



УДК 622.2

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАБОЙНЫХ ДАВЛЕНИЙ

CURRENT STATE OF WORK OF PRODUCING WELLS DEPENDING ON BHP

Баландин Лев Николаевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Самарский государственный
технический университет
l.n.balandin@mail.ru

Грибенников Олег Алексеевич

кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры
разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Самарский государственный
технический университет
o.a.gribennikov@mail.ru

Свиридова Ирина Александровна

студент,
Самарский государственный
технический университет
irina112697@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с влиянием забойного давления на поведение добывающих скважин. Выявлены и проанализированы зависимости критического забойного давления от текущего пластового давления. Проведена оценка влияния забойного и забойного критического давления на производительность скважин и установлены изменения работы скважин, связанные с разностью между критическим забойным давлением и давлениями насыщения и текущими.

Ключевые слова: критическое давление, забойного давление, работа пласта, нефтяная скважина, эксплуатация скважин.

Balandin Lev Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor of chair Oil and Gas
Field Development and Operation,
Samara State Technical University
l.n.balandin@mail.ru

Gribennikov Oleg Alekseevich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer of chair Oil and Gas
Field Development and Operation,
Samara State Technical University
o.a.gribennikov@mail.ru

Sviridova Irina Aleksandrovna

Student,
Samara State Technical University
irina112697@yandex.ru

Annotation. In this paper, we consider issues related to the work of the formation depending on the current bottomhole pressure. The well stock of Orenburgneft was analyzed for the A4, B2, D1, D3, and T1 layers. The calculations were carried out on 278 wells. The results showed that most of the wells are working or in the critical zone, or could potentially produce more oil.

Keywords: critical pressure, downhole pressure, work of formation, oil well, well operation.

В практике разработки и эксплуатации нефтяных месторождений в пластах часто возникают неустановившиеся процессы, связанные с пуском или остановкой скважин, с изменением темпов отбора флюида из скважин.

Проблема повышения эффективности выработки запасов углеводородного сырья органически связана с разработкой новых средств и технологий подъема продукции скважин и с учетом ограничений в процессе эксплуатации скважин.

Основным технологическим параметром, от которого зависят условия работы добывающего оборудования и продуктивного пласта, является величина забойного давления в добывающих скважинах, а значит, и норма отбора их них.

В настоящее время добыча нефти происходит без использования щадящих режимов. Неконтролируемое снижение забойного давления ниже давления насыщения приводит к низкоэффективным способам извлечения нефти с возможным снижением добычи нефти из скважины. В данной работе рассматривается влияние забойного давления в добывающих скважинах на их производительность.

При снижении забойного давления ниже давления насыщения вокруг скважины образуется зона двухфазного течения «нефть-газ» вследствие выделения из нефти растворенного в ней газа. Процесс выделения газа происходит по закону растворимости. При $P_{зab} < P_{нас}$ из нефти выделяется



$G_0 (P_{заб})$ свободного газа. Наличие свободного газа в движущейся нефти выше определенного предела приводит к изменению фазовых относительных проницаемостей для нефти и газа и снижению доли нефти в продукции скважины. Чем в большей степени снижается забойное давление (по отношению к давлению насыщения), тем в большей степени снижается и дебит скважины по нефти. Индикаторная диаграмма скважины в этом случае приобретает вид, показанный на рисунке 1. Депрессию, при которой дебит скважины по нефти является максимальным $Q_{н. макс}$, назовем критической и обозначим $\Delta P_{кр}$:

$$\Delta P_{кр} = P_{пл} - P_{заб.кр}, \tag{1}$$

где $P_{заб.кр}$ – критическое забойное давление, при котором дебит скважины по нефти является максимально возможным (потенциальным дебитом).

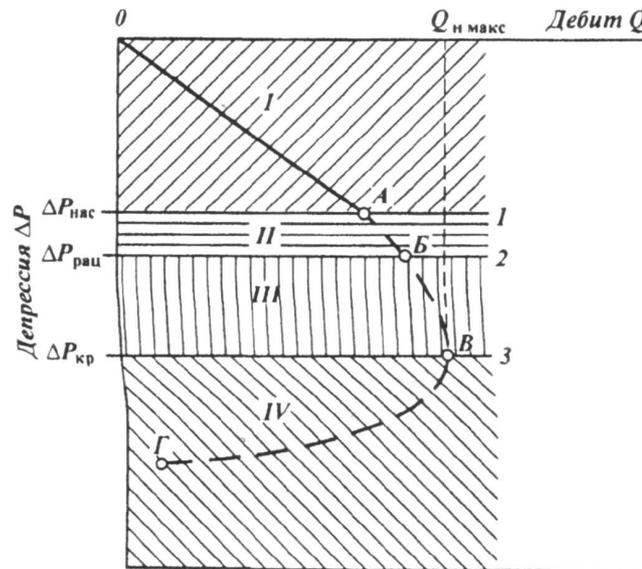


Рисунок.1 – Серповидная индикаторная диаграмма скважины:

