

# МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

В. Н. Левченко, к.т.н., профессор; С. Н. Машталер, к.т.н., доцент; А. С. Волков, к.т.н., доцент; А. В. Недорезов, к.т.н., доцент; Е. А. Дмитренко, к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка



*Левченко  
Виктор Николаевич*



*Машталер  
Сергей Николаевич*



*Волков  
Андрей Сергеевич*



*Недорезов  
Андрей Владимирович*



*Дмитренко  
Евгений Анатольевич*

*Аннотация.* Одним из важнейших направлений технического прогресса в строительстве является применение эффективных конструкций, изделий и материалов, обеспечивающее уменьшение народнохозяйственных затрат за счет снижения материалоемкости, трудоемкости, сокращения продолжительности строительства, уменьшения стоимости строительно-монтажных работ и улучшения эксплуатационных качеств вводимых в действие зданий и сооружений. При этом существенно повышается эффективность капитальных вложений в развитие производства строительных конструкций и материалов.

В целях ускорения научно-технического прогресса и наиболее эффективного использования материальных и трудовых ресурсов техническая политика в строительстве должна базироваться на научных рекомендациях, устанавливающих области и формы эффективного применения конструкций из различных материалов.

В статье рассмотрены актуальные вопросы анализа применения эффективных строительных конструкций из различных материалов для применения в строительстве зданий и сооружений.

Исследованы вопросы влияния различных факторов на снижение материалоемкости строительства и пути решения задач на экономию материальных ресурсов в строительстве.

*Ключевые слова:* материалоемкость, эффективность, прогнозирование, себестоимость, взаимозаменяемость.

В строительной науке нет единого мнения по вопросу определения понятия материалоемкости строительства, что затрудняет выработку единой технической и экономической политики по проблеме снижения материалоемкости строительства.

В «Методических указаниях по разработке государственных планов экономического и социального развития бывшего СССР» материалоемкость определяется как отношение всей совокупности текущих материальных затрат в стоимостном выражении (без амортизации) к объему совокупного общественного продукта.

В данной связи нельзя согласиться с точкой зрения ряда экономистов, которые предлагают судить о материалоемкости строительства, как о показателе

доли материальных затрат в стоимости продукции строительства.

Все многообразие тенденций материалоемкости строительства не может быть охвачено только одним измерением – стоимостным, натуральным или смешанным. Поэтому изменение только одного показателя – стоимостного или натурального, взятого изолированно, вне общей системы показателей использования материальных ресурсов строительства, еще не характеризует всей совокупности процессов формирования материалоемкости строительства.

Кроме того, сами тенденции материалоемкости при измерении их с помощью натуральных или стоимостных показателей в целом ряде случаев оказываются различными. Натуральные показатели отражают расход материалов в натуре на производство единицы продукции строительства или в расчете на единицу ее технической характеристики. Натурально-стоимостные показатели отражают расход материалов в натуре на единицу продукции строительства в ценностном измерении. Стоимостные показатели отражают долю материальных затрат в сметной стоимости строительно-монтажных работ.

Натуральные показатели материалоемкости в условиях интенсификации строительства испытывают, как правило, тенденцию к снижению. Более сложные тенденции изменения натурально-стоимостных и стоимостных показателей, в частности, структурного – доли производственных материальных затрат в стоимости продукции строительства.

Природа этого показателя такова, что его динамика зависит от специфики протекания процессов научно-технических достижений на конкретном этапе, уровня интенсификации использования материальных ресурсов.

Тенденция доли материальных затрат в сметной стоимости строительно-монтажных работ в решающей мере определяется соотношением темпов экономии затрат прошлого и живого труда или темпов экономии материальных ресурсов и роста производительности труда в отраслях, производящих материалы и конструкции для строительства, и общего темпа ее повышения в строительстве. Таким образом, на каждом этапе развития экономики тенденция доли материальных затрат определяется сложным взаимодействием разнообразных факторов, влияющих зачастую в противоположных направлениях.

