



(24)-0405-1

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Виктор Николаевич Левченко¹, Сергей Николаевич Машталер²,
Елена Николаевна Оленич³, Наталья Сергеевна Смирнова⁴

^{1,2,3,4} Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия
¹ v.n.levchenko@donnasa.ru, ² s.n.mashtaler@donnasa.ru, ³ e.n.olenich@donnasa.ru, ⁴ n.s.smirnova@donnasa.ru

Аннотация. Сложность технико-экономической проблемы обоснования областей и форм эффективного применения в зданиях и сооружениях конструкций из различных материалов состоит в том, что на выбор материалов для конструкций и установления областей и форм эффективного их применения влияет огромное число факторов, в том числе технические свойства материала конструкций, тип зданий и сооружений, условия их эксплуатации, природно-климатические и экономико-географические особенности районов строительства. Установление границ целесообразного применения конструкций на перспективу неразрывно связано с выявлением путей повышения их эффективности. Границы, характеризующие области эффективного применения конструкций из различных материалов непрерывно изменяются в связи с техническим прогрессом в развитии их проектных решений, методов изготовления и возведения. В статье рассматриваются некоторые вопросы технико-экономической оценки обоснования областей и форм эффективного применения конструкций из различных материалов в зданиях и сооружениях и факторы, влияющие на их эффективность, выбор материала для конструкций, установление областей и форм рационального их применения.

Ключевые слова: эффективность, фактор дефицитности, себестоимость, материалоемкость, климатические факторы, строительные конструкции

Для цитирования: Факторы, влияющие на эффективность применения строительных конструкций из различных материалов / В. Н. Левченко [и др.]. // *Металлические конструкции*. 2024. Том 30, № 2. С. 47–57. doi: 10.71536/mc.2024.v30n2.1. edn: lxucmx.

Original article

FACTORS AFFECTING THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF BUILDING STRUCTURES MADE OF VARIOUS MATERIALS

Victor N. Levchenko¹, Sergey N. Mashtaler², Elena N. Olenich³, Natalia S. Smirnova⁴

^{1,2,3,4} Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia
¹ v.n.levchenko@donnasa.ru, ² s.n.mashtaler@donnasa.ru, ³ e.n.olenich@donnasa.ru, ⁴ n.s.smirnova@donnasa.ru

Abstract. The complexity of the technical and economic problem of substantiating the areas and forms of effective use in buildings and structures of structures made of various materials is that the choice of materials for structures and the establishment of areas and forms of their effective use is influenced by a huge number of factors, including the technical properties of the material of structures, the type of buildings and structures, their operating conditions, natural-climatic and economic-geographical features of the construction areas. The establishment of the boundaries of the appropriate use of structures for the future



is inextricably linked with the identification of ways to increase their effectiveness. The boundaries characterizing the areas of effective use of structures made of various materials are constantly changing due to technological progress in the development of their design solutions, manufacturing methods and construction. The article discusses some issues of the feasibility study of the areas and forms of effective use of structures made of various materials in buildings and structures and the factors affecting their effectiveness, the choice of material for structures, the establishment of areas and forms of their rational use.

Keywords: efficiency, scarcity factor, cost, material consumption, climatic factors, building structures

For citation: Factors affecting the effectiveness of the use of building structures made of various materials / V. N. Levchenko [et al.]. *Metal Constructions*. 2024;30(2):47–57. (in Russ.). doi: 10.71536/mc.2024.v30n2.1. edn: lxucmx.

Введение

Фактор дефицитности материалов при формировании технической политики следует учитывать только в текущий период. Если имеется сырьевая база и существуют реальные возможности ее развития, то, решая вопрос экономической целесообразности более широкого применения каких-либо материалов в строительстве, не следует учитывать фактор дефицитности, обосновывая техническую политику на далекую перспективу. Ведь при плановой системе хозяйствования имеется реальная возможность, разумно распределив капитальные вложения, развивать производство наиболее эффективных материалов для удовлетворения потребностей строительного производства. Кроме того, следует учитывать, что в настоящее время в ДНР и ЛНР ощущается дефицит не только древесины и стали, но и в цементе и других материалах. Не следует забывать также об ограниченности трудовых ресурсов и капитальных вложений, выделяемых на развитие строительного производства. Таким образом, необходимо рассматривать вопросы в комплексе, а не в отрыве один от другого.

