

Эффективность применения цифровых моделей объектов при строительстве нефтяных скважин

© Т.А. Опарина¹, Н.Г. Уразова¹, А.О. Шелопугин²

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет,

г. Иркутск, Российская Федерация

² ООО «Иркутская нефтяная компания»,

г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье предложен подход к определению экономической эффективности инновационных решений при строительстве нефтяных скважин. Несмотря на то, что нефтегазовая отрасль не является наукоёмкой, что она достаточно консервативна при внедрении инноваций, именно она с учётом её доли в общих поступлениях доходов федерального бюджета призвана повысить конкурентоспособность и обеспечить устойчивое развитие экономики страны. Внедрение цифровых технологий должно снизить себестоимость добычи, сократить эксплуатационные затраты, повысить доходы нефтяных компаний. Среди наиболее перспективных технологий, находящихся активное применение при строительстве скважин, особое место занимает применение «цифровых двойников» – современных цифровых моделей объектов. Во время эксплуатации скважины, как правило, процессы протекают немного иначе, именно цифровой двойник способен выступить основным инструментом доступа к необходимой информации о реальной эксплуатации объекта. Такая модель наиболее точно отображает реальное состояние и рабочие характеристики своего физического прообраза. В работе представлена схема создания цифровой модели, а также рассмотрена экономическая эффективность внедрения цифрового двойника скважины. В статье также обозначены проблемы развития нефтегазовой отрасли и способы их решения.

Ключевые слова: нефтедобыча, инновационные решения, цифровые технологии, «цифровой двойник», экономическая эффективность

Efficiency of use of digital models of facilities in oil well construction

© Tatiana A. Oparina¹, Nina G. Urazova¹, Alexander O. Shelopugin²

¹ Irkutsk National Research Technical University,

Irkutsk, Russian Federation

² Irkutsk Oil Company LLC,

Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article proposes an approach to determining the cost-effectiveness of innovative solutions in the construction of oil wells. Despite the fact that the oil and gas industry is not a science-intensive, that it is quite conservative in the implementation of innovations, it is it, taking into account its share in the total revenues of the federal budget is designed to increase competitiveness and ensure the sustainable development of the country's economy. The introduction of digital technologies should reduce production costs, reduce operating costs, and increase revenues of oil companies. Among the most promising technologies, which are actively used in the construction of wells, a special place is occupied by the use of «digital twins» – modern digital models of objects. During the operation of the well, as a rule, the processes are a little different; it is the digital twin is able to act as the main tool for access to the necessary information about the real operation of the facility. This model most accurately displays the real state and working characteristics of its physical prototype. The article presents a scheme to create a digital model, considers the economic efficiency of the introduction of an oil well digital twin, and outlines the problems of the development of the oil and gas industry and ways to solve them.

Keywords: oil production, innovative solutions, digital technologies, «digital twin», economic efficiency

Нефтегазовая отрасль занимает важнейшее положение в экономике страны. Доля её доходов в общих поступлениях доходов федерального бюджета составила чуть менее 41 % [1]. Таким образом, значение нефтегазовых компаний в развитии

страны трудно переоценить.

При этом отметим, что в данной отрасли формируется довольно противоречивая картина: стоимость добываемой нефти растёт, а легкодоступные запасы истощаются, в то же время на поиск новых месторож-

дений и добычу нефти требуется большое количество ресурсов. В условиях ограниченности возможностей разработки новых месторождений встаёт вопрос о повышении эффективности использования действующих месторождений за счёт расширения потенциальных возможностей каждой скважины вне зависимости от срока её эксплуатации.

В то же время повышение эффективности разработки уже действующих месторождений с помощью инновационных решений позволит сократить издержки в условиях, когда значительные инвестиции осуществляться не будут. Подобные меры практически всегда являются более экономически целесообразными, чем освоение новых месторождений, особенно со сложными условиями добычи, требующими

огромных денежных вложений, большого количества времени и тяжёлых расчётов со спецтехникой. По оценкам специалистов [2], бурение и обустройство месторождения составляют около 70 % всех затрат по добыче газа и нефти. Действующие же месторождения уже обладают сложившейся инфраструктурой и требуют меньших вложений. Средства, сэкономленные от внедрения цифровых решений, могут быть направлены на реализацию решения проблемы, связанной с извлечением трудноизвлекаемых запасов, а также проблемы, связанной с устаревшей технической оснащённостью отрасли.

