



ISSN 1993-3495 online

СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2024, ТОМ 20, HOMEР 2, 53–61

EDN: [GORQXZ](#)

УДК 624.04:725.4.004.624.012.3.003.13

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В. Н. Левченко¹, Н. А. Невген², А. И. Самойлова³, И. А. Олейник⁴

ФГБОУВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,

286128, г. о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

E-mail: ¹v.n.levchenko@donnasa.ru, ²n.a.nevgen@donnasa.ru, ³samoylova.i-pgs-72v@donnasa.ru,

⁴oleynik.i.a-zpgsm-54b@donnasa.ru

Получена 03 мая 2024; принята 24 мая 2024.

Аннотация. Конструкция должна наилучшим образом соответствовать своему назначению, быть удобной и безопасной во время эксплуатации и обеспечивать наименьшие затраты для поддержания ее в надежном состоянии. Накопленный опыт обследования промышленных зданий Донецкого региона свидетельствует, что износ строительных конструкций во многих случаях проходит значительно быстрее, чем это предусмотрено проектами. Срок службы конструкций достигает 50–60% от нормативного срока, а в некоторых случаях и значительно меньше. Ускоренный износ промышленных зданий ведет не только к повышению затрат труда, денежных и материально-технических ресурсов на ремонт и эксплуатацию, но и повышает капитальные вложения в новое строительство для обновления зданий, которые преждевременно получили повреждения. К значительным убыткам преждевременного износа зданий принадлежит ущерб от вынужденной остановки предприятия или от нарушения технологического процесса во время ремонта и восстановления строительных конструкций.

Ключевые слова: надежность, износ конструкций, эффективность, оптимизация.

OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF INDUSTRIAL BUILDINGS AND TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF BUILDING STRUCTURES AT THE DESIGN STAGE

Victor Levchenko¹, Nikolay Nevgen², Alfiya Samoilova³, Irina Oleynik⁴

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,

Russian Federation, 286128, Makeevka, Derzhavin st., 2.

E-mail: ¹v.n.levchenko@donnasa.ru, ²n.a.nevgen@donnasa.ru, ³samoylova.i-pgs-72v@donnasa.ru,

⁴oleynik.i.a-zpgsm-54b@donnasa.ru

Received 03 May 2024; accepted 24 May 2024.

Abstract. The accumulated experience of inspecting industrial buildings in the Donetsk region shows that the wear and tear of building structures in many cases occurs much faster than envisaged by the projects. The service life of structures reaches 50–60% of the standard life, and in some cases it is significantly less. Accelerated wear and tear of industrial buildings not only leads to increased costs of labor, money and material and technical resources for repairs and operation, but also increases capital investments in new construction to renovate buildings that were damaged prematurely. Significant losses from premature wear and tear of buildings include damage from a forced shutdown of an enterprise or from disruption of the



technological process during the repair and restoration of building structures. In industrial buildings, the production technology of products is very diverse, and therefore the operational requirements must always be specific and specific. At the same time, there are general requirements for all enterprises. The design must best suit its purpose, be convenient and safe during operation and provide the lowest cost to maintain it in reliable condition.

Keywords: reliability, wear and tear of structures, efficiency, optimization, props.

Формулировка проблемы

В промышленных зданиях технология производства продукции очень разнообразная, а поэтому и эксплуатационные требования всегда должны быть конкретными и специфическими. Вместе с тем существуют и общие требования для всех предприятий.

Основной материал исследования

В промышленных зданиях отражается наиболее существенное воздействие технологии производства на конструктивную схему каркаса и поэтому часто конструктивная форма полностью определяется габаритными размерами и расположением оборудования, внутрицеховым транспортом. Технология производства разной продукции очень разнообразная, а эксплуатационные требования всегда конкретные и специфические. Вместе с тем существуют общие требования для всех предприятий [2, 4, 13]:

- удобность обслуживания и ремонта промышленного оборудования, которое нуждается в соответственном размещении колонн, подкрановых путей, связей и других элементов каркаса;
- нормальная эксплуатация кранового оборудования и других подъемных механизмов, включая возможность его осмотра и ремонта;
- необходимые условия аэрации и освещения зданий;
- долговечность конструкций, которая зависит в целом от степени агрессивности внутрицехового окружения;
- относительная безопасность во время пожаров и взрывов.

