



Е.В. КОРОЛЕВ, А.А. ЧЕВЫЧАЛОВ Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии

УДК 691-022.532:33

КОРОЛЕВ Евгений Валерьевич, д-р техн. наук, проф., директор научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии»¹;

ЧЕВЫЧАЛОВ Алексей Александрович, ведущий специалист²

KOROLEV Evgenij Valerjevich, Doctor of Engineering, Professor, Director of the Re-search and Educational Center «Nanotechnology»³;

CHEVYCHALOV Alexey Alexandrovich, leading specialist⁴

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ⁵

METHOD OF PRACTICABILITY ESTIMATION FOR NANOTECHNOLOGY IMPLEMENTATION⁵

Приведен краткий обзор проблемы оценки экономической эффективности внедрения нанотехнологии. Применительно к строительному материаловедению разработана методика оценки экономической целесообразности внедрения. Показано, что внедрение целесообразно не только при возрастании показателей эксплуатационных свойств, но и при уменьшении материалоемкости.

Brief review of the practicability estimation for the nanotechnology implementation problem is given. For the purposes of material science the method of such estimation has been developed. It is shown that implementation is worthwhile not only in the case of operation properties' increase, but also in the case of lower material consumption.

Ключевые слова: строительный материал, нанотехнология, оценка целесообразности.

Key words: construction material, nanotechnology, practicability estimation.

¹ Московский государственный строительный университет, Россия;

² РГУ нефти и газа им. Губкина, Россия;

³ Moscow State University of Civil Engineering, Russian Federation;

⁴ RSU of oil and gas after Gubkin, Russian Federation;

⁵ Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-6090.2012.8



Потребность в технологической модернизации экономики России затрагивает одну из материалоемких отраслей – строительство. Широкое использование потребителями зарубежных строительных материалов усугубляет технологическое отставание отечественных производителей строительной индустрии. Попытки копирования строительных технологий позволяют сократить отставание только на краткие периоды. Отсюда очевидна необходимость в новых прорывных технологиях, обеспечивающих импортозамещение и выход отечественных производителей на мировой рынок строительной продукции и технологий.

Принципиально новым подходом к управлению структурой и свойствами различных материалов является нанотехнология, которая по существу является технологией управления структурообразованием вещества на атомно-молекулярном уровне. В настоящее время представлены убедительные примеры эффективности нанотехнологии в различных областях промышленности, в частности: электронике, металлургии, военных приложениях, ядерной технике и т.д. [1].

В отличие от зарубежного опыта отечественных примеров эффективного применения нанотехнологии в строительстве крайне мало. Имеются разрозненные отечественные наработки, которые демонстрируют потенциальные возможности и перспективность нанотехнологии в строительстве, в частности, в строительной индустрии, например: неметаллическая арматура, модифицированная нанокремнеземными модификаторами, нанопокрывания на оконных стеклах, антивандальные нанопокрывания на ограждающих конструкциях и некоторые другие. Однако перспективность применения нанотехнологии в строительной индустрии не вызывает сомнения вследствие идентичности природы процессов, происходящих при синтезе нанобъектов и строительных материалов.

Широкое применение нанотехнологии в строительстве сдерживается как отсутствием кадрового обеспечения (бакалавров и магистров, включая кадры высшей квалификации), отсутствием методической базы для их подготовки, материально-технической базы для проведения исследований и разработки технологий, так и методик оценки эко-

Е.В. КОРОЛЕВ, А.А. ЧЕВЫЧАЛОВ Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии

номической эффективности внедрения новых технологий, в частности, нанотехнологии в строительство.

Выбирая новации, инвесторы стремятся обеспечить гарантию не только возврата вложенных средств, но и получения дохода. Важным фактором при принятии решений о финансировании является период, в течение которого будут возмещены расходы, а также время, необходимое для получения расчетной прибыли.