Анализ исследований и публикаций

В книгах и статьях И. Л. Апарина, Л. М. Иващенко [1–3] и других исследователей подчеркивается важность научно-технического прогресса для оптимизации использования строительных материалов. Работы Л. М. Иващенко и В. Н. Левченко [2, 4, 5] подчеркивают значимость выбора прогрессивных материалов и оптимизации

проектных решений для снижения материалоемкости строительства. Публикации, В. Н. Левченко и В. М. Левина [4] и статьи из журналов [5, 6], рассматривают практические аспекты применения различных строительных конструкций и оценку их эффективности. Исследования, представленные в публикациях зарубежных авторов [13–15], акцентируют внимание на долговечности и надежности конструкций, что также является ключевым аспектом в оценке эффективности различных строительных материалов.

Описание объекта исследований

Объектом исследования являются стальные и железобетонные конструкции, используемые в строительстве, а также методы оптимизации их применения в условиях дефицита стали.

Цель работы

Анализ факторов, влияющих на эффективность применения строительных конструкций из различных материалов в условиях дефицита стали, и разработка рекомендаций по оптимизации использования строительных материалов для повышения экономической эффективности строительства.

Основной материал

Наличие дефицита стали существенно влияло в прошлом и влияет в настоящее время на техническую политику, сказывается на характер требований или рекомендаций нормативных документов.

Имеется много возможностей для снижения расхода стали в строительстве, в том числе:

- совершенствование конструктивных решений стальных и сборных железобетонных конструкций, рациональная их унификация и оптимизация параметров;
- более широкое применение сталей повышенной прочности и эффективных профилей для изготовления стальных конструкций;
- применение бетонов повышенной прочности, в том числе легких;
- уменьшение процента армирования железобетонных конструкций;
- более широкое применение в каркасах и перекрытиях многоэтажных промышленных зданий, фундаментах и стенах подвалов, подвальных помещениях специального назначения сборно-монолитных или монолитных железобетонных конструкций вместо сборных;
- применение деревянных конструкций при строительстве малоэтажных жилых домов и в покрытиях производственных и общественных зданий, возведение опор ЛЭП и пролетных строений автодорожных мостов с соответствующим сокращением применения сборных железобетонных конструкций;
- ограниченное применение стальных конструкций.

Реализация перечисленных возможностей экономии стали позволит в одних областях уменьшить расход стали, снизить сметную стоимость и приведенные затраты. В других областях наряду с экономией стали сметная стоимость и приведенные затраты существенно увеличатся. С точки зрения интересов строительного производства в первую очередь необходимо осуществлять такие мероприятия по экономии стали, реализация которых не приводит к увеличению народнохозяйственных затрат. Однако в связи с дефицитом стали приходится идти на применение менее металлоемких конструкций, изделий и в тех областях, где это экономически неэффективно и вызывает увеличение приведенных затрат.

Сопоставляя одноэтажные здания с многоэтажными, фонарные здания с бесфонарными, стальные конструкции с железобетонными, железобетонные сборные и монолитные конструкции, железобетонные конструкции с различны-

ми процентами армирования, стены из железобетонных панелей и кирпича, вентиляционные короба из асбестоцемента и стали. При обосновании градаций параметров унифицированных конструкций фактор дефицитности учитывать необходимо. При наличии определенных ресурсов стали, выделяемых для строительства, в первую очередь следует обеспечивать применение более металлоемких конструкций в тех областях, где это технически необходимо или обеспечивает наибольший экономический эффект в расчете на каждую тонну дополнительно израсходованной стали.

В настоящее время не всегда осуществляется экономически обоснованная техническая политика, направленная на наиболее эффективное применение стали, выделяемой строительству. Во многих случаях применение сборных железобетонных вместо монолитных железобетонных конструкций, не только увеличивает сметную стоимость и приведенные затраты, но и вызывает увеличение расхода стали. Иногда необоснованно стальные конструкции применяют вместо сборных железобетонных в районах с низким уровнем себестоимости сборного железобетона. В этом случае наряду с увеличением в 2–3 раза расхода стали возрастают и стоимость строительства, а также приведенные затраты. В то же время в районах с высокой себестоимостью сборного железобетона (франко-строительная площадка) экономически необоснованно используются сборные железобетонные конструкции вместо значительно экономичных стальных конструкций.

Существуют четыре варианта учета фактора временной дефицитности стали, которые возможно осуществить при обосновании выбора технических решений [2, 3]:

- введением коэффициентов дефицитности стоимости конструкций в деле C ;
- введением коэффициентов дефицитности D_{ii} заводской стоимости конструкций $C_{к,з}$;
- введением коэффициентов дефицитности D_{2i} к стоимости стали;
- установлением показателя минимальной экономии приведенных затрат в расчете на 1 тонну дополнительно израсходованной стали.

