DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-1-9-16
УДК 622.276

И.Р. Гасанов (НИПИ «Нефтегаз» SOCAR, г. Баку, Азербайджанская Республика)

РАСШИФРОВКА ИНДИКАТОРНЫХ КРИВЫХ СКВАЖИН, ДОБЫВАЮЩИХ АНОМАЛЬНЫЕ НЕФТИ

I.R. Hasanov (Oil Gas Scientific Research Project Institute SOCAR,
Baku, Republic of Azerbaijan)

DECODING INDICATOR CURVES OF PRODUCING ABNORMAL OIL WELLS

Введение

Исследование скважин методом установившихся отборов является одним из основных источников получения информации о добычных возможностях и фильтрационных свойствах продуктивных пластов. Результаты указанных исследований позволяют установить функциональную зависимость между дебитом и депрессией по так называемой индикаторной линии. На практике формы индикаторных линий отличаются большим разнообразием и бывают прямыми в координатах «дебит - депрессия», выпуклыми и вогнутыми, S-образными и т.д., причем внешне схожие индикаторные линии получаются в скважинах, дренирующих пористые, пористо-трещиноватые и трещиноватые коллекторы, при фильтрации в них как однофазной нефти, так и двухфазных смесей.

Цели и задачи

Целью работы является изучение влияния структурно-механических свойств нефтей и неньютоновского характера фильтрации в пористой среде на форму и характер изменения индикаторных линий.

Результаты

Установлено, что с ухудшением коллекторских свойств индикаторная кривая искривляется, и значение начального градиента увеличивается. Наличие начального градиента приводит к изменению форм индикаторных кривых.

Background

The study of wells by the method of steady selection is one of the main sources of information on production capabilities and filtration properties of reservoirs. The results of these studies allow to establish a functional relationship between production and depression by the so-called indicator line. In practice, the forms of the indicator lines are very diverse and are direct in the coordinates of the «debit - depressions», convex and concave, S-shaped, etc., and externally similar indicator lines are obtained in wells draining the porous, porous-fractured and fractured reservoirs, with the filtration in them of both single-phase oil and two-phase mixtures.

Aims and Objectives

The objective of this work is the study of the effect of structural and mechanical properties of oils and the non-Newtonian nature of filtration in a porous medium on the shape and nature of the change in indicator lines.

Results

It has been established that with a deterioration in the collection properties, the indicator curve curves and the value of the initial gradient increases. The presence of an initial gradient leads to a change in the shape of the indicator curves.

Ключевые слова: расшифровка, индикаторные кривые, аномальные нефти, начальный градиент

Key words: decoding, indicator curves, abnormal oil, initial gradient

Исследование скважин методом установившихся отборов является одним из основных источников получения информации о добычных возможностях и фильтрационных свойствах продуктивных пластов. Результаты указанных исследований позволяют установить функциональную зависимость между дебитом и депрессией по так называемой индикаторной линии.

Встречаемые на практике формы индикаторных линий отличаются большим разнообразием и бывают прямыми в координатах «дебит - депрессия», выпуклыми и вогнутыми, S-образными и т.д. Причем внешне схожие индикаторные линии получаются в скважинах, дренирующих пористые, пористо-трещиноватые и трещиноватые коллекторы, при фильтрации в них как однофазной нефти, так и двухфазных смесей. Причины искривления индикаторных линий разными авторами объясняются влиянием различных факторов, и исходя из этого, предлагаются также различные методики их интерпретации [1-8]. В качестве основной причины искривления индикаторных линий нефтяных скважин принимается нарушение линейного закона фильтрации [1, 4].

В работах [2, 5] считают, что искривление в основном происходит из-за изменения физических свойств флюида и коллектора в зависимости от давления.

Следует отметить, что в условиях конкретных залежей влияние тех или иных отдельных факторов или их групп на форму и характер изменения индикаторных линий, возможно, и может быть преобладающим. Естественно, что в таком случае достоверность расшифровки в значительной степени будет зависеть от обоснованности предположений о влияющих факторах.

Данная работа посвящена изучению влияния структурно-механических свойств нефтей и неньютоновского характера фильтрации в пористой среде на форму и характер изменения индикаторных линий. В отличие от обычных нефтяных пластов в залежах с аномальными нефтями для начала фильтрации требуется некоторый минимальный перепад давления сдвига (ΔP_0), зависящий в основном от напряжения сдвига, т.е. от свойств жидкости и коллектора.

