



**ГАЛИЦКАЯ Маргарита Алексеевна** –  
ведущий специалист группы организации  
международного научно-технического  
сотрудничества ОАО «Российские  
космические системы»

Адрес: 111250, г. Москва, ул. Авиамоторная, 53  
e-mail: r-gabova@yandex.ru

## **Методический подход к оценке эффективности применения композиционных материалов при добыче углеводородов на шельфе**

Особенное внимание всегда уделялось разработке инновационных технологий и материалов в нефтегазовом комплексе (далее НГК). В процессе добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья необходимо применение современных технологий, максимально надежного оборудования, материалов с заранее заданными свойствами. Этим требованиям в ряде случаев как нельзя лучше отвечают композиционные материалы.

Композиционный материал (далее КМ) – конструкционный материал, представляющий собой сочетание хотя бы двух разнородных материалов с четкой границей раздела между фазами, в котором имеются усиливающие его элементы в виде нитей, волокон или хлопьев более прочного материала. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиции с заданными свойствами, которых нет ни у одного из ее компонентов в отдельности (требуемыми значениями прочности, стойкости к высоким температурам и огню, модуля упругости и т.д.).

К основным преимуществам применения КМ в НГК относятся: высокая прочность, стойкость (к экстремальным температурам и атмосферным условиям, а также коррозионная, химическая и т.д.), низкая тепло- и электропроводность, легкость (что важно при транспортировке) и долговечность конструкций, низкие затраты на уход за элементами оборудования из КМ, экологичность, высокая пожарная безопасность.

Изучение тенденций развития и использования техники и технологий в НГК России показывает, что далеко не во всех случаях на месторождениях применяется современное основное и вспомогательное оборудование. Следует отметить несовершенство законодательства, низкую степень изученности, неосвещенность в средствах массовой информации реализации инвестиционных проектов, в том числе связанных с добычей и переработкой углеводородного сырья, в области замены традиционных материалов композиционными. В связи с этим очевидна необходимость разработки и реализации соответствующей государственной политики, стимулирующей применение КМ при условии их большей стоимости.

Особенности, связанные с добычей углеводородов на шельфе (агрессивная среда, сложность горно-геологического залегания, экстремальные температуры, значительные перепады давления и т.д.), требуют серьезного подхода к выбору оборудования и материалов для его изготовления с определенными показателями прочности и выносливости.

Кроме того, использование КМ в ряде случаев позволяет повысить энергетическую эффективность процессов, связанных с созданием, транспортировкой, установкой (монтажом), применением оборудо-

вания. По этой причине одной из задач исследования стало уточнение:

- перечня объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность, для которых не предусмотрено установление классов энергетической эффективности (Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.04.2012 г. № 308);

- перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам высокой энергетической эффективности, осуществление инвестиций в создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита (Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 г. № 637).

Перечень оборудования, а также необходимые для расчета характеристики формировались для уже реализуемого проекта разработки месторождения им. В. Филановского.

Выбор основных производственных фондов и вспомогательного оборудования по так называемому «критерию применимости» композиционных материалов - один из наиболее важных шагов при реализации предлагаемой автором методики оценки экономической эффективности применения композиционных материалов при осуществлении добычи углеводородов на шельфе.

Критерий применимости определялся как предложенным экспертами упрощенным расчетным путем, так и на базе экспертных оценок. В результате анализа итогов использования обоих указанных методов автором был разработан подход по определению критерия применимости на базе экспертных оценок с последующим проведением корреляционно-регрессионного анализа для получения функции критерия применимости для условий, сопоставимых с рассматриваемым месторождением.

Корреляционно-регрессионный анализ проводился в отношении следующих определенных экспертной группой наиболее значимых для добычи углеводородов на шельфе факторов:

- наружный диаметр, мм;
- цена за ед., руб.;
- критерий применимости;
- толщина стенки, мм;
- длина изделия, мм;
- отношение надежности к стоимости;
- вероятность использования изделий из композитов, исходя из их удельной стоимости;
- вес изделия;
- удельная стоимость;
- площадь сечения;
- удельный вес.

В результате проведенного корреляционно-регрессионного анализа с помощью программного обеспечения «Statistica 10» с учетом данных по применению композиционных материалов на практике

и мнения экспертов нефтяной компании ОАО «Лукойл» было получено уравнение множественной линейной регрессии:

$$f(x) = -1,4x_1 - 0,37x_2 - 0,70x_3 - 1,1x_4 + 1,77x_5 - 0,97x_6 - 0,19x_7 + 0,775x_8 + 1,22x_9 + 0,86x_{10} + 1,57, \quad (1)$$

где  $f(x)$  - критерий применимости;

$x_n$  - значения факторов.

