

УДК 622.279

Оценка эффективности внедрения мобильных компрессорных установок в условиях массивной газовой залежи сеноманского комплекса

Урванцев Р.В. Пономарёва Д.В.

Тюменский Индустриальный Университет (625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: r.v.urvantsev@mail.ru

Сеноманский комплекс является крупнейшим по объёму запасов сухого газа в России. На ряде месторождений объекты сеномана являются основным объектом разработки. Поэтому важно реализовывать рациональный подход к разработке с применением методов увеличения газоотдачи. Одним из таких методов является компримирование низконапорного газа с применением мобильных компрессорных установок (МКУ). Принцип работы мобильной компрессорной установки заключается в создании разрежения давления на устье добывающей скважины с последующим компремированием добытого газа. Особенностью таких установок является сочетание высокой производительности и мобильности. При необходимости МКУ можно передвигать с одного куста скважин на другой. Данные установки уже показали свою успешность на нескольких газовых месторождениях в России. Ряд иностранных и российских производителей установок предлагает широкий ассортимент МКУ. В рамках данной статьи был произведён обзор технологии и рынка данных установок. Техничко-экономическая оценка внедрения МКУ проводилась с применением гидродинамического моделирования. Также на основе целого ряда геолого-технических характеристик пласта и оборудования был предложен комплексный параметр, который характеризует применимость компрессорных установок на объектах аналогах.

Ключевые слова: газ, добыча, мобильная компрессорная установка, моделирование, Eclipse

Performance assessment of the mobile compressor units introduction in the conditions of the massive gas deposit of the Cenomanian complex

Urvantsev R.V. Ponomaryova D.V.

Tyumen Industrial University (625000, Ural Federal District, Tyumen region, Tyumen, Volodarskogo Street, 38), e-mail: r.v.urvantsev@mail.ru

The Cenomanian complex is the largest in terms of dry gas reserves in Russia. At number of fields the Cenomanian layers are the main object of development. Therefore, it is important to implement a rational approach to development using methods of increasing gas recovery. One of such methods is compression of low-pressure gas with the using of mobile compressor units (MCU). The principle of mobile compressor unit operation is to create a pressure dilution at the wellhead with subsequent compression of the produced gas. A feature of such units is a combination of high performance and mobility. If necessary, MCU can be moved from one well cluster to another. These units have already shown successful application in several gas fields in Russia. A number of foreign and Russian manufacturers offer a wide range of MCU. Under this article, an overview of the technology and market of its installations was made. The technical and economic assessment of the MCU introduction was carried out using simulation modeling. Complex parameter was proposed on the basis of a number of geological and technical characteristics of the deposit and equipment, which characterizes the applicability of compressor units at similar deposits.

Keywords: gas, production, mobile compressor unit, modeling, Eclipse

Введение

В настоящее время основные эксплуатируемые пласты сухого газа приурочены к отложениям сеноманского комплекса, которые являются наиболее значимыми с точки зрения объёма извлекаемых запасов и поддержания уровней добычи в краткосрочной перспективе. Большинство залежей сеномана являются массивными, характеризуются высокой связностью и проницаемостью. Это обуславливает высокие проектные значения технологического КИГ, которые обычно превосходят 0,9 д.ед. Однако, в проектной документации также оценивается

КИГ за рентабельный период, имеющий большее практическое значение и влияющий на капитализацию нефтегазодобывающей компании. В таких условиях целесообразно применение методов увеличения газоотдачи для продления рентабельного периода разработки объекта и увеличения объёмов рентабельно извлекаемых запасов.

