

УДК 624.013.3:725.4003.13

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Т. Н. ВИНОГРАДОВА, Н. А. НЕВГЕНЬ, В. В. ВЕГНЕР
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В промышленном строительстве необходимо предусматривать приоритетную экономически целесообразную разработку конструктивных решений зданий. Практика строительства указывает на необходимость освоения более прогрессивных конструкций из высокопрочных или повышенной прочности материалов, которые помимо снижения материалоемкости конструкций должны обеспечивать дальнейшее повышение индустриальности заводского изготовления конструкций. Необходимо обратить внимание на использование легких бетонов на пористых заполнителях и ячеистые бетоны. В Донбассе с развитой металлургией приоритет принадлежит легким бетонам на шлаковой пемзе, изготовляемой из расплавов доменных шлаков. Параллельно с определением экономически целесообразных отдельных конструкций необходимо решать вопрос выбора оптимальных объемно-планировочных решений зданий и сооружений, который связан с определением и анализом основных технико-экономических показателей (строительных затрат, эксплуатационных расходов и др.). Поэтому выбор конкретного объемно-планировочного решения производственного здания следует всесторонне обосновать экономическим расчетом.

Ключевые слова: эффективность, оптимальное решение, унификация, типизация, относительный показатель.

Анализ проектных решений производственных зданий последних лет показывает, что факторы, способствующие снижению стоимости строительства, не компенсируют факторов, приводящих к повышению стоимости строительства. В связи с этим весьма острым остается вопрос скорейшего внедрения в практику эффективных конструктивных решений промышленных зданий и научно-технических достижений, направленных на повышение эффективности капитальных вложений в строительство.

Важнейшие тенденции в развитии типов и архитектурно-строительных решений промышленных зданий в современном строительстве [1]:

- а) унификация объемно-планировочных и конструктивных решений;
- б) стремление к обеспечиванию максимальной универсальности строительных решений в целях наилучшего использования производственных площадей при изменении технологии;
- в) создание гибких зданий комплексной поставки.

В результате широкого внедрения работ по межотраслевой унификации уровень типизации сборных железобетонных конструкций по промышленным зданиям в настоящее время достиг 86 %. Такие элементы конструкций, как плиты покрытий и перекрытий, а также панели наружных стен почти полностью типизированы. Уровень типизации ферм и балок покрытий, а также балок и ригелей перекрытий достиг соответственно 91...96 и 81 %, а уровень типизации колонн промышленных зданий – 84 %.

Номенклатура типовых конструкций для промышленного строительства в бывшем общесоюзном каталоге насчитывала около 2000 типоразмеров, из которых 38 % относятся к инженерным сооружениям, 28 % – к многоэтажным и 34 % – к одноэтажным зданиям [2, 3].

Опыт проектирования и строительства подтверждает рациональность создания территориальных каталогов типовых конструкций. Такие каталоги отражают возможность существенно сократить число типоразмеров конструкций.

В настоящее время на практике преимущественно используются конструкции, изготовленные из материалов относительно низкой прочности, что, как известно, приводит к перерасходу материальных ресурсов. Это указывает на необходимость освоения более прогрессивных конструкций из высокопрочных или повышенной прочности материалов, которые, помимо снижения материалоемкости конструкций, должны обеспечивать дальнейшее повышение индустриальности заводского изготовления конструкций и способность организации поточного производства на специализированных линиях.

При совершенствовании отдельных конструктивных элементов следует учитывать не только их повторяемость, но и удельный вес в общем наборе конструктивных элементов, формирующих промышленное здание. При этом наибольшее внимание обращается на элементы, удельная стоимость которых в общей стоимости всего здания небольшая. В таблице приведены относительные стоимости элементов здания.

Таблица – Относительная стоимость элементов здания

Конструктивные элементы здания	Относительная стоимость элемента в здании, %	
	одноэтажном	многоэтажном
Здание в целом	1	1
Фундаменты	0,07–0,09	0,04–0,13
Несущие конструкции каркаса	0,25–0,28	0,14–0,17
Стены и покрытия	0,24–0,23	0,18–0,24
Перекрытия	–	0,15–0,30
Внутренние ограждения	0,04–0,06	0,05–0,07
Кровля	0,09–0,11	0,02–0,04
Инженерное оборудование	0,02–0,15	0,11–0,20
Прочие	0,10–0,12	0,04–0,06

Процесс индустриализации строительства связан с постоянным совершенствованием номенклатуры продукции, смена которой осуществляется за счет модернизации технологии производства сборного железобетона и других конструкций [4].