Внедрение целого ряда прогрессивных материалов и конструкций, дающих существенный народнохозяйственный эффект, может повысить материалоемкость строительной продукции в стоимостном выражении, а в некоторых случаях привести и к увеличению сметной стоимости объекта. Это особенно характерно для тех случаев, когда эффект зависит от сокращения эксплуатационных издержек.

Снижение натуральных показателей материалоемкости является отражением того объективного фактора, что независимо от направления движения доли материальных затрат в стоимости продукции строительства оно определяет неуклонное снижение натуральных удельных расходов материалов на производство единицы продукции строительства.

Это и дает необходимые основания употреблять термин «снижение материалоемкости» как наиболее полно отражающий задачи в области использования материальных ресурсов строительства.

В этих условиях большое значение для планирования развития строительства и его материалоемкости имеет разработка системы важнейших натуральных, натурально-стоимостных и стоимостных показателей материалоемкости строительства, которая строится в разрезе использования основных материальных ресурсов строительства.

Сложность проблемы снижения материалоемкости подтверждается также и взаимосвязью ее с вопросом об изменении соотношения между овеществленным и живым трудом в связи с ростом производительности труда. Применительно к строительству конечной продукцией являются здания и сооружения производственно и непроизводственного назначения, подготовленные к вводу в эксплуатацию.

Исходя из того, что главным в развитии экономики является удовлетворение той или иной общественной потребности, в частности, потребности в продукции строительства, особое значение имеет правильное понимание задач снижения материалоемкости продукции строительства. Предложенное толкование понятия материалоемкости строительства четко определяет также перспективное направление эффективного развития строительства, связанное со снижением трудоемкости и материалоемкости строительства, в частности, за счет внедрения научно-технического прогресса. Экономия затрат на создание продукции строительства складывается из экономии живого труда (трудозатрат в сфере строительного производства) и овеществленного (прошлого) труда (материалов, топлива, энергии, амортизации машин и механизмов).

Повышение производительности труда должно быть достигнуто, в частности, за счет дальнейшей индустриализации строительства, массового применения эффективных материалов и конструкций, прогрессивных проектных решений.

Важнейшим направлением повышения эффективности капитальных вложений и снижения материалоемкости строительства является совершенствование планирования.

За последние годы в научно-исследовательских институтах России выполнены значительные исследования, направленные на разработку технико-экономических принципов снижения материалоемкости строительства как одного из основных критериев повышения экономической эффективности применения строительных материалов и конструкций. Создание этих принципов основывалось на решении ряда частных взаимосвязанных задач.

Главными из них являются [1, 2]:

- выявление роли и места фактора снижения материалоемкости строительной продукции в общей проблеме повышения экономической эффективности строительства и капитальных вложений в целом;
- определение методического подхода к измерению показателя материалоемкости, характеризующего в конечном счете суммарные затраты

овещественного труда на создание сопоставимой по потребительским качествам строительной продукции;

– экономическое обоснование важнейших направлений научно-технического прогресса в части совершенствования проектных решений зданий и сооружений, расширения применения прогрессивных материалов и конструкций, эффективного использования отходов промышленности и сельского хозяйства, повышения качества и долговечности строительной продукции как основы снижения материалоемкости в строительстве;

– определение потребности строительства в основных видах материальных ресурсов, разработка балансовых методов выявления рациональных структур их применения и определения экономически целесообразных вариантов использования взаимозаменяемых материалов и конструкций. Все это является основой научного прогнозирования материалоемкости продукции строительства на отдаленную перспективу, развития материально-технической базы строительства и создания прогрессивных нормативов расхода материальных ресурсов.

Как видно даже из очень краткого перечня вопросов, проведен большой объем работ по технико-экономическому обоснованию важного направления технического развития строительства. В связи с этим целесообразно сформулировать результаты выявления показателей материалоемкости строительства и методические принципы технико-экономических обоснований принимаемых решений.

