

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

## **ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗДАНИЙ 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. 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 вопросы влияния свойств материалов и параметров конструкций на долговечность сооружений. В частности рассматриваются вопросы влияния свойств бетона на различных цементях от размеров поперечного сечения элемента, толщины защитного слоя бетона, расположения арматуры, наличия трещин и изменчивости этих параметров.

**долговечность, надежность, параметры, коррозия, клинкер, воздействия**

Как известно, на долговечность железобетонных конструкций влияют вид вяжущего и плотность (непроницаемость) затвердевшего бетона. Эти свойства определяются минералогическим составом цементного клинкера, содержанием минеральных добавок, структурой цементного камня и бетона. Если условия производства бетонных работ при реконструкции или ремонте промышленных объектов не обуславливают применение специальных цементов (быстротвердеющих, особо быстротвердеющих, тампонажных, расширяющихся и др.), вяжущее для бетона выбирают так же, как для вновь возводимого сооружения.

Сульфатостойкость бетона в значительной мере характеризуется содержанием  $C_3A$  в цементном клинкере. Наша промышленность выпускает сульфатостойкие портландцементы с содержанием  $C_3A$  до 5 % с минеральными добавками и без них, сульфатостойкий шлакопортландцемент и другие низкоалюминатные цементы. Повышение сульфатостойкости бетонов достигается при применении барийсодержащих цементов. Например, по данным НИИЖБа при содержании в клинкере до 10 % окиси бария (вместо окиси кальция) бетоны на таком портландцементе оказываются стойкими в растворах сульфатов с концентрацией  $SO_2^{-4}$  до 20 г/л. Высокую стойкость в сульфатосодержащих средах показали и исследованные в Уральском ПромстройНИИпроекте бетоны (низких классов по прочности) на бариево-шлаковом вяжущем. Несмотря на ограниченный выпуск таких цементов, применение их в условиях реконструкции, характеризуемых, как правило, сравнительно небольшими объемами бетонных работ, целесообразно и может дать экономический эффект до 20 грн. на 1 м<sup>3</sup> железобетона.

Выполненные в Харьковском ПромстройНИИпроекте исследования, [5], выявили повышенную стойкость бетона на шлакопортландцементе и при сочетании таких воздействий, как периодический

нагрев (при максимальной температуре, не превышающей 100 °С) и увлажнение сульфатсодержащими растворами. При этом наблюдалось монотонное повышение плотности бетона с увеличением количества циклов испытаний и затем более медленное разрушение, чем бетонов того же состава на сульфатостойком портландцементе (в натуральных условиях обследовались различные железобетонные элементы, эксплуатирующиеся в течение 5...35 лет). Замедленное во времени протекание коррозионных процессов объясняется структурообразующей ролью медленно гидратирующей шлаковой составляющей вяжущего. При температуре нагрева более 100 °С и в условиях попеременного замораживания бетоны на шлакопортландцементе уступают в стойкости бетонам на портландцементе. При других видах эксплуатационных воздействий влияние минералогического и вещественного состава вяжущего не столь существенно.

Интенсивность коррозии всех видов в значительной степени зависит от плотности бетона, поскольку степень его повреждения определяется в первую очередь количеством агрессивного компонента, проникающего из окружающей среды в бетон. Установлено, что коррозионная стойкость плотного бетона при действии напора определяется теми же показателями, что и при погружении бетона в агрессивный раствор без напора. Кроме того, качественно уплотненный бетон не пропускает воду. Выполненные в свое время в НИИЖБе расчеты показывают также, что коррозионный процесс не развивается, если коэффициент диффузии кислорода в бетоне не превышает  $1 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с, а коэффициент диффузии хлоридов меньше  $1 \cdot 10^{-13}$  м<sup>2</sup>/с. Поэтому, проектируя реконструкцию объектов из бетонных и железобетонных конструкций, следует предусматривать применение бетонов высокой плотности. Это достигается выбором режима твердения и способа уплотнения, подбором гранулометрического состава заполнителя, введением уплотняющих добавок и т. д.