В работах [1, 3, 4] считается, что достаточно надежно и просто определить величины начального градиента давления по прямолинейным индикаторным кривым.

Однако анализ обработки результатов многочисленных исследований и найденные значения ΔP_0 показывают, что это справедливо лишь тогда, когда исследование начато с минимального диаметра штуцера. При этом начальный участок индикаторной кривой обычно бывает искривленным (рисунок 1). Так, на рисунке 1, а показан графический вид результатов обработки четырех исследований скв. 120, эксплуатирующей III горизонт месторождения Котур-Тепе (кривые 1-4) в координатах q_n от ΔP . Как видно из кривой 3, исследования выполнены на четырех режимах. Если бы они проводились на трех режимах (2-4), то индикаторная линия имела бы прямолинейный вид, причем с начальным градиентом давления (2,1 атм). Однако исследования при первом режиме показывают, что ее начальный участок является искривленным. Поэтому по результатам трех указанных точек значение ΔP_0 нельзя определять. В скв. 158 этого же месторождения 04.07.1966 г. проведено исследование на трех режимах с использованием штуцеров 7-9-10 мм.

Рисунок 1. Результаты исследований скважины 120: в координатах q_n от ΔP (а) и $q_n/\Delta P$ от ΔP (б)

Графические результаты исследования в координатах q_n от ΔP представляют собой прямую, пересекающую ось ΔP на отметке 2,1 атм, т.е. $\Delta P_0 = 2,1$ атм.

Однако обработка в координатах q_n от ΔP показывает, что начальный градиент отсутствует, причем коэффициент продуктивности, как и в скв. 120, увеличивается. Значит, на самом деле индикаторная линия должна проходить через начало координат, и начальный участок ее будет искривленным. Анализ результатов многочисленных исследований показывает, что для более правильной расшифровки формы и характера изменения индикаторной кривой и определения требуемых параметров исследования следует начинать с режима, обеспечивающего дебит нефти в 8-10 раз меньше, чем на последнем режиме.

Индикаторная линия, построенная по результатам исследования скв. 135, является прямолинейной и пересекает линию ΔP на отметке 1,5 атм. Справедливость этого подтверждается результатами обработки в координатах $q_n/\Delta P$ от ΔP .

На рисунке 1, а индикаторная линия скв. 120 по результатам четвертого исследования (кривая 4) является прямой, проходящей через начало координат. В отличие от вышеуказанных прямолинейных индикаторных кривых здесь коэффициент продуктивности остается постоянной величиной.

Таким образом, при исследовании скважин, добывающих нефть со структурно-механическими свойствами, имеем две прямолинейные индикаторные кривые с различными характеристиками. Вогнутая форма индикаторной кривой является одной из традиционных и характеризует однофазное состояние фильтрации.

Особым отличием индикаторных кривых для нефтей со структурно-механическими свойствами является их сильная искривленность: в скв. 120 из четырех индикаторных кривых три (рисунок 1, а, кривые 1-3), в скв. 124 (рисунок 2, а) из четырех - две (рисунок 2, а, кривые 1-3).

Как видно из рисунка 1, а, вогнутые кривые по характеру изменения от сильно искривленных постепенно переходят в прямые линии. Особый интерес представляет противоположность изменения по характеру индикаторных кривых в скв. 124 (рисунок 2, а) по сравнению с рисунком 1, а.

Скважина 124

а)

б)

Рисунок 2. Результаты исследований скважины 124: в координатах q_n от ΔP (а) и $q_n/\Delta P$ от ΔP (б)

При этом очередность проведения исследования по датам соответствует нумерации.

Отметим, что обе скважины эксплуатируют III горизонт месторождения Котур-тепе на западном крыле. Если сопоставить депрессии и соответствующие им дебиты нефти, то видно, что в скв. 120 коллекторские свойства эксплуатационного объекта лучше, чем в скв. 124. Свойства нефти одинаковы.

На рисунке 1, а представлено второе исследование, которое проведено через год после первого, и, как видно, произошло значительное улучшение фильтрационных свойств, и тенденция к улучшению сохраняется. Это произошло в результате изменения реальных свойств нефти.