- I – область благоприятной эксплуатации; II – область допустимой эксплуатации;
- III – область ограниченной во времени, но нежелательной эксплуатации (максимальной добычи нефти из пласта);
- IV- область недопустимой эксплуатации

Дальнейшее снижение забойного давления ниже $P_{заб.кр}$ приводит к интенсивному выделению газа из нефти, объем которого становится значительным, фазовая проницаемость для нефти резко снижается, что приводит к резкому ограничению поступления нефти в скважину (кривая БВ на рис.1).

Для вычисления критического забойного давления применяется следующая зависимость:

$$P_{заб.кр} = 3,5 + 68,33 \cdot 10^{-3} G'_0 \frac{P_{нас}}{P_{пл}} \text{ [МПа]}, \tag{2}$$

где G'_0 – газовый фактор продукции скважины, м³/т; $P_{пл}$ – пластовое давление, МПа.

Очевидно, что в зависимости от режима дренирования, газовый фактор G'_0 может не совпадать с газонасыщенностью нефти G_0 .

Возвращаясь к рисунку 1, можно выделить по депрессии четыре области: I – область, в которой расположена прямая ОА, нижняя граница которой соответствует депрессии $\Delta P_{нас}$, а забойные давления в добывающих скважинах $P_{заб} \geq P_{нас}$; II – область, в которой расположена кривая АБ, нижняя граница которой соответствует рациональной депрессии $P_{рац} = 0,75 P_{нас}$ (для месторождений Поволжья), а забойные давления в добывающих скважинах $P_{заб} < P_{нас}$. В пределах этой зоны эксплуатация скважин допустима в течение определенного периода времени без каких-либо серьезных осложнений; III – область, в которой расположена кривая БВ, нижняя граница которой соответствует критической депрессии $P_{кр}$, а забойные давления в добывающих скважинах $P_{заб} \geq P_{заб.кр}$. В пределах этой зоны допустается кратковременная эксплуатация скважин; при этом возможны серьезные осложнения. Область IV – область (кривая ВГ, $P_{заб} < P_{заб.кр}$) недопустимой эксплуатации скважин.

Согласно изложенной теории был проанализирован фонд скважин ПАО «Оренбургнефть» по пластам А4, Б2, Д1, Д3, Т1. Расчеты проводились по 278 скважинам. Для анализа были выделены четыре области для каждой отдельной скважины и по текущему забойному давлению определялось в какой из областей работает пласт. Результаты расчета представлены на рисунке 2.

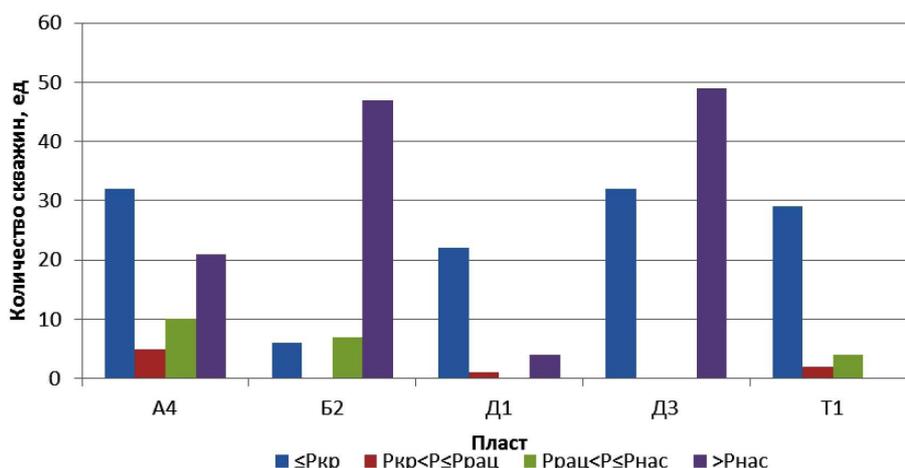


Рисунок. 2 – Распределение скважин по области работы пластов

Максимальная добыча нефти из скважин без значительных (возможно необратимых) последствий на пласт соответствует давлению на забое меньше рационального, но больше или равно критического давления. В результате анализа фонда скважин ПАО «Оренбургнефть» было выяснено, что из всех рассматриваемых пластов большинство скважин, работающих в диапазоне $P_{рац} - P_{заб.кр}$, принадлежит пласту А4.