Основная часть

Получения дополнительной добычи газа и увеличения объёмов рентабельно извлекаемых запасов можно добиться за счёт активного внедрения методов увеличения газоотдачи. Основным методом, дающим наибольший прирост добычи, является гидравлический разрыв пласта. Однако данный метод имеет ряд ограничений и сопряжён с высокой степенью неопределённости. Его применение в массивных высокопроницаемых залежах сеноманского комплекса нецелесообразно и может привести к быстрому подтягиванию конусов воды к добывающим скважинам. Также для целей продления эксплуатации газовых скважин может использоваться ряд других менее распространённых методов, связанных с форсированием выноса жидкости с забоя: плунжерный лифт, газлифт, использование штанговых, струйных насосов, УЭЦН, внедрение ПАВ и т.д. [3]. Однако, действие данных методов, в первую очередь, направлено на интенсификацию добычи при обводнении и не способствует значительному приросту накопленной добычи газа. Другой проблемой, проявляющейся на поздней стадии разработки, является выбытие фонда из-за высоких потерь давления в газосборной сети и возникающих ограничений по устьевому давлению. И если проблема обводнения скважин оперативно решается путём проведения своевременных геолого-технических мероприятий, то продление срока эксплуатации скважин за счёт снижения устьевого давления является более сложной и затратной задачей. Тем не менее, компримирование газа, позволяющее увеличить добычу на завершающей стадии работы скважины, может дать положительный экономический эффект.

Компримирование газа на кустовых площадках осуществляется с установкой на ней мобильной компрессорной установки. Принцип работы МКУ заключается в создании разрежения на устьях газовых скважин, подключённых к компрессору [1]. Это повышает добычу газа на отдельно взятом кусте газовых скважин в условиях низких устьевых давлений, приводит к устранению песчано-жидкостных пробок, а также позволяет сохранять необходимое давление на входе в ДКС УКПГ (поддержание давления на выходе их компрессора МКУ (на входе в шлейф) – предотвращение помпажа агрегатов ДКС) [4]. Положительным влиянием на предотвращение ледяных пробок является поддержание высокой температуры на выходе из компрессора (на входе в шлейф), что приводит к повышению температуры газа на входе в УКПГ и в случае коротких шлейфов и/или больших

расходов газа по шлейфу полностью устраняет возможность образования ледяных пробок. На рисунке 1 представлена типовая МКУ в модульном исполнении.



Рисунок 1 – Мобильная компрессорная установка в модульном исполнении

В установках могут использоваться различные типы компрессора: поршневой, винтовой (безмасляный или маслозаполненный), центробежный и соевой. Выбор типа компрессора в основном зависит от его производительности, периодичности технического обслуживания и эксплуатационной надёжности. Наиболее широко на рынке представлены компрессоры винтового типа, обладающие широким диапазоном производительности (до 100 тыс.м³/ч), большой периодичности тех. обслуживания (до 48 тыс. часов без капитального ремонта), хотя и уступают по этим параметрам центробежным.

При технической оценке эффекта от внедрения МКУ использовалась гидродинамическая модель объекта с существующей газосборной сетью, определённой с помощью расширенной опции наземной сети в Eclipse [6, 7]. Были определены новые узлы в газосборной сети на ветвях между кустовой площадкой и ближайшей узловой точкой. Потери давления на интервале между кустом и МКУ определялись с помощью специальной VFP-таблицы, составленной на основе характеристик целого ряда МКУ [5].

Для расчета на гидродинамической модели использованы технические характеристики МКУ серии ТАКАТ компании Казанькомпрессмаш: ТАКАТ 77.3-23 МЗ УХЛ1. Параметры приведены к таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры МКУ ТАКАТ 77.3-23 М3 УХЛ1

Параметр	Значение
Производительность	12000 нм ³ /ч
Давление на входе	0.3 МПа
Давление на выходе	2.3 МПа
Частота вращения ротора	3000 об/мин
Тип двигателя	ЭД
Мощность	1600 кВт
Габариты блочно-контейнерной установки	10.40 x 7.24 x 6.06
Общая масса изделия	70 т

В результате на гидродинамической модели было рассчитано три варианта:

1. Базовый – без МКУ.
2. Вариант 1 – с внедрением многоступенчатого компрессора на каждой кустовой площадке. Даты ввода компрессора определялись на основе групповой добычи по кусту в базовом варианте и вводились, как только групповой целевой дебит не выполнялся.
3. Вариант 2 – с внедрением МКУ на кустах с положительным эффектом, полученном в варианте 1.

