

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2771453

СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ЖИДКОСТИ ОБРАЗЦОВ КЕРНА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Пеньков Григорий Михайлович (RU), Коршунов Владимир Алексеевич (RU), Петраков Дмитрий Геннадьевич (RU)*

Заявка № 2021121409

Приоритет изобретения **20 июля 2021 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **04 мая 2022 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **20 июля 2041 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 15/00 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021121409, 20.07.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.07.2021

Дата регистрации:
04.05.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.07.2021

(45) Опубликовано: 04.05.2022 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГНБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Пеньков Григорий Михайлович (RU),
Коршунов Владимир Алексеевич (RU),
Петраков Дмитрий Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный
университет» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

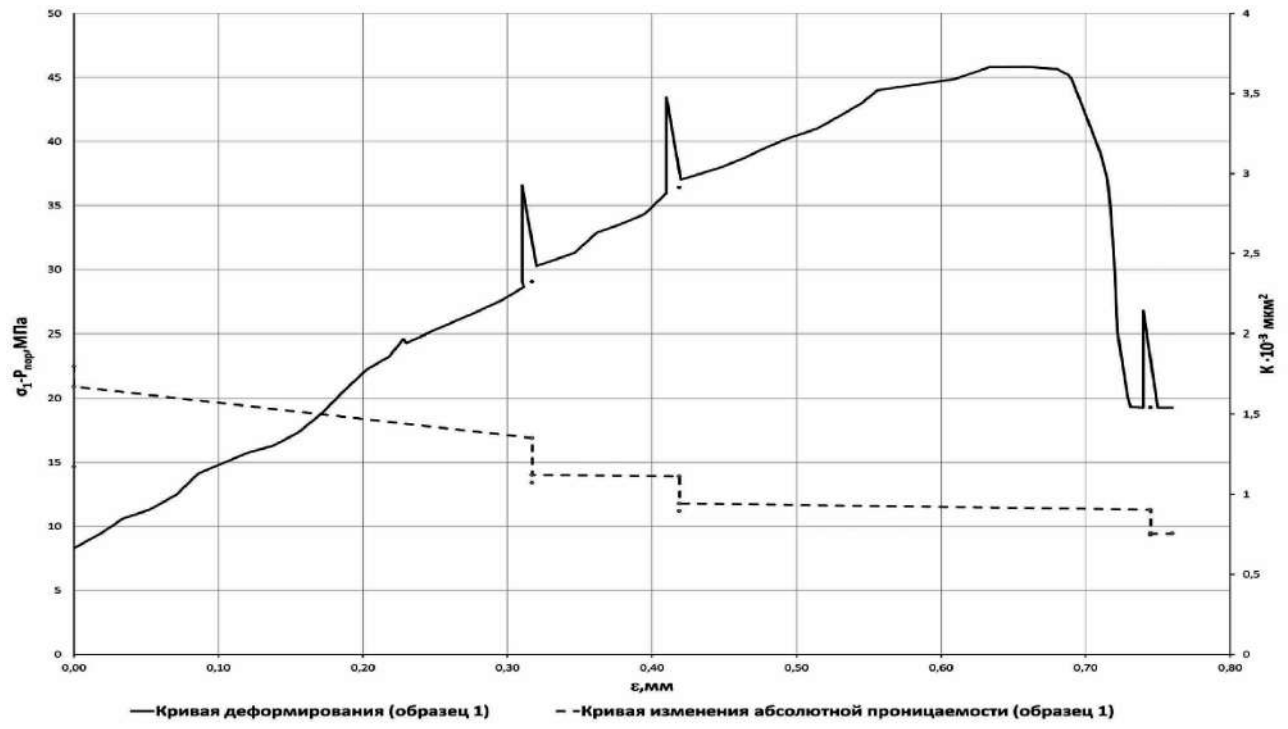
о поиске: RU 2625536 C1, 14.07.2017. US
2006131074 A1, 22.06.2006. US 4649737 A,
17.03.1987. US 10385687 B2, 20.08.2019.

(54) СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ЖИДКОСТИ ОБРАЗЦОВ КЕРНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтегазодобывающей отрасли и может быть использовано при проектировании разработки нефтяных месторождений. Способ исследования проницаемости по жидкости образцов керна включает оказание на образцы керна, одетые в термоусадочную оболочку, совместного воздействия фильтрации жидкости и эффективных напряжений, проведение исследования проницаемости образцов при осевом сжатии на стадиях деформирования до и за пределом прочности при постоянных значениях бокового давления, при этом на стадиях упругого, неупругого и запредельного деформирования

ступенчато уменьшают и увеличивают поровое давление в диапазоне, который соответствует условиям разработки пласта, и фильтрацию жидкости продолжают на каждой ступени до стабилизации проницаемости, при этом определяют абсолютную проницаемость при начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, которые соответствуют длительной, кратковременной и остаточной прочности. Техническим результатом является повышение точности определения абсолютной проницаемости породы-коллектора с трещинами в образце керна. 6 ил., 6 табл.