Для этой цели используются формулы:

$$C^D = D_{ii}C; \quad (1)$$

$$C^D = [(D_{2i} C_{кэ} + C_m) K_{э.с} + C_{сб} + C_{уст} + C_o + C_e + H + C_{э.у}] K_{пл}; \quad (2)$$

$$C_{кэ}^D = (D_{3i} \Pi_{стj} G_{стj} + C_{др.мат} + C_{пер}) K_{пл}; \quad (3)$$

$$\frac{\Pi_1 - \Pi_2}{G_{ст2}^n - G_{ст1}^n} \geq \Xi_n^{ст} \quad (4)$$

В этих формулах:

C^D – приведенная (условная) стоимость конструкции в деле, руб.;

D_{1i} – коэффициент дефицитности, зависящий от вида конструкций;

D_{2i} – коэффициент дефицитности, зависящий от вида конструкций и расхода стали на единицу массы или объема конструкций;

$\Pi_{стj}$ – стоимость стали i -го класса или марки франко-завод – изготовитель конструкций, руб.;

$G_{стj}$ – расход стали i -го класса или марки;

D_{ai} – коэффициент дефицитности, зависящий от класса или марки стали;

$C_{пер}$ – стоимость передела (стоимость изготовления без стоимости основных материалов), руб.;

$K_{пл}$ – коэффициент, учитывающий плановую прибыль;

$K_{э.с.}$ – коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы и равный для металлоконструкций – 1,08, для других конструкций и материалов – 1,02;

$C_{сб}$ – стоимость сборки конструкций, руб.;

$C_{уст}$ – стоимость установки (монтажа) конструкций, руб.;

C_o – стоимость материала, руб.;

C_e – стоимость сварки, руб.;

Π_1 и Π_2 – приведенные затраты соответственно по конструкциям с меньшим и большим расходом стали, руб.;

$G_{ст1}^n$ и $G_{ст2}^n$ – приведенный (по уровню оптовых цен на прокат и метизы) к расходу стали С245 расход стали соответственно для конструкций с большим и меньшим расходом стали, т;

$\Xi_n^{ст}$ – нормативный показатель минимальной экономии приведенных затрат в расчете на 1 т дополнительно израсходованной стали.

Рекомендуется четвертый способ, который позволяет вместо установления многих значений коэффициента дефицитности стали для различных

видов промышленной продукции с различным расходом стали устанавливать один показатель минимально допустимой экономии в расчете на каждую тонну дополнительно израсходованной стали [1, 7, 8].

Приведенный расход стали на конструкцию может быть определен по формуле [9]:

$$G_{ст}^n = \sum \frac{C_{стj} \Pi_{стj}}{C_{ст.б}} = \sum a_j G_{стj}, \quad (5)$$

где $\Pi_{стj}$ – оптовая цена на сталь j -го класса или марки (с учетом всех необходимых приплат), руб.;

$\Pi_{ст.б}$ – оптовая цена стали, принятая за основу для исчисления приведенного расхода стали, руб.;

a_j – коэффициент приведения расхода стали j -го класса или марки.

Как показали расчеты, усредненная цена арматурной стали, используемой в настоящее время при изготовлении железобетонных конструкций, примерно соответствует усредненной цене арматурной стали класса А400, а также близка к усредненной стоимости проката из стали марки С245 (при равномерном соотношении профилей разного вида). Использование цены арматурной стали класса А400 в качестве основы для определения приведенного расхода стали удобно в том отношении, что при расчете приведенного расхода стали в целом по России и ДНР он будет близок к натуральному расходу стали.

При учете фактора дефицитности стали нельзя допускать без специального технико-экономического обоснования применение более дорогих (по приведенным затратам) и более металлоемких вариантов технических решений. Чтобы учет фактора дефицитности дал ощутимый экономический выигрыш, необходимо, соответственно, решить систему обеспечения строительства объектов всех отраслей народного хозяйства ресурсами проката, проволоки, стальных изделий и конструкций с тем, чтобы не допустить использования более металлоемких конструкций, когда это не дает установленной экономии и способствовать массовому применению более металлоемких конструкций, когда это позволяет получить значительный экономический эффект, превышающий минимально установленный [4, 6].