Также, исходя из полученного распределения, можно сказать, что на всех рассмотренных пластах есть скважины, которые потенциально могут давать больше нефти. Однако, в зависимости от конкретного случая, необходимо предпринимать различные действия. Например, рассматривая пласт А4, на котором большая часть фонд скважин работает с забойными давлениями меньше критических значений нужно повышать давление, но не больше, чем рациональное.

На пласте Д3 весь фонд скважин работает с давлениями на забое либо больше давления насыщения, либо меньше критического. Во втором случае необходимо произвести также увеличение забойного давления, а в первом – возможно снижение давления ниже рационального, но больше или равно критического.

Совершенно очевидно, что рассмотрение распределения фонда скважин по пластам, дает только общее представление и важно рассматривать каждое отдельное месторождение. Так, например, на пласте Б2 есть месторождения, на которых эксплуатация скважин происходит при забойных давлениях больше давления насыщения. Однако при этом есть месторождения, на которых эксплуатируются скважины и в зонах $P_{рац} - P_{нас}$ и меньше $P_{кр}$, т.е. потенциально оставшиеся скважины могут эксплуатироваться при давлениях $P_{рац} - P_{кр}$ (см. табл. 1). Такая же картина видна и по остальным пластам. Если же уйти от рассмотрения каждого отдельного пласта или месторождения, то можно совершенно уверенно сказать, что существует большое количество скважин, которые необходимо оптимизировать с возможной максимизации добычи нефти из них (см. рис. 3).

Таблица 1 – Распределение скважин по области работы пластов

Пласт	Месторождение	≤ Pкр		Pкр < P ≤ Pрац		Pрац < P ≤ Pнас		> Pнас		Всего	
		Кол-во скв, ед	%	Кол-во скв, ед	%	Кол-во скв, ед	%	Кол-во скв, ед	%	Кол-во скв, ед	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А4	Покровское	3	30,0	2	20,0	2	20,0	3	30,0	10	100
	Пронькинское	16	72,7	0	0,0	2	9,1	4	18,2	22	100
	Бобровское	13	36,1	3	8,3	6	16,7	14	38,9	36	100
	Всего	32	47,1	5	7,4	10	14,7	21	30,9	68	100
Б2	Покровское	2	25,0	0	0,0	2	25,0	4	50,0	8	100
	Пронькинское	3	50,0	0	0,0	3	50,0	0	0,0	6	100
	Бобровское	1	16,7	0	0,0	0	0,0	5	83,3	6	100
	Курманаевское	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26	100,0	26	100
	Тананыкское	0	0,0	0	0,0	1	10,0	9	90,0	10	100
	Гаршинское	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1	100
	Самодуровское	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1	100
	Тарханское	0	0,0	0	0,0	1	50,0	1	50,0	2	100
Всего	6	10,0	0	0,0	7	11,7	47	78,3	60	100	



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Д1	Загорское	9	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	9	100
	Лебяжинское	11	91,7	0	0,0	0	0,0	1	8,3	12	100
	Тарханское	2	22,2	1	11,1	0	0,0	6	66,7	9	100
	Всего	22	73,3	1	3,3	0	0,0	7	23,3	30	100
Д3	Гаршинское	22	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22	100
	Загорское	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100
	Родниковское	9	69,2	0	0,0	0	0,0	4	30,8	13	100
	Всего	32	88,9	0	0,0	0	0,0	4	11,1	36	100
Т1	Покровское	1	50,0	0	0,0	0	0,0	1	50,0	2	100
	Токское	1	11,1	0	0,0	1	11,1	7	77,8	9	100
	Бобровское	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1	100
	Курманаевское	3	37,5	2	25,0	2	25,0	1	12,5	8	100
	Самодуровское	13	59,1	0	0,0	1	4,5	8	36,4	22	100
	Ибряевское	9	25,7	0	0,0	0	0,0	26	74,3	35	100
	Тарханское	2	28,6	0	0,0	0	0,0	5	71,4	7	100
	Всего	29	34,5	2	2,4	4	4,8	49	58,3	84	100
ИТОГО		121		8		21		128		278	