Как было показано ранее, необходимо строго разграничивать стоимостные, натуральные и натурально-стоимостные показатели материалоемкости строительства.

Углубление научно-технического прогресса ведет к усилению динамической взаимозависимости между изменением материалоемкости строительства и изменением свойств продукции строительства [4, 9].

С одной стороны, появление новых типов продукции строительства вызывает потребность в качественно новых и модифицированных материалах и конструкциях. С другой стороны, создание новых и модифицированных материалов и конструкций с более высокими механическими, физико-химическими и эстетическими характеристиками требует усовершенствования или создания качественно новых видов производства, их технологического оборудования и новых технологических режимов для производства и обработки этих материалов и конструкций. В этих условиях комплексный подход к решению проблемы снижения материалоемкости должен осуществляться с народнохозяйственных позиций, когда строительство, промышленность строительных материалов и строительная индустрия выступают как звенья неразрывной цепи создания продукции строительства. В этом случае сокращение доли материальных затрат в структуре затрат на строительные работы противоречит научно-техническому прогрессу, а главное, по существу не отражает эффективности использования ресур-

сов. Стоимостные показатели материалоемкости включают в себя затраты овещественного труда на придание дополнительных качественных признаков материалу или конструкции, которые могут быть не связаны с повышением материалоемкости их производства.

Индустриализация производства как одна из основных форм экономии затрат труда по созданию продукции за счет использования достижений научно-технического прогресса является, в частности, основным фактором снижения материалоемкости на этапе ее широкого внедрения. Однако на этапе освоения индустриализация в большинстве случаев будет вызывать рост доли затрат на материальные ресурсы, имеющие более высокую степень готовности и лучшие потребительские качества в себестоимости строительного-монтажных работ.

Новая техника, особенно в период освоения, требует дополнительных капитальных затрат и издержек в производстве. Это приводит к временному повышению цен на новую продукцию и с точки зрения снижения сметной стоимости строительства делает ее неконкурентоспособной по отношению к традиционной продукции. В исследованиях экономической эффективности эти особенности новой техники учитываются благодаря использованию в расчетах перспективных технико-экономических показателей производства и применяются для сравнительных вариантов.

Но при оценке на ближайшую перспективу противоречия между повышенными затратами на новую технику и ее эффективностью зачастую весьма существенны. Более высокие затраты на новую технику, обладающую, как правило, повышенной степенью заводской готовности и лучшими эксплуатационными показателями, создают кажущееся увеличение материалоемкости строительства, исчисляемое в стоимостном выражении. Однако повышение доли затрат на материальные ресурсы не противоречит снижению их натуральных показателей. Например, применение 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций с предварительным напряжением арматуры, который стоит дороже, чем 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций с обычным армированием, дает возможность сократить удельный расход материалов на единицу сопоставимой конструкции.

Эффективность использования материальных ресурсов в строительстве и оценка уровня его материалоемкости не исчерпываются долей материальных затрат в сметной стоимости.

Основным критерием более эффективного использования материальных ресурсов является сокращение их расхода на равноценную единицу продукции. В качестве обобщающих измерителей снижения материалоемкости могут использоваться [6]:

– снижение суммарной стоимости расходуемых в строительстве первичных материалов;

– сокращение массы ресурсов, расходуемых на 1 млн. руб. строительного-монтажных работ (с учетом выхода физических объемов строительной продукции на единицу сметной стоимости).

Снижение материалоемкости строительства в значительной мере находит свое отражение в умень-

шении массы строительных конструкций. Этот фактор непосредственно влияет на снижение затрат при транспортировании строительных грузов, возможность увеличения монтажных размеров конструкций и связанное с этим сокращение трудоемкости строительно-монтажных работ.

