится в настоящее время в изношенном состоянии. Емкостные инженерные сооружения – необходимая часть современного городского строительства. Они нашли применение во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. Многоплановая проблема долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений представляет собой совокупность ряда взаимосвязанных проблем: технологичности, надежности, экономичности, а также экологических аспектов. Ее решение должно осуществляться на основе системного подхода. В то же время в области долговечности еще много неясного; часто рассмотрение ограничивается практическим или даже коммерческим уровнями, и для дальнейшего продвижения необходимо решить ряд назревших проблем. Одна из важнейших – разработка современных методов прогнозирования долговечности или срока службы проектируемых элементов и конструкций. Другой существенной и актуальной проблемой является разработка практических методов повышения долговечности железобетонных конструкций инженерных сооружений, находящихся в эксплуатации. В статье изложены общие вопросы и современное состояние данной проблемы, включая основные положения проектирования долговечности железобетонных конструкций, существующие методы ее оценки, понятия и критерии, связанные с долговечностью.

**долговечность, надежность, корреляция, моделирование, безотказная работа, деградация**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Железобетонные конструкции инженерных сооружений в процессе длительной эксплуатации подвергаются воздействию сложных по своему характеру нагрузок, температурно-влажностных деформаций, агрессивной среды, других внешних и внутренних по отношению к конструкции факторов.

В целом развитие проблемы долговечности железобетонных конструкций и сооружений реализуется путем разработки методов оценки, прогноза и повышения долговечности. При рассмотрении долговечности железобетонных конструкций можно выделить следующие особенности этой проблемы:

- 1) вероятностный характер силовых и несиловых воздействий, их комплексность и взаимосвязь;
- 2) изменчивость технических характеристик материалов и конструкций;
- 3) влияние фактора времени на характер воздействий и свойства материалов.

### **ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Прогнозирование ресурса и срока службы – составляющая часть теории надёжности железобетонных конструкций.

Еще в 1924 г. Н. С. Стрелецкий выделил три фактора, определяющих безопасную работу сооружения: изменчивость свойств в материалах, изменчивость нагрузки и конструктивную поправку на правильность и качество изготовления конструкций. Он предложил универсальный подход по

нахождению оптимального срока службы, который должен определяться по минимуму эксплуатационных расходов.

Современные методы расчета надёжности строительных конструкций, разработанные В. В. Болотиным, А. Р. Ржаницыным и другими учеными, открыли возможность внедрять в практику проектирования, строительства и эксплуатации методы теории вероятности, математической статистики и теории случайных процессов [1, 6].

В варианте теории надёжности механизмов и конструкций, разработанном В. В. Болотиным, отражено поведение объекта как результат его взаимодействия с окружающей средой.

Условие надёжности конструкции в течение времени эксплуатации имеет вид:

$$P_{(t)} \geq P_H, \quad (1)$$

где  $P_{(t)}$  – вероятность безопасной работы конструкции в момент времени  $t$ ;  
 $P_H$  – нормативное значение вероятности безопасной работы. Левая часть неравенства означает, что опасное состояние наступает в том случае, если усилие от внешней нагрузки  $S$  превышает несущую способность элемента  $Z$ , то есть, если

$$S - Z > 0, \quad (2)$$

с вероятностью  $1 - P(t)$

Для расчета вероятности безопасной работы вычисляются стохастические свойства системы «нагрузка – прочность», поскольку конкретные реализации случайных процессов нагрузок и несущей способности отклонения от своих средних значений  $\bar{S}(t)$  и  $\bar{Z}(t)$ , изменяющихся с течением временем  $t$ .

Поэтому для любого момента времени должны быть описаны распределения несущей способности  $f(z, t)$  и нагрузок  $f(s, t)$  и построены необходимые корреляционные связи между случайными величинами, определяющими поведение конструкции в течение срока ее службы.