В настоящее время в практике строительной индустрии при производстве сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций шире применяются высокомарочные цементы, расширяется использование арматурной стали повышенной прочности и стойкости, а также бетонов, пропитанных мономерами с последующей их полимеризацией. Реализация этих мероприятий позволит перейти на более широкое применение несущих железобетонных конструкций из бетонов высоких классов В60 и В80 [5].

В будущем должны широко применяться легкие бетоны на пористых заполнителях и ячеистые бетоны, использование которых должно составлять не менее половины общего применения сборных железобетонных конструкций в строительстве.

Использование легких бетонов на искусственных пористых заполнителях и прочих отходах промышленности способствует решению важной проблемы – утилизации отходов в защите окружающей среды.

В Донбассе с развитой металлургией приоритет принадлежит легким бетонам на шлаковой пемзе, изготавливаемой из расплавов доменных шлаков и не требующей практически расхода топлива при производстве.

Для конструкций покрытия производственных зданий взамен плит по фермам или балкам необходимо использовать крупнопанельные железобетонные плиты на пролет сводчатого типа КЖС и П-образного сечения с малоуклонными плоскими скатами. Эти плиты позволяют полностью заменить типовые железобетонные покрытия из плит размерами 3×6 и 3×12 м по фермам или по балкам и могут применяться в зданиях с пролетом до 24 м, с шагом колонн до 12 м, с мостовыми кранами грузоподъемностью до 32 т, в том числе в агрессивных средах. При этом по сравнению с плоскостными покрытиями сокращается трудоемкость монтажа до 60 %, экономия бетона достигает 35 % и стали 15...25 %.

Ежегодно такими плитами в странах бывшего СНГ покрывалось около 300 тыс. м² производственных площадей, в то время как целесообразный объем внедрения составляет не менее 5 млн м².

Плиты типа П характеризуются несколько большим расходом металла по сравнению с плитами КЖС, но в производстве они более технологичны благодаря плоской верхней поверхности.

Применение плит замкнутого коробчатого сечения, используемых одновременно и в качестве воздуховодов, обеспечивает снижение приведенных затрат на 30...35% и расхода стали на 40...45%.

Составная плита – оболочка для покрытий промышленных зданий пролетом 12...18 м таврового сечения – собирается из двух одно- и двух-осно предварительно напряженных железобетонных пластин (ребра и полка), изготавливаемых на стендах методами непрерывного армирования и безопалубочного формования. Применение составных плит позволяет сократить на 1 м² покрытия расход бетона на 35 %, стали – на 20 %, трудозатраты на 20 %. Экономический эффект по сравнению с традиционным составляет до 89,5 руб. на 1 м² пола зданий.

Разработка эффективных конструкций двухэтажных промышленных зданий с укрупненной сеткой колонн в верхнем этаже способствует расширению области применения таких зданий, а следовательно, сокращению размеров территории предприятий, протяженности межцеховых коммуникаций, снижению трудоемкости и стоимости строительства.

Ряд усовершенствований внесен в решение отдельных элементов конструкций. Двухветвевые колонны высотой до 14,4 м заменяются колоннами прямоугольного сечения, которые при почти одном и том же расходе бетона требуют на 30 % меньше стали и менее трудоемки при изготовлении. Разработаны для ряда типов одноэтажных зданий предварительно напряженные колонны, при использовании которых может быть достигнуто снижение расхода стали на 20...30 %. Для многоэтажных зданий широко применяются колонны длиной на несколько этажей без стыков. Усовершенствованы конструкции балок покрытий пролетами 6,9 и 12 м, повышена несущая способность плит размерами 3×6 и 3×12 м, что позволяет отказаться в большинстве случаев от более материалоемких плит шириной 1,5 м.

Внедрены в строительство двух- и многоэтажные промышленные здания с укрупненной сеткой колонн повышенной этажности. Ведутся поиски эффективных решений конструкций междуэтажных перекрытий зданий с укрупненной квадратной сеткой колонн.