Очень большое влияние на работу каркаса здания оказывают краны. Являясь динамичными, многократно повторяющимися и большими по размеру, крановые воздействия часто приводят к преждевременному износу и повреждению конструкций каркаса, и в первую очередь, подкрановых балок.

В связи с этим во время проектирования каркаса здания особенно необходимо учитывать режим работы мостовых кранов, который зависит от назначения здания и производственного процесса в нем [3].

Мостовые краны бывают с ручным приводом и электрические. Режим работы кранов с электрическим приводом обуславливается интенсивностью работы, которая количественно оценивается коэффициентами использования по грузоподъемности, годовым и суточным, относительной длительности включения двигателя крана, количественным включением механизма в час. Вычисляются и некоторые специфические условия эксплуатации (например, взрывоопасность и повышения температуры в помещении и т. д.).

Краны с электрическим приводом могут быть в легком, среднем, тяжелом и очень тяжелом режимах, которые обязательны при проектировании промышленных зданий.

В связи с этим перед проектированием каркаса здания должны быть получены исходные данные о транспортном оборудовании и расчетное количество циклов нагрузки конструкций по нормативным срокам их эксплуатации.

Главным направлением обеспечения долговечности промышленных зданий и создания нормальных условий труда должно быть снижение агрессивности способов производства, которое достигается созданием закрытых технологических процессов, которые значительно или полностью исключают выделение агрессивных реагентов в промышленной среде. Степень агрессивного воздействия внутрицеховой среды на конструкции определяется скоростью коррозионного повреждения незащищенной поверхности металла или бетона. В зависимости от концентрации агрессивных газов и относительной влажности установлены четыре степени агрессивности среды для металлических конструкций: неагрессивная (до 0,01 мм в год), слабая (до 0,05 мм в год), средняя (до 0,1 мм в год) и сильная (0,1 мм в год и выше) [5].

При проектировании зданий с сильными степенями агрессивности среды особое внимание нужно обратить на выбор марки стали, достаточно стойкой к коррозии или определенному составу агрессивной среды, конструктивную форму элементов каркаса, эффективные защитные покрытия.

Агрессивное влияние промышленной среды на строительные конструкции может быть частично снижено за счет усовершенствования объемно-планировочных и конструктивных решений, укрупнения сеток колонн и использования соединений и конструкций, которые легко поддаются осмотру, замене и ремонту, а также использование профилей, удобных для очищения и антикоррозионной защиты, изготовления конструкций из материалов повышенной стойкости.

При этом должна быть повышена эффективность защиты строительных конструкций от коррозии. Необходимо обеспечить целостность антикоррозионной защиты на весь срок эксплуатации здания.

Немаловажное значение имеет использование в определенных условиях конструкций из материалов, которые требуют антикоррозионной защиты. Существенный эффект в ряде случаев могут быть достигнут за счет использования низколегированных сталей и алюминиевых сплавов, которые имеют повышенную антикоррозионную стойкость, клееной древесины или асбестоцемента и других материалов.

Ускоренный фактический износ конструкции обуславливается также дефектами, которые возникают в процессе строительства и использования некачественных строительных изделий и конструкций, монтаж стеновых панелей и плит перекрытия насухо, без заполнения швов, отсутствие качественной гидроизоляции стен от капиллярного подсоса и т. д., а также в процессе самой эксплуатации зданий: нарушение нормативных режимов работы технологического оборудования и строительных конструкций, интенсификация технологических процессов, отключение системы принудительной вентиляции, использование строительных конструкций на нагрузки, которые превышают проектные, низкий уровень выполнения ремонтно-восстановительных работ и др. [6].

Проблема противопожарной защиты промышленных зданий и сооружений находит в

последние годы все больше актуального значения. Использование новых объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, вызвано уменьшением технологии и интенсификации производственных процессов, а также использованием эффективных строительных материалов, преимущественно синтетических, требуют современного усовершенствования условий, соблюдения которых при проектировании обеспечит надлежащую противопожарную безопасность объектов в процессе эксплуатации и сведет до минимума убытки, которые наносят пожары [7].