Успешной разработке вероятностных методов расчета способствовали фундаментальные работы А. Р. Ржаницына [6], который предложил вероятность безотказной работы конструкций  $P(t)$  за заданный срок службы « $n$ » лет определять как вероятность неравенства

$$R - Q_n > 0, \quad (3)$$

где  $Q_n$  – обобщенная нагрузка, которая может возникнуть в течение расчётного срока службы;  
 $R$  – характеристика обобщенной прочности конструкции. Тогда резерв прочности конструкции определяется как:

$$S = R - Q_n. \quad (4)$$

Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = \int_0^{\infty} Q_{qrr}(t) dt. \quad (5)$$

При выражении плотности распределения случайных величин с заданным законом распределения  $P_s$  через плотность вероятности нагрузки  $P_n$  и прочности  $P_r$  вероятность  $P(t)$  приобретает вид:

$$P(t) = \int_0^{\infty} Q_{qrr}(t) \Phi(t) dt, \quad (6)$$

где  $\Phi(t) = 1 - P_r(t)$ ,  $P_r$  – функция распределения характеристик прочности.

Одной из важных задач вероятностного расчёта строительных конструкций является расчёт на безопасность с учётом износа и влияния местных дефектов.

Техника вычислений вероятностного отказа предусматривает ряд этапов: определение состояния отказа, выбор функции работоспособности, формулировка условий отказа, выбор вероятностных моделей и вычисление вероятности условия отказа методами численного интегрирования, а также методом «горячих» точек. Статистическое моделирование выполняется по частоте появления события [5].

В. Д. Райзером введена функция износа в условиях безотказной работы конструкций:

$$R_0 f(t) = Z(t) > S(t), \quad (7)$$

где  $R_0$  – начальное значение несущей способности;  
 $S(t)$  – нагрузочный эффект (усилия, напряжения);  
 $f(t)$  – функция износа;  
 $Z(t)$  – процесс изнашивания.

Применение метода теории надёжности для прогнозирования долговечности железобетонных конструкций встретило ряд трудностей. Известна модель надёжности строительных конструкций «нагрузка – прочность», в случае, когда причиной отказа является разрушение, в основном не учитывают фактор времени, что и не позволяет проследить эволюцию состояния конструкции, связанную с процессами разрушения.

Практические методы расчета ресурса и срока службы железобетонных конструкций отличаются от принятых в оценках долговечности машин и механизмов вследствие специфики развития деградационных процессов и разнообразия их сочетаний, весьма разной длительностью эксплуатации, из-за ограниченности или отсутствия исходной информации о законах распределения случайных факторов во времени и других причин.

При изучении строительных объектов, подверженных воздействию знакопеременных нагрузок, существенное значение приобрело понятие ресурса (наработка, назначенный срок службы, суммарный срок службы).

Для описания изменения несущей способности  $\Phi(t)$  с учетом фактора времени и накопления повреждений предлагается формула:

$$\Phi(t) = a_{\Phi}(t) \Phi_0 \quad (8)$$

где  $\Phi_0$  – несущая способность железобетонной конструкции после изготовления при  $t = 0$ ,  
 $a_{\Phi}(t)$  – функция времени, отражающая изменение несущей способности с течением времени при эксплуатации в связи с нарастанием прочности, условиями повторных и длительных нагрузок, влиянием агрессивной среды и других факторов.

На основе этого подхода получено основное уравнение ресурса по бетону предварительно напряженных железобетонных пролетных строений мостов при совместном учете переменных факторов, условий нагружения и эксплуатации, что позволило определить срок службы элементов конструкций в результате разрушения бетона:

$$T = \frac{N_1}{n_i} \left( \frac{1 + \gamma V_R}{\eta} \right)^m, \quad (9)$$

где  $n_i$  – число циклов воздействий нагрузки в год;  
 $N_1 = 2 \cdot 10^6$ ;  
 $m = 20$ ;  
 $\gamma$  – коэффициент, соответствующий заданной обеспеченности  $P$ ;  
 $\gamma = -2,33$  при  $P = 0,99$ ;  
 $\eta$  – коэффициент, учитывающий уровень нагружения.

Рассмотренный подход несколько условен из-за несовершенства методики оценки вероятности работоспособности элементов в сечениях случайного процесса: к несущей способности предъявляются высокие требования по надежности, тогда как предельное состояние элементов характеризуется значительной неустойчивостью. В этом смысле более удобен расчетный метод, основанный на последовательной замене случайных аргументов [7].