В условиях научно-технического прогресса важное значение имеет ускорение использования материалов, что требует учета фактора времени не только применительно к капитальным вложениям, но и по отношению к материальным ресурсам, составляющим основную часть текущих производственных затрат.

Все составляющие показателей материалоемкости строительства должны быть оценены с точки зрения экономической эффективности применения взаимозаменяемых материалов и конструкций. Опыт экономических исследований и обоснований показывает, что для решения этих задач наиболее рационально провести расчеты сравнительной экономической эффективности и обоснование на их основе решений, обеспечивающих достижение поставленных целей при наименьших затратах. При этом следует подчеркнуть, что строительство является одним из важнейших звеньев в общей системе общественного производства, а его эффективность должна оцениваться с народнохозяйственных позиций.

Народнохозяйственный эффект от внедрения научно-технических достижений в строительстве выражается в совокупной экономии живого труда (непосредственно в сфере строительного производства) и средств производства (сырья, материалов, конструкций, машинной техники, инвентаря и оснастки).

Следует подчеркнуть, что строительное производство является одной из стадий общественного производства, и поэтому понятие его эффективности не может рассматриваться в отрыве от народнохозяйственной эффективности строительной продукции (здания, сооружения) в целом.

При расчетах сравнительной экономической эффективности учитываются все затраты, которые несет общество на создание и последующую эксплуатацию продукции строительства. Суммы затрат на всех стадиях общественного производства и эксплуатации определяются по формуле приведенных затрат.

Приведенные затраты  $C_n$  представляют собой сумму текущих издержек и приведенных к одному году капитальных вложений, которые требуются для создания единицы продукции:

$$C_n = C + E_H K, \quad (1)$$

где  $C$  – себестоимость единицы продукции в сфере применения (текущие затраты), руб.;  $K$  – удельные капитальные вложения в производственные фонды (единовременные затраты), руб./год;  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15.

Себестоимость единицы продукции (материалов, конструкций, изделий, оснастки, машин, элементов зданий и сооружений) складывается из затрат в трех сферах:

$$C = C_{PP} + C_T + C_M, \quad (2)$$

где  $C_{PP}$  – себестоимость производства единицы продукции, руб.;  $C_T$  – стоимость транспортирования единицы продукции от завода-изготовителя до строительной площадки, включая расходы на заготовку, тару и хранение продукции, руб.;  $C_M$  – себестоимость монтажа единицы продукции, руб.

Удельные капитальные вложения представляют собой сумму затрат на создание производственных фондов для изготовления единицы продукции  $K_{PP}$  и приобретение строительных машин и механизмов для ее монтажа  $K_M$ :

$$K = K_{PP} + K_M, \quad (3)$$

При расчетах экономической эффективности технико-экономические показатели производства и применения продукции (себестоимость и капитальные вложения) принимаются с учетом их возможных изменений в ближайшей перспективе (5-10 лет) за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, лучшей организации производства, повышения производительности труда и т.п. Источником информации о перспективных технико-экономических показателях могут быть прогрессивные проектно-конструкторские решения по строящимся и проектируемым предприятиям, данные о намеченном изменении цен на сырье, полуфабрикаты и оборудование в смежных отраслях народного хозяйства, а также прогнозные оценки, базирующиеся на тщательном анализе отечественных и зарубежных научно-технических достижений в исследуемой области.

При сравнении экономической эффективности взаимозаменяемой традиционной и новой техники нельзя ограничиваться учетом лишь текущих и единовременных затрат на ее создание [3]. Большое значение имеют также эксплуатационные затраты, связанные с применением данного вида материалов или конструкций. Например, для наружных ограждающих конструкций в состав эксплуатационных затрат включаются, как правило, потери тепла при фактическом термическом сопротивлении конструкции и расходы на текущие ремонты по отделке и герметизации стыков; в кровельных покрытиях – расходы на ремонт гидроизоляционного ковра; в покрытиях полов – расходы на их затирку мастикой, нанесение лака и повторное окрашивание и т.д.