#### *Параметры железобетонных конструкций*

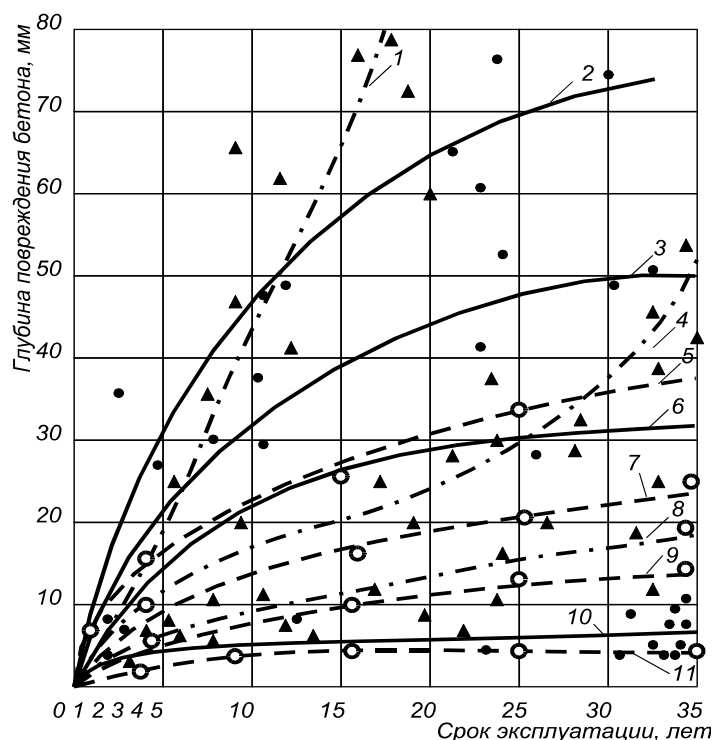
На долговечности конструкций сказываются размеры поперечного сечения элементов, толщина защитного слоя бетона, расположение арматуры, наличие трещин, изменчивость этих параметров, а также свойств бетона (прочность, плотность и др.).

Конструкции простых форм (с меньшим модулем поверхности), массивные (с большей концентрацией материала), не образующие непроветриваемых объемов, без полок, выступов и других мест скопления пыли испытывают относительно меньшие «удельные» агрессивные воздействия, чем тонкостенные или решетчатые элементы. С увеличением площади поперечного сечения конструкции уменьшается относительное влияние потери ее части вследствие коррозии бетона на несущую способность. Поэтому с точки зрения долговечности применение массивных элементов целесообразно.

Толщина защитного слоя бетона назначается в соответствии со СНиП 2.03.01-84\* «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» в зависимости от типа конструктивных элементов и диаметра арматуры, а также СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» в зависимости от степени агрессивного воздействия среды. При наиболее часто встречающихся толщинах защитного слоя (15...30 мм) и соответствующей плотности бетона пассивация арматуры для большинства воздействий газовой и жидкой среды может поддерживаться в течение времени, соизмеримого со сроками службы зданий, сооружений и основного оборудования промышленных объектов.

Наибольшие коррозионные повреждения возникают в конструкциях, не соответствующих требованиям однородности и плотности бетона и имеющих дефекты. Скорость повреждения бетона с уменьшением его плотности значительно возрастает. Агрессивность атмосферы металлургических комбинатов [1] характеризуется наличием пыли (в частности сульфата аммония) в районе коксохимического производства (в среднем 0,2...6,3 мг/м<sup>3</sup> при абсолютном максимуме 27,1 мг/м<sup>3</sup>), содержанием углекислого газа от 0,02 до 0,40 % (среднее значение 0,05...0,06 %, т. е. примерно в 2 раза выше, чем в чистой атмосфере), сернистого ангидрида (от 0 до 27 мг/м<sup>3</sup>, в среднем 0,34...0,76 мг/м<sup>3</sup>) при нормальной и повышенной влажности воздуха, атмосферных осадках с колебанием *pH* влаги от 6 до 9 ед. и периодическим снижением (при высоких концентрациях сернистого ангидрида в воздухе) до 4,5 ед. По данным Харьковского ПромстройНИИпроекта, скорость коррозии малоуглеродистой стали сталеплавильных и прокатных цехов в среднем составляет 0,05...0,07, доменных – 0,07...0,09, коксовых и улавливания – 0,2...0,4, ректификации – 0,10...0,15 мм в год и др. Такая среда в соответствии со СНиП 2.03.11-85, классифицируется как слабо- и среднеагрессивная по отношению к железобетону. Кроме того, конструкции на открытом воздухе неизбежно подвергаются переменным температурно-влажностным воздействиям.