В скв. 124 второе исследование проведено через год и пять месяцев после первого. Как видно (рисунок 2, а, кривые 1 и 2), при этом характеристики индикаторных линий практически не изменились, а пластовое давление снизилось на 10,5 атм. Значит, и здесь, как и в скв. 120, происходит изменение реальных свойств нефти только с одновременным увеличением работающей мощности. Эти два изменения компенсируют друг друга, в результате чего характеристики индикаторных кривых остаются без изменения.

Во время третьего исследования произошло резкое увеличение работающей мощности и вместе с этим ухудшение фильтрационных свойств, что привело к резкому искривлению формы индикаторной кривой. Она по характеру изменения полностью совпадает с кривой 1 на рисунке 1, б. Это показывает, что в скв. 120 подключение дополнительной мощности произошло во время проведения первого исследования.

Таким образом, выясняется, что изменение реальных свойств нефти со снижением пластового давления до давления насыщения приводит к улучшению фильтрационных свойств, а увеличение работающей мощности – к ухудшению.

В случае кривых 1 и 2 на рисунке 1, б увеличение работающей мощности, по всей вероятности, происходит в зонально-неоднородном (неоднородном по мощности) пласте, а сильно искривленные индикаторные кривые (кривая 1 на рисунке 1, а и кривая 3 на рисунке 1, б) являются результатом подключения дополнительной мощности (про-

пластка) в слоистом пласте. Как известно, выпуклая форма индикаторной кривой характеризует двухфазное состояние фильтрации. Однако она встречается и при однофазном состоянии фильтрации в процессе исследования скважин, добывающих нефти со структурно-механическими свойствами.

Характерные отличия имеют также S-образные формы индикаторных кривых. В традиционных случаях ее первая часть имеет вогнутый вид, а вторая часть - выпуклый.

Анализ и расшифровка различных форм индикаторных кривых показывают, что у них выпуклая форма в условиях однофазной фильтрации связана с наличием начального градиента давления, изменением неньютоновской характеристики нефти в процессе фильтрации, увеличением работающей мощности, подключением дополнительных пропластков и, возможно, другими факторами. Таким образом, установлено, что в процессе исследования скважин, добывающих неньютоновские нефти, встречаются все традиционные формы индикаторных кривых, которые необходимо правильно расшифровывать.

Проведенные исследования показывают, что наличие начального градиента приводит к изменению форм индикаторных кривых следующим образом.

1. Установлено, что выпуклая форма индикаторной кривой встречается как при однофазной, так и при двухфазной фильтрации.

2. С увеличением депрессии (если отсутствуют инерционные силы) неньютоновская жидкость переходит как бы на ньютоновскую.

3. С ухудшением коллекторских свойств, т.е. подключением пропластков с ухудшенными коллекторскими свойствами, индикаторная кривая искривляется, и значение начального градиента увеличивается.

Попытаемся объяснить причины этих явлений.

В работе [7] показано, что уравнение притока к одиночной скважине без начального градиента имеет вид:

$$q + \Phi_c q^2 = A_o \left[1 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{1+i} \Delta P_c^i \right] \Delta P_c \quad (1)$$

или

$$\frac{q}{\Delta P} + \Phi_c \left(\frac{q}{\Delta P} \right)^2 \Delta P = A_o \left[1 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{1+i} \right], \quad (2)$$

где $A_o = \eta_{пл}$ - начальное значение коэффициента продуктивности;

C_i - коэффициенты, характеризующие все возможные изменения физических свойств флюида и коллектора;

Φ_c - коэффициент, характеризующий нарушение линейного закона фильтрации.

Для получения A_o строят зависимость

$\frac{q}{\Delta P}$ от ΔP , точка пересечения линии с осью

ординат и является A_o , то есть начальное значение коэффициента продуктивности.

А при наличии начального градиента эта формула имеет вид [8]:

$$q + q^2 \Phi_c = A_o (\Delta P - \Delta P_o) + A_1 (\Delta P^2 - \Delta P_o^2) + L + A_n (\Delta P^{n+1} - \Delta P_o^{n+1}). \quad (3)$$

В частном случае при $\Phi_c = 0$ имеем

$$q = A_o (\Delta P - \Delta P_o) + A_1 (\Delta P^2 - \Delta P_o^2) + L + A_n (\Delta P^{n+1} - \Delta P_o^{n+1}), \quad (4)$$

$$\frac{q}{\Delta P} = A_o \left(1 - \frac{\Delta P_o}{\Delta P} \right) \Delta P + A_1 \left(1 - \left(\frac{\Delta P_o}{\Delta P} \right)^2 \right) \Delta P + L + A_n \left(1 - \left(\frac{\Delta P_o}{\Delta P} \right)^{n+1} \right) \Delta P^{n+1}, \quad (5)$$

где ΔP_o - значение начального градиента.