Поэтому на первом месте стоит задача научно-технологического развития нефтегазовой отрасли, основные направления развития которой представлены в таблице 1.

Таблица 1. Проблемы развития отрасли и способы их решения

Возможные решения	Основные направления развития отрасли	Ограничения
Проблема – рост количества трудноизвлекаемых запасов		
<ul style="list-style-type: none"> - оптимальное вскрытие пласта; - поддержание пластового давления; - изменение свойств флюида; - изменение характеристик вмещающих пород. 	<ul style="list-style-type: none"> - горизонтальное бурение по профилю пласта; - гидродинамические методы воздействия на вмещающие породы (гидроразрыв); - механические методы вытеснения флюида со смешением (закачка воды, углекислого газа и др.); - тепловые методы воздействия на свойства флюида (закачка перегретой воды, горячих газов и др.); - физико-химические методы воздействия на свойства флюида (закачка водных растворов, в том числе с поверхностно-активными веществами и полимерами). 	<ul style="list-style-type: none"> - требует значительных инвестиций на закупку материалов и оборудования, необходимых для реализации технологии.
Проблема – работа по устаревшим технологиям с использованием устаревшего оборудования		
<ul style="list-style-type: none"> - освоение новых технологий и оборудования. 	<ul style="list-style-type: none"> - техническое переоснащение нефтегазовой сферы; - проведение НИОКР. 	<ul style="list-style-type: none"> - требует много времени и инвестиций на исследование и разработку.
Проблема – высокая стоимость извлечения нефти		
<ul style="list-style-type: none"> - повышение эффективности разработки действующих месторождений. 	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение стоимости строительства скважин при имеющихся технологиях и оборудовании с помощью внедрения цифровых технологий. 	<ul style="list-style-type: none"> - требует незначительных инвестиций; - внедрение происходит достаточно быстро.

Анализ таблицы показывает, что для решения основных проблем в отрасли необходимо внедрение инновационных технологий и обновление оборудования, что требует времени, а также влечёт за собой значительные инвестиции [3].

Таким образом, глобальная экономическая ситуация на нефтяном рынке, низкие цены на углеводороды и увеличение себестоимости извлечения нефти заставляют компании искать новые возможности снижения капитальных затрат при реализации нефтегазовых проектов. На долю строительства скважин приходится от 40 до 98 %

всех затрат проектов. В таких условиях необходимо внедрение инновационных решений, которые бы существенно сократили затраты в этой сфере.

Для повышения эффективности разработки уже действующих месторождений в нефтяных компаниях начинают набирать обороты проекты «цифровых двойников». Цифровой двойник скважины представляет собой виртуальную копию реальной, которая отражает все технологические процессы и работу механизмов [4]. Его использование обеспечивает значительное расширение возможностей анализа текущего состояния

объекта, планирования мероприятий, технического обслуживания, поиска потенциальных проблем и их решений.

Итак, создание цифровой модели процесса строительства нефтяных скважин позволяет компаниям более эффективно строить скважины за счёт анализа данных, получаемых с помощью цифровой модели процесса.

В данной статье представлена оценка эффективности инновационного проекта, нацеленного на создание и работу с цифровым двойником-экземпляром нефтяной скважины (Digital Twin Instance, DTI), который содержит данные по описанию физического объекта.

Цифровизация процесса строительства скважины даёт возможность обрабатывать информацию таким образом, чтобы на выходе получить чёткие инженерные и управленческие решения, которые способны существенно сократить издержки. Она производится с помощью датчиков, фиксирующих все технологические и технические процессы во времени. Информация с датчиков поступает в единую систему приёма, хранения и передачи данных. Таким образом, компания получает цифрового двойника-экземпляра, которого в дальнейшем можно анализировать по каждой составляющей процесса, происходящего на буровой установке. Более глубокий анализ видов и последствий отказов, содержащий статистические методы обработки данных, проводится на основе созданной цифровой модели-экземпляра [5].

С учётом того факта, что для успешного применения цифровой модели требуется провести цифровизацию и анализ множества сходных по технике, геологии и технологии скважин, можно сделать вывод, что это будет особенно полезно для уже действующих месторождений, на которых проводится строительство большого количества типовых эксплуатационных скважин.