Применение при обосновании выбора технических решений этих показателей минимальной

экономии позволило бы более правильно использовать ресурсы стали, выделяемой строительству. По мере накопления опыта учета фактора дефицитности стали при обосновании выбора вариантов конструктивных и иных технических решений, а также изменения ресурсов стали, отпускаемых для строительства, необходимо эти цифры пересмотреть. В целях научно обоснованного учета фактора дефицитности стали следовало бы разработать для обязательного применения «Временную методику учета фактора дефицитности стали при обосновании выбора вида и типа конструкций зданий и сооружений и их унификации» [10, 11]. В масштабе страны при наличии установленного ограничения общего расхода стали в строительстве на какой-либо период (год) отбор технических решений надлежит производить с учетом следующих зависимостей:

$$\sum_{i=1}^n P_i V_i = \min; \quad \sum_{i=1}^n g_{cti}^n V_i \leq G_{ct.сум}^n \quad (6)$$

где P_j – приведенные затраты по i -му техническому решению, руб.;

g_{cti}^n – приведенный (к расходу стали С245) расход стали на осуществление i -го технического решения;

n – совокупность технических решений, необходимых для осуществления намеченной программы строительства объекта, руб.;

$G_{ct.сум}^n$ – суммарный приведенный расход стали, который может быть выделен строительству в определенный период времени, т;

V_i – объем применения i -го технического решения в j -й период времени.

Использование приведенных выше формул на данном этапе представляется весьма затруднительным, они даны только в порядке постановки вопроса для дальнейших исследований.

Уровень себестоимости, цен и тарифов

Как показал приведенный анализ, уровень себестоимости производства конструкций, полуфабрикатов и материалов, тепловой и электрической энергии, транспортных перевозок, цен и тарифов существенно изменяется по районам России.

В прейскурантах оптовых цен на конструкции, изделия, полуфабрикаты и материалы степень дифференциации цен по районам страны различна в зависимости от специфики и условий производства [3, 5].

Различия в уровне себестоимости конструкций и цен, также как и различия в природно-климатических условиях районов страны, необходимо учитывать при разработке рациональных структур конструкций из различных материалов, определении объемов их применения на перспективу, норм расхода материалов.

Уровень тарифов на тепловую энергию также оказывает влияние на выбор вида конструкций, в первую очередь ограждающих, а также на величину экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. В районах с повышенными тарифами на тепловую энергию экономическая эффективность легких многослойных панелей с эффективным утеплителем по сравнению с эффективностью легкобетонных панелей будет выше, чем в районах с мягким климатом и низкими тарифами на тепловую энергию (при прочих равных условиях). Уровень тарифов на тепловую энергию может оказывать существенное влияние на оптимальную высоту стропильных ферм и балок для покрытий отапливаемых зданий и на установление области рационального их применения.

В ранее проводимых исследованиях по оценке эффективности конструкций и установлению областей рационального применения различия в уровне цен, как правило, не учитывались, что приводило во многих случаях к неверным выводам. Наибольший вред такая практика наносила при обосновании выбора конструкций зданий и сооружений в процессе разработки типовых проектов [7].

Приведенный анализ показал, что средний уровень отчетной себестоимости производства сборных железобетонных конструкций для рассмотренных поясов был близок к себестоимости. Однако, в отдельных предприятиях уровень отчетной себестоимости существенно отличался от среднего уровня.

На себестоимость железобетонных конструкций оказывают влияние многие факторы. Остановимся только на двух из них – на степени концентрации производства и серийности. Известно, что с увеличением мощности предприятия, объем производства однотипной продукции и серийности себестоимость при прочих равных условиях производства снижается, и наоборот. В Прейскуранте предусмотрены надбавки к цене в размере 30 % при заказе нетиповых изделий в

количестве до 20 штук и 10 % – при заказе нетиповых изделий в количестве 21 – 100 штук. Конечно, размер этих надбавок является усредненным по всем группам изделий, однако анализ надбавок позволяет отметить, что при отсутствии условий для массового производства железобетонных изделий эффективность их применения будет снижаться. Так, для стальных конструкций цены разработаны исходя из сложившегося мелкосерийного производства со средним количеством однотипных изделий до 20. При выполнении большого заказа (допустим, 1 000 штук) фактическая себестоимость стальных конструкций будет значительно меньше себестоимости, учтенной в Прейскуранте.

Учитывая изложенное, нельзя рекомендовать применение нетиповых железобетонных конструкций при отсутствии условий для массового их производства. В этом случае более эффективно применение монолитных железобетонных или стальных конструкций.

Затраты на формы в некоторых случаях значительно возросли, что объяснялось необходимостью в короткий срок изготовить партию данного вида изделий и отсутствием в дальнейшем потребности в них. Этот фактор нельзя недооценивать при оценке эффективности применения типовых сборных железобетонных изделий, не имеющих перспективы для массового и длительного производства в данном районе строительства или в целом в стране [9].

В качестве примера можно привести сборные железобетонные предварительно-напряженные балки пролетных строений разгрузочных железнодорожных эстакад, которые строятся в ограниченном числе предприятий. Это не создает условий для массового производства, поскольку для одного предприятия, где строятся эстакады, потребность в балках составляет 20 – 70 штук. Целесообразно иметь базу проката форм, применяемых для производства типовых изделий немассового применения для всех районов.