При $\Delta P > \Delta P_o$ $q > 0$, и при $\Delta P = \Delta P_o$ получаем $q = 0$.

Если построить зависимость $\frac{q}{\Delta P}$ от ΔP , то этот график пересечет ось ΔP в точке, равной ΔP_o [8, 9].

Таким образом, если график $\left(\frac{q}{\Delta P}\right)$ от ΔP пересекает ось OY , то это ньютоновская жидкость, если ось OX , то неньютоновская.

С другой стороны, из формулы (5) получается, что, если $\Delta P \gg \Delta P_o$, то $\frac{\Delta P_o}{\Delta P} \ll 1$

$$\text{и } 0 < \left(\frac{\Delta P_o}{\Delta P}\right)^n < \left(\frac{\Delta P_o}{\Delta P}\right)^{n-1} < L < \frac{\Delta P_o}{\Delta P} \ll 1.$$

При больших значениях ΔP $\left(\frac{\Delta P_o}{\Delta P}\right)^i \rightarrow 0$, $i = \overline{1, n}$ и форма индикаторной линии с начальным значением градиента в асимптоте как бы почти совпадает с индикаторной линией без начального градиента. При этом индикаторные линии могут иметь следующие формы (рисунок 3).

1 - ньютоновская жидкость, 2 - неньютоновская жидкость

Рисунок 3. Индикаторные кривые в скважинах 120, 124, 139, 159 месторождения Котур-Тепе

На рисунке 3 в случае I фильтрация происходит при однофазном режиме фильтрации. Как видно, несмотря на то, что фильтрация однофазная, вначале индикаторная линия выпуклая к оси депрессии. Такие индикаторные линии получились в скважинах 120, 124, 139, 159 месторождения Котур-Тепе. В случае II происходит переход от однофазной фильтрации к двухфазной. В этом случае индикаторная линия дважды (один раз в начале и один раз ближе к концу) выпуклая и один раз вогнутая ближе к давлению насыщения. Часто такие кривые по незнанию принимают за дефектные.

А теперь покажем, по какой причине подключение пропластков с ухудшенными

коллекторскими свойствами приводит к увеличению начального градиента.

Предположим, залежь состоит из k пропластков. Тогда уравнение притока для одиночной скважины для каждого пропластка можно написать в виде:

$$\begin{aligned} q_1 &= A_{01}\Delta P + A_{11}\Delta P^2 + A_{21}\Delta P^3 + \dots + A_{n1}\Delta P^{n+1} - \\ &\quad - (A_{01}\Delta P_{01} + A_{11}\Delta P_{01}^2 + A_{21}\Delta P_{01}^3 + \dots + A_{n1}\Delta P_{01}^{n+1}); \\ q_2 &= A_{02}\Delta P + A_{12}\Delta P^2 + A_{22}\Delta P^3 + \dots + A_{n2}\Delta P^{n+1} - \\ &\quad - (A_{02}\Delta P_{02} + A_{12}\Delta P_{02}^2 + A_{22}\Delta P_{02}^3 + \dots + A_{n2}\Delta P_{02}^{n+1}); \\ &\dots\dots\dots \\ q_k &= A_{ok}\Delta P + A_{1k}\Delta P^2 + A_{2k}\Delta P^3 + \dots + A_{nk}\Delta P^{n+1} - \\ &\quad - (A_{ok}\Delta P_{ok} + A_{1k}\Delta P_{ok}^2 + A_{2k}\Delta P_{ok}^3 + \dots + A_{nk}\Delta P_{ok}^{n+1}). \end{aligned} \quad (6)$$