В некоторых промышленных сооружениях строительные конструкции испытывают высокое тепловое воздействие (нагревание до температуры 150 °С и выше), случайных воздействий раскаленного металла или огня. При нагревании строительных конструкций до температуры выше 100...150 °С разрушается их защитное лакокрасочное покрытие, при нагревании выше 200...300 °С происходит искривление и коробление элементов (особенно при неравномерном нагревании), а при нагревании выше 400...500 °С – падение прочностных свойств стали. То же самое происходит с железобетонными конструкциями, то есть наблюдается потеря их несущей способности с последующими разрушениями конструкций. При проектировании строительных конструкций таких зданий необходимо предусматривать специальную защиту конструкций от чрезмерного нагрева. При длительном воздействии лучистой или конвенционной теплоты или при кратковременном непосредственном воздействии огня применяют подвесные металлические экраны, футеровки из кирпича или жаростойкого бетона, от брызг расплавленного металла и при опасности его прорыва конструкции защищают при помощи облицовок с огнестойкого кирпича или жаростойкого бетона.

При проектировании зданий, которые эксплуатируются в условиях низких температур (климатический пояс с расчетными температурами от минус 40 до минус 65 °С), учитывается возможность хрупкого разрушения стальных конструкций и специфическая работа железобетонных конструкций. Поэтому в таких случаях делают подборку состава бетона и соответствующих марок стали, проверяют конструкции на хрупкое разрушение, предусматривают

дополнительные связи, сокращают размеры температурных блоков, а также предусматривают способы, которые уменьшают концентрацию напряжений.

При проектировании каркасов промышленных зданий с взрывоопасным производством предусматривается возможность «складывания» части конструкции при взрыве до полного разрушения каркаса.

В пожароопасных помещениях при проектировании каркасов несущие конструкции отодвигаются от возможных возгораний и защищаются от воздействия огня.

Требования достаточной надежности (прочности, стойкости, выносливости, малой деформативности) для каркасов промышленных зданий имеют некоторые особенности:

- повышенная жесткость каркасов зданий с кранами очень тяжелого режима работы;
- введение разных коэффициентов условий работы в зависимости от условий эксплуатации конструкций, их элементов и соединений;
- необходимость расчета некоторых конструкций на выносливость и т. д.

При степени ответственности большинство производственных зданий [8] относятся ко второму классу, при расчете их конструкций вводится коэффициент надежности по назначению, равный 0,95. Исключением являются главные здания ТЭС и АЭС, которые принадлежат к первому классу и складские помещения без процессов сортировки, которые принадлежат к третьему классу.

Огромные масштабы применения железобетонных конструкций обуславливают требования к снижению стоимости и трудоемкости их производства. На стадии проектирования это достигается расчетом.

Наибольшая экономическая эффективность конкурентоспособных конструкций (при надлежащих эксплуатационных качествах, сроках службы и равной огнестойкости) определяется минимумом приведенных затрат состоящих из текущих издержек C_i (себестоимости строительно-монтажных работ или эксплуатационных расходов) и единовременных затрат K_i (капитальных вложений или стоимости производственных фондов), приведенных к годовым с учетом установленного нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений в строительстве $E_{ii} = 0,12$.

$$C_i + E_{ii} K_i = \min \quad (1)$$

При проектировании строительных конструкций приведенные затраты состоят из стоимости конструкций «в деле» (с учетом снижения условно-постоянных накладных расходов вследствие уменьшения продолжительности и трудоемкости строительства), приведенной к году начала эксплуатации объекта и затрат обусловленных размерами капитальных вложений в строительную базу, и эксплуатационных расходов (сюда включаются народнохозяйственные потери от недовыпуска продукции).

Выявление оптимальной стоимости конструкции (из серии однотипных, рознящихся между собой геометрическими размерами, видом, классом и насыщенностью арматуры, видом и классом бетона, технологией изготовления и т. д.) возможно в первом приближении только по стоимости изделия «в деле». На стоимость конструкции существенно влияет вид их сопряжения (колонн с фундаментами или со стеновыми панелями, колонн с ригелями перекрытий), а также эксплуатационные расходы, обусловленные отоплением и вентиляцией помещения в зависимости от высоты покрытия (перекрытия) при варьировании внешними размерами сопоставляемых конструкций [9].