Фиг. 1

R U 2 7 7 1 4 5 3 C 1

R U 2 7 7 1 4 5 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 15/00 (2022.02)

(21)(22) Application: **2021121409, 20.07.2021**

(24) Effective date for property rights:
20.07.2021

Registration date:
04.05.2022

Priority:

(22) Date of filing: **20.07.2021**

(45) Date of publication: **04.05.2022** Bull. № 13

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2,
FGNBOU VO "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", Patentno-litsenziornyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Penkov Grigorii Mikhailovich (RU),
Korshunov Vladimir Alekseevich (RU),
Petrakov Dmitrii Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR STUDYING THE LIQUID PERMEABILITY OF CORE SAMPLES**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to the oil and gas industry and can be used in the design of the development of oil fields. The method for studying the liquid permeability of core samples includes the combined effect of liquid filtration and effective stresses on core samples covered with a heat shrink sleeve, conducting a study of the permeability of samples under axial compression at the stages of deformation before and beyond the tensile strength at constant values of lateral pressure, while at the stages of elastic, inelastic and excessive deformation, the pore pressure is stepwise

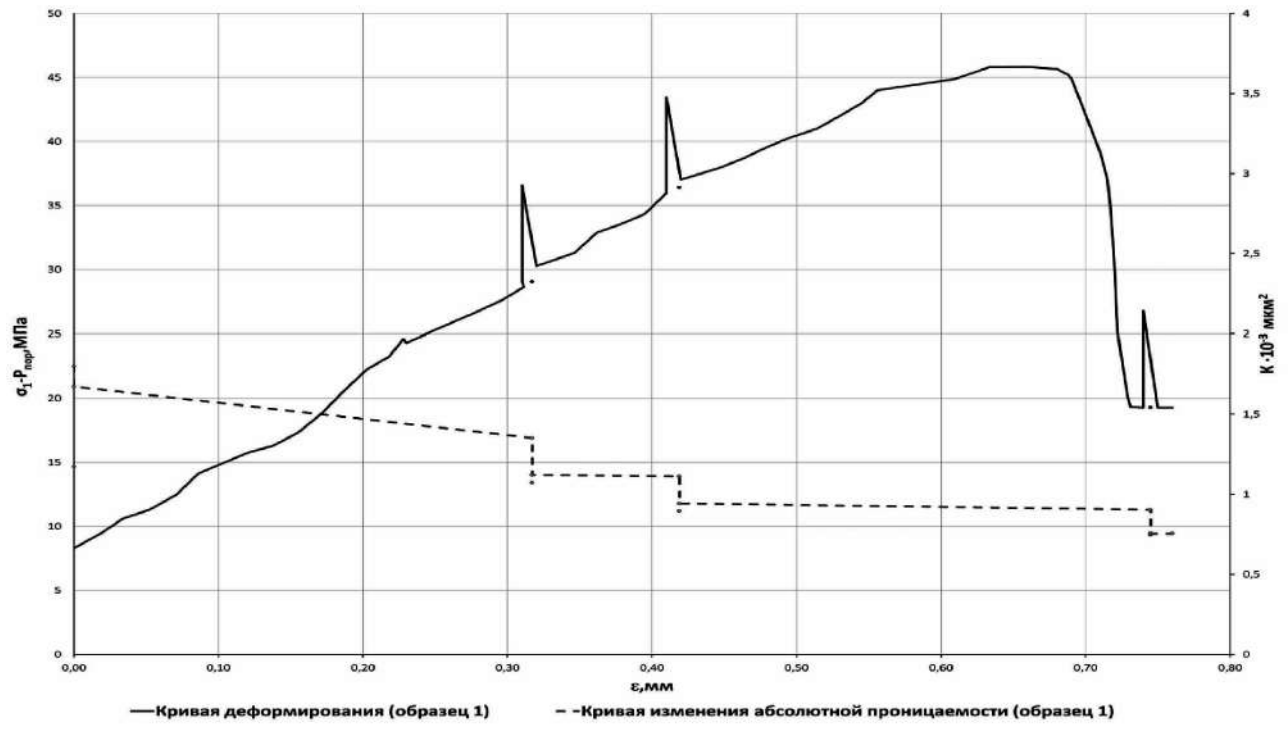
decreased and increased in the range that corresponds to the conditions of reservoir development, and the filtration of the liquid is continued at each stage until the permeability is stabilized, while the absolute permeability is determined under initial reservoir conditions, in extreme stress states that correspond to long-term, short-term and residual strength.