В современных нормах проектирования железобетонных конструкций по методу предельных состояний при разработке системы коэффициентов надёжности в рамках теории надёжности использованы методы теории вероятности и математической статистики, а непосредственно расчет выполняется по детерминированной схеме. Железобетонные конструкции, рассчитанные с помощью методов расчета, регламентированных в нормах проектирования, могут иметь неодинаковую вероятность безотказной работы по разным сечениям.

Кроме того, в силу многоплановости проблемы долговечности в настоящее время применение только вероятностных методов не позволяет получить ответы на ряд конкретных вопросов, интересующих практиков.

Долговечность рассматривается как всеобъемлющий критерий, зависящий не только от условий окружающей среды, но также от расчетных параметров конструкции, характеристик материалов,

пропорций смеси и методов обработки. Подчеркивается важность изучения фундаментальных принципов, лежащих в основе процессов взаимодействия конструкций и окружающей среды.

Расчетные методы, основанные на той или иной разновидности теории ползучести, позволяют определить напряжения, перемещения и деформации железобетонных элементов в любой момент времени действия длительной нагрузки постоянного уровня. Предложения по учету переменности внешних воздействий нашли отражение в трудах А. Я. Барашикова, Ю. П. Гуци, Н. И. Карпенко [3].

Метод трансформированного времени  $\tau_t$ , разработанный Н. И. Карпенко, позволяет избежать необходимости запоминать обширную информацию по истории напряженно-деформированного состояния элемента, что значительно упрощает расчеты.

Предлагаются подходы к прогнозированию долговечности материалов и изделий из них методом деградиционных функций при комбинированных воздействиях и дан критерий предельного состояния, наступающего вследствие разрушения сжатого элемента от совместного воздействия силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды, который определяется неравенством:

$$N < D(N) N(O), \quad (10)$$

где  $N(O)$  – усилие, воспринимаемое элементом в начальный момент эксплуатации.

Для определения предельного состояния материалов при циклическом действии механических нагрузок, агрессивной среды и температуры используется критерий суммирования повреждений, получены выражения для описания долговечности образца при действии теплового, механического или химического видов энергии:

$$\tau_p(u_n) = \tau_0 \exp\left(\frac{u_0 - u_n}{kT}\right), \quad (11)$$

где  $T$  – абсолютная температура,  
 $k$  – постоянная Больцмана;  
 $u_0$  – начальная энергия активации;  
 $u_n$  – уровень энергетического воздействия;  
 $\tau_0$  – константа. При этом поглощаемая энергия определяется как разность площадей диаграмм « $\sigma$ – $\varepsilon$ », определенных до и после энергетического воздействия.

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ

В настоящее время в развитии практики теории оценки долговечности и в вопросах аналитических подходов прогнозирования срока службы железобетонных конструкций сложилось несколько основных направлений.

1. Общий метод, который является в широком смысле экспертной оценкой; он основан на коллективном опыте и знаниях, полученных на базе лабораторных и производственных испытаний конструкций и материалов, а также специальных исследований [4].

При выборе железобетонных конструкций обычно учитываются эмпирические зависимости между проектными параметрами железобетонных конструкций и их качеством, контролируемым по результатам лабораторных, заводских и натурных испытаний и опыта эксплуатации.

Данный подход допускает, что отобранная железобетонная конструкция будет иметь ожидаемый срок службы, так как предполагается, что если конструкция выполнена в соответствии с требованиями норм и стандартов, то ее требуемый срок эксплуатации будет обеспечен.

Такой метод обеспечивает соответствие теории с практикой лишь в тех случаях, когда срок службы конструкции невелик или если условия окружающей среды не являются агрессивными по отношению к материалу конструкции. Но при решении проблемы прогнозирования сроков службы железобетонных конструкций для отрезка времени, превышающего пределы опыта или знания, такой подход не дает необходимых результатов; например если рассматривается изменяющаяся окружающая среда или когда применяются новые виды бетона и арматуры, а информация о длительном их применении ограничена.

2. Метод прогнозирования, основанный на сравнении эксплуатационного качества. Он построен на предположении, что если железобетонная конструкция была долговечной для определенного времени, то аналогичная конструкция, находящаяся в подобных условиях, будет иметь тот же срок службы.