Расчетная себестоимость конструкции «в деле» $C_{к.д.}$ (в законченном здании) на стадии проектирования определяется суммой расчетной стоимости ее заводского изготовления C_k , транспортных расходов от завода-изготовителя до места монтажа C_r , затрат на монтаж C_m и укрупнительную сборку $C_{y.c.}$, а также изменяющейся части накладных расходов строительства ΔH . При этом заготовительно-складские расходы строительства учитываются коэффициентом 1,02 (усредненное значение), а удорожание работ, вызванное зимним периодом, оценивается коэффициентом $k_3 = 1,025$ (если объем работ по замоноличиванию не превышает 15 % объема работ по изготовлению используемых сборных элементов):

$$C_{к.д.} = (C_k + C_r)1,02 + (C_m + C_{y.c.}) k_3 + \Delta H, \quad (2)$$

где C_m – затраты на монтаж, вычисляемые по сборнику Единых районных единичных расценок на строительные работы и дополнению к нему;

$C_r = B_{ii} \Pi_r$ – затраты на перевозку конструкций автомобильным или железнодорожным транспортом, учитывая разгрузку с транспортных

средств, а также стоимость реквизита, необходимого для автоперевозок. При этом объем материалов устанавливается по проектным размерам конструкции за вычетом пустот.

Полная заводская расчетная стоимость конструкции определяется по формуле:

$$C_k = C_{с.к.} \cdot 1,145 \cdot k_{тер}, \quad (3)$$

где $C_{с.к.}$ – расчетная производственная себестоимость конструкции;

1,145 – коэффициент, учитывающий среднеотраслевую рентабельность и расходы по реализации изделий (внепроизводственные расходы);

$k_{тер.}$ – коэффициент, определяющий территориальное удорожание материалов и их переработки по видам конструкций, принимаемый равным 1.

Изменяющаяся часть накладных расходов строительства:

$$\Delta H = 0,6 \cdot \mathcal{C}_m + 0,153 \cdot Z_m = 0,082 \cdot C_{к.п.}, \quad (4)$$

где 0,6 – сумма накладных расходов, руб. на 1 чел.-дн. Трудоемкости строительно-монтажных работ;

\mathcal{C}_m – трудоемкость работ, связанных с монтажом конструкций, чел.-дн.;

0,15 – сумма накладных расходов, 1 руб. на 1 руб. затрат по основной заработной плате строительно-монтажных работ;

$Z_m = \mathcal{C}_m \cdot 0,625 \times 1,2$ – основная зарплата рабочих строительства на монтаже конструкций; 0,082 – процент условно-постоянной части среднего уровня накладных расходов в строительстве (50 % уровня накладных расходов в размере 16,5 % суммы затрат);

$C_{к.п.}$ – прямые затраты себестоимости конструкций «в деле», являющиеся промежуточным итогом вычислений по условию:

$(C_k + C_r) \cdot 1,02 + C_m$ в зависимости от формулы (2).

Расчетная производственная себестоимость конструкций $C_{с.к.}$, руб., определяется как сумма отдельных показателей:

$$C_{с.к.} = C_б + C_{ст} + C_a + C_n + C_d + C_y + C_{н.п.} + C_\phi + C_o + C_n + C_{з.г.}, \quad (5)$$

а расчетная трудоемкость – как сумма трудовых затрат времени на изготовление одного изделия, чел.-дн.:

$$T_k = T_б + T_a + T_n + T_d + T_y + T_{н.п.} + T_\phi + T_{з.г.}, \quad (6)$$

В формулах (5) и (6):

$C_б$ и $T_б$ – суммарная себестоимость бетонной смеси и трудовые затраты на ее приготовление;

C_a и T_a – суммарные затраты и трудоемкость изготовления арматурных изделий из ненапрягаемой арматуры (сетки, каркасы, отдельные стержни, монтажные петли);

C_n и T_n – тоже, из предварительно напрягаемой арматуры (стержни, проволоки, канаты и т. д.);