Наибольшая эффективность использования высокопрочных тяжелых бетонов достигается в конструкциях, несущая способность которых определяется в основном работой элементов на сжатие. К таким конструкциям относятся прежде всего колонны зданий и сжатые элементы раскосных ферм (при этом экономия бетона может достигать 40 %) и в определенной степени балки и ригеля (экономия до 15...20 %).

Увеличение прочности бетона в конструкциях массового применения повышает качество изделий, а в ряде случаев и существенно снижает косвенное армирование и расход стали в целом.

Для одноэтажных производственных зданий разработаны конструкции колонн из высокопрочного бетона эффективных сечений (кольцевые, П-образные). Использование бетона класса В45 вместо классов В25-В30 в сборных колоннах одноэтажных зданий при изменении прямоугольного сечения на кольцевое позволяет сократить объем бетона до 30 % и уменьшить расход стали до 25 %.

В колоннах многоэтажных зданий замена бетона классов В25-В30 бетоном классов В45-В55 без изменения опалубочных размеров сечения колонн нижних этажей способствует уменьшению расхода стали на 1 м³ конструкции до 200 кг.

Практика строительства подтверждает эффективность использования высокопрочных бетонов в каркасах многоэтажных зданий с укрупненной сеткой колонн (6×9, 9×8, 6×12 м) не только в колоннах, но и ригелях и ребристых плитах перекрытий при больших нагрузках.

Также эффективно применение бетона классов В60 в колоннах кольцевого сечения по сравнению с двухветвевыми типовыми колоннами.

Применение бетонов высоких марок и высокопрочной стали с предварительным натяжением арматуры растянутого нижнего пояса позволяет весьма эффективно применять безраскосные фермы в зданиях с межфермерными этажами.

В многоэтажных зданиях с межферменными этажами безраскосные фермы связаны с колоннами и, являясь составной частью каркаса этих зданий, работают как ригели многоярусных рам.

Применение зданий с межферменными этажами позволяет снизить расход бетона на 20 %, стали – на 11 %. Кроме того, количество сборных элементов, а значит и количество сварных стыков в каркасе многоэтажного здания с межферменными этажами в 2,0–2,5 раза меньше, чем в типовом здании с пристройкой. Это позволяет значительно снизить трудоемкость и стоимость монтажа конструкций.

Весьма актуальное направление повышения эффективности железобетонных конструкций – учет их совместной и пространственной работы, что позволит в ряде случаев существенно снизить расход материалов. В наибольшей мере этот вопрос проработан применительно к строительным конструкциям промышленных зданий.

Особое внимание следует уделить изучению влияния различных нарушений, приближенных к реальным условиям эксплуатации конструкций, оценке влияния нагрузок длительного воздействия в сочетании с кратковременными различной интенсивности и направленности, что позволит более обоснованно вести проектирование, обеспечивая эффективную безаварийную работу конструкций.

Разработанные, в том числе на основе опыта Финляндии и США, конструктивные решения армирования стыков многопустотных панелей позволяют применять их не только в качестве длиномерных плит перекрытий пролетом до 9...12 м, но и использовать в качестве панелей внутренних стен с вертикальными каналами и панелей наружных стен с утеплителем.

Таким образом, эффективность железобетонных конструкций зданий и сооружений достигается за счет следующих мероприятий:

- расширение области применения основных типов сборных железобетонных конструкций на основе межвидовой унификации;
- разработки конструкций с бессварными узлами сопряжения, укрупнения монтажных элементов;
- расширения использования высокомарочной арматуры и высокопрочных бетонов;
- новых конструктивных решений на основе передовой технологии изготовления;
- совершенствования методов расчетов конструкций с учетом их пространственной работы в зданиях и сооружениях, в том числе применения расчетных схем, наиболее близких к действительной работе;
- развития и более широкого использования программно-информационного обеспечения автоматизированных систем проектирования с выбором оптимальных по расходу материалов вариантов;
- совершенствование норм проектирования конструкций и норм нагрузок и воздействий.

Поиск оптимальных объемно-планировочных решений зданий связан с определением и анализом следующих технико-экономических показателей: строительных затрат, эксплуатационных расходов.