Ограниченность метода состоит в том, что любая железобетонная конструкция обладает определенной уникальностью из-за вариаций свойств материалов, геометрий и конкретной практики строительства или изготовления. Кроме того, составы бетонных смесей и свойства применяемого бетона или арматуры не остаются неизменными во времени. Используются другие составы и другие значения водоцементных отношений, чем ранее; бетон имеет более низкую плотность и повышенную проницаемость; химические и минеральные добавки повышают его качество и долговечность. Вторая проблема – микроклимат, который специфичен для каждой эксплуатируемой железобетонной конструкции, что и отражается на сроке службы. Поэтому сравнение между долговечностью известных старых и проектируемых новых аналогичных железобетонных конструкций не всегда приводит к достоверным результатам. Сроки службы однотипных конструкций, эксплуатируемых примерно в одинаковых условиях, могут отличаться друг от друга на целый порядок [2].

Другие подходы к отбору железобетонных конструкций основаны на прогнозировании срока службы при использовании расчетов, построенных на знании деградационных механизмов и скорости деградационных процессов.

3. Ускоренные испытания. В тех случаях, когда нет опыта и знаний в отношении сопротивления воздействиям для новых материалов или конструкций, проводятся ускоренные возрастные испытания. Чтобы оценить срок службы новых материалов или конструкций, было сделано допущение, что число циклов ускоренных испытаний несет некоторый вид в зависимости от срока службы в реальных условиях. Сравнивая скорость изменения эксплуатационного качества материала при этих испытаниях с тем же параметром, полученным при долговременных испытаниях в реальных условиях, можно было оценить срок службы новых материалов или конструкций.

Важное требование для использования ускоренных испытаний состоит в том, что деградационные механизмы в них должны быть такими же, как и при эксплуатации.

Если деградационный процесс при соответственно пропорциональной скорости деградации одного и того же механизма одинаков для ускоренных по времени испытаний и долговременных испытаний в эксплуатационных условиях, коэффициент ускорения  $K$  может быть получен из выражения:

$$K = \frac{R_{AT}}{R_{CT}}, \quad (12)$$

где  $R_{AT}$  – скорость деградации в ускоренных испытаниях;  
 $R_{CT}$  – скорость деградации при долговременных испытаниях в эксплуатационных условиях [4].

Наибольшей трудностью в использовании такой методики прогнозирования срока службы является получение обеспеченных данных о параметрах эксплуатационного значения за длительный отрезок времени, что приводит к необходимости развивать зависимости, выраженные через  $K$ .

Метод получил приложение к оценке долговечности конструкций при действии на них только отдельных факторов, например отрицательных температур. Долговечность образца при ускоренных испытаниях  $t$  к сроку службы железобетонной конструкции  $t'$  определяется как:

$$t_1 = kt', \quad (13)$$

где  $k$  – постоянная. В ускоренных испытаниях на морозостойкость при циклическом замораживании и оттаивании количественная оценка долговечности может быть выражена в терминах номера цикла замораживания и оттаивания, при котором достигается заданный уровень повреждений. Тогда срок службы конструкции может быть оценен как:

$$t_1 = k_e N, \quad (14)$$

где  $k_e$  – коэффициент, зависящий от условий окружающей среды;  
 $N$  – число циклов замораживания и оттаивания, вызывающих требуемый уровень повреждений лабораторного образца.

4. Методы математического моделирования, основанные на законах физики и химии деградационных процессов. Ключевым вопросом здесь является значение закономерностей снижения эксплуатационного качества, то есть изменения основных свойств материалов и характеристик конструкций. В рамках детерминированного подхода для оценки долговечности получил развитие диаграммный метод расчета сечений железобетонных элементов, в котором используются трансформированные значения главных параметров диаграмм деформирования бетона и арматуры.

5. Методы, в которых используются практические приложения теории надежности и методов математической статистики. Одним из подходов при разработке расчетных моделей долговечности является оценка условной надежности, при которой характеристики прочности сечений и действующие на конструкцию нагрузки рассматриваются как случайные величины. При этом снижение несущей способности в период эксплуатации конструкции условно заменяется понятием статистической изменчивости расчетных параметров.