В целях совершенствования методики, разработанной и предложенной автором, были сформированы данные по корреляции показателей в зависимости от характеристик применяемого материала для уточнения значения коэффициента дисконтирования.

Чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = \frac{\sum(\text{Пр} + \text{CAPEX}_{\text{км}} + \text{OPEX}_{\text{км}} + \text{Отпр})}{(1 + (E - E \times \beta))^t}, \quad (2)$$

где  $\beta$  - значение поправочного коэффициента к уровню риска, рассчитанное путем решения уравнения (3), составленного на основании произведенной оценки степени влияния применения композиционных материалов на риски реализации инновационного проекта:

$$\beta = 0,8 \times \frac{КЛР_{\text{км}}}{КЛР_{\text{тм}}} \times 1,1 \times \frac{КЛР_{\text{км}}}{КЛР_{\text{тм}}} \times 1,05 \times \frac{КЛР_{\text{км}}}{КЛР_{\text{тм}}} \times 1,55 \times 1,25, \quad (3)$$

где  $КЛР_{\text{км}}$  - коэффициент линейного расширения композиционных материалов, рассчитанный путем решения уравнения множественной линейной регрессии (4);

$КЛР_{\text{тм}}$  - коэффициент линейного расширения традиционных материалов (справочные данные);

0,8 - коэффициент, отражающий зависимость степени технологического риска от коэффициента линейного расширения композиционных материалов (определяется экспертно для месторождения или группы скважин);

1,1 - коэффициент, отражающий зависимость степени операционного риска от коэффициента линейного расширения композиционных материалов (определяется экспертно для месторождения или группы скважин);

0,85 - коэффициент, отражающий зависимость степени экологического риска от коэффициента линейного расширения композиционных материалов (определяется экспертно для месторождения или группы скважин);

1,55 - коэффициент, отражающий увеличение риска в связи с большей стоимостью композиционных материалов по сравнению с традиционными (определяется экспертными оценками, исходя из превышения стоимости композиционных материалов над стоимостью традиционных);

1,25 - коэффициент, отражающий увеличение риска в связи с несовершенством законодательной базы (определяется экспертно для месторождения или группы скважин).

$$f(b) = -0,05b_2 + 0,078b_3 + 0,864b_4 + 0,109b_5 - 0,012, \quad (4)$$

где  $f(b)$  - коэффициент линейного расширения композиционных материалов (КЛР<sub>КМ</sub>);

$b_n$  - значения факторов.

При построении регрессионной модели как значимые учитывались значения плотности, модуля упругости (абсолютного и удельного), предела прочности при растяжении с точки зрения экспертов с учетом условий добычи углеводородного сырья на месторождении им. В. Филановского.

Результаты расчетов были использованы для проведения сравнительного анализа эффективности применения традиционных и композиционных материалов при шельфовой добыче углеводородов.

Расчеты выполнены по двум прогнозным сценариям изменения цены на углеводородное сырье:

1) высокие цены на нефть и газ, предполагающие получение максимальной прибыли компанией-оператором от сбыта углеводородного сырья, добытого на шельфе, и, соответственно, снижение срока окупаемости проекта при прочих равных условиях;

2) умеренный рост цен на углеводороды в долгосрочной перспективе.

Расчет осуществлялся по общепринятой (традиционной) методике расчета эффективности инве-

стиционных проектов. Рассчитывались следующие показатели:

- чистый денежный поток, в том числе нарастающим итогом;
- чистый дисконтированный доход, в том числе нарастающим итогом;
- срок окупаемости, в том числе дисконтированный;
- индекс доходности, в том числе дисконтированный;
- внутренняя норма доходности.

Временной горизонт расчета - 37 лет, то есть до 2050 года - года планового завершения разработки месторождения.

Ставка дисконтирования (18,24%) определена, исходя из актуального уровня инфляции, банковской ставки рефинансирования и возможных рисков, не связанных с применением КМ (5%).

Результаты расчетов на основе предложенной автором методики были использованы для проведения сравнительного анализа эффективности применения традиционных и композиционных материалов при шельфовой добыче углеводородов (**таблица 1**).

Таким образом, применение предложенной автором методики, включающей в себя, помимо отдельного учета капитальных и эксплуатационных затрат на оборудование, изготовленное с использованием КМ, поправочных коэффициентов, отражающих уровень риска, а также «критерия применимости» для указанного оборудования, позволяет точнее оценить эффективность использования КМ.