EFFECT: increase in the accuracy of determining the absolute permeability of the reservoir rock with cracks in the core sample.

1 cl, 6 dwg, 6 tbl

RU 2 771 453 C1

RU 2 771 453 C1



Фиг. 1

R U 2 7 7 1 4 5 3 C 1

R U 2 7 7 1 4 5 3 C 1

Изобретение относится к нефтегазодобывающей отрасли и может быть использовано при проектировании разработки нефтяных месторождений.

Известен способ исследования пористости и проницаемости образцов керн (патент РФ № 2625536, опубл. 14.07.2017), включающий фильтрацию через образцы керн флюида при одновременном воздействии на них эффективных напряжений различной величины до стабилизации проницаемости образцов керн минимум на трех режимах воздействия.

Недостатком способа является то, что не учитывается изменение проницаемости при деформировании образцов вследствие возникновения и развития в них трещин.

Известен способ исследования проницаемости образцов керн с трещинами (патент РФ № 2620872, опубл. 30.05.2017), включающий совместное воздействие фильтрации воды и эффективных напряжений на образцы керн с единичной трещиной, проведение исследования образцов керн при циклическом увеличении и уменьшении эффективных напряжений и определение величины изменения проницаемости трещин за счет упругих деформаций образца керн.

Недостатком способа является его низкая точность, обусловленная тем, что не определяется ориентированность искусственных трещин.

Известен способ исследования влияния напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные характеристики (Ковхута А. М. и др. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные характеристики и дебиты скважин (на примере залежей Речицко-Вишанской зоны поднятий Припятского прогиба) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2015. - № 3. - С. 56-62.), включающий исследование влияния изменения давления обжима на проницаемость образцов горной породы.

Недостатком способа является его низкая точность, обусловленная тем, что изменение проницаемости получают за счет изменения давления обжима, а не порового давления.

Известен способ исследования проницаемости по жидкости горных пород при их деформировании (Земисев В.Н., Карташов Ю.М., Ильинов М.Д., Карманский А.Т., Козлов В.А. Исследование проницаемости горных пород при их деформации. Горная геомеханика и маркшейдерское дело: Сборник научных трудов. - СПб.: ВНИМИ, 1999. - М-во топлива и энергетики РФ, РАН, - с. 65-69), включающий совместное воздействие на образец фильтрации жидкости и изгибающих нагрузок; проведение исследования образца на стадиях деформирования до и за пределом прочности при изменении (увеличении) давления фильтрации и осевом сжатии нагрузочным элементом (сферическим индентором или плоским пуансоном); определение зависимости изменения показателя проницаемости (коэффициента фильтрации) от деформации образца.

Недостатком способа является низкая точность, обусловленная сложностью измерения деформаций тонких плоских образцов при контактных испытаниях. Возможности способа ограничены определением проницаемости породы-коллектора при совместном действии растягивающих и сжимающих напряжений в условиях «чистого сдвига».

Известен способ исследования проницаемости составных образцов керн с трещинами (статья: Yu J. et al., Triaxial test research on mechanical properties and permeability of sandstone with a single joint filled with gypsum //KSCE Journal of Civil Engineering. - 2016. - Т. 20. - № 6. - С. 2243-2252), принятый за прототип, заключающийся в том, что на образцы керн, одетые в термоусадочную оболочку, с одиночными искусственными трещинами оказывают совместное воздействие фильтрации жидкости и эффективных напряжений; проводят исследование проницаемости образцов осевым сжатием на стадиях

деформирования до и за пределом прочности при постоянных значениях бокового давления.

Недостатком способа является невысокая точность определения проницаемости породы-коллектора с трещинами на составных образцах, обусловленная
 5 неоднородностью вещественного состава и структуры, вносимыми искусственным заполнителем трещин. Другим недостатком способа является его сложность, обусловленные изготовлением и испытанием серии сборных образцов с искусственными трещинами, ориентированными под разными углами наклона.

Техническим результатом является повышение точности определения абсолютной
 10 проницаемости породы-коллектора с трещинами в образце керна.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{\text{пор}}$) от относительной осевой деформации ϵ_1 образца и абсолютной проницаемости K от
 15 относительной осевой деформации ϵ_1 ;

фиг. 2 - графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового давления ($P_{\text{пор}}$) в образце при начальных пластовых условиях, в предельных
 напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности;

фиг. 3 - графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{\text{пор}}$) от относительной осевой деформации ϵ_1 образца и абсолютной проницаемости K от
 20 относительной осевой деформации ϵ_1 ;

фиг. 4 - графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового
 25 давления $P_{\text{пор}}$ в образце при начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности;

фиг. 5 - графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{\text{пор}}$) от относительной осевой деформации ϵ_1 образца и абсолютной проницаемости K от
 30 относительной осевой деформации ϵ_1 ;

фиг. 6 - графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового
 35 давления ($P_{\text{пор}}$) в образце при начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности.