C_d и T_d – себестоимость и трудоемкость изготовления закладных деталей;

C_y и T_y – себестоимость и трудоемкость укладки ненапрягаемой арматуры и закладных деталей в форму;

$C_{н.п.}$ и $T_{н.п.}$ – себестоимость и трудоемкость работ по натяжению напрягаемой арматуры;

C_ϕ и T_ϕ – себестоимость и трудоемкость формования изделий;

C_o – затраты на содержание и эксплуатацию форм (опалубки) для данного изделия;

C_n – себестоимость пара для прогрева изделия;

$C_{з.г.}$ и $T_{з.г.}$ – суммарная себестоимость и трудоемкость операций по повышению заводской готовности (укрупнительная сборка, отделка и т. п.).

Расчетная производственная себестоимость $C_{с.к.}$ и трудоемкость T_k изготовления одного изделия определяется в зависимости от технологии изготовления и параметров бетонной смеси как для эталонной конструкции, так и для элементов новых решений.

Для вычисления показателей, входящих в формулы (5) и (6), используются нормативные зависимости.

Вычислительные значения стоимости и трудоемкости конструкций «в деле» по приведенным затратам не учитываются при выборе оптимальной технологии изготовления элементов, а также наилучших способов выполнения отдельных технологических операций (заготовка, укладки и натяжение арматуры, бетонирование, термовлажностная обработка и др.).

Расчетная производственная себестоимость конструкции зависит от таких факторов: формы, длины и геометрических размеров поперечного сечения (высота, ширина и толщина полок) элементов их армирования; характеристик рабочей арматуры (класс, марка, вид арматурной стали); вида и класса бетона; стоимости бетона и арматуры; технологии изготовления и методов транспортирования и монтажа [12].

При сравнении конструкций одинаковой длины, изготавливаемых из равноценных по стоимости

бетона и арматуры, а также незначительно отличающихся стоимостью методов изготовления, транспортирования и монтажа, эти факторы практически не учитываются [1].

Существенное влияние на стоимость сравниваемых конструкций оказывает форма и геометрия поперечного сечения, дисперсия и вид армирования, вид и класс бетона. Эти факторы определяются требованиями СП 63.13330.2018 и СНиП 2.03.01-84* исходя из соблюдения предельных состояний [10, 11]:

первой группы, согласно зависимостям:

$$M_{act} \leq M_{cr}; Q_{act} \leq [Q_{wb} + Q_i]; N_{act} \leq N_{cr}; \quad (7)$$

второй группы, согласно условиям:

$$M_{act}^n \leq M_{cr}^n; \sigma_{mt} \leq R_{bt,ser}; N_{act} \leq N_{cr}; \\ f_m / l \leq f / l; a_{act} \leq a_{cr} \quad (8)$$

Множество требований, предъявляемых к железобетонным конструкциям согласно инструкциям СП 63.13330.2018 и СНиП 2.03.01-84* и их показателям, усложняют задачу по определению оптимальной конструкции. Использование для этих целей электронно-вычислительной техники облегчает выбор и позволяет наиболее полно

оценить как достоинства, так же и недостатки рассматриваемых конструкций.

Выводы

При разработке рекомендаций по выполнению требования к проектированному объекту и по расширению объемов производства экономически более эффективных конструкций необходимо учитывать существующую базу по производству менее экономически эффективных конструкций и те возможные дополнительные затраты на переоборудование имеющейся базы на производство других более экономичных конструкций и изделий. Наиболее целесообразным может быть такой метод оценки различных вариантов конструктивных решений, при котором все их разногласия в размере и времени учитываются на единой теоретической основе.

Поиск оптимального конструктивного решения базируется на всестороннем анализе критериев и тщательном обосновании выбора тех или иных решений с учетом условий сопоставимости показателей конкретных условий проектирования в строительстве.