Наиболее распространенными методами оценки эффективности представляются (табл. 1) [2...5]:

Таблица 1

Методы оценки эффективности инновационных проектов

Наименование и краткое описание	Преимущества	Недостатки
Метод определения срока окупаемости инвестиций. Представляет собой подсчет числа лет, в течение которых инвестиции будут погашены за счет получаемого дохода	<ul style="list-style-type: none"> • простота проведения расчетов; • приемлем для ранжирования инвестиционных проектов с разными сроками окупаемости 	<ul style="list-style-type: none"> • не устанавливает различий между проектами с одинаковой суммой общих (кумулятивных) денежных доходов, но с разным распределением доходов по годам; • не учитывает доходов после погашения суммы инвестиций
Метод расчета коэффициента эффективности инвестиций. Коэффициент эффективности инвестиций определяется посредством деления среднегодовой прибыли на среднюю величину инвестиций	<ul style="list-style-type: none"> • простота и наглядность расчета; • возможность сравнения альтернативных проектов по одному показателю 	<ul style="list-style-type: none"> • не учитывает временной составляющей прибыли; • не проводится различие между проектами с одинаковой среднегодовой, но в действительности изменяющейся по годам прибылью между проектами, приносящими одинаковую среднегодовую прибыль, но в течение разного числа лет
Метод расчета чистой текущей стоимости. Основан на сопоставлении величины исходных инвестиций с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений в течение срока реализации проекта	<ul style="list-style-type: none"> • четкие критерии принятия решений; • осуществляет вероятную оценку прироста капитала предприятия в случае принятия проекта; • учитывает временные составляющие денежных потоков; • позволяет учитывать при прогнозных расчетах факторы инфляции и риска, в разной степени присущие разным проектам; • обладает свойством аддитивности, что позволяет складывать значения показателя 	<ul style="list-style-type: none"> • не учитывает риски, хотя для более рискованных проектов ставка дисконтирования выше, для менее рискованных – ниже, из двух проектов с одинаковыми значениями выбирают сопряженный с меньшими финансовыми рисками; • существует трудность прогнозирования ставки дисконтирования; • не учитывает вероятность исхода события; • абсолютная величина (для показателя чистой текущей стоимости) трудно поддается интерпретации

Окончание таблицы 1

1	2	3
<p>Метод расчета рентабельности инвестиций. Представляет собой отношение приведенных доходов к приведенным на ту же дату инвестиционным расходам</p>	<p>является относительным показателем, что позволяет его использовать при выборе одного из ряда альтернативных проектов</p>	<ul style="list-style-type: none"> • не является самодостаточным критерием; • не дает представления о размерах проекта (для показателя рентабельности инвестиций и внутренней нормы доходности);
<p>Метод расчета внутренней нормы доходности. Внутренняя норма прибыли показывает то значение коэффициента дисконтирования, при котором значение чистой приведенной стоимости будет равно нулю</p>		<p>в основу расчета положено предположение о том, что реинвестирование доходов происходит под ставку, равную доходности самого проекта</p>

Как правило, создание продукции по новой технологии, имеющей по сравнению с традиционными материалами более высокие показатели эксплуатационных свойств, требует увеличения затрат ресурсов на производство (материалов и энергии). Стимулами внедрения продукции по новой технологии являются: повышение величины показателей эксплуатационных свойств (качества изделия), продолжительности его эксплуатации t_i , снижение расхода ресурсов на изготовление изделия q_i , снижение расхода ресурса на поддержание изделия в работоспособном состоянии, увеличение продолжительности межремонтного периода, снижение энергопотребления в процессе эксплуатации изделия q_e и др. Указанные показатели, отражающие расход ресурсов (материалы и энергия) и продолжительность эксплуатации изделия, могут быть сгруппированы в интегральный критерий, который фактически характеризует кинетику расхода ресурсов Q :

$$k_{ek} = \frac{Q}{t_i} . \tag{1}$$

Очевидно, что условием оптимальности является

$$k_{ek} \rightarrow \min. \tag{2}$$

С учетом сущности указанных показателей критерий можно представить в виде

Е.В. КОРОЛЕВ, А.А. ЧЕВЫЧАЛОВ Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии

$$k_{ek} = \frac{q_i + q_p(t_i/t_p) - q_{ek}t_i}{t_i} = \frac{q_i}{t_i} + \frac{q_p}{t_p} - q_e. \quad (3)$$