Выбор конкретного объемно-планировочного решения производственного здания следует всесторонне обосновать экономическим расчетом.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В целом экономичность конструктивных решений промышленных зданий связана с учетом таких факторов эффективности, как снижение трудоемкости и материалоемкости, а также фондоемкости строительства и будущего промышленного производства, сокращение эксплуатационных расходов. Поиск оптимального конструктивного решения базируется на всестороннем анализе факторов и тщательном обосновании выбора тех или иных решений с учетом условий сопоставимости показателей конкретных условий проектирования и строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ENV-1-1994 Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures [Text]. Part 1-1: General rules for buildings. – Supersedes ENV 1994 -1-1:1992 ; This European Standard was approved by CEN on 25 March 2003. – Sheffield : CEN, 2003. – 136 p.
2. Удосконалення проектних рішень і оцінка ефективності проектів промислових будівель [Текст] : навчальний посібник Міністерства освіти і науки України / під ред. В. М. Левченко. – Макіївка : ДонНАБА, 2004. – 310 с.
3. Актуальные вопросы проектирования экономичных зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий [Текст] : учебное пособие для студ. строит. вузов / под ред. В. Н. Левченко. – Макеевка : [б. и.], ДонНАСА, 2018. – 198 с.
4. Руководство по оценке экономической эффективности и качества проектов промышленных объектов [Текст] / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1991. – 56 с.
5. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [Текст]. – Взамен СП 63.13330.2012 ; введ. 2019-06-20. – М. : Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. – 143 с.

Получено 30.10.2019

В. М. ЛЕВЧЕНКО, Т. М. ВИНОГРАДОВА, М. О. НЕВГЕНЬ, В. В. ВЕГНЕР
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ І
КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У промисловому будівництві необхідно передбачати пріоритетну економічно доцільну розробку конструктивних рішень будівель. Практика будівництва вказує на необхідність освоєння більш прогресивних конструкцій із високоміцних чи підвищеної міцності матеріалів, які, крім зниження матеріалоемності матеріалів конструкцій повинні забезпечувати подальше підвищення індустриальності заводського виготовлення конструкцій. Необхідно звернути увагу на використання легких бетонів на пористих наповнювачах та ніздрюваті бетони. На Донбасі з розвинутою металургією пріоритет належить легким бетонам на шлаковій пемзі, що виготовляється з розплавів доменних шлаків. Паралельно з визначенням економічно доцільних окремих конструкцій необхідно вирішувати питання вибору оптимальних об'ємно-планувальних рішень будівель і споруд, яке пов'язане з визначенням і аналізом основних техніко-економічних показників (будівельних, експлуатаційних витрат та інш.). Тому вибір конкретного об'ємно-планувального рішення виробничої будівлі слід всебічно обґрунтувати економічним розрахунком.

Ключові слова: ефективність, оптимальне рішення, уніфікація, типізація, відносний показник.

VICTOR LEVCHENKO, TAMARA VINOGRADOVA, NICOLAI NEVGEN,
VERA VEGNER
ECONOMIC EFFICIENCY OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS
AND DESIGN CONCEPTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It is necessary to anticipate priority-oriented economically viable elaboration of design conception in industrial construction. Best practice in the field of construction points to the need for developing advanced high-strength or high-duty structures, which should further enhance in the industrialization of prefabrication, in addition to reducing the material consumption of them. Attention should be paid to the usage of lightweight expanded aggregates and hollow concretes. Development of metallurgy in Donbas gives priority to the usage of foamed lightweight concretes, made of molten blast furnace slag. The selection of the optimal space-planning decisions for buildings and structures, which is related to the identification and assessment of the main technical-and-economic index (construction costs, operating costs, etc.), should be closely connected with the economically viable elaboration of design conception. Therefore, the selection of a specific space-planning decision for an industrial building should be fully substantiated by economic calculation.

Key words: efficiency, optimal space-planning decision, unification, standardizing, relative index

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических 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 ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Виноградова Тамара Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Вегнер Вера Валериевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Невгень Микола Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Віноградова Тамара Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: Проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Вегнер Віра Валеріївна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

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.

Vinogradova Tamara – 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.

Vegner Vera – master's 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.