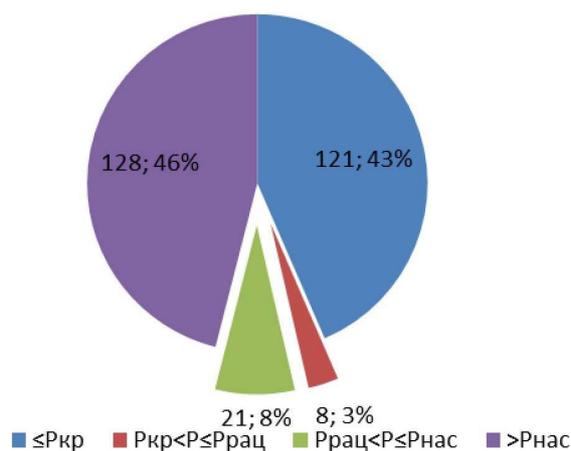


Рисунок 3 – Общее распределение фонда скважин по областям работы пласта

Стоит заметить, что, согласно рисунку 3, основная часть фонда скважин рассматриваемых месторождений относится к диапазонам работы пласта или $\leq P_{кр}$ или $> P_{нас}$, т.е. на фонд скважин, который потенциально может добывать больше нефти приходится 249 единиц или 89 %. Подавляющее меньшинство скважин (всего 8 или 3 %) работает в зоне максимальной добычи нефти.

Выводы

Забойное давление в добывающих скважинах является принципиальным регулятором эффективности их работы и одним из главных параметров разработки всего месторождения. Бесконтрольное и бездумное снижение забойного давления в добывающих скважинах существенно ниже давления насыщения может привести к трансформации высокоэффективного, например, упруговодонапорного режима дренирования в низкоэффективный режим растворенного газа.

Рассмотрение фонда скважин ПАО «Оренбургнефть» по 13 месторождениям показало, что по пластам А4, Б2, Д1, Д3, Т1 основная часть фонда скважин (89 %) относится к диапазонам работы пласта или $\leq P_{кр}$, или $> P_{нас}$, а диапазоне максимальной добычи нефти работает подавляюще меньше скважин (3 %). Рекомендуется рассмотреть возможность повышения забойных давлений в скважинах, которые относятся к зоне $\leq P_{кр}$ и понижения давления – для зоны $> P_{нас}$, с целью повышения добычи нефти из них и перевода работы пласта в зону давлений $P_{рац} - P_{кр}$. Решать возможны ли такие манипуляции и каким образом их производить необходимо для каждой скважины в индивидуальном порядке.

**Литература:**

1. Андриасов Р.С. Справочное руководство по разработке и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти / Р.С. Андриасов., И.Т. Мищенко, А.И. Петров; под общей редакцией Ш.К. Гиматудинова. – М. : Недра, 1984. – 326 с.
2. Аржанов М.Ф. Справочник нефтяника : учебное пособие / М.Ф. Аржанов, И.И. Кагарманов, А.П. Мельников. – Самара : ОАО «Самаранефтегаз», 2007. – 364 с.
3. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. – М. : Недра, 1990. – 427 с.
4. Кострубов С.В. Управление УЭЦН : учебное пособие / С.В. Кострубов, И.И. Кагарманов, А.С. Тотанов. – Самара : ОАО «Самаранефтегаз», 2009. – 253 с.
5. Мищенко И.Т. Выбор способа эксплуатации скважин нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами / И.Т. Мищенко, Т.Б. Бравичева, А.И. Ермолаева. – М. : Нефть и газ, 2005. – 440 с.
6. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти : учебное пособие для вузов / И.Т. Мищенко. – М. : М71 ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 816 с.

References:

1. Andriasov R.S. The reference guide on development and operation of oil fields. Oil production / R.S. Andriasov., I.T. Mishchenko, A.I. Petrov; under the general edition of Sh.K. Gimatudinov. – M. : Nedra, 1984. – 326 p.
2. Arzhanov M.F. Reference book by the oil industry worker: manual / M.F. Arzhanov, I.I. Kagarmanov, A.P. Melnikov. – Samara : JSC Samaraneftgaz, 2007. – 364 p.
3. Quickly V.S. Development and operation of oil fields. – M. : Subsoil, 1990. – 427 pages.
4. Kostrubov S.V. Management of UETsN : manual / S.V. Kostrubov, I.I. Kagarmanov, A.S. Totanov. – Samara : JSC Samaraneftgaz, 2009. – 253 p.
5. Mishchenko I.T. The choice of a way of operation of wells of oil fields with hardly removable stocks / I.T. Mishchenko, T.B. Bravicheva, A.I. Yermolaeva. – M. : Oil and gas, 2005. – 440 p.
6. Mishchenko I.T. Borehole oil production: manual for higher education institutions / I.T. Mishchenko. – M. : M71 of Federal State Unitary Enterprise Publishing House Neft i gaz Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2003. – 816 p.