Допустим, что $q_p, q_e = \text{const}$, а также предположим, что повышение показателей эксплуатационных свойств приводит к изменению геометрических характеристик проектируемой продукции (в частности, конструкции). Они связаны с параметрами состояния материала ρ и массой конструкции m_k . Изменение массы конструкции тождественно экономии ресурса q_i на ее изготовление. При сопоставлении вариантов запишем:

$$m_{k,\delta} = (V_{k,n} + \Delta V_k)\rho_\delta \text{ или } m_{k,\delta} = m_{k,n} \frac{\rho_\delta}{\rho_n} + \Delta V_k \rho_\delta, \quad (4)$$

где индекс «б» и «н» соответствуют «базовый» и «новый», соответственно; ρ_i – средняя плотность бетона; ΔV_k – изменение объема конструкции.

Введем коэффициент α_k , равный

$$\alpha_k = \frac{m_{k,\delta}}{m_{k,n}} = \frac{\rho_\delta}{\rho_n} + \frac{(V_{k,\delta} - V_{k,n})\rho_\delta}{V_{k,n}\rho_n}. \quad (5)$$

Изменение массы конструкции:

$$\Delta m_k = m_{k,\delta} \left(\frac{\alpha_k - 1}{\alpha_k} \right) \equiv \Delta q_i. \quad (6)$$

Условием экономической эффективности является

$$\Delta C_k = C_{k,\delta} - C_{k,n} > 0, \quad (7)$$

где $C_{k,i}$ – стоимость конструкции, равная:

$$C_{k,i} = m_{k,i} c'_{k,i}, \quad (8)$$

здесь $c'_{k,i}$ – удельная стоимость материала конструкции (использование величины $c'_{k,i}$ позволяет учесть все затраты на производство материала).

Используя полученные зависимости после преобразования, получим



Е.В. КОРОЛЕВ, А.А. ЧЕВЫЧАЛОВ Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии

$$\frac{C_{к,н}}{C_{к,б}} = \frac{\varphi_k}{\alpha_k} \text{ или } \frac{C_{к,н}}{C_{к,б}} = \left(\frac{c'_{к,н}}{c'_{к,б}} \right) \frac{\rho_n/\rho_b}{1 + \frac{(V_{к,б} - V_{к,н})}{V_{к,н}}}, \quad (9)$$

где $\varphi_k = c'_{к,н}/c'_{к,б}$.

При этом должно выполняться условие

$$\left(\frac{c'_{к,н}}{c'_{к,б}} \right) \frac{\rho_n/\rho_b}{1 + \frac{(V_{к,б} - V_{к,н})}{V_{к,н}}} < 1. \quad (10)$$

Анализ полученной зависимости показывает, что ключевым фактором, влияющим на экономическую эффективность применения новой технологии, является изменение объема новой конструкции:

$$\frac{V_{к,б}}{V_{к,н}} = \beta \left(\frac{\rho_n}{\rho_b} \right) \left(\frac{c'_{к,н}}{c'_{к,б}} \right), \beta > 1, \quad (11)$$

где β – коэффициент, характеризующий величину экономического эффекта ($\beta = C_{к,б}/C_{к,н}$).

Важным фактором является также средняя плотность материала, снижение величины которой позволяет уменьшить требования к изменению объема конструкции или увеличить величину стоимости нового материала (табл. 2).

В таблице 2 представлены данные, характеризующие нижнюю границу значений для $c'_{к,н}/c'_{к,б}$ и верхнюю – для $V_{к,б}/V_{к,н}$. По таблице можно определить граничные значения увеличения стоимости материала (технологии) при условии требуемого объема проектируемого изделия (конструкции).

Проведем оценочные расчеты. Предположим, что балка из традиционного бетона имела размеры поперечного сечения 400x200 мм, по расчетам при внедрении нового материала сечение может быть уменьшено до 250x150 мм (длина не изменяется). Средняя плотность нового и базового бетона одинаковы, $\beta = 1,5$. Тогда отношение объемов равно 2,13, а соотношение стоимостей материалов – 1,42, то есть стоимость нового материала по сравнению с традиционным может быть повышена не более чем на 42%.