Газовоздушная среда прядильных цехов вязкозных производств содержит,  $\text{мг/м}^3$ : 1...15 сернистого газа, 1...80 сероводорода, 20...100 сероуглерода, 1...45 аэрозоля серной кислоты. Относительная влажность воздуха составляет 80...90 %. Под влиянием указанных воздействий (степень агрессивности по СНиП 2.03.11-85 средняя и сильная) наблюдается два вида разрушения железобетонных конструкций – коррозия арматуры и откол бетона защитного слоя под давлением продуктов коррозии стали после нейтрализации бетона защитного слоя кислыми газами и кислотная коррозия бетона, а затем арматуры в случае периодического увлажнения бетона кислым конденсатом. На рассматриваемых графиках (рис. 1) отражена кинетика повреждения бетона по первой схеме. Кривые 1, 4, 8 иллюстрируют интенсивность повреждений бетона в зоне переменного уровня грунтовых вод, периодического (частого) увлажнения паром, водой, конденсатом и высушивания конвективным и лучистым теплом при температуре до  $90\text{ }^\circ\text{C}$ . Средняя прочность бетона внутренних, не испытывавших интенсивных воздействий слоев обследованных конструкций, колебалась от 15 до 40 МПа, защитный слой – от 5 до 40 мм, сроки службы – от 5 до 36 лет. За меру плотности бетона принималась величина водопоглощения, которая изменялась в диапазоне от 3 % и менее до 10 % и более. Фактическим сроком службы конструкции считался период от ввода объекта в эксплуатацию до степени ее физического износа, характеризуемой в соответствии с Руководством [7] категорией состояния III, т. е. состоянием, когда существуют повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкций, но в момент обследования не угрожающие безопасности работающих. Фиксировались также изменения в структуре бетона. Кривая 8 отражает зависимость между сроком службы конструкции и глубиной повреждения бетонов марок по водонепроницаемости В-8 и выше (в соответствии со СНиП 2.03.11-85), кривая 4 – марок В-4...В-6, кривая 1 – бетонов плотности ниже нормальной.



**Рисунок 1** – Скорость повреждения бетона в зависимости от его плотности и условий эксплуатации: 1, 2 – бетоны неплотные; 3, 4, 5 – бетоны нормальной плотности; 6, 7 – бетоны повышенной плотности; 8–11 – бетоны особой плотности.

Конструкциям из монолитного железобетона характерна большая неоднородность структуры бетона, чем сборным элементам. В сооружениях, возводимых в подвижной опалубке, повсеместно наблюдаются участки с дефектами, обусловленными этим видом производства работ: срывы бетона, заделанные неплотным раствором, повреждения его домкратными стержнями, глубокие раковины и каверны из-за некачественного уплотнения и др. Именно такие участки обычно через 10...15 лет эксплуатации являются очагами разрушений, возникают сквозные повреждения, бетон теряет прочность и легко разбирается руками, а оголенная арматура интенсивно корродирует.

Прочность бетона также изменяется в широком диапазоне (иногда в 3...5 и более раз) как в пределах одного конструктивного элемента или сооружения, так и при сравнении однотипных элементов в сходных условиях эксплуатации на одном или разных объектах. Например, на зданиях и сооружениях рудоподготовительных предприятий пределы разброса прочности составили 8...36 МПа (данные Харьковского ПромстройНИИпроекта) и т. д. При этом в конструкциях из бетона марок по водонепроницаемости более В-2 прочность бетона внутренних, не контактировавших с агрессивной средой, слоев существенно растет во времени и через 10...30 лет эксплуатации в 1,65...3 раза превышает первоначальную. Влияние этих структурообразующих процессов, протекающих наряду с деструктивными (в поверхностных слоях конструкций), должно учитываться при проектировании реконструируемых объектов. Кроме того, положенные в основу проектирования старых (постройки 30...40-х гг.) железобетонных монолитных конструкций теоретические предпосылки и расчетные схемы, как правило, предусматривали значительные запасы по несущей способности. Учет фактической прочности и несущей способности (в соответствии с расчетами по действующим в настоящее время нормам или на основании натуральных испытаний) позволяет вскрыть существенные резервы. Так, уточненные статические и конструктивные расчеты двухъярусных монолитных железобетонных рам главного корпуса Харьковского турбинного завода им. С. М. Кирова, с учетом действительных значений прочности бетона и фактического армирования, позволили дать заключение о возможности установки при реконструкции цеха 200-тонных мостовых кранов вместо эксплуатировавшихся 160-тонных без усиления подкрановых балок, колонн и фундаментов (данные Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры).

Коррозия арматуры в трещине бетона возникает вследствие локальной депассивации стали в результате понижения степени щелочности жидкой фазы у поверхности арматуры или накопления активирующих ионов. Последнее происходит тем интенсивнее, чем больше ширина раскрытия трещины.