Эксплуатационные затраты за весь срок работы материала, изделия или конструкции определяются по формуле:

$$\Theta = \frac{C_2}{E}, \quad (4)$$

где  $C_2$  – среднегодовые эксплуатационные затраты (без отчислений на реновацию), связанные с применением данного вида материалов или конструкций, руб./год;  $E$  – норматив проведения разновременных затрат, равный 0,1.

Развернутая формула затрат на создание эксплуатации единицы продукции имеет следующий вид:

$$C_n = (C_{PP} + C_M) + E_H (K_{PP} + K_M) + \frac{C_2}{E}, \quad (5)$$

С точки зрения народнохозяйственных интересов наиболее эффективным из различных вариантов

будет тот, с помощью которого представляется возможным осуществить требуемую техническую задачу при наименьшей величине приведенных затрат ( $C_n \rightarrow \min$ ). Большая эффективность новых технических решений по сравнению с традиционными предопределяет наличие неравенства:

$$C_{nn} < C_{TP}, \quad (6)$$

где  $C_{nn}$  – приведенные затраты на осуществление нового технического решения;  $C_{TP}$  – приведенные затраты на осуществление традиционного технического решения.

При проведении расчетов сравнительной экономической эффективности приходится рассматривать варианты взаимозаменяемых технических решений (продукции) с использованием материалов различной долговечности (отделочных материалов, конструкций кровельных покрытий, материалов для покрытий полов, трубопроводных систем из различных материалов и т.д.). Для учета этого важного фактора различные варианты следует приводить к эталону, в качестве которого принимается вариант с долговечностью (сроком службы до полной замены) более 50 лет. Для вариантов с меньшим сроком службы сумму текущих и единовременных затрат в формуле приведенных затрат следует умножать на коэффициент срока службы ( $\mu$ ):

$$C_n = (C + E_H K)\mu + \frac{C_2}{E}, \quad (7)$$

в которой

$$\mu = 1 + \frac{1}{(1+E)^1} + \frac{1}{(1+E)^2} + \frac{1}{(1+E)^3} + \dots + \frac{1}{(1+E)^n(t-1)}, \quad (8)$$

где  $t$  – срок службы рассматриваемого варианта, количество лет;  $n$  – количество полных замен (восстановлений) рассматриваемого варианта в течение срока службы эталонного варианта.

Величина коэффициента срока службы ( $\mu$ ) составляет (при  $E = 0,1$ ): срок службы 5 лет – 2,57; 10 лет – 1,59; 15 лет – 1,31; 20 лет – 1,17; 25 лет – 1,092; 30 лет – 1,057; 40 лет – 1,022; 50 лет – 1.

Правильный подход к оценке экономической эффективности в значительной мере зависит от выбора условий сопоставимости сравнительных вариантов.

Следует подчеркнуть, что понятие взаимозаменяемости материалов не ограничивается лишь решением технической стороны поставленной задачи. Оно должно включать в себя достижение если не равного, то по крайней мере близкого социального эффекта (санитарно-гигиенических условий, архитектурных достоинств, эстетики, комфортности и др.). Это надо иметь в виду при исследованиях экономической эффективности применения отделочных материалов, материалов для покрытий полов, звукопоглощающих материалов и некоторых других.

Взаимозаменяемость материалов, изделий и конструкций, как правило, связана с теми или иными конструктивными особенностями в смежных элементах, а иногда вызывает изменения проектных решений зданий и сооружений в целом. Например, при сравнении дощатого пола с полом, покрытым поливинилхлоридным линолеумом на тепловозуизо-

ляционной основе, следует принимать во внимание различие в устройстве их оснований. Использование жестких утеплителей в покрытиях дает возможность отказаться от цементной стяжки, которая необходима для полужестких, мягких или мелкозернистых теплоизоляционных материалов. Использование легких покрытий из профилированного металлического настила с эффективными утеплителями взамен железобетонных покрытий позволяет снизить материалоемкость несущего каркаса и т.п. Эти особенности нужно учитывать в расчетах экономической эффективности путем сравнения технико-экономических показателей взаимозаменяемых решений в завершеном виде вместе с изменяемыми частями сопряженных конструктивных элементов зданий и сооружений [9].