Тогда для дебита скважины, раскрывающей все пропластки, можно написать:

$$Q = \sum_{i=1}^k q_i; \Delta P = \text{const}$$

$$Q = \Delta P \sum_{i=1}^k A_{0i} + \Delta P^2 \sum_{i=1}^k A_{1i} + \Delta P^3 \sum_{i=1}^k A_{2i} + \dots + \Delta P^{n+1} \sum_{i=1}^k A_{ni} -$$

$$- \left(\sum_{i=1}^k A_{0i} \Delta P_{oi} + \sum_{i=1}^k A_{1i} \Delta P_{oi}^2 + \dots + \sum_{i=1}^k A_{ni} \Delta P_{oi}^{n+1} \right). \quad (7)$$

С другой стороны,

$$Q = A'_0 \Delta P + A'_1 \Delta P^2 + \dots + A'_n \Delta P^{n+1} -$$

$$- (A'_0 \Delta P_0 + A'_1 \Delta P_0^2 + A'_2 \Delta P_0^3 + \dots + A'_n \Delta P_0^{n+1}). \quad (8)$$

Сравнивая формулы (7) и (8), получаем

$$A'_0 = \sum_{i=1}^k A_{0i}; \quad A'_1 = \sum_{i=1}^k A_{1i};$$

$$A'_2 = \sum_{i=1}^k A_{2i}, \dots, A'_n = \sum_{i=1}^k A_{ni};$$

$$\Delta P_0 = \frac{\sum_{i=1}^k A_{0i} \Delta P_{oi}}{\sum_{i=1}^k A_{0i}}. \quad (9)$$

Список литературы

1. Мирзаджанзаде А.Х., Ковалев А.Г., Зайцев Ю.В. Особенности эксплуатации месторождений аномальных нефтей. М.: Недра, 1972. 201 с.
2. Горбунов А.Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений. М.: Недра, 1981. 240 с.
3. Басниев К.С., Власов А.М. и др. Подземная гидравлика. М.: Недра, 1986. 303 с.
4. Абасов М.Т., Атабаев Ч.Т. и др. Методика определения нелинейного эффекта по кривым изменения коэффициента продуктивности скважин от депрессии // Известия АН Азерб. ССР. 1977. № 1. С. 7.
5. Временное руководство по гидрогазодинамическим методам изучения фильтрационных свойств залежи нефти и газа, характеризующихся высокими пластовыми давлениями / М.Т. Абасов, Э.Х. Азимов, А.М. Кулиев, Г.С. Мамиев и др. Баку: Элм, 1978. 128 с.
6. Азимов Э.Х., Аллахвердиев В.Н., Билаллы Л.М., Гасанов И.Р. Методика интерпретации

Предположим

$$\Delta P_{01} = \min \{ \Delta P_{oi}, i = \overline{1, \kappa} \} \text{ и } \Delta P_{ок} = \max \{ \Delta P_{oi}, i = \overline{1, \kappa} \}.$$

Тогда

$$\frac{\sum_{i=1}^k A_{oi} \Delta P_{01}}{\sum_{i=1}^k A_{oi}} \leq \frac{\sum_{i=1}^k A_{oi} \Delta P_{oi}}{\sum_{i=1}^k A_{oi}} \leq \frac{\sum_{i=1}^k A_{oi} \Delta P_{ок}}{\sum_{i=1}^k A_{oi}},$$

$$\frac{\Delta P_{01} \sum_{i=1}^k A_{oi}}{\sum_{i=1}^k A_{oi}} \leq \Delta P_o \leq \frac{\Delta P_{ок} \cdot \sum_{i=1}^k A_{oi}}{\sum_{i=1}^k A_{oi}}.$$

$$\Delta P_{01} \leq \Delta P_o \leq \Delta P_{ок}.$$

Как видно, с подключением новых пропластков с ухудшенными коллекторскими свойствами значение начального градиента увеличивается.

Вывод

Установлено, что с ухудшением коллекторских свойств индикаторная кривая искривляется, и значение начального градиента увеличивается. Наличие начального градиента приводит к изменению форм индикаторных кривых.