Процесс начинается со снятия технологически важных параметров бурения с помощью измерительных датчиков, монтируемых на буровой. Затем данная информация поступает в единый блок хранения и передачи информации. На сегодняшний день для создания цифровой модели пред-

приятия используют измерительные комплексы, например, «ИВЭ-50», который широко известен на рынке своей надёжностью и точностью. Они предназначены для измерения, регистрации, визуализации и дистанционной передачи параметров технологических операций при проведении геологоразведочных работ, всех видов буровых работ, капитального и подземного ремонта скважин в нефтяной и газовой промышленности. Такие измерительные комплексы осуществляют защищённое хранение собираемых данных, используются в составе комплексных решений для организации удалённого управления процессом проведения работ. Он обеспечивает возможность интеграции с системой АСУ буровой установки.

При этом в условиях неопределённости рынков компании стремятся к снижению затрат, что мотивирует их разрабатывать инновационные решения, способные устранить «лишние» затраты (это затраты на лизинг измерительного комплекса и на оплату труда обслуживающего персонала). Однако необходимо учитывать, что измерения параметров при строительстве скважин – это ключевой этап создания цифровой модели, его нельзя миновать [6].

Буровые установки изначально оснащены всем необходимым измерительным оборудованием, соответственно, необходима разработка программного обеспечения, выполняющего функции используемого измерительного комплекса. Это потребует затрат на его разработку, но позволит в будущем избежать дополнительных затрат. Внедрение предложенной системы даёт возможность сокращения затрат на этапах обработки информации оператором и анализа информации инженерной группой подрядчика (рис. 1).

При внедрении данной цифровой модели (с новым ПО) изменятся постоянные и переменные затраты на реализацию проекта (вариант 1 – с использованием «ИВЭ-50», вариант 2 – с использованием разработанного ПО), что отражено на рисунках 2, 3.

Внедрение инновационных решений при строительстве нефтяных скважин позволяет сократить постоянные затраты на реализацию проекта на 40 % и переменные затраты на 130 % [7].