На рисунке 2 представлена зависимость NPV (ЧДД) по каждому кусту с учётом увеличения капитальных и операционных затрат на установку и обслуживание МКУ [2].

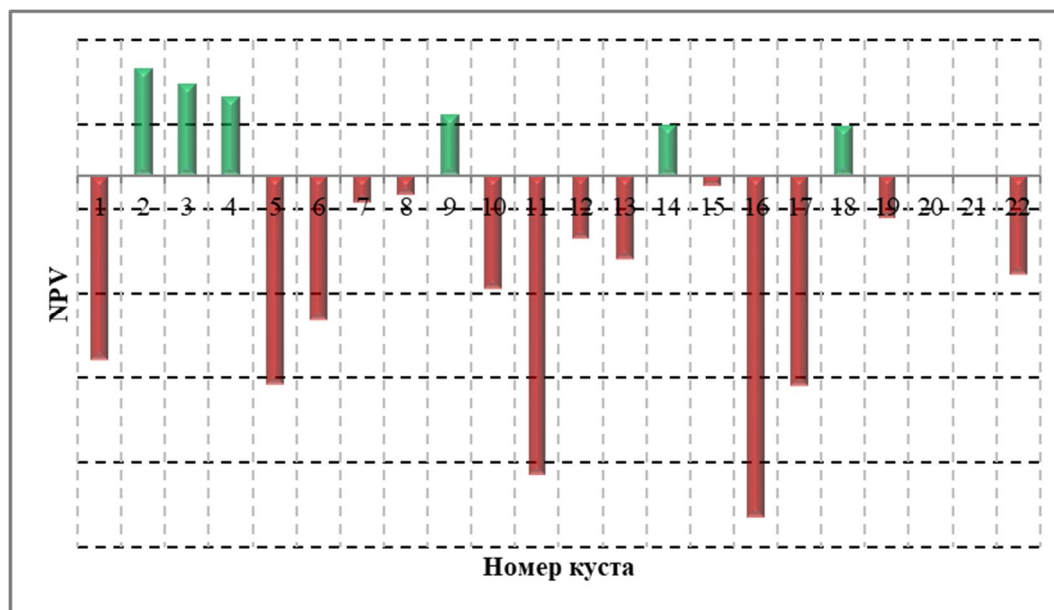


Рисунок 2 – Динамика NPV по кустам в варианте 1

Внедрение МКУ показывает положительную эффективность только на части фонда. В целом, вариант 1 отличается ухудшением технологических показателей по сравнению с базовым вариантом. Суммарная накопленная добыча снизилась на 92 млн.м³ Основным фактором, негативно отразившимся на экономической эффективности, является раннее выбытие скважин по причине быстрого обводнения. На кустах №№ 20 и 21 МКУ не

внедрялась по причине выбытия скважин из эксплуатации раньше появления технологической возможности установки компрессоров.

Вариант 2 по сравнению с базовым вариантом и вариантом 1 показал большую техническую и экономическую эффективность (Рисунок 3). Адресная установка МКУ позволяет избежать массового раннего выбытия скважин при сохранении эффективной работы фонда с МКУ. Увеличение экономической эффективности связано с увеличением суммарной накопленной добычи на 972 млн.м³.

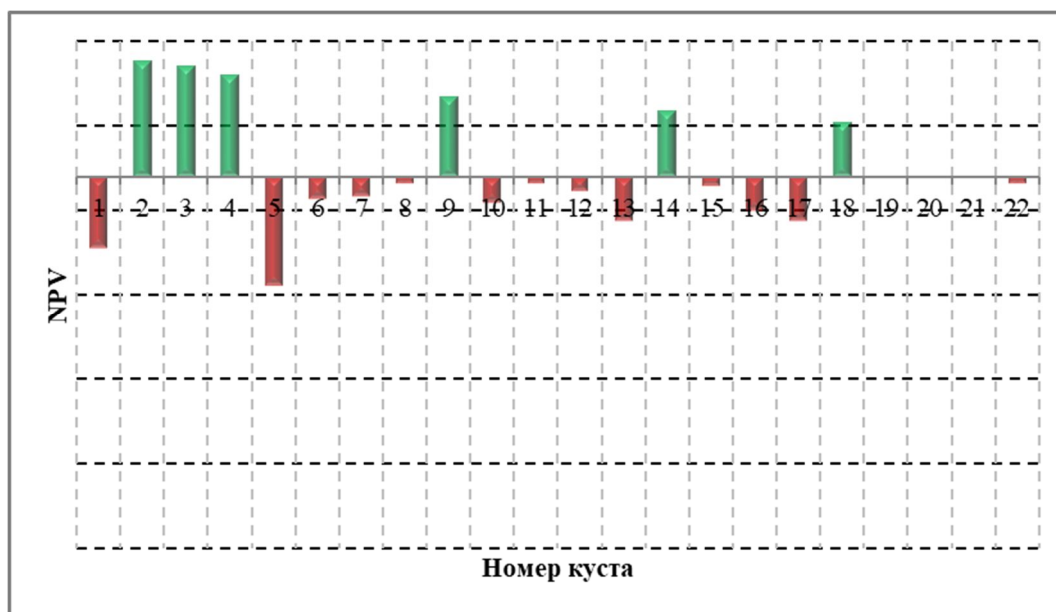


Рисунок 3 – Динамика NPV по кустам в варианте 2

Внедрение МКУ показало положительную динамику на 6 кустах: №№ 2, 3, 4, 9, 14, 18.

Для определения и оценки основных факторных показателей, влияющих на успешность внедрения МКУ, был введён комплексный ранговый параметр. Он включает в себя длину участка трубопровода от куста до УКПГ, величину остаточных извлекаемых запасов, расстояние до ГВК, проницаемость, газонасыщенную толщину, расчленённость, наличие мощных перемычек и проведённых ГТМ.

Веса параметров определялись на основе факторов выбытия скважин. 75% фонда выбывает по обводнению, поэтому факторы обводнения (расстояние до ГВК, наличие мощных перемычек и ГТМ) имеют больший вес.

Оценка комплексного параметра производилась по следующей формуле:

$$КП = n \cdot \frac{L}{L_{\max}} + n \cdot \frac{G}{G_{\max}} + n \cdot \frac{H}{H_{\max}} + n \cdot \frac{k}{k_{\max}} + n \cdot \frac{S}{S_{\max}} + n \cdot \frac{h}{h_{\max}} + n \cdot \frac{1}{N / N_{\max}}$$

Где:

КП – комплексный параметр

n – весовой коэффициент

max – максимальное значение параметра

L – длина трубопровода до УКПГ, G – величина остаточных запасов; H – расстояние до ГВК; k – проницаемость; S – расчленённость; h – эффективная газонасыщенная толщина; N – кол-во проведённых ГТМ

Чем больше значение параметра для данной кустовой площадки, тем более перспективным будет внедрение МКУ. Определение критериев успешности применения МКУ основано на зависимости NPV (комплексный параметр) и выделения основных результирующих факторов (Рисунок 4). Из графика можно сделать вывод, что имеется прямая зависимость между значениями NPV и КП, что подтверждает предположение и перспективности внедрения МКУ при больших значениях параметра.

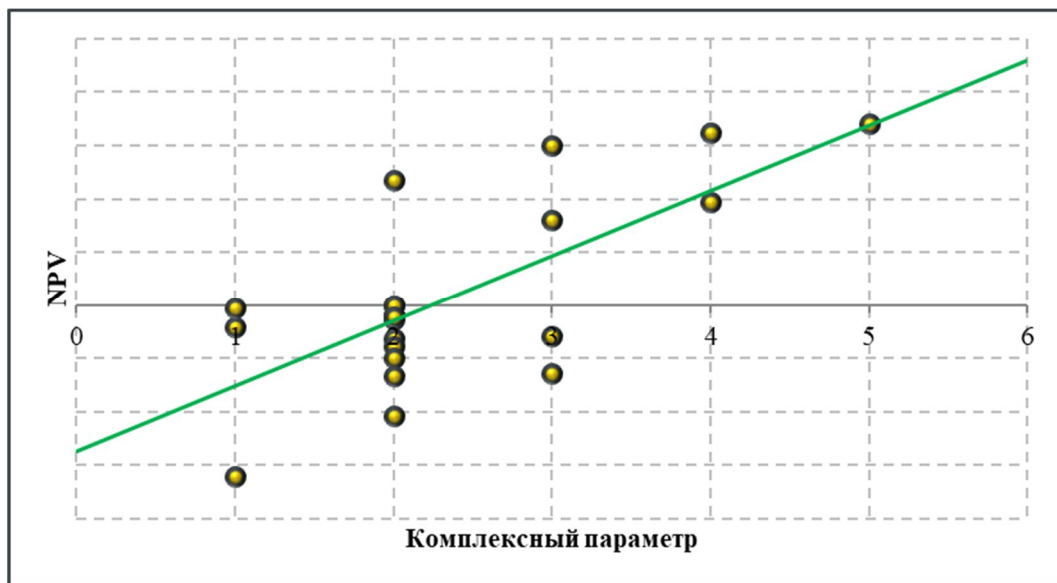


Рисунок 4 – Зависимость между NPV и комплексным параметром

Основными определяющими комплексный параметр факторами являются:

- Расчленённость;
- Наличие мощных перемычек;
- Отсутствие проведённых ГТМ, свидетельствующих о высоком риске обводнения.

Т.о., перспективность внедрения МКУ должна основываться на комплексном анализе факторов выбытия скважин, которые будут положены в основу значения комплексного параметра. Для массивных, высокопроницаемых и связанных газовых залежей таким фактором является обводнение.

Заключение

По результатам краткого обзора основных методов увеличения КИГ выделен приоритетный метод, направленный на снижение устьевого давления с применением мобильных компрессорных установок. С учётом анализа геолого-промысловой информации разрабатываемого объекта сеноманского комплекса и обзора рынка МКУ предложены

варианты для оценки эффективности их внедрения. При проведении расчётов с использованием опции Network в ПО Eclipse определен вариант с положительной экономической эффективностью, предполагающий адресное внедрение МКУ на кустах. По результатам оценки геолого-технологических факторов успешности разработана методика подбора кустов для применения МКУ на основе комплексного параметра, включающего в себя целый ряд геолого-технологических факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронцов М.А., Ротов А.А., Марущенко И.В., Лаптев Е.М. Перспективы применения распределенного компримирования в промысловых системах добычи газа // Научно-технический сборник · ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ, №4(20) 2014. – С. 164–173
2. Косов В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В.В. Косов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. – Тюмень, 2010.
3. Ли Джеймс, Никенс Генри, Уэллс Майкл. Эксплуатация обводняющихся газовых скважин. Технологические решения по удалению жидкости из скважин / Перевод с английского. — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2008. — 384 с., ил. (Промышленный инжиниринг).
4. Морозов П.А. Исследование работы ДКС при разработке газовых и газоконденсатных месторождений / П.А. Морозов, И.С. Тышляр // Газовая промышленность. – 1976. – № 1 (2). – С. 49–51.
5. Паранин Ю.А. Винтовые компрессорные установки нового поколения / Ю.А. Паранин, М.Д. Садыков, Р.Р. Якупов и др. // Труды XV Междунар. науч.-техн. конф. по компрессорной технике. – Т. 1. – Казань: Слово, 2011. – С. 112–117.
6. Schlumberger ECLIPSE Technical Description, v.2014.1.
7. Schlumberger ECLIPSE Technical Manual, v.2014.1.