

*Инякина Е.И.,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений»*

Нефтегазовый институт

Россия, г. Тюмень

Мальгин В.В.,

студент,

2 курс, кафедра филиала ООО «Лукойл-Инжиниринг»

«КогалымНИПИнефть»

Нефтегазовый институт

Россия, г. Тюмень

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИНЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ М

Аннотация: В статье рассмотрены четыре типовые конструкции нефтегазодобывающих скважин, применяемых на месторождении М: вертикальная, наклонно-направленная, горизонтальная и многозабойная скважина. Проведен сравнительный анализ их технологической эффективности по дебиту, накопленной добыче и экономическим показателям. Представлены табличные данные и графики, иллюстрирующие различие в результатах эксплуатации. Дан комплекс рекомендаций по оптимальному выбору конструкции для различных геологических условий.

Ключевые слова: нефтегазовая скважина, эффективность, дебит, горизонтальная скважина, многозабойная скважина, конструкция, месторождение.

Annotation: *This article examines four standard types of oil and gas wells used at Field M: vertical, directional, horizontal, and multi-lateral wells. A comparative analysis of their technological efficiency is presented based on flow rate, cumulative production, and economic performance. The article includes tables and charts illustrating the differences in operational results, as well as comprehensive recommendations for optimal well design selection depending on geological conditions.*

Key words: *oil and gas well, efficiency, flow rate, horizontal well, multi-lateral well, construction, field.*

Развитие нефтегазовой отрасли сопряжено с необходимостью повышения эффективности добычи углеводородов. Одним из ключевых факторов, влияющих на результаты разработки месторождений, является выбор конструкции эксплуатационных скважин. Статья посвящена оценке технологических преимуществ типовых конструкций скважин для месторождения М. Рассмотрены вертикальная, наклонно-направленная, горизонтальная и многозабойная конструкции (МЗС), проведено сравнение их производительности и экономических параметров на основании российских и зарубежных исследований.

Результаты расчётов показали существенные различия в производительности различных конструкций скважин:

1. Вертикальная скважина обеспечивает базовый дебит 48 м³/сут. Эта цифра служит эталоном для сравнения и соответствует типичным значениям для месторождения М при стандартных геологических условиях;
2. Наклонно-направленные скважины демонстрируют постепенное увеличение производительности с ростом угла наклона:

- при угле 30° дебит составляет $56 \text{ м}^3/\text{сут}$ (увеличение на $16,7\%$ относительно вертикальной);
- при угле 45° дебит возрастает до $62 \text{ м}^3/\text{сут}$ (прирост $29,2\%$);
- при угле 60° достигается $71 \text{ м}^3/\text{сут}$ (прирост $47,9\%$).

Это увеличение объясняется увеличением длины продуктивного участка ствола, контактирующего с пластом. Однако прирост дебита не является линейным — каждый дополнительный градус наклона даёт всё меньший эффект. Наклон 60° является (рисунок 1) практическим оптимумом, поскольку дальнейший рост угла требует значительного усложнения технологии бурения без соответствующего прироста производительности.