Расчеты позволили установить, что при экономико-географических условиях, характерных для большинства районов России с высоким уровнем цен на сборный железобетон, связанных железной дорогой с другими районами, выгоднее доставлять сборные железобетонные изделия из районов с более низким уровнем цен, чем производить на месте. Это говорит, с одной стороны,

о нецелесообразности развития производства сборного железобетона в районах с неблагоприятными экономико-географическими условиями, а с другой стороны – о несовершенстве оптовых цен, не стимулирующих оптимальное размещение производства сборного железобетона. Разница в ценах на сборный железобетон по поясам не должна превышать разницы в стоимости транспортирования изделий из района с более низким уровнем цен в район с более высоким уровнем цен.

Степень рассредоточенности объектов и их удаленности от баз строительной индустрии также является одним из факторов применения эффективных конструкций.

Как видно из рисунка, затраты на перевозку стальных конструкций автомобильным и железнодорожным транспортом существенно ниже затрат на перевозку железобетонных. Особенно значительной за счет снижения затрат на транспортирование является экономия при перевозке конструкций автомобильным транспортом на большие расстояния в районах с высокими тарифами. Если возникает необходимость перевозки конструкций авиационным (вертолетным) транспортом, преимущества стальных конструкций по сравнению с железобетонными существенно возрастают и эффективность их применения становится бесспорной.

К преимуществам стальных конструкций следует отнести также меньшую их поврежденность при дальних перевозках вследствие лучшей сопротивляемости динамическим воздействиям, чем сборных железобетонных конструкций (без дополнительного армирования с учетом условий транспортирования).

Так, по данным Энергосетьпроекта, при перевозке железобетонных столбов ЛЭП на расстояние 2 000 км по железной дороге не менее 20 % их повреждается настолько, что исключает возможность их пользования в соответствии с проектом (это данные для бывшего Советского Союза).

В условиях перевозок по бездорожью или по временным дорогам преимущества легких конструкций возрастают также и потому, что проходимость транспортных средств и требования к качеству проезжей части дороги существенно зависят от массы перевозимых конструкций и их габаритов.

Проведенное исследование позволило установить, что для очень большого числа районов

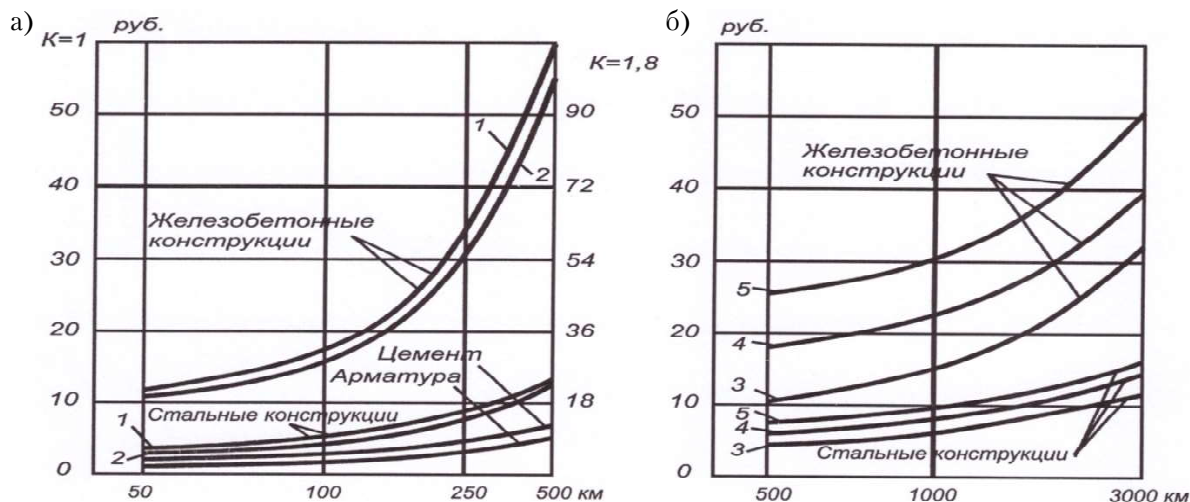


Рисунок. Стоимость транспортирования железобетонных (в расчете на 1 м³) и эквивалентного количества стальных конструкций (эквивалент замены 1 м³ – 0,6 т) [1,4]: а) автотранспортом; б) по железной дороге; 1 – конструкции 1 = 6–12 м; 2 – то же, l = 3+6 м; 3 – с учетом подачи вагонов по ж.-д. ветке на 10 км; 4 – то же, плюс 25 км автотранспортом; 5 – то же, плюс 100 км автотранспортом; К – поясной коэффициент к тарифам.