Таблица 1

*Сравнение полученных экономических результатов применения традиционных материалов и композитов с использованием различных методик*

Параметры	Традиционные материалы	Стеклопластики		Углепластики	
		Традиционная методика	Предложенная методика	Традиционная методика	Предложенная методика
<b>Срок окупаемости</b>					
вариант 1	13,51	11,23	9,19	17,8	15,66
вариант 2	18,86	14,05	11,63	19,2	16,87
<b>Дисконтированный срок окупаемости</b>					
вариант 1	13,94	15,84	13,24	20,1	17,24
вариант 2	24,71	17,63	15,29	24,3	21,98
<b>Индекс доходности</b>					
вариант 1	2,58	1,34	1,53	1,16	1,27
вариант 2	5,20	1,28	1,51	1,06	1,07
<b>Индекс доходности (дисконтированный)</b>					
вариант 1	2,58	1,13	1,25	1,03	1,07
вариант 2	9,16	1,07	1,17	1,01	1,05
<b>Внутренняя норма доходности</b>					
вариант 1	31,2%	33,2%	39,1%	12,5%	15,3%
вариант 2	3%	21,1%	34,5%	9,9%	11,7%

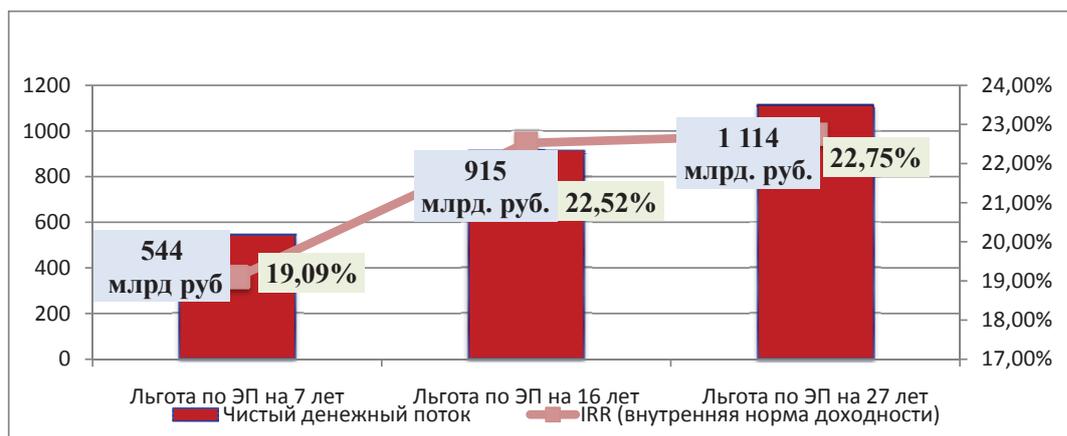


Рис. 1. Расчет показателей экономического анализа с учетом применения предложенной льготы по экспортной пошлине

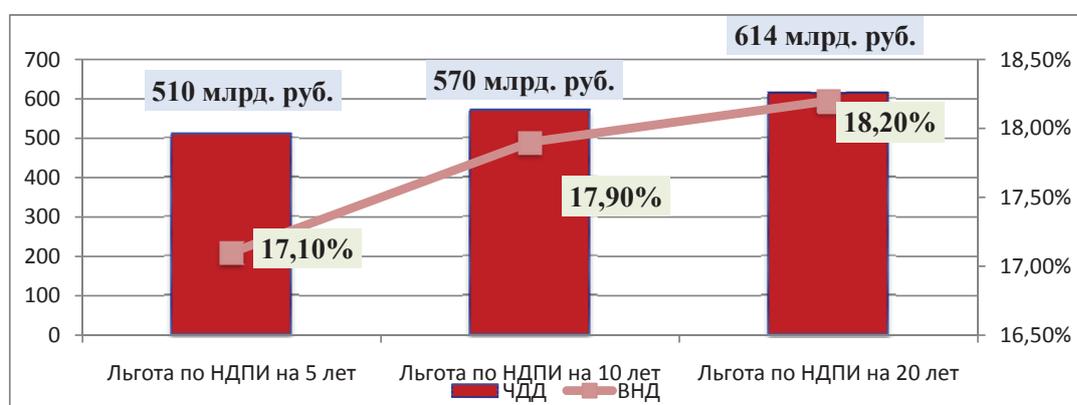


Рис. 2. Расчет показателей экономического анализа с учетом применения предложенной льготы по НДС

Также были разработаны меры стимулирования применения КМ в НГК с учетом возможности более точного определения эффектов от их использования на базе предложенной автором методики.