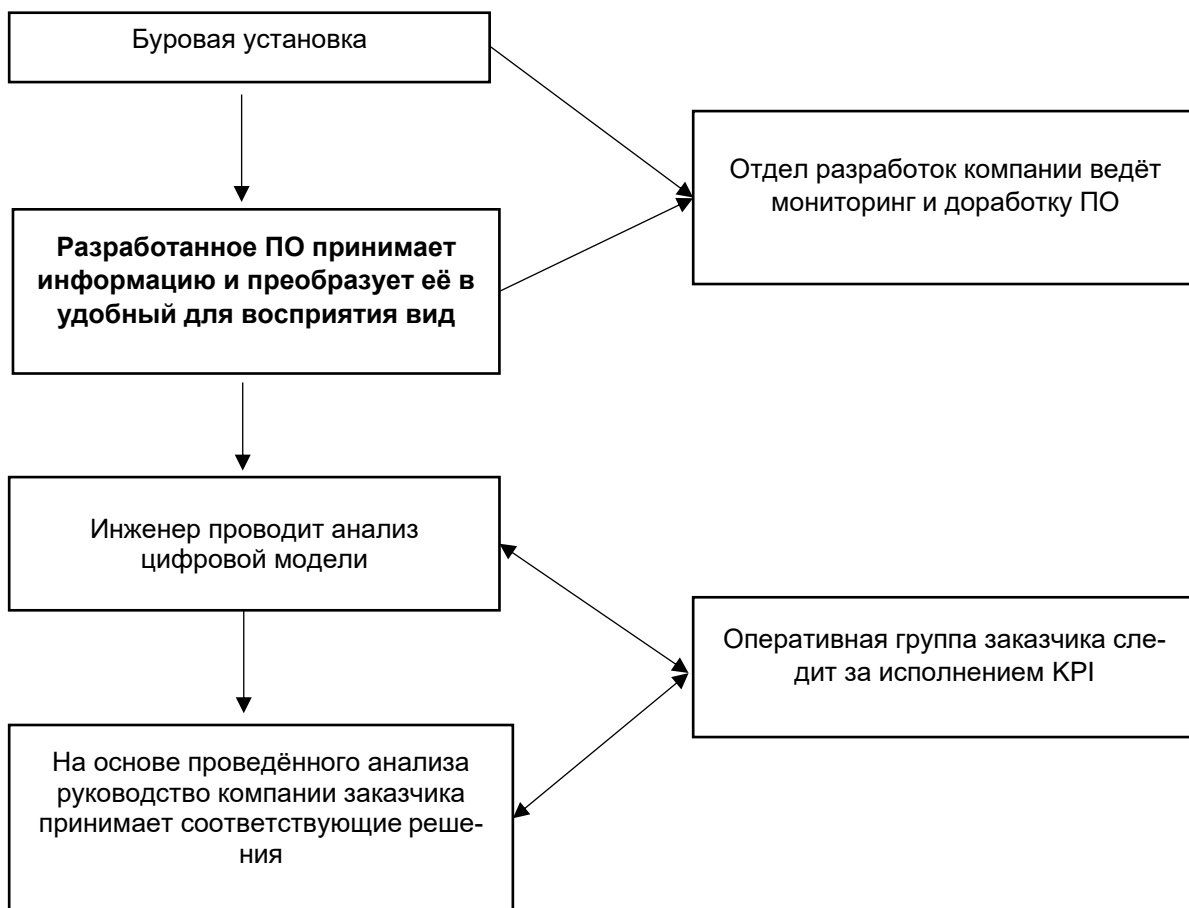


Рис. 1. Предлагаемая схема создания цифровой модели

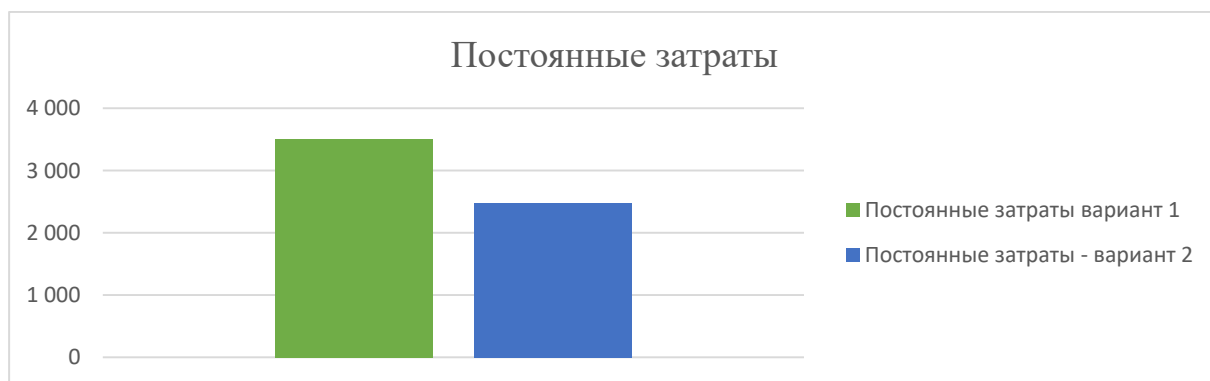


Рис. 2. Постоянные затраты

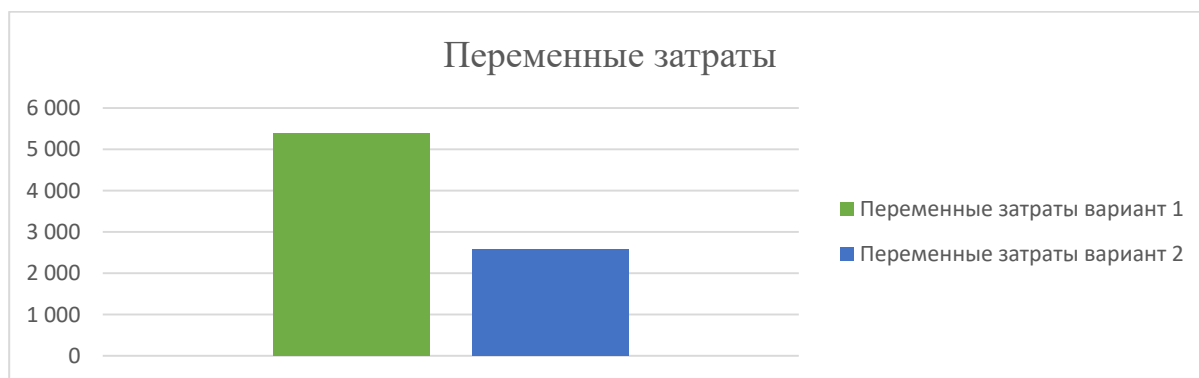


Рис. 3. Переменные затраты

Оценка эффективности инвестиций, направленных на разработку программного обеспечения, способного заменить лизинг измерительного комплекса, осуществлялась по стандартной методике [8] с учётом отраслевых особенностей [9]. На первом этапе

были структурированы и определены основные затраты на внедрение технологии, затем были проведены расчёты по оценке эффективности понесённых затрат. В ходе исследования были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность внедрения цифрового двойника скважины

Показатель	Значение
Инвестиции, руб.	8 950 000,0
NPV, руб.	13 306 992,0
PI	1,48
PP	5 месяцев
IRR, %	60

Анализ таблицы показывает, что NPV является положительным, показатель рентабельности инвестиций превышает пороговое значение (1), отсюда следует, что инвестиции внедрения инновационного решения при строительстве нефтяных скважин можно считать эффективными [10].