Таблица 2

Зависимость $c'_{к,н}/c'_{к,б}$ от β , $\rho_б/\rho_н$ и соотношения $V_{к,б}/V_{к,н}$

$\rho_б/\rho_н$	Соотношение $V_{к,б}/V_{к,н}$					
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$\beta = C_{к,б}/C_{к,н} = 1,5$						
$\rho_б/\rho_н = 0,9$	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59	2,96
$\rho_б/\rho_н = 1,0$	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67
$\rho_б/\rho_н = 1,1$	0,91	1,21	1,52	1,82	2,12	2,42
$\beta = 2,0$						
$\rho_б/\rho_н = 0,9$	0,83	1,11	1,39	1,67	1,94	2,22
$\rho_б/\rho_н = 1,0$	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
$\rho_б/\rho_н = 1,1$	0,68	0,91	1,14	1,36	1,59	1,82

Таким образом, представленная методика оценки экономической целесообразности внедрения изделия, изготовленного по новой технологии, показывает, что ее внедрение целесообразно не только при условии превосходства показателей эксплуатационных свойств материала, но и при существенном уменьшении объема изделия (конструкции). Также важным фактором, обеспечивающим снижение требований к геометрии изделия, является уменьшение средней плотности материала.

Кроме того, из представленного анализа следует, что внедрение новой технологии необходимо проводить в масштабах изделия, конструкции, здания или сооружения. Указанное невозможно осуществить без системной работы различных специалистов: архитекторов, конструкторов, технологов.

Контакты
Contact information

e-mail: korolev@nocnt.ru

Библиографический список:

1. *Теличенко В.И.* и др. Научно-образовательный центр «Нанотехнология» Московского государственного строительного университета: достижения и перспективы / В.И. Теличенко, О.О. Егорычев, Е.В. Королев // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 4. С. 55–62. URL: <http://nanobuild.ru> (дата обращения: 15.02.2012).
2. *Васильев Г.А.* Техничко-экономические расчеты новой техники. М.: Машиностроение. 1977. 200 с.
3. *Галкин Г.А.* Методы определения экономического эффекта от ИТ-проекта // Intelligent enterprise. 2005. № 22.
URL: <http://www.iemag.ru/master-class/detail.php?ID=15720>.
4. *Галкин Г.А.* Методы определения экономического эффекта от ИТ-проекта // Intelligent enterprise. 2005. № 24.
URL: <http://www.iemag.ru/master-class/detail.php?ID=15721>.
5. *Попов В.М., Ляпунов С.И., Касаткин А.А.* Бизнес-планирование: анализ ошибок, рисков и конфликтов. М.: КноРус. 2003. 448 с.

References:

1. *Telichenko V.I.* et al. Research and Educational Center «Nanotechnology» of Moscow State University of Civil Engineering: Achievements and Prospects / V.I. Telichenko, O.O. Egorychev, E.V. Korolev // Nanotechnology in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow: CNT «Nanostroitelstvo». 2011. № 4. PP. 55–62. URL: <http://nanobuild.ru> (accessed 15.03.2012) (in Russian).
2. *Vasiljev G.A.* Feasibility estimation of the new equipment. Moscow: Mashinostrojenije. 1977. 200 p. (in Russian).
3. *Galkin G.A.* Methods for determination of economical effect of the IT project // Intelligent enterprise. 2005. № 22.
URL: <http://www.iemag.ru/master-class/detail.php?ID=15720> (in Russian).
4. *Galkin G.A.* Methods for determination of economical effect of the IT project // Intelligent enterprise. 2005. № 24.
URL: <http://www.iemag.ru/master-class/detail.php?ID=15720> (in Russian).
5. *Popov V.M., Lyapunov V.M., Kasatkin A.A.* Business planning: analysis of errors, risk and conflicts. Moscow.: KnoRus. 2003. 448 p. (in Russian).