или объектов сборный железобетон является местным материалом. Это обстоятельство, к сожалению, не всегда принимается в расчет при проектировании зданий, сооружений и формировании технической политики.

В ряде случаев к преимуществам сборных железобетонных конструкций местного производства для применения в отдаленных от железных дорог районах относят возможность снижения затрат на транспортировку по сравнению с применением дальнепривозных легких конструкций. Как показали расчеты, масса привозных материалов (арматурной стали, стали для закладных деталей, цемента и топлива) для сборных несущих железобетонных конструкций превышает в большинстве случаев массу несущих стальных конструкций.

Климатические факторы

К климатическим факторам следует относить температуру и влажность наружного воздуха, скорость ветра, высоту снегового покрова, продолжительность зимнего периода и т. д.

В соответствии со СНиП к стальным конструкциям, монтируемым или эксплуатируемым при низких расчетных температурах предъявляются определенные требования, касающиеся выбора материалов, конструктивных решений изготовления и монтажа конструкций, выполнение

которых обеспечивает необходимую хладостойкость. В частности, несущие конструкции для таких районов рекомендуется изготавливать из низколегированных сталей С345, С355, С390. Необходимость выполнения нормативных требований, естественно вызывает некоторое удорожание изготовления стальных конструкций по сравнению с конструкциями, применяемыми в обычных условиях.

К сборным железобетонным конструкциям, монтируемым или эксплуатируемым в условиях низких температур, предъявляются, кроме того, определенные требования с точки зрения морозостойкости, хладостойкости арматурной стали, технологии изготовления и монтажа, что приводит для ряда конструкций к значительному их удорожанию.

Существенное влияние оказывают климатические факторы и степень загрязненности атмосферы на скорость коррозии металлов, долговечность стальных, железобетонных и других конструкций, величину требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций отапливаемых зданий, применение бесстыковых железнодорожных путей и выбор материала для шпал и т. д.

Климатические факторы влияют на производительность труда рабочих, сказываются на

продолжительности и стоимости возведения конструкций.

Возведение конструкций в зимнее время вызывает дополнительные затраты и приводит к увеличению стоимости конструкций в деле.

В таблице приведены нормы дополнительных затрат в связи с производством работ в зимнее время для железобетонных конструкций, возводимых в условиях температурных зон.

Из приведенных данных в таблице можно сделать вывод, что при прочих равных условиях применение монолитных железобетонных конструкций по сравнению со сборными более эффективно в летнее время или в районах с коротким зимним периодом, а также при малом модуле поверхности (например, в фундаментах).

В конкретных условиях для монолитных железобетонных конструкций в зависимости от особенностей конструкций и технологии возведения, стоимости электроэнергии и особенностей климата, отличающихся от средних для зоны, дополнительные затраты, связанные с производством работ в зимнее время, будут различны.

При осуществлении работ в зимнее время года в суровых климатических условиях возрастают и фактические затраты труда вследствие выполнения дополнительного объема работ (по строительству тепляков, укрытий и т. п.), снижается производительность труда, а также увеличивается продолжительность строительства

(вследствие увеличения трудоемкости работ, более продолжительного твердения бетона и т. п.).

Возведение конструкций может стать более продолжительным при понижении температуры не только в случае производства работ в суровых климатических районах, но для ряда конструкций и других районах.

В некоторых случаях представляется целесообразным для ускорения снятия опалубки монолитных железобетонных конструкций и сокращения времени, необходимого для снижения проектного класса бетона, увеличить класс бетона смеси или применять предварительный ее разогрев не только в зимнее время, но и в летнее.

Выводы

Большое влияние на выбор материала для строительных конструкций оказывают, прежде всего, требования или рекомендации нормативных документов по строительному проектированию. Учитывая факторы дефицитности некоторых эффективных материалов, следует применять их в тех областях, где можно получить наибольший экономический эффект в расчете на 1 т или 1 м³ дополнительного расхода этого дефицитного материала. Необходимо резко ограничить применение более металлоемких конструкций вместо менее металлоемких, если это не дает экономического эффекта или не вызвано технической необходимостью.