Литература

1. Economic effects of metallic corrosion in the United States : in II parts : part I / L. H. Bennett, J. Kruger, R. L. Parker [et al.]. – Текст : непосредственный // A report to the Congress by the National Bureau of Standards. – 1978. – Volume NBS Special Publication 511-1. – Publisher : National Bureau of Standards (U. S.). – 72 p.
2. Левченко, В. Н. Актуальные вопросы проектирования экономичных зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий : учебное пособие / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко, Н. А. Невгень. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2018. – 198 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ 34017-2016. Краны грузоподъемные. Классификация режимов работы = Cranes. Classification of operating modee : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

References

1. Bennett, L. H.; Kruger, J.; Parker, R. L. [et al.]. Economic effects of metallic corrosion in the United States : in II parts : part I. – Text : direct. – In: *A report to the Congress by the National Bureau of Standards.* – 1978. – Volume NBS Special Publication 511-1. – Publisher: National Bureau of Standards (U. S.). – 72 p.
2. Levchenko, V. N.; Levchenko, D. V.; Nevgen, N. A. Current issues in the design of economical buildings and structures by optimizing design solutions and reconstructing existing enterprises : textbook. – Makeevka : Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, EBS ASV, 2018. – 198 p. – Text : direct. (in Russian)
3. GOST 34017-2016. Cranes. Classification of operating mode : interstate standard : official publication : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated March 17, 2017 № 150-st : put into effect as a national standard of the Russian Federation : instead of GOST 25546-82 and GOST 25835-83 : introduction date 2018-01-01 /

- от 17 марта 2017 г. №150-ст : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации : взамен ГОСТ 25546-82 и ГОСТ 25835-83 : дата введения 2018-01-01 / разработан Акционерным обществом «РАТТЕ» (АО «РАТТЕ»). – Москва : Стандартинформ, 2017. – 18 с. – Текст : непосредственный.
4. Национальное объединение проектировщиков. Методика расчета жизненного цикла здания и сооружения с учетом стоимости совокупных затрат : издание официальное : утвержден и введен в действие Решением Совета Национального объединения проектировщиков от 04 июня 2014 № 59 : введен впервые : дата введения 2014-06-04 / разработан Некоммерческим партнерством «Международная ассоциация фондов жилищного строительства и ипотечного кредитования» (МАИФ). – Москва : Национальное объединение проектировщиков, 2014. – 72 с. – Текст : непосредственный.
 5. СП 28.13330.2017. Свод правил по защите строительных конструкций от коррозии = Protection against corrosion of construction : актуализированная редакция СНиП 2.03.11 : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 27 февраля 2017 г. № 127/пр : введен впервые : дата введения 2017-08-28 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ, 2017. – 137 с. – Текст : непосредственный.
 6. Лычев, А. С. Оценка нижней границы области вероятностно-экономической оптимизации строительных конструкций / А. С. Лычев. – Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Строительство. – 1994. – № 2. – С. 101–103.
 7. СП 2.13130.2020 Свод правил. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты : утвержден и введен в действие Приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 12 марта 2020 г. № 151 : взамен СП 2.13130.2012 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России; зарегистрирован Федеральным регулированию и метрологии. – Москва, 2020. – 45 с. – Текст : непосредственный.
 8. СП 20.13330.2016 Свод правил. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : введен впервые : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства developed by Joint Stock Company «РАТТЕ» (JSC «РАТТЕ»). – Moscow : Standardinform, 2017. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
 4. National association of designers. Methodology for calculating the life cycle of a building and structure taking into account the cost of total costs : official publication : approved and put into effect by the Decision of the Council of the National association of designers dated June 4, 2014 № 59 : introduced for the first time : introduction date 2014-06-04 / developed by the Non-profit partnership «International Association of Housing Funds construction and mortgage lending» (MAIF). – Moscow : National Association of Designers, 2014. – 72 p. – Text : direct. (in Russian)
 5. SP 28.13330.2017. Protection against corrosion of construction : updated version of SNiP 2.03.11 : official publication : approved and put into effect by the Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia) dated February 27, 2017 № 127/pr : introduced for the first time : date of introduction 2017-08-28 / prepared by the Department of Urban Planning and Architecture of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia). – Moscow : Standardinform, 2017. – 137 p. – Text : direct. (in Russian)
 6. Lychev, A. S. Estimation of the lower boundary of the region of probabilistic-economic optimization of building structures. – Text : direct. – In: *News of Universities. Construction.* – 1994. – № 2. – P. 101–103. (in Russian)
 7. SP 2.13130.2020 Code of rules. Fire protection systems. Ensuring the fire resistance of protected objects : approved and put into effect by Order of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Disaster Relief (EMERCOM of Russia) dated March 12, 2020 № 151 : instead of SP 2.13130.2012 / developed by the Federal State Budgetary Institution VNIPO EMERCOM of Russia ; registered by Federal Regulation and Metrology. – Moscow, 2020. – 45 p. – Text : direct. (in Russian)
 8. SP 20.13330.2016 Code of rules. Loads and actions : updated version of SNiP 2.01.07-85* : official edition : approved and put into effect by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia) dated December 3, 2016 № 891/pr : introduced for the first time: date of introduction 2017-06-04 / prepared by the Department of Urban Planning and Architecture of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia). – Moscow : Standardinform, 2018. – 147 p. – Text : direct. (in Russian)
 9. Guidelines for assessing the economic efficiency and quality of industrial projects / TsNIIPromzdani