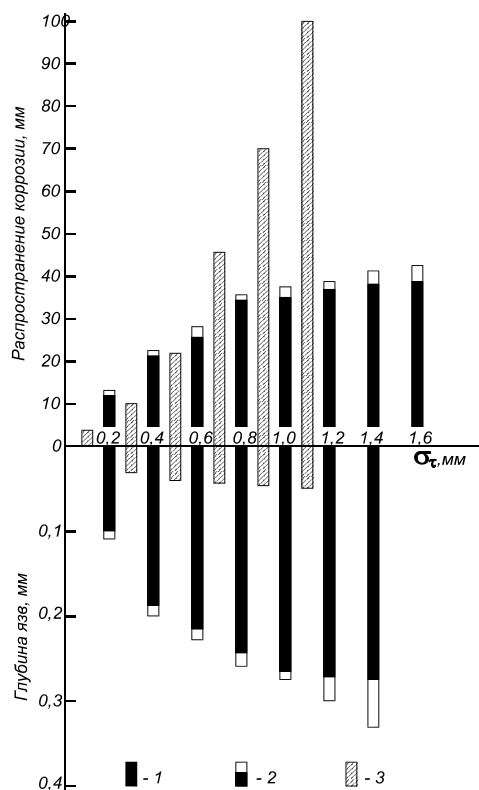
Экспериментально выявлено, что при ширине раскрытия на поверхности бетона 0,05 мм трещина вблизи арматуры периодического профиля разветвляется на ряд микротрещин, образуя зону разрушения структуры бетона, которая качественно не изменяет характер процесса, протекающего в бездефектном бетоне при ширине трещины 0,20 мм коэффициент диффузии углекислого газа в ней практически равен коэффициенту диффузии его в воздухе, который в этом случае примерно на три порядка выше, чем в бетоне средней плотности. СНиП 2.03.11-85 устанавливает категорию трещиностойкости либо ограничивает ширину раскрытия трещин в зависимости от степени агрессивного воздействия газовой и жидкой среды, класса напрягаемой и ненапрягаемой арматуры, продолжительности раскрытия трещин (длительное или кратковременное).

При этом одновременно нормируется минимальная толщина защитного слоя и плотность бетона. Однако в натуральных условиях количество и ширина раскрытия трещин существенно отличаются от расчетных и не остаются постоянными во времени. С одной стороны, условия для образования и развития трещин нередко создаются при изготовлении (особенно при термовлажностной обработке) и монтаже железобетонных элементов, при переменных механических и физико-химических воздействиях и т. п. С другой стороны, известно, что при благоприятном влажностном режиме, фильтрации воды и коррозионных процессах некоторых видов происходит кольматация, т. е. «зарастание» трещин. В определенных условиях может со временем восстанавливаться высокая щелочность поровой влаги и, соответственно, пассивность стали в месте трещины за счет диффузии гидроксида кальция из бетона [3].

Результаты исследований НИИЖБ, Харьковского ПромстройНИИпроекта и другие свидетельствуют, что предусмотренные СНиП 2.03.11-85 предельные значения ширины раскрытия трещин (при выполнении требований, касающихся плотности бетона и толщины защитного слоя) с известным запасом обеспечивают сохранность арматуры железобетонных конструкций, эксплуатирующихся даже в весьма агрессивных условиях (рис. 2). Трещины шириной раскрытия более 0,2...0,3 мм, возникающие в процессе эксплуатации вследствие различных причин, должны заделываться при проведении текущих и капитальных ремонтов конструкций.

## ВЫВОДЫ

В статье сделан анализ различных видов коррозии бетона под влиянием всевозможных агрессивных жидких сред. Исследованы различные органические вещества по степени их агрессивности и распределения их по трем группам.



**Рисунок 2** – Коррозия арматуры железобетонных образцов с трещинами в среде хлорного производства: 1 – через 10 мес. в помещении цеха; 2, 3 – через 18 мес. соответственно в помещении цеха и на открытом воздухе.

В определенной степени анализировался вопрос влияния других разнородных воздействий на бетон и, соответственно, на долговечность конструкций (механическое воздействие, длительный нагрев и др.).