Таблица. Дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время, % к сметной стоимости

Температурная зона	Продолжительность зимнего периода в месяцах	Дополнительные затраты при производстве работ					
		в зимнее время			круглогодично		
		сборные конструкции	монолитные конструкции		сборные конструкции	остальные конструкции	
фундаменты	остальные конструкции		фундаменты	остальные конструкции			
I	2,8	1,3	1,7	13,5 18,9	0,31	0,39	3,1 4,35
II		8,2	7,6	26 21	6,3	5,4	15 12,8

Список источников

1. Апарин, И. Л. Научно-технический прогресс и снижение материалоемкости строительства / И. Л. Апарин. – Москва : Стройиздат наркомстроя, 1989. – 160 с. – Текст : непосредственный.
2. Иващенко, Л. М. Методические вопросы прогнозирования и выполнения резервов снижения материалоемкости строительства / Л. М. Иващенко. – Текст : непосредственный // Методические вопросы прогнозирования, развития и размещения строительного комплекса. – 1984. – Москва : НИИЭС. – С. 28–39.
3. Иващенко, Л. М. Направления снижения материалоемкости строительства / Л. М. Иващенко. – Текст : непосредственный // Развитие экономических методов управления научно-техническим прогрессом в области строительства. – 1985. – Москва : НИИЭС Госстроя СССР. – С. 16–27.
4. Левченко, В. Н. Анализ эффективности применения строительных конструкций из различных материалов и исследование вопросов снижения материалоемкости строительства : учебное пособие / В. Н. Левченко, В. М. Левин. – Донецк : [б. и.], 2019. – 336 с. – Текст : непосредственный.
5. Снижение материалоемкости строительства при совершенствовании проектных решений, производства и применения прогрессивных материалов и конструкций / В. Н. Левченко, А. В. Недорезов, Н. А. Севостьянов, К. А. Казак. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2024. – Том 20, № 3. – С. 133–140. – doi: 10.71536/spgs.2024.v20n3.2. – edn: lowcyj. – ISSN 1993-3495.
6. Левченко, В. Н. Экономия материальных ресурсов в строительной отрасли / В. Н. Левченко. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской государственной академии строительства и архитектуры. – 1999. – Выпуск 99-5(19). – С. 80–83.
7. Методика и нормативы для определения стоимости эксплуатации промышленных зданий на стадии их проектирования / Центр научно-исследовательских и проектно-экспериментальных институтов промышленных зданий и сооружений. – Москва : Госстрой СССР, 2008. – 110 с. – Текст : непосредственный.
8. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса в строительстве / ЦНИИ экономики и управления строительством. – Москва : ЦНИИЭУС, 1988. – 56 с. – Текст : непосредственный.
9. Методические рекомендации по сравнительной технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений / Научно-исследовательский институт экономики строительства Госстроя СССР. – Москва : Госстрой СССР, 1971. – 139 с. – Текст : непосредственный.
10. Методические указания по определению прогрессивных удельных показателей материалоемкости проектируемых объектов строительства / ЦНИИ

References

1. Aparin, I. L. Scientific and technical progress and reduction of material consumption of construction. – Moscow : Stroizdat narkomstroy, 1989. – 160 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Ivashchenko, L. M. Methodological issues of forecasting and fulfilling reserves for reducing the material intensity of construction. Text : direct. – In: *Methodological issues of forecasting, development and placement of the construction complex*. – 1984. Moscow : NIIES. – P. 28–39. (in Russian)
3. Ivashchenko, L. M. Directions of reducing the material consumption of construction. – Text : direct. – In: *Development of economic methods for managing scientific and technological progress in the field of construction*. – 1985. – Moscow : NIIES Gosstroy of the USSR. – P. 16–27. (in Russian)
4. Levchenko, V. N.; Levin, V. M. Analysis of the effectiveness of the use of building structures made of various materials and research on reducing the material intensity of construction : a textbook. – Donetsk : [s. n.], 2019. – 336 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Levchenko, V. N.; Nedorezov, A. V.; Sevostyanov, N. A.; Kazak, K. A. Reducing the material consumption of construction while improving design solutions, production and application of progressive materials and structures. – Text : electronic. – In: *Modern Industrial and Civil Construction*. – 2024. – Volume 20, № 3. – P. 133–140. doi: 10.71536/spgs.2024.v20n3.2. – edn: lowcyj. – ISSN 1993-3495. (in Russian)
6. Levchenko, V. N. Saving of material resources in the construction industry. – Text : direct. – In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 1999. – Issue 99-5(19). – P. 80–83. (in Russian)
7. Methodology and standards for determining the cost of operation of industrial buildings at the design stage / Center for Research and Design Experimental Institutes of Industrial Buildings and Structures. – Moscow : Gosstroy of the USSR, 2008. – 110 p. – Text : direct. (in Russian)
8. Methodological recommendations for assessing the economic effectiveness of scientific and technological progress in construction / Central Research Institute of Economics and Construction Management. – Moscow : TSNIEUS, 1988. – 56 p. – Text : direct. (in Russian)
9. Methodological recommendations on comparative technical and economic assessment of design solutions for industrial buildings and structures / Scientific Research Institute of Construction Economics of the USSR State Construction Committee. – Moscow : Gosstroy of the USSR, 1971. – 139 p. – Text : direct. (in Russian)
10. Methodological guidelines for determining progressive specific indicators of material consumption of projected construction facilities / Central Research Institute of Economics and Construction Management. – Moscow : TSNIEUS, 1989. – 27 p. – Text : direct. (in Russian)