Способ осуществляется следующим образом. На первом этапе отбирают минимум
 40 два образца керна из продуктивного горизонта, одинаковых по происхождению. Образцы керна, экстрагируют, например в оборудовании SOX-5000 и высушивают, например в оборудовании Binder FED 115, для удаления любых жидкостей и примесей, находящихся в поровом пространстве. Один из подготовленных образцов испытывают на прессовом оборудовании, предназначенном для одноосного сжатия, например MTS Insight, для получения зависимости относительной продольной деформации от величины осевой нагрузки. Далее, используя ПО, например Microsoft Excel, строят
 45 экспериментальную кривую деформирования, которая необходима для определения диапазона значений длительной, кратковременной и остаточной прочности образца, по полученным показаниям датчиков продольной деформации и динамометра.

Второй образец, насыщенный жидкостью, испытывают при совместном воздействии
 фильтрации жидкости и эффективных напряжений для проведения исследования проницаемости образца при осевом сжатии на стадиях деформирования до и за пределом прочности при постоянных значениях бокового давления, в установке камере трехосного

сжатия, например GCTS RTR 1500, позволяющей определять изменение проницаемости по жидкости. Перед испытанием образец одевают в термоусадочную оболочку для предотвращения проникновения рабочей жидкости технического масла, применяемой для создания гидростатического бокового давления. Затем образец помещают в установку и приводят его к реальным условиям залегания. Для этого в камере трехосного сжатия создают заданное гидростатическое давление, величину которого выбирают из диапазона значений, соответствующих горизонтальному напряжению в реальном массиве, и начальное поровое давление, соответствующее исходному пластовому давлению. Значения осевой нагрузки, гидростатического и порового давления задаются и контролируются через ПО.

Далее на стадии, соответствующей начальным пластовым условиям, проводят фильтрационные испытания образца при постоянном значении осевой деформации до предела прочности, при постоянных значениях бокового давления и ступенчатом уменьшении и увеличении порового давления в диапазоне, соответствующем условиям разработки пласта. Фильтрация жидкости на каждой ступени продолжается до стабилизации проницаемости. Исследуют изменение проницаемости по жидкости от эффективных напряжений в различных механических состояниях за счет постепенного развития в образце систем микротрещин.

Далее, увеличив осевую деформацию, на стадии упругого деформирования проводят фильтрационные испытания образца при постоянном значении осевой деформации до предела длительной прочности при постоянных значениях бокового давления и ступенчатом уменьшении и увеличении порового давления в диапазоне, соответствующем условиям разработки пласта. Фильтрация жидкости на каждой ступени продолжается до стабилизации проницаемости. Исследуют изменение проницаемости по жидкости от эффективных напряжений в различных механических состояниях за счет постепенного развития в образце систем микротрещин.

Далее, увеличив осевую деформацию, на стадии неупругого деформирования проводят фильтрационные испытания образца при постоянном значении осевой деформации до предела кратковременной прочности при постоянных значениях бокового давления и ступенчатом уменьшении и увеличении порового давления в диапазоне, соответствующем условиям разработки пласта. Фильтрация жидкости на каждой ступени продолжается до стабилизации проницаемости. Исследуют изменение проницаемости по жидкости от эффективных напряжений в различных механических состояниях за счет постепенного развития в образце систем макротрещин.

Далее, увеличив осевую деформацию и разрушив образец, на стадии запредельного деформирования проводят фильтрационные испытания образца при постоянном значении осевой деформации после предела кратковременной прочности при постоянных значениях бокового давления и ступенчатом уменьшении и увеличении порового давления в диапазоне, соответствующем условиям разработки пласта. Фильтрация жидкости на каждой ступени продолжается до стабилизации проницаемости. Исследуют изменение проницаемости по жидкости от эффективных напряжений в различных механических состояниях за счет сквозных трещин.

Затем, по показаниям перемещения поршня порового давления, высчитывают, используя ПО, например Microsoft Excel, количество жидкости профильтрованное через образец и поставив это значение в формулу Дарси для прямолинейно-параллельного потока, определяют абсолютную проницаемость в начальных пластовых условиях, в напряженных состояниях длительной, кратковременной и остаточной прочности, и изменение проницаемости образца за счет микротрещин, макротрещин и сквозных

трещин по формулам:

$$\Delta K_L = \frac{(K_L - K_0)}{K_0}$$

$$\Delta K_F = \frac{(K_F - K_0)}{K_0}$$

$$\Delta K_R = \frac{(K_R - K_0)}{K_0},$$

где K_0 - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая начальным пластовым условиям;

K_L - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая напряженному состоянию длительной прочности (полученная на стадии упругого деформирования);

K_F - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая напряженному состоянию кратковременной прочности (полученная на стадии неупругого деформирования);

K_R - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая остаточной прочности (полученная на стадии запредельного деформирования);

ΔK_L - изменение проницаемости образца за счет микротрещин;

ΔK_F - изменение проницаемости образца за счет макротрещин;

ΔK_R - изменение проницаемости образца за счет сквозных трещин;

Полученные значения абсолютной проницаемости образца керна, определенные при начальных пластовых условиях и в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности, допустимо рассматривать как оценочные показатели проницаемости породы-коллектора, ненарушенного, ослабленного системами микротрещин, макротрещин или сквозных трещин, соответственно. Которые используются для корректировки основных параметров разработки месторождения, например накопленная добыча нефти при его проектировании.

Способ поясняется следующим примером. Для проведения экспериментальных исследований были отобраны и подготовлены 4 терригенных образца горной породы. Для данной группы образцов был определен предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж}=27,4$ МПа.

По результатам испытаний построены графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{пор}$), где $\sigma_1 - P_{пор}$ - максимальное эффективное напряжение, равное разности между максимальным главным нормальным напряжением σ_1 и поровым давлением $P_{пор}$ от относительной осевой деформации ε_1 образца и абсолютной проницаемости K от относительной осевой деформации ε_1 (фиг. 1), и графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового давления $P_{пор}$ в начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности (фиг. 2).

Результаты испытаний на Образце № 1 представлены в Таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Значения абсолютной проницаемости песчаника в трех точках (при максимальном значении порового давления (в начале испытания), минимальном значении порового давления, при максимальном значении порового давления (в конце испытания))

°	$K_0, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
Образец № 1	1,800	1,352	1,111	0,902
	1,251	1,117	0,895	0,790
	1,673	1,119	0,943	0,755

5 Таблица 2. Изменение абсолютной проницаемости за счет микротрещин, макротрещин и сквозных трещин

	$\Delta K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
При снижении порового давления			
Образец № 1	-0,191	-0,342	-0,445
При повышении порового давления			
Образец № 1	-0,236	-0,371	-0,472

10 Установлено, что при уменьшении/увеличении порового давления в образце на стадии упругого деформирования вызывает развитие системы микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,191/0,236 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$. Аналогично уменьшение/увеличение порового давления на стадии неупругого деформирования при напряжениях, превышающих предел длительной прочности, способствует постепенному срастанию отрывных и сдвиговых микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,342/0,371 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$. На запредельной стадии деформирования уменьшение порового давления способствуют развитию сквозных трещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,445/0,472 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$.

15 По результатам испытаний построены графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{\text{пор}}$) от относительной осевой деформации ϵ_1 образца и абсолютной проницаемости K от относительной осевой деформации ϵ_1 (фиг. 3), и графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового давления ($P_{\text{пор}}$) в начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности (фиг. 4).

Результаты испытаний на Образце № 2 представлены в Таблицах 3 и 4.

20 Таблица 3. Значения абсолютной проницаемости песчаника (при максимальном значении порового давления (в начале испытания), минимальном значении порового давления, при максимальном значении порового давления (в конце испытания))

°	$K_0, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
Образец №2	1,337	1,079	0,980	0,802
	1,171	0,891	0,812	0,646
	1,156	1,037	0,823	0,662

25 Таблица 4. Изменение абсолютной проницаемости за счет микротрещин, макротрещин и сквозных трещин

	$\Delta K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
При снижении порового давления			
Образец № 2	-0,214	-0,285	-0,423
При повышении порового давления			

Образец № 2	-0,171	-0,297	-0,438
-------------	--------	--------	--------

Установлено, что при уменьшении/увеличении порового давления в образце на стадии упругого деформирования вызывает развитие системы микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,214/0,171 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$. Аналогично уменьшение/увеличение порового давления на стадии неупругого деформирования при напряжениях, превышающих предел длительной прочности, способствует постепенному срастанию отрывных и сдвиговых микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,285/0,297 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$. На запредельной стадии деформирования уменьшение порового давления способствуют развитию сквозных трещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,423/0,438 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$.

По результатам испытаний строят графики зависимости максимального эффективного напряжения ($\sigma_1 - P_{\text{пор}}$) от относительной осевой деформации ϵ_1 образца и абсолютной проницаемости K от относительной осевой деформации ϵ_1 (фиг.5), и графики зависимости абсолютной проницаемости K от величины порового давления ($P_{\text{пор}}$) в начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, соответствующих длительной, кратковременной и остаточной прочности (фиг. 6).

Результаты испытаний на Образце № 3 представлены в Таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Значения абсолютной проницаемости песчаника (при максимальном значении порового давления (в начале испытания), минимальном значении порового давления, при максимальном значении порового давления (в конце испытания))

°	$K_0, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
Образец №3	1,066	0,832	0,722	0,425
	0,591	0,507	0,460	0,406
	0,924	0,781	0,523	0,319

Таблица 6. Изменение абсолютной проницаемости за счет микротрещин, макротрещин и сквозных трещин

	$\Delta K_L, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_F, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$	$\Delta K_R, \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$
При снижении порового давления			
Образец №3	-0,192	-0,287	-0,498
При повышении порового давления			
Образец №3	-0,150	-0,351	-0,521

Установлено, что при уменьшении/увеличении порового давления в образце на стадии упругого деформирования вызывает развитие системы микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,192/0,150 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$. Аналогично уменьшение/увеличение порового давления на стадии неупругого деформирования при напряжениях, превышающих предел длительной прочности, способствует постепенному срастанию отрывных и сдвиговых микротрещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,287/0,351 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$.

На запредельной стадии деформирования уменьшение порового давления способствуют развитию сквозных трещин и, соответственно, способствует снижению абсолютной проницаемости относительно абсолютной проницаемости при начальных пластовых условиях на $0,498/0,521 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Предлагаемый способ исследования проницаемости по жидкости образцов керна позволяет определить значение абсолютной проницаемости горной породы в начальных пластовых условиях, в напряженных состояниях длительной, кратковременной и остаточной прочности. Определить изменение абсолютной проницаемости образца за счет микротрещин, макротрещин и сквозных трещин.

(57) Формула изобретения

Способ исследования проницаемости по жидкости образцов керна, включающий оказание на образцы керна, одетые в термоусадочную оболочку, совместного воздействия фильтрации жидкости и эффективных напряжений, проведение исследования проницаемости образцов при осевом сжатии на стадиях деформирования до и за пределом прочности при постоянных значениях бокового давления, отличающийся тем, что на стадиях упругого, неупругого и запредельного деформирования ступенчато уменьшают и увеличивают поровое давление в диапазоне, который соответствует условиям разработки пласта, и фильтрацию жидкости продолжают на каждой ступени до стабилизации проницаемости, при этом определяют абсолютную проницаемость при начальных пластовых условиях, в предельных напряженных состояниях, которые соответствуют длительной, кратковременной и остаточной прочности, а изменение проницаемости образца за счет микротрещин, макротрещин и сквозных трещин определяют по формулам:

$$\Delta K_L = \frac{(K_L - K_0)}{K_0}$$

$$\Delta K_F = \frac{(K_F - K_0)}{K_0}$$

$$\Delta K_R = \frac{(K_R - K_0)}{K_0}, \text{ где}$$

K_0 - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая начальным пластовым условиям;

K_L - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая напряженному состоянию длительной прочности, полученная на стадии упругого деформирования;

K_F - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая напряженному состоянию кратковременной прочности, полученная на стадии неупругого деформирования;

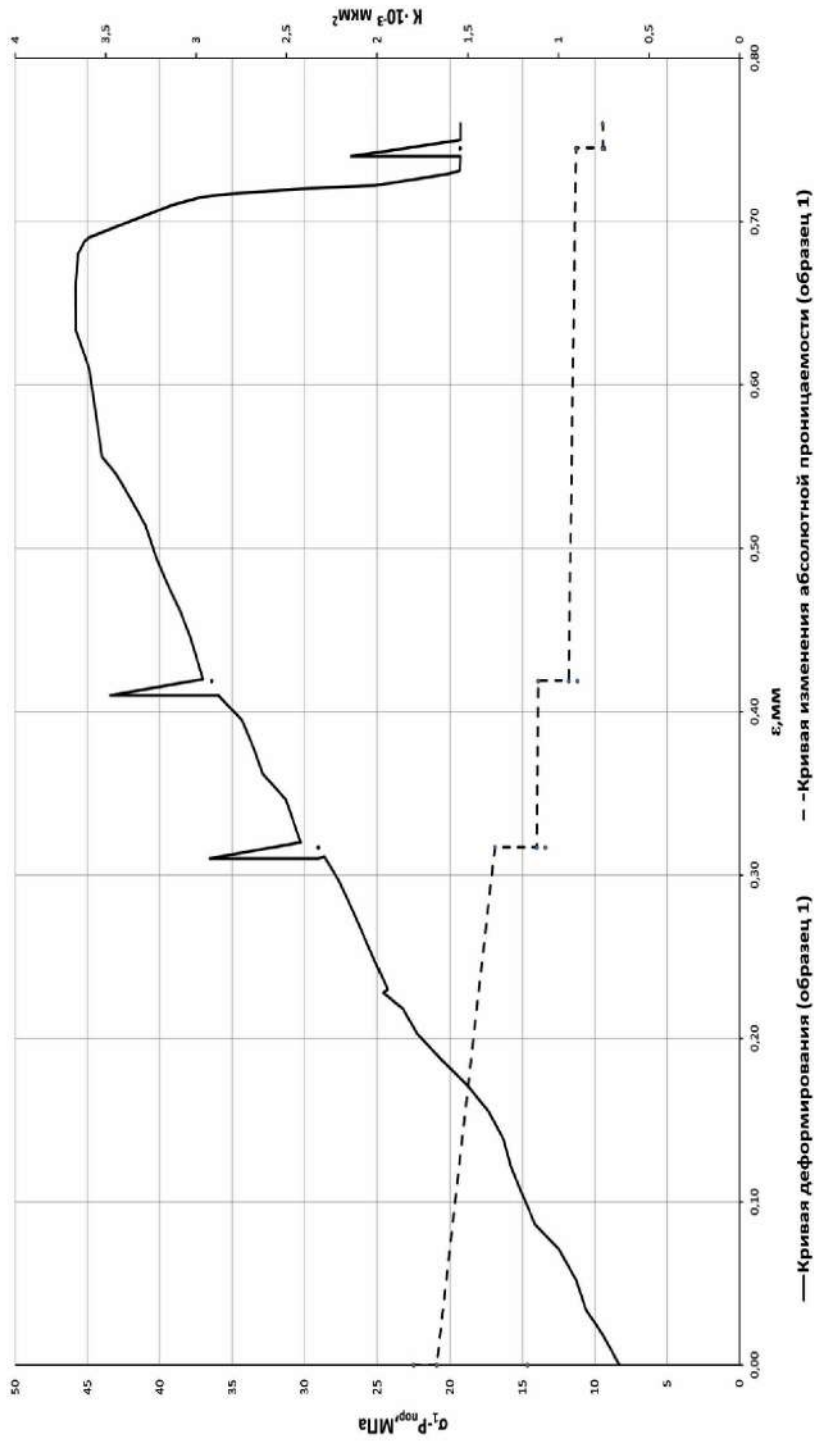
K_R - эффективная проницаемость образца керна, соответствующая остаточной прочности, полученная на стадии запредельного деформирования;

ΔK_L - изменение проницаемости образца за счет микротрещин;

ΔK_F - изменение проницаемости образца за счет макротрещин;

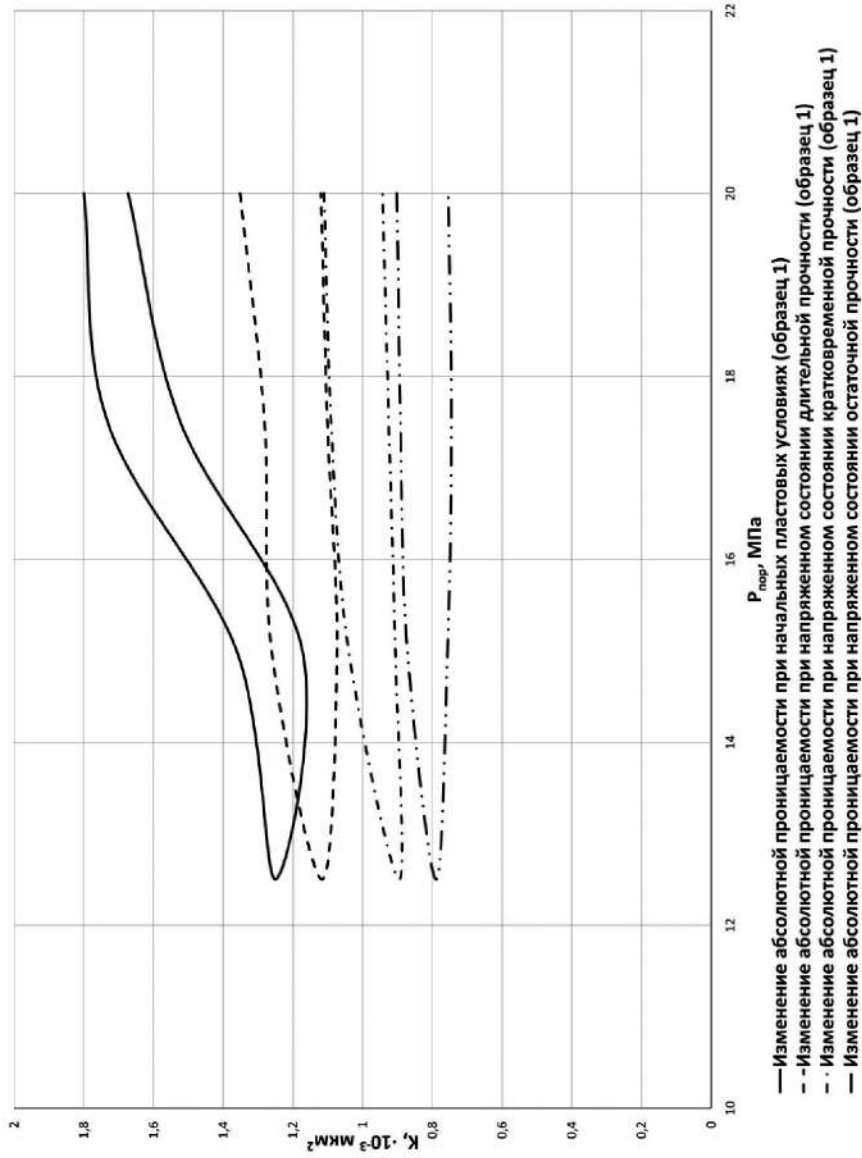
ΔK_R - изменение проницаемости образца за счет сквозных трещин.

1

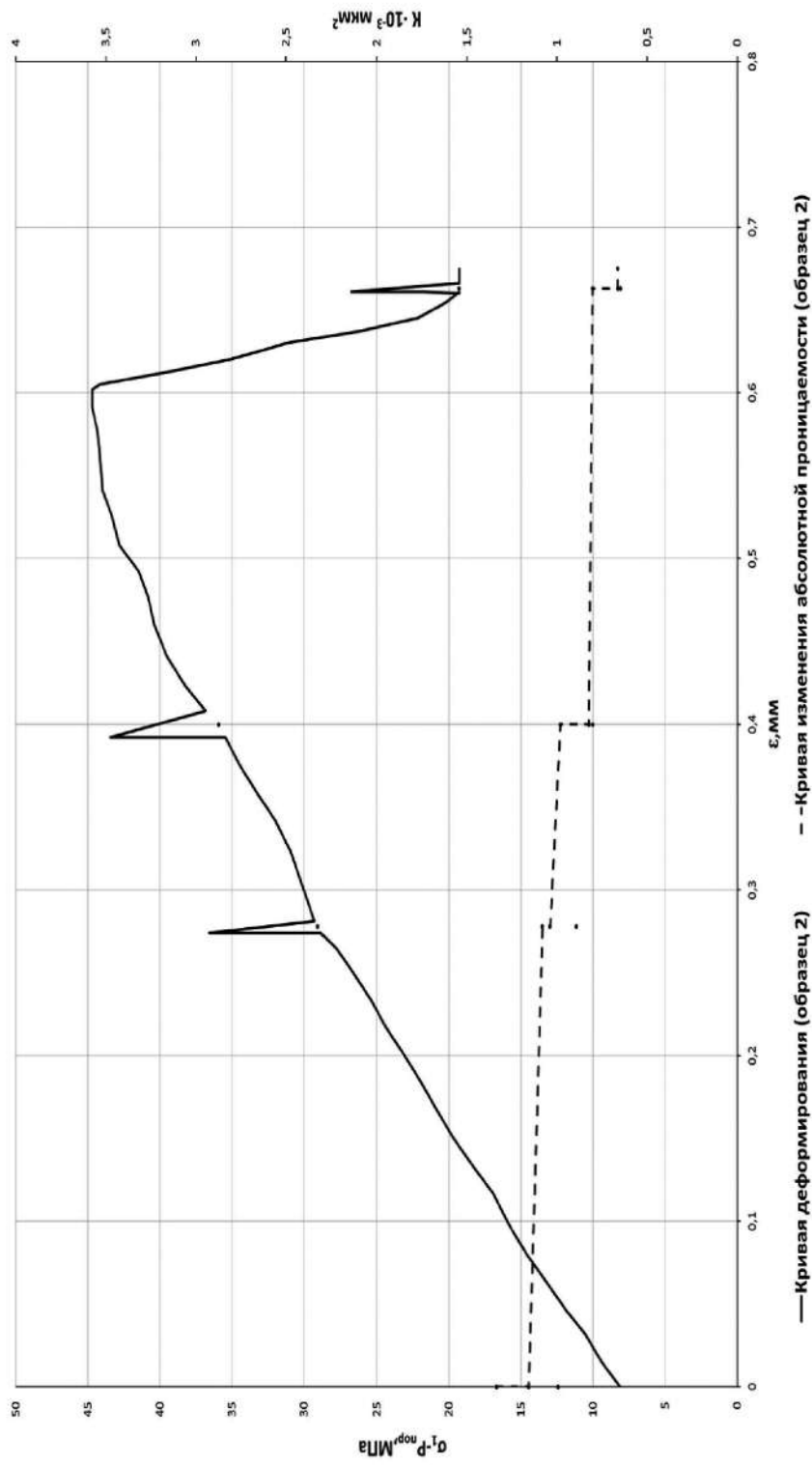


Фиг. 1