В соответствии с другим подходом вероятность безотказной работы в период эксплуатации подчиняется статистическим закономерностям, характерным для данного объекта. Они должны быть найдены по результатам статистической обработки большого объема информации об эксплуатационных отказах изучаемых объектов. Основным препятствием в реализации данного подхода является ограниченность объема информации об отказах.

Современными задачами здесь являются: а) надежность при износе; б) долговечность железобетонных конструкций в реальных условиях.

Одним из методов данной группы является метод расчета долговечности железобетонных конструкций с использованием коэффициента надежности по сроку службы. Следует заметить, что реальная безопасность и долговечность могут быть несколько иными, чем те, которые определены в рамках теории надежности и вероятностных методов, так как крупные ошибки проектирования и другие причины нестатистического характера требуют иных подходов.

Третий подход рассматривает пространство качества системы и траектории изменения качества системы во времени. Выход траектории из области допустимых значений является признаком отказа. Воздействие и поведение конструкции в период эксплуатации рассматриваются как случайные процессы. Достижение предельного накопления повреждений.

6. Методы механики разрушений. В последние 5–10 лет проявилась новая тенденция к оценке долговечности железобетонных конструкций, в основе которой лежат практические аспекты механики разрушений и метода конечных элементов (МКЭ).

7. Методы строительной механики железобетонных конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. Этот раздел теории конструкций, работающих в агрессивных средах, включает в себя приложение аналитических методов механики сплошного тела к задачам сопротивления железобетонных конструкций коррозионным воздействиям, особенно в тех случаях, когда не удастся выявить общую схему разрушения конструкции и когда возможности метода предельных состояний ограничены.

Рассмотренная классификация основных подходов к оценке долговечности является неполной и в известной степени условной, поскольку они часто применяются в сочетании, но общим является то, что концепциями расчета в них предусмотрен прямой учет фактора времени. Развитие расчетного аппарата для оценки долговечности и продолжительности эксплуатации с использованием количественных показателей прогнозируется на основе энергетических представлений механики деформирования и разрушения конструкций, теории накопления повреждений и деградиационных функций с учетом комплексного характера силовых и несиловых воздействий, управления ресурсом конструктивной безопасности.

## ВЫВОД

Железобетонные конструкции имеют конечный срок службы, так как они значительно подвержены физическим, химическим и механическим изменениям, следствием которых является их дегградация и уменьшение их способностей выполнять требуемые функции.

Ключевым в области долговечности является вопрос о прогнозировании срока службы новых железобетонных конструкций, который рассматривается как более гарантированный параметр, чем долговечность. В настоящее время на детерминистском и вероятностном уровнях разработаны отдельные методологии, однако в целом проблема прогнозирования срока службы еще находится в стадии развития; отсутствует системный подход и стандартные модели для оценки долговечности и прогнозирования срока службы.

В настоящее время в расчете на надежность и долговечность железобетонных конструкций нет единого общепринятого подхода, а теория расчета железобетонных конструкций, взаимодействующих с агрессивной и другими типами сред, еще далека до окончательного решения. По-видимому, в этих условиях перспективным и приемлемым подходом для прогнозирования срока службы железобетонных конструкций инженерных емкостных сооружений, основанным на знании деградиационных механизмов и скорости деградиационных процессов, является использование математических моделей в детерминистской и стохастической постановке и ускоренные испытания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций [Текст] / В. В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1984. – 215 с.
2. Clanvil, I. Prediction of Concrete Durability [Текст] / I. Clanvil, A. Neville, G. Sommerville. – London : E & FN Spon, 1996. – 208 p.
3. Карпенко, Н. И. Расчет железобетонных стержневых конструкций при многократных повторных и знакопеременных нагрузках [Текст] : Учебное пособие / Н. И. Карпенко, Т. А. Мухамедиева, А. К. Кузнецов. – Тольятти : ТолПИ, 1989. – 111 с.
4. Clifton, P. I. Preheating the life of concrete [Текст] / P. I. Clifton // ACI. Materials Journal. – 1993. – No. 6. – P. 611–617.
5. Райзер, В. Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций [Текст] / В. Д. Райзер. – М. : Стройиздат, 1995. – 352 с.
6. Ржаницын, А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность [Текст] / А. Р. Ржаницын. – М. : Стройиздат, 1978. – 239 с.
7. Чирков, В. П. Надежность и долговечность железобетонных конструкций зданий и сооружений [Текст] / В. П. Чирков // Российская арх.-строит. энциклопедия. Том V : Наука, материалы и технологии в строительстве России XXI века / гл. ред. Е. В. Басин. – М. : ВНИИТПИ Госстроя РФ, 1998. – С. 86–177.