Повышение эффективности строительства за счет внедрения научно-технических достижений может быть достигнуто не только непосредственно на стройке, но и при производстве строительных материалов и конструкций, на предприятиях металлургической, химической, лесной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности за счет разработки прогрессивных материалов, изделий и конструкций, поставляемых строительству [5].

Повышению эффективности производства и применения в строительстве основных видов материалов посвящены «Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов», которые устанавливают требования по экономному расходованию металла, лесоматериалов, цемента, каменных стеновых материалов, стекла, асбестоцементных изделий, теплоизоляционных и других материалов.

В них сказано, что здания и сооружения должны проектироваться с учетом необходимости:

- снижения материалоемкости, трудоемкости, сметной стоимости строительства, эксплуатационных расходов, а также экономии энергетических ресурсов;
- применения эффективных строительных материалов и конструкций;
- снижения массы несущих и ограждающих конструкций;
- наиболее полного использования физико-механических свойств материалов, а также прочностных и деформационных характеристик грунтов основания. Марки конструкций и изделий по несущей способности, морозостойкости и другим показателям должны назначаться проектной организацией в строгом соответствии с конкретными эксплуатационными условиями проектируемого объекта и природно-климатическими условиями района строительства;
- применения местных строительных материалов – преимущественно в виде изготавливаемых на них индустриальных конструкций, что особенно приемлемо для Донбасса.

При расчете конструкций необходимо учитывать коэффициент надежности по назначению, принимаемый в соответствии с «Правилами учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций». При проектировании сбор-

ных бетонных, железобетонных и других несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений следует предусматривать, а при изготовлении и поставке этих конструкций обеспечивать их заводскую готовность, исключающую необходимость производства штукатурных работ в построечных условиях.

Технические правила содержат: требования по экономному расходованию металла, лесоматериалов, цемента, каменных стеновых материалов, стекла, асбестоцементных изделий, теплоизоляционных, облицовочных, отделочных и огнеупорных материалов и битума.

### **ВЫВОДЫ**

Народнохозяйственная значимость прогнозирования снижения материалоемкости строительства определяется основными направлениями экономического развития государства.

В статье отражен опыт прогнозирования с выделением закономерностей изменения материалоемкости строительства, а также приведены предложения по экономии материальных ресурсов с оценкой их эффективности.

---

### **Список литературы**

1. Иващенко, Л. М. Методические вопросы прогнозирования и выполнения резервов снижения материалоемкости строительства // Методические вопросы прогнозирования развития и размещения строительного комплекса. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1984. — С. 28-39.
2. Иващенко, Л. М. Направления снижения материалоемкости строительства // Развитие экономических методов управления научно-техническим прогрессом в области строительства. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1985. — С. 16-27.
3. Методика определения эффективности капитальных вложений. Москва: Научный Совет по экономической эффективности капитальных вложений основных средств и новой техники. АН России, 1988. — 67 с.
4. Методические материалы к разработке Комплексной программы научно-технического прогресса в части строительства и строительных материалов. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1982. — 152 с.
5. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1985. — 62 с.
6. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса в строительстве. — Москва: ЦНИИЭУС, 1990. — 32 с.
7. Руководство по оценке эффективности и качества проектов промышленных объектов / ЦНИИПромзданий. — Москва: Стройиздат, 1991. — 56 с.
8. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СП 63.13330.2012. Министерство регионального развития Российской Федерации. Актуализированная редакция. СНиП 52-01-2003. Москва: — 152 с.
9. Beeby, M.W. Desing for life. Proceeding of the International Congress. Concrete root. Econo