- и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ, 2018. – 147 с. – Текст : непосредственный.
9. Руководство по оценке экономической эффективности и качества проектов промышленных объектов / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1981. – 56 с. – Текст : непосредственный.
 10. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр : дата введения 2019-06-20 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ, 2019. – 143 с. – Текст : непосредственный.
 11. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 20 августа 1984 г. № 136 : введен впервые : дата введения 1986-01-01 / подготовлен Главтехнормированием Госстроя СССР (В. М. Скубко). – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с. – Текст : непосредственный.
 12. Хачатуров, Т. С. Экономическая эффективность капитальных вложений / Т. С. Хачатуров. – Москва : Экономика, 1964. – 277 с. – Текст : непосредственный.
 13. Экономические основы определения эффективности строительных конструкций зданий и сооружений / В. Н. Левченко, Н. А. Невгень, Е. А. Дмитренко [и др.]. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2024. – Том 20, №1. – С. 5–14. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2024-1/st_01_levchenko_nevgen_dmitrenko_gaevskaya.pdf (дата обращения: 05.03.2024).
 - Gostroy USSR. – Moscow : Stroyizdat, 1981. – 56 p. – Text : direct. (in Russian)
 10. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : updated version of SNiP 52-01-2003 : approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 19, 2018 № 832/pr : date of introduction 2019-06-20 / prepared by the Department of Urban Planning and Architecture of the Ministry of Construction and housing and communal services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia). – Moscow : Standardinform, 2019. – 143 p. – Text : direct. (in Russian)
 11. SNiP 2.03.01-84. Concrete and reinforced concrete structures : official publication : approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Construction Affairs dated August 20, 1984 № 136 : introduced for the first time : introduction date 1986-01-01 / prepared by Glavtekhnormirovanie of the USSR State Construction Committee (V. M. Skubko). – Moscow : CITP Gosstroy USSR, 1985. – 79 p. – Text : direct. (in Russian)
 12. Khachaturov, T. S. Economic efficiency of capital investments. – Moscow : Economics, 1964. – 277 p. – Text : direct. (in Russian)
 13. Levchenko, V. N.; Nevgen, N. A.; Dmitrenko, E. A. [et al.]. The economic basis for determining the structural efficiency of buildings and structures. – Text : electronic. – In: *Modern industrial and civil construction*. – 2024. – Volume 20, № 1. – P. 5–14. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2024-1/st_01_levchenko_nevgen_dmitrenko_gaevskaya.pdf (date of access: 05.03.2024). (in Russian)

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой железобетонных конструкций ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия 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 ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Самойлова Альфия Ильдаровна – магистрантка ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Олейник Ирина Андреевна – магистрантка ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия 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, Head of the Department of Reinforced Concrete Structures, FSBEI HE «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 Nikolay – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Structures Department FSBEI HE «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.

Samoilova Alfiya – master’s student FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: design of economical building structures and development of optimal structural and space-planning solutions for industrial buildings and engineering structures.

Oleynik Irina – master’s student FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: design of economical building structures and development of optimal structural and space-planning solutions for industrial buildings and engineering structures.