

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ
ЖИДКОСТИ К МНОГОСТВОЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ****ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ
К МНОГОСТВОЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ**

В.А. Иктисанов, д. т. н., зав. лабораторией ГДИ «ТатНИПИнефть».

При проектировании и строительстве горизонтальной скважины важное значение имеет траектория ствола в продуктивном пласте. Именно этот фактор определяет продуктивные характеристики скважины, условия образования гидрозатвора и в целом, эффективность запланированной системы разработки месторождения.

В настоящее время в ОАО «Татнефть» пробурено 11 многоствольных горизонтальных скважин, в том числе на турнейский ярус четырехствольная скважина №8249г. Предполагается, что снижение фильтрационных сопротивлений за счет наличия ответвлений от основного горизонтального ствола приводит к повышению коэффициента продуктивности. Различие горно-геологических условий не позволяет выполнить непосредственную оценку эффективности работы многоствольной скважины по сравнению с горизонтальной, не имеющей ответвлений. Поэтому в данной работе для определения прироста продуктивности проведено численное моделирование установившейся фильтрации жидкости к горизонтальным стволам различной траектории.

Непосредственное решение трехмерной задачи с соответствующими краевыми условиями является достаточно сложным. В связи с этим для моделирования многоствольной скважины использовался прием, применяемый при описании фильтрации к горизонтальной скважине. Исходная пространственная задача сводилась к решению двух плоских задач: в вертикальной плоскости - к притоку жидкости к точечному стоку в полосе с непроницаемыми кровлей и подошвой, в горизонтальной плоскости - к течению жидкости к стоку, представляющему собой искривленную вертикальную трещину, проходящую через всю толщину пласта. Суммарная продуктивность рассчитывалась как суперпозиция соответствующих решений двух плоских задач.

Для моделирования сложной траектории ствола в горизонтальной плоскости использовался набор вертикальных скважин (узлов), достаточно близко расположенных друг к другу (рис. 1). Для учета их взаимовлияния применялось уравнение, справедливое для однородного пласта и кругового контура питания. Взаимозависимость режимов работы узлов приводила к необходимости использования итерационных методов, т. е. численного решения системы уравнений.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ К МНОГООТВЕТНЫМ СКВАЖИНАМ

При решении прямой гидродинамической задачи задавались гидропроводность, забойное, пластовое давления и начальные приближения дебитов. Рассчитывались падения давления и дебиты i узлов. Суммарный дебит по узлам составлял дебит многотвальной скважины при моделировании в горизонтальной плоскости.

Для описания фильтрации в вертикальной плоскости наиболее точным является применение уравнения Ю.П. Борисова, полученного при использовании метода суперпозиций путем введения бесконечного количества фиктивных скважин, отраженных относительно кровли и подошвы. При расчете дебита многотвальной скважины производится суммирование фильтрационных сопротивлений.

Первоначально отработка алгоритма проведена для горизонтальной скважины. Численное моделирование показало, что приток на концах ствола больше по сравнению с центральными узлами, что согласуется с известными работами. Аналогичная ситуация получена и для многотвальной скважины (рис. 2). Объяснение данной тенденции в рамках рассматриваемой модели заключается в том, что узлы, отстоящие от концов ствола, испытывают наибольшее влияние интерференции.

При решении обратной гидродинамической задачи по результатам установившихся исследований определены фильтрационные параметры пласта скважины №8249г (таблица 1).

Таблица 1. Режим работы и фильтрационные свойства пласта четырехствольной скважины №8249г

Параметры	Значение	Размерность
Дебит	12,3	м ³ /сут.
Пластовое давление	9,60	МПа
Забойное давление	3,36	МПа
Толщина пласта	30	м
Продуктивность	1,97	м ³ /(сут.МПа)
Гидропроводность	9,2	мкм ² ·м/(Па·с)
Проницаемость	0,0086	мкм ²

Используя фильтрационные свойства пласта и заданную депрессию, рассмотрено влияние различных стволов на дебит и продуктивность скважины №8249г, а также проведено ее сопоставление с вертикальной и горизонтальной скважинами (табл. 2). Получено, что для условий однородного пласта продуктивность четырехствольной скважины в 3,21 выше, чем продуктивность вертикальной скважины, пробуренной в том же пласте. Бурение только первого ствола привело бы к росту продуктивности по сравнению с вертикальной в 2,55 раза. Горизонтальная скважина без ответвлений приводит к увеличению продуктивности в 3,10 раза. Кратность продуктивности

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ К МНОГООТВЕТНЫМ СКВАЖИНАМ

четырёхствольной скважины по отношению к горизонтальной составляет 1,033, при этом длина стволов выше в 1,56 раза. Незначительное увеличение продуктивности, по - видимому, объясняется близостью обветвлений к основному стволу. Сравнение изобар для горизонтальной и многоствольной скважины свидетельствует о незначительных изменениях в перераспределении давления (рис. 3).