Очевидно, что применение технологии цифрового двойника при строительстве

нефтяных скважин позволит детально описать каждый процесс, происходящий на буровой установке. Такое точное описание открывает для инженера возможности, с помощью которых можно определить истинные причины проблемных мест процесса, что в свою очередь станет основой для разработки оптимальных решений при строительстве и эксплуатации скважин.

Библиографический список

1. Минфин подсчитал долю доходов бюджета РФ от нефти и газа в 2020–2022 годах // Новости и обзоры нефтегазохимической отрасли [Электронный ресурс]. URL: <http://rcc.ru/article/minfin-podschital-dolyu-dohodov-byudzhetu-rf-ot-nefti-i-gaza-v-2020-2022-godah-70649> (15.12.2020).

2. Шафраник Ю.К. Российская энергетика: вызовы времени // Международная жизнь. 2014. № 2. С. 18–24.

3. Соловьёв С. Цифровые двойники в промышленности: сегодня и завтра // ИКС медиа. 2019. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5585041-Czifrovye-dvojniki-v-promyshlennost.html> (03.11.2020).

4. Пешкова И. Как цифровые двойники помогают российской промышленности [Электронный ресурс]. URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/> (03.11.2020).

5. Асаул А.Н., Горбунов А.А., Завадин Д.А. Особенности инвестиционного планирования инновационных инвестиционно-строительных проектов // Экономика строительства. 2016. № 1 (37). С. 32–43.

6. Газизова О.В., Галеева А.Р. Инновационные технологии в нефтегазовом секторе России: миф или реальность // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 247–251.

7. Щербинина Е.И., Агеева О.А. Внедрение инновационных технологий на нефтегазовых

предприятиях в условиях кризиса // Молодёжный научный форум: общественные и экономические науки: электронный сб. статей по материалам XLIV студенческой международной заочной науч.-практ. конф. (г. Москва, апрель 2017 г.). М.: Изд-во «МЦНО», 2017. № 4 (44). С. 244–251. [Электронный ресурс]. URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4\(44\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4(44).pdf) (15.12.2020).

8. Kuklina M.V., Kuklina V.V., Bogdanov V.N., Starkov R.F. Extension And Risks Of Development Of Social And Technical Networks In Tourism // International Conference on Research Paradigms. Transformation in Social Sciences (RPTSS). 2018. P. 651–658. [Электронный ресурс]. URL: https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/81/3858/article_81_3858_pdf_100.pdf (15.12.2020).

9. Запасы природного газа в мире по странам // Нефть-газ-ископаемые.рф [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sites.google.com/site/neftgasiskopaemie/zapasi-gaza-v-mire> (15.12.2020).

10. Кокорев Д.С., Посмаков Н.П. Применение «Цифровых двойников» в производственных процессах // Colloquium-journal. 2019. № 26 (50). С. 38–45. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-tsifrovyyh-dvoynikov-v-proizvodstvennyh-protsessah> (15.12.2020).

Сведения об авторах / Information about the Authors

Опарина Татьяна Александровна,
магистрант группы ЭУм-20-1,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россий-
ская Федерация,
e-mail: martusina2@yandex.ru

Уразова Нина Геннадьевна,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры автоматизации и управления,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россий-
ская Федерация,
e-mail: urazova_nina@mail.ru

Шелопугин Александр Олегович,
сотрудник компании,
ООО «Иркутская нефтяная компания»,
664007, г. Иркутск, пр-кт Большой Литейный, 4,
Российская Федерация,
e-mail: info@irkutskoil.ru

Tatiana A. Oparina,
Postgraduate,
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federa-
tion,
e-mail: martusina2@yandex.ru

Nina G. Urazova,
Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor, Department of Automation and
Control,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federa-
tion,
e-mail: urazova_nina@mail.ru

Alexander O. Shelopugin,
Company employee,
Irkutsk Oil Company, LLC,
4 Bolshoy Liteyny Ave., Irkutsk, 664007, Russian
Federation,
e-mail: info@irkutskoil.ru