Исследовано влияние свойств материалов и параметров конструкций на долговечность сооружения. При этом были использованы результаты исследований других научно-исследовательских институтов (Харьковского ПромстройНИИпроекта, НИИЖБа, Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долговечность бетона в агрессивных средах [Текст] / С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры, П. Шиссель. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
2. Вандаловская, Л. А. О долговечности железобетонных конструкций прядильных цехов вязкозных производств [Текст] / Л. А. Вандаловская // Долговечность строительных конструкций и материалов : Naturные исследования, коррозия и защита / НИИ строит. конструкций ; Под ред. С. И. Орбелиани, И. А. Скачкова. – К. : Будівельник, 1973. – С. 14–22.
3. Разрушение бетона и его долговечность [Текст] / Е. А. Гузеев, С. Н. Леонович, А. Ф. Милованов, К. А. Пирадов, Л. А. Сейланов. – Мн. : Тыздзень, 1997. – 170 с.
4. Кудзис, А. П. Оценка надежности железобетонных конструкций [Текст] / А. П. Кудзис. – Вильнюс : Мокслас, 1985. – 156 с.
5. Пинус, Б. И. О допустимой ширине раскрытия трещин в железобетонных конструкциях хлорных производств [Текст] / Б. И. Пинус // Повышение качества и долговечности строительных конструкций и материалов / НИИСК, ХарьПромстройНИИпроект. – К. : Будівельник, 1976. – С. 40–44.
6. Райзер, В. Д. Теория надежности в строительном проектировании [Текст] / В. Д. Райзер. – М. : АСВ, 1998. – 304 с.
7. Руководство по обеспечению долговечности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции и восстановлении [Текст] / Проектный и научно-исследовательский институт (Харьковский ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ) ГОССТРОЯ СССР, Научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1982. – 112 с.
8. Чирков, В. П. Прогнозирование сроков службы железобетонных конструкций [Текст] : Учебное пособие / В. П. Чирков. – М. : МИИТ, 1997. – 56 с.

9. Soukhov, D. Safety Concept of Evrocodes [Текст] / D. Soukhov // Сборник материалов международной научно-практической конференции МГСУ ПГС «Строительные конструкции XXI века». Часть I. Строительные конструкции. Строительная механика и испытание сооружений / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГПОУ ВПО «Моск. гос. стрит. ун-т». – М. : МГСУ, 2000. – С. 243–246.

Получено 03.09.2016

В. М. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, О. А. СОЛОШЕНКО, О. О. КРИВОРУЧКО,  
А. С. ПОПИТАЙЛЕНКО, І. В. ЄЛЬКІН  
ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ І ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЙ НА  
ДОВГОВІЧНІСТЬ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проблеми довговічності привертють помітну і дедалі зростаючу увагу в будівельному світі. Це пояснюється тим, що значна частина будівель, споруд та об'єктів інфраструктури зведена 50...70 років тому і знаходиться на даний час у зношеному стані. Багатопланова проблема довговічності залізобетонних конструкцій будівель і споруд являє собою сукупність ряду взаємопов'язаних проблем: технологічності, надійності, економічності, а також екологічних аспектів. Її вирішення повинно здійснюватись на основі системного підходу. Водночас в області довговічності ще багато неясного; часто розгляд обмежується практичним або навіть комерційним рівнями, і для подальшого просування необхідно вирішити ряд нагальних проблем. Одна з найважливіших – розробка сучасних методів прогнозування довговічності або терміну служби проєктованих елементів і конструкцій. Іншою істотною й актуальною проблемою є розробка практичних методів підвищення довговічності залізобетонних конструкцій інженерних споруд, що знаходяться в експлуатації. У статті викладено питання впливу властивостей матеріалів і параметрів конструкцій на довговічність споруд. Зокрема розглядаються питання впливу властивостей бетону на різних цементах від розмірів поперечного перерізу елемента, товщини захисного шару бетону, розташування арматури, наявності тріщин і мінливості цих параметрів.

**довговічність, надійність, параметри, корозія, клінкер, вплив**

VIKTOR LEVCHENKO, NIKOLAI NEVGEN, ALEKSANDR SOLOSHENKO,  
ALEKSANDR KRIVORUCHKO, ANDREI POPYTAILENKO, IGOR ELKIN  
THE INFLUENCE OF MATERIAL PROPERTIES AND PARAMETERS OF  
CONSTRUCTIONS ON DURABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES  
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. A multi-scale problem of durability of ferroconcrete buildings and structures is a sum of 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. A range 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 article deals with the problems of material properties and construction parameters influence on durability of building structures. The problems of concrete properties influence of different kinds of cement and dimension of cross-section elements influence, the width of protective layer of concrete, the reinforcement disposition, cracks and variability of these parameters are considered in particular.

**durability, reliability, parameters, corrosion, clinker, influence**

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

**Солощенко Александр 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 Александр Александрович** – 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 Андрей 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.

**Єлькін 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 экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

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

**Солощенко Александр Анатольевич** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономических 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 экономических 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 экономических 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 экономических 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, chancellor's office. 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's Degree student, 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's Degree student, 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's Degree student, 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's Degree student, 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.