Основными мерами стимулирования внедрения инноваций в НГК России могут быть:

- льготы на экспортные пошлины на углеводороды, добытые с использованием оборудования, применение КМ в котором превышает определенный процент (5-10%);

- льготы по НДС на месторождения углеводородов, которые разрабатываются с использованием указанного основного и вспомогательного оборудования;

- схема ускоренных амортизационных отчислений, применяемых к указанному оборудованию;

- субсидирование процентной ставки по кредитам, взятым на приобретение указанного оборудования, и т.д.

Рассмотрим первые два вида льгот.

Расчетным путем доказана эффективность использования этих льгот (рис. 1, рис. 2) при внедрении композиционных материалов на примере освое-

ния и добычи углеводородов на месторождении им. В. Филановского.

Таким образом, рассмотренные меры государственного стимулирования, в частности отраслевые льготы, связанные с использованием инновационной техники, технологий, а также материалов, позволят достичь большего экономического эффекта от реализации инвестиционных проектов, реализуемых с применением КМ, что также будет способствовать более активному внедрению указанных материалов в нефтегазовой промышленности Российской Федерации.

Сравнительный анализ методик (таблица 2) - традиционной, предложенной автором исследования, предложенной автором с учетом применения различных льгот - позволяет сделать выводы о возможности расширения использования инновационных материалов как за счет более совершенных методических подходов (учета критерия применимости, раздельного учета капитальных и эксплуатационных затрат, поправочных коэффициентов к ставке дисконтирования), так и за счет разработки и адресного использования (в рамках указанных методик) стимулирующих мер со стороны государства.

**Сравнительный анализ эффективности использования различных методик оценки эффективности применения композиционных материалов (стеклопластиков)**

Показатель	Традиционная методика	Предложенная автором методика (с поправочным коэффициентом и критерием применимости)	Предложенная автором методика с учетом стимулирующих мер (НДПИ + ЭП)
Применение изделий из композитов, % от капитальных затрат	<1%	2,5-5,5%	8-10%
Срок окупаемости, лет	11,23	9,19	7,84
ЧДД за весь срок реализации проекта, млрд руб.	482	795	1114
ВНД, %	33,2	39,1	54,99
Приращение показателя надежности оборудования с использованием композитов, %	н/д*	3-4	7-8

\* В рамках традиционной методики не имеется возможности оценить изменение параметра.

**Литература:**

1. Бузник В.М. Фторполимерные материалы: применение в нефтегазовом комплексе (Сер. «Академические чтения», вып. 61) - М.: Изд-во «НЕФТЬ и ГАЗ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. - 31 с.

2. Исследования и разработки, обеспечивающие создание конкурентоспособных полимерных композиционных материалов на основе углеродного волокна [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.compozit.su/news/97/641361/632226.pdf>.

3. Конопляник А.А. Направления и масштабы общественно необходимого развития НГК на перспективу [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.konoplyanik.ru/ru/publications/b42/1-09.htm>.

4. Маркин О.В. Инновации в нефтяном секторе российской экономики: практика, факторы развития, перспективы // Гуманитарные и социально-экономические науки. - 2010. - № 6. - С. 152-156.

5. Облакова А.В. Качественный и количественный анализ рисков инвестиционных проектов // Финансовый бизнес. - 2008. - Январь-февраль. - С. 68-71.

6. World Energy Outlook 2011// IEA, 2011. - 696 p.

7. S. Black. Composites Alive And Well In Offshore Oil Applications // Composites Technology. - 2006. - Vol. 2. - p.7.

8. P. Laney. Use of Composite Pipe Materials in the Transportation of Natural Gas // INEEL Field Work Proposal. - 2002. - № 4340-70. - p. 69.

9. Energy Technologies at the Cutting Edge // IEA, 2007. - p.113.

10. A.G. Gibson. The cost effective use of fibre reinforced composites offshore // Research report 039, 2003. - p.140.

11. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам заседания Совета при

Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, 24.10.2012. - 6 с.

12. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.04.2012 г. № 308 «Об утверждении перечня объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность, для которых не предусмотрено установление классов энергетической эффективности» // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. - URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=128712> - 13 с.

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 г. № 637 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам высокой энергетической эффективности в зависимости от применяемых технологий и технических решений и вне зависимости от характеристик объектов, осуществление инвестиций в создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита, и перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам высокой энергетической эффективности на основании соответствия объектов установленным значениям индикатора энергетической эффективности, осуществление инвестиций в создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита» // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. - URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=150136> - 27 с.

14. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2013). - 45 с.