Получено 24.10.2016

В. М. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, О. А. СОЛОШЕНКО, О. О. КРИВОРУЧКО,  
А. С. ПОПИТАЙЛЕНКО, І. В. ЄЛЬКІН  
ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проблеми довговічності привертають помітну і все зростаючу увагу в будівельному світі. Це пояснюється тим, що значна частина будівель, споруд і об'єктів інфраструктури зведена 50–70 років тому і знаходиться на даний час в зношеному стані. Ємнісні інженерні споруди – необхідна частина сучасного міського будівництва. Вони знайшли застосування в багатьох галузях промисловості і сільського господарства. Багатопланова проблема довговічності залізобетонних конструкцій будівель і споруд є сукупністю ряду взаємопов'язаних проблем: технологічності, надійності, економічності, а також екологічних аспектів. Її вирішення має здійснюватися на основі системного підходу. Водночас у питанні довговічності ще багато неясного; часто розгляд обмежується практичним або навіть комерційним рівнями, і для подальшого просування необхідно вирішити ряд назрілих проблем. Одна з найважливіших – розроблення сучасних методів прогнозування довговічності або терміну служби проєктованих елементів і конструкцій. Іншою істотною і актуальною проблемою є розроблення практичних методів підвищення довговічності залізобетонних конструкцій інженерних споруд, що знаходяться в експлуатації. У статті викладено загальні питання і сучасний стан даної проблеми, включаючи основні положення проєктування довговічності залізобетонних конструкцій, існуючі методи її оцінки, поняття і критерії, що пов'язані з довговічністю.

**довговічність, надійність, кореляція, моделювання, безвідмовна робота, деградація**

VIKTOR LEVCHENKO, NIKOLAI NEVGEN, ALEKSANDR SOLOSHENKO,  
ALEKSANDR KRIVORUCHKO, ANDREI POPYTAILENKO, IGOR ELKIN  
FUNDAMENTAL DESIGN PRINCIPLES OF FERROCONCRETE STRUCTURES  
DURABILITY AND CONSTRUCTIONS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The problems of durability encourage particular attention in construction. It is accounted for by the fact that the majority of buildings, structures and municipal facilities were erected 50–70 years ago and they are now worn-out. Capacitance engineering structures are quite necessary elements of the current city construction. They have found their application in many branches of industry and agriculture. A multi-scale problem of durability of ferroconcrete buildings and structures is a sum total of such integrated problems as constructability, reliability, cost saving and ecological aspects. The problem is to be solved by means of systems approach. There are still many uncertainties about the durability problem. Consideration of the problem is often confined to either practical or commercial levels. Ranges of urgent problems are to be solved

for further advance. The most important one is the development of contemporary methods for prediction of durability or service life of designed elements and structures. Another essential problem is the development of techniques for increasing the durability of ferroconcrete structures in service. The paper presents the general issues and current problem state including the fundamental design principles of ferroconcrete structures durability, the existing methods of its evaluation, concepts and criteria associated with durability. **durability, reliability, correlation, modeling, no-failure operation, degradation**

**Левченко Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної та виховної роботи Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Невгень Микола Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Науковий інтерес: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Солошенко Олександр Анатолійович** – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Криворучко Олександр Олександрович** – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Попытайленко Андрій Сергійович** – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Елькін Ігор Володимирович** – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розроблення оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Левченко Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Невгень Николай Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Солошенко Александр Анатольевич** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Криворучко Александр Александрович** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: Проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Попытайленко Андрей Сергеевич** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Елькин Игорь Владимирович** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Levchenko Victor** – Ph.D. (Eng.); Professor; Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.



**Nevgen Nikolai** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Soloshenko Aleksandr** – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Krivoruchko Aleksandr** – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Popytailenko Andrei** – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Elkin Igor** – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.