- экономики и управления строительством. – Москва: ЦНИИЭУС, 1989. – 27 с. – Текст: непосредственный.
11. Руководство по оценке эффективности и качества проектов промышленных объектов / ЦНИИ промзданий Госстроя СССР. – Москва: Стройиздат, 1981. – 56 с. – Текст: непосредственный.
 12. Экономическая эффективность капитальных вложений и внедрения новой техники в строительстве / Научно-исследовательский институт экономики строительства Госстроя СССР. – Москва: Стройиздат, 1995. – 269 с. – Текст: непосредственный.
 13. Kumar, R. Prediction of long temp behaviour and performance of concrete structures / R. Kumar. – Текст: непосредственный // International Conference on maintenance & durability of concrete structures, 4.03.1997–06.03.1997, Hyderabad, India: [s. n.], 1997. – P. 245–247.
 14. FIB Bulletin 22. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures: State-of-art report prepared / K. Bergmeister, A. Emin Aktan, C. Bucher [et. al.]. – Lausanne, Switzerland: Federation internationale du beton (fib), 2003. – 303 p. – DOI: 10.35789/fib.BULL.0022. – Текст: непосредственный.
 15. Somerville, G. The Design Life of Structures / G. Somerville. – 1st ed. – London: CRC Press, 1991. – 288 p. – <https://doi.org/10.4324/9780203168875>. – Текст: непосредственный.
 11. Guidelines for evaluating the effectiveness and quality of projects of industrial facilities / Central Research Institute of Industrial Enterprises of the USSR State Construction. – Moscow: Stroyizdat, 1981. – 56 p. – Text: direct. (in Russian)
 12. Economic efficiency of capital investments and the introduction of new technology in construction / Scientific Research Institute of Construction Economics of the USSR State Construction Committee. – Moscow: Stroyizdat, 1995. – 269 p. – Text: direct. (in Russian)
 13. Kumar, R. Prediction of long temp behaviour and performance of concrete structures. – Text: direct. – In: *International Conference on maintenance & durability of concrete structures*, 4.03.1997–06.03.1997, Hyderabad, India: [s. n.], 1997. – P. 245–247.
 14. Bergmeister, K.; Aktan, A. Emin; Bucher, C. [et. al.]. FIB Bulletin 22. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures: State-of-art report prepared. – Lausanne, Switzerland: Federation internationale du beton (fib), 2003. – 303 p. – DOI: 10.35789/fib.BULL.0022. – Text: direct.
 15. Somerville, G. The Design Life of Structures. – 1st ed. – London: CRC Press, 1991. – 288 p. – <https://doi.org/10.4324/9780203168875>. – Text: direct.

Информация об авторе

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Машталер Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных (сталефибробетонных) элементов при простых режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Оленич Елена Николаевна – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: сравнение методик расчета высотных сооружений, расчет и проектирование зданий и сооружений, оценка состояния существующих конструкций, усиление конструкций.

Смирнова Наталья Сергеевна – старший преподаватель кафедры металлических конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: эксплуатационная надежность и долговечность электросетевых конструкций, обеспечение безотказности воздушных линий электропередачи на основе теории управления рисками.

Information about the author

Levchenko Victor N. – Ph. D. (Engineering), Professor, Head of the Department of Reinforced Concrete Structures, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Mashtaler Sergey N. – Ph. D. (Engineering), Associate Professor of Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete (steel fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature.

Olenich Elena N. – Assistant, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: chimneys, comparison of methods of calculation of chimneys, calculation and designing of chimneys, estimation of a condition of existing designs, strengthening of structures.

Smirnova Natalia S. – is a senior lecturer, at Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: operational reliability and longevity of power supply structures, and protection of overhead power transmission lines on the basis of the theory of risk management.

Статья поступила в редакцию 20.05.2024; одобрена после рецензирования 17.06.2024; принята к публикации 21.06.2024.

The article was submitted 20.05.2024; approved after reviewing 17.06. 2024; accepted for publication 21.06.2024.