Таблица 2. Сопоставление эффективности различных конструкций скважины на примере гидропроводности пласта и депрессии для скважины №8249г

Тип скважины	Дебит при моделировании в ГП, м ³ /сут.	Длина ствола, м	ФС при моделировании в ГП, (сут.МПа)/ м ³	ФС при моделировании в ВП, (сут.МПа)/ м ³	Суммарное ФС, (сут.МПа)/ м ³	Продуктивность скважины, м ³ /(сут.МПа)	Дебит, м ³ /(сут.МПа)	Кратность изменения дебита (продуктивности)	Отношение продуктивности к длине ствола в пласте, м ² /(сут.МПа) 10 ⁴
вертикальная	3,83		1,630			0,614	3,83	1	20,5
1 ствол	10,58	201	0,590	0,050	0,640	1,562	9,75	2,55	7,8
1 и 2 ствола	11,37	308	0,549	0,033	0,582	1,720	10,73	2,80	5,6
1,2 и 3 ствола	12,12	404	0,515	0,025	0,540	1,853	11,56	3,02	4,6
1,2,3 и 4 ствола	12,77	508	0,489	0,020	0,508	1,967	12,27	3,21	3,9
ГС без ответвлений	12,62	325	0,494	0,031	0,525	1,903	11,88	3,10	5,9

Примечание:

ФС - фильтрационное сопротивление, ГП - горизонтальная плоскость, ВП - вертикальная плоскость

Таким образом, предложен и апробирован метод описания установившейся фильтрации жидкости к многоствольной скважине. Создан алгоритм решения и определены фильтрационные параметры четырёхствольной скважины №8249г. Выполнено моделирование различных траекторий ствола скважины. Отмечается, что наличие нескольких стволов увеличивает продуктивность скважины по сравнению с горизонтальной скважиной без ответвлений. Однако рост числа стволов, а также их близость друг к другу снижают продуктивные характеристики на единицу длины ствола. Искривление ствола достаточно слабо влияет на продуктивность скважины. В целом, бурение многоствольных скважин в однородном пласте приводит к снижению

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ
ЖИДКОСТИ К МНОГООТВЕТНЫМ СКВАЖИНАМ**

продуктивности на единицу длины ствола по сравнению с одноствольными. Многоствольные скважины могут быть эффективными при вскрытии различных горизонтов или при значительном удорожании строительства одноствольных скважин большой длины.

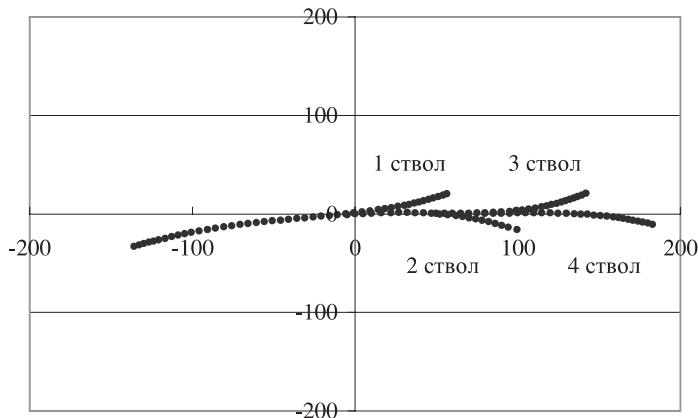


Рис. 1. Моделирование в горизонтальной плоскости траектории четырехствольной скважины №8249г набором узлов

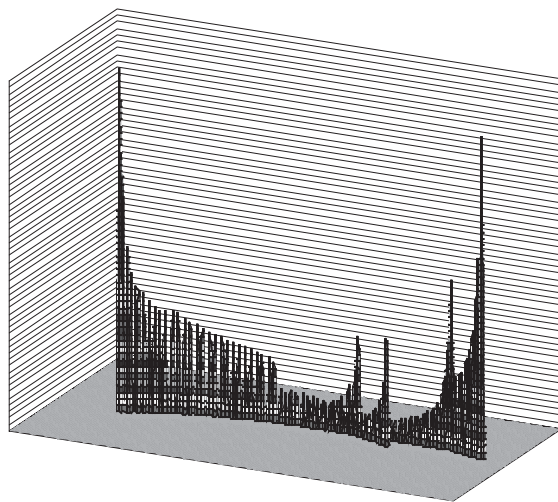
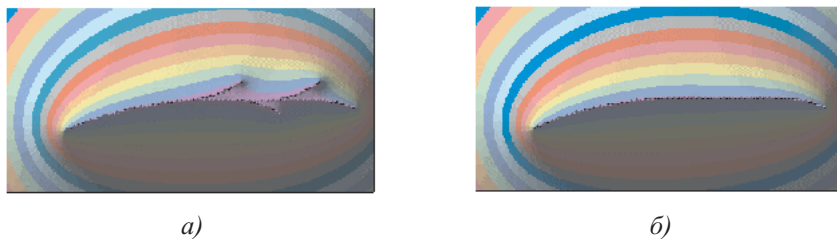


Рис. 2. Расчетный приток жидкости к узлам четырехствольной скважины №8249г

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ
ЖИДКОСТИ К МНОГООТВЕТНЫМ СКВАЖИНАМ**



*Рис. 3. Изобары: а) для четырехствольной скважины №8249г,
б) для горизонтальной скважины без ответвлений*