References

1. Mirzadzhanzade A.Kh., Kovalev A.G., Zaitsev Yu.V. *Osobennosti ekspluatatsii mestorozhdenii anomal'nykh neftei* [Features of Abnormal Oil Fields Exploitation]. Moscow, Nedra Publ., 1972. 201 p. (in Russ.).
2. Gorbunov A.T. *Razrabotka anomal'nykh neftyanykh mestorozhdenii* [Abnormal Oil Fields Development]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 240 p. (in Russ.).
3. Basniev K.S., Vlasov A.M. e.a. *Podzemnaya gidravlika* [Underground Hydraulics]. Moscow, Nedra Publ., 1986. 303 p. (in Russ.).
4. Abasov M.T., Atabaev Ch.T. e.a. *Metodika opredeleniya nelineinogo effekta po krivym izmeneniya koeffitsienta produktivnosti skvazhin ot depressii* [A Technique for Determining the Nonlinear Effect from the Curves of the Change in the Well Productivity Factor from Depression]. *Izvestiya AN Azerb. SSR - Proceedings of AS of Azerb. SSR*, 1977, No. 1, pp. 7. (in Russ.).
5. Abasov M.T., Azimov E.Kh., Kuliev A.M., Mamiyev G.S. e.a. *Vremennoe rukovodstvo po*

индикаторных линий газовых и газоконденсатных скважин // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 1987. № 5. С. 24-28.

7. Гасанов И.Р., Таирова С.А., Гасанов Р.И. Изучение особенностей проявления неньютоновских свойств углеводородов в процессе разработки и исследования методом установившихся отборов // Молодой ученый. Казань, 2016. № 22 (126). С. 24-28.

8. Гасанов И.Р., Таирова С.А., Гасанов Р.И. Методика интерпретации индикаторных линий скважин, добывающих углеводороды с аномальными свойствами // Каротажник. Тверь, 2017. № 1. С. 62-68.

9. Атабаев Ч., Аллахвердиев Р. О структурно-механических свойствах нефтей месторождения Котур-Тепе // Изв. вуз. «Нефть и газ». 1969. № 11.

gidrogazodinamicheskim metodam izucheniya fil'tracionnykh svoystv zalezhi nefti i gaza, kharakterizuyushchikhsya vysokimi plastovymi davleniyami [Temporary Guidance on Hydro-Gas-Dynamic Methods for Studying the Filtration Properties of Oil and Gas Deposits Characterized by High Reservoir Pressures]. Baku, Elm, 1978. 128 p. (in Russ.).

6. Azimov E.Kh., Allakhverdiev V.N., Bilally L.M., Gasanov I.R. Metodika interpretatsii indikatornykh linii gazovykh i gazokondensatnykh skvazhin [Technique of Interpretation of Indicator Lines of Gas and Gas Condensate Wells]. *Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozyaistvo - Azerbaijan Oil Industry*, 1987, No. 5, pp. 24-28. (in Russ.).

7. Gasanov I.R., Tairova S.A., Gasanov R.I. Izuchenie osobennostei proyavleniya nen'yutonovskikh svoystv uglevodorodov v protsesse razrabotki i issledovaniya metodom ustanovivshikhsya otborov [Study of the Manifestation Peculiarities of Hydrocarbons non-Newtonian Properties in the Process of Development and Investigation by the Steady Selection Method]. *Molodoi uchenyi - Young Scientist*, Kazan', 2016, No. 22 (126), pp. 24-28. (in Russ.).

8. Gasanov I.R., Tairova S.A., Gasanov R.I. Metodika interpretatsii indikatornykh linii skvazhin, dobyvayushchikh uglevodorody s anomal'nymi svoystvami [Interpretation Technique of Indicator Lines of Wells Producing Hydrocarbons with Abnormal Properties]. *Karotazhnik - Karotazhnik*, Tver', 2017, No. 1, pp. 62-68. (in Russ.).

9. Atabaev Ch., Allakhverdiev R. O strukturno-mekhanicheskikh svoistvakh neftei mestorozhdeniya Kotur-Tepe [On the Structural and Mechanical Properties of Kotur-Tepe Oil]. *Izv. vuz. «Neft' i gaz» - Proceedings of Universities «Oil and Gas»*, 1969, No. 11. (in Russ.).

Автор

• Гасанов Ильяс Раваноглы, канд. техн. наук
НИПИ «Нефтегаз» SOCAR
Инженер
AZ 1012 Азербайджан, ул. Зардаби, 88а
e-mail: Rauf.Hasanov1984@gmail.com

The Author

• Hasanov Ilyas R., Candidate of Technical Sciences
Oil and Gas Research and Design Institute, SOCAR
Engineer
88a Hasan bey Zardabi Avenue, Baku, AZ1012
e-mail: Rauf.Hasanov1984@gmail.com