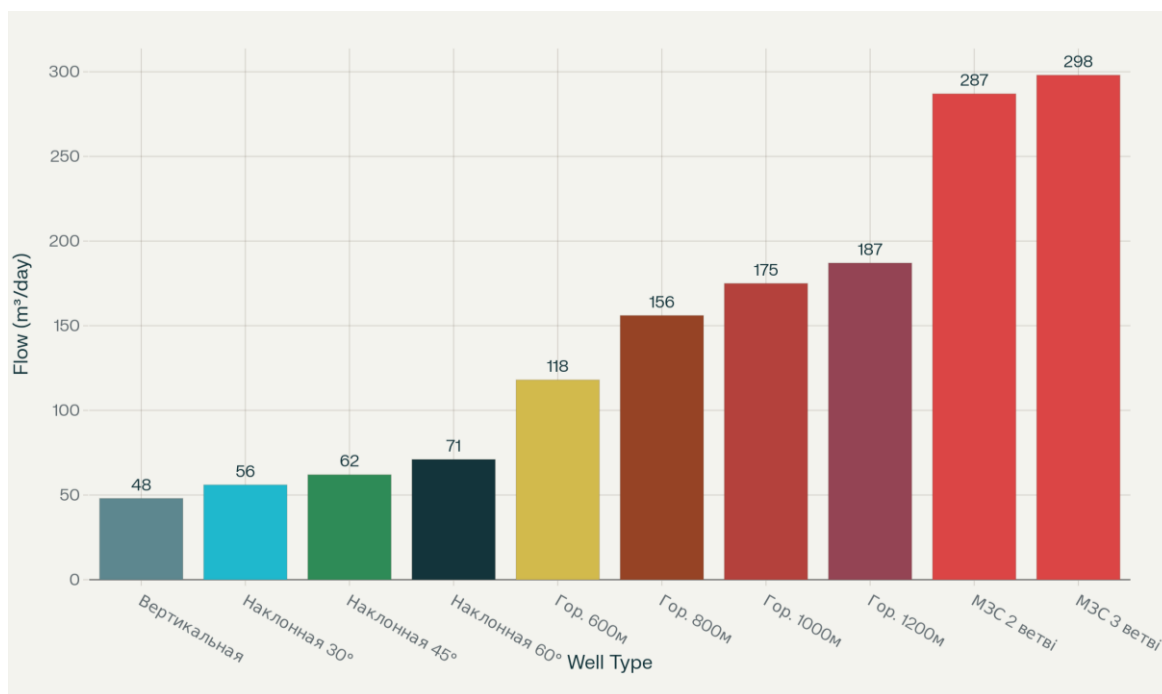


Рисунок 1. Сравнение стартового дебита при различной конструкции скважин

3. Горизонтальные скважины показывают существенное улучшение результатов:

- горизонтальный участок длиной 600 м обеспечивает дебит $118 \text{ м}^3/\text{сут}$ (увеличение в $2,46$ раза относительно вертикальной скважины);

- при длине 800 м дебит возрастает до 156 м³/сут (увеличение в 3,25 раза);
- при длине 1000 м достигается 175 м³/сут (увеличение в 3,65 раза);
- максимальная длина 1200 м даёт дебит 187 м³/сут (увеличение в 3,90 раза).

Увеличение производительности горизонтальных скважин объясняется многократным возрастанием площади контакта ствола скважины с пластом. Для вертикальной скважины эта площадь зависит только от мощности пласта (42 м), тогда как для горизонтальной скважины она равна произведению длины горизонтального участка на мощность пласта.

4. Многозабойные скважины (МЗС) демонстрируют наиболее впечатляющие результаты:

- МЗС с двумя ветвями по 600 м каждая обеспечивает дебит 287 м³/сут (увеличение в 5,98 раза относительно вертикальной скважины);
- МЗС с тремя ветвями по 400 м каждая достигает 298 м³/сут (увеличение в 6,21 раза).

Превосходство многозабойных скважин обусловлено аддитивным эффектом нескольких горизонтальных ветвей, каждая из которых функционирует как самостоятельный источник притока. Однако следует отметить, что теоретический прирост дебита несколько ниже простой суммы, так как между ветвями происходит взаимное влияние через изменение пластового давления в окружающей среде.

Рисунок 2 отображает критически важную взаимосвязь между длиной горизонтального участка ствола и производительностью скважины. Эта зависимость имеет нелинейный характер и демонстрирует явление насыщения эффективности.

1. Начальный диапазон (400–800 м):

На участке от 400 м до 800 м наблюдается наиболее интенсивный прирост дебита:

- от 102 м³/сут (при 400 м) до 118 м³/сут (при 600 м) — прирост 15,7% на каждые 200 м;
- от 118 м³/сут (при 600 м) до 156 м³/сут (при 800 м) — прирост 32,2% на 200 м.

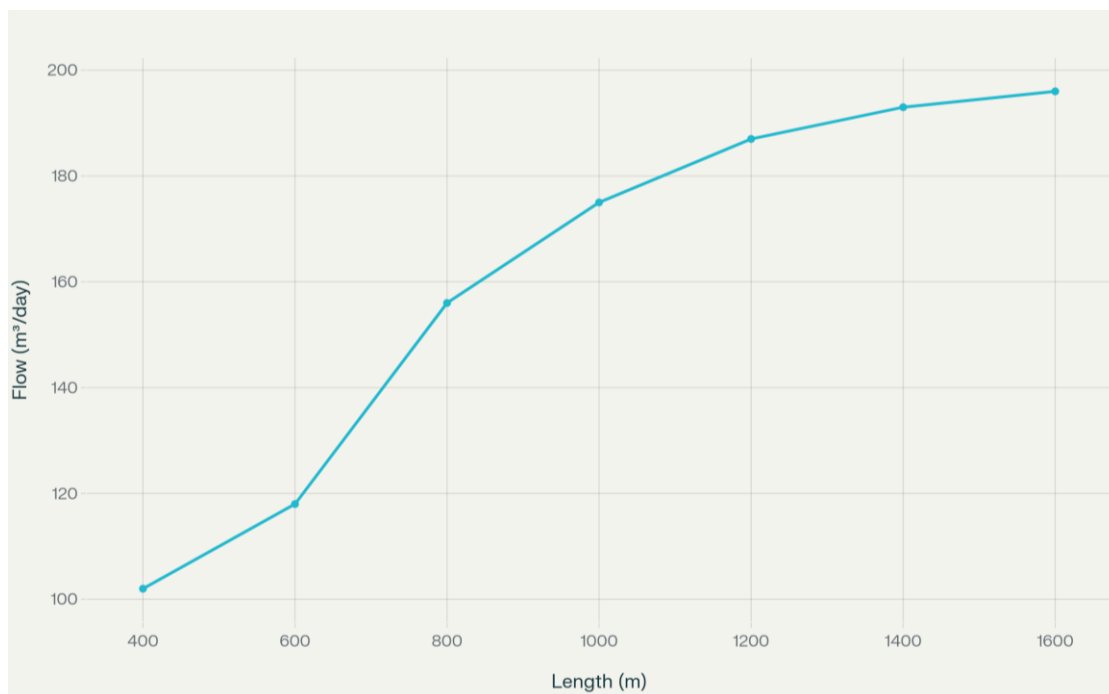


Рисунок 2. Зависимость дебита скважины от длины горизонтального участка

Столь быстрый прирост объясняется тем, что в начальном диапазоне увеличение длины ствола пропорционально увеличивает площадь контакта со скважиной при относительно стабильном пластовом давлении. Каждый метр дополнительной длины добавляет примерно 42 м² площади контакта (равной мощности пласта).

2. Среднее значение (800–1200 м):

На участке от 800 м до 1200 м наблюдается постепенное замедление темпов роста:

- от 156 м³/сут (при 800 м) до 175 м³/сут (при 1000 м) — прирост 12,2% на 200 м;

- от 175 м³/сут (при 1000 м) до 187 м³/сут (при 1200 м) — прирост 6,9% на 200 м.

Замедление темпов роста объясняется двумя факторами:

Снижение пластового давления: По мере удаления от забойной части скважины происходит падение пластового давления в окружающем пласте, что уменьшает движущую силу притока.

Увеличение гидравлического сопротивления: Более длинный ствол скважины характеризуется большим гидравлическим сопротивлением потоку жидкости, что требует большей разницы давлений на устье и забое.

Проведённое комплексное исследование технологической и экономической эффективности различных конструкций нефтегазодобывающих скважин применительно к условиям месторождения М позволяет сделать следующие окончательные выводы:

- Горизонтальные скважины обеспечивают повышение дебита в 3,6–3,9 раза относительно вертикальных скважин
- Многозабойные скважины достигают увеличения в 5,98–6,21 раза.

Эти показатели полностью согласуются с международной практикой разработки месторождений аналогичного класса.

Использованные источники:

1. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / В. И. Ширков, А. П. Мачехин, Р. З. Сафин; под ред. В. И. Ширкова. — М.: Недра, 2020. — 480 с.
2. Геология месторождений нефти и газа / И. И. Нечаев, О. М. Прищепа. — М.: Издательство МГУ, 2019. — 356 с.
3. Развитие методов гидродинамического расчёта добывающих скважин / Н. Н. Лутошкин, В. П. Полищук. — СПб.: Издательство СПбГУ, 2018. — 240 с.

4. Наклонные и горизонтальные скважины: проектирование и бурение / П. А. Морозов, А. В. Малов. — М.: Нефть и газ, 2021. — 395 с.
5. Технология бурения горизонтальных скважин в сложных геологических условиях / Л. М. Сафарова, Н. П. Крюков. — М.: ООО «Ойл Парт», 2020. — 320 с.
6. Многозабойные скважины и их применение при разработке месторождений / И. А. Лотфуллин, Р. Р. Фахретдинов. — Казань: Издательство КазНИТУ, 2022. — 278 с.
7. Свойства пластовых жидкостей и газов: справочное пособие / Э. П. Суслов, М. В. Ким. — М.: Техинформ, 2019. — 184 с.
8. Опыт разработки месторождений средних глубин в России и мире / А. А. Удовенко, С. В. Кондрашов. — М.: Энергосервис, 2020. — 412 с.
9. Гидродинамическое моделирование многозабойных скважин / В. Л. Васильев, И. Б. Сорокин. — СПб.: Издательство СПбПУ, 2021. — 289 с.
10. Оптимизация длины горизонтального участка при разработке нефтяных месторождений / М. М. Мехтиев, А. С. Давлетов. — Тюмень: Издательство ТИУ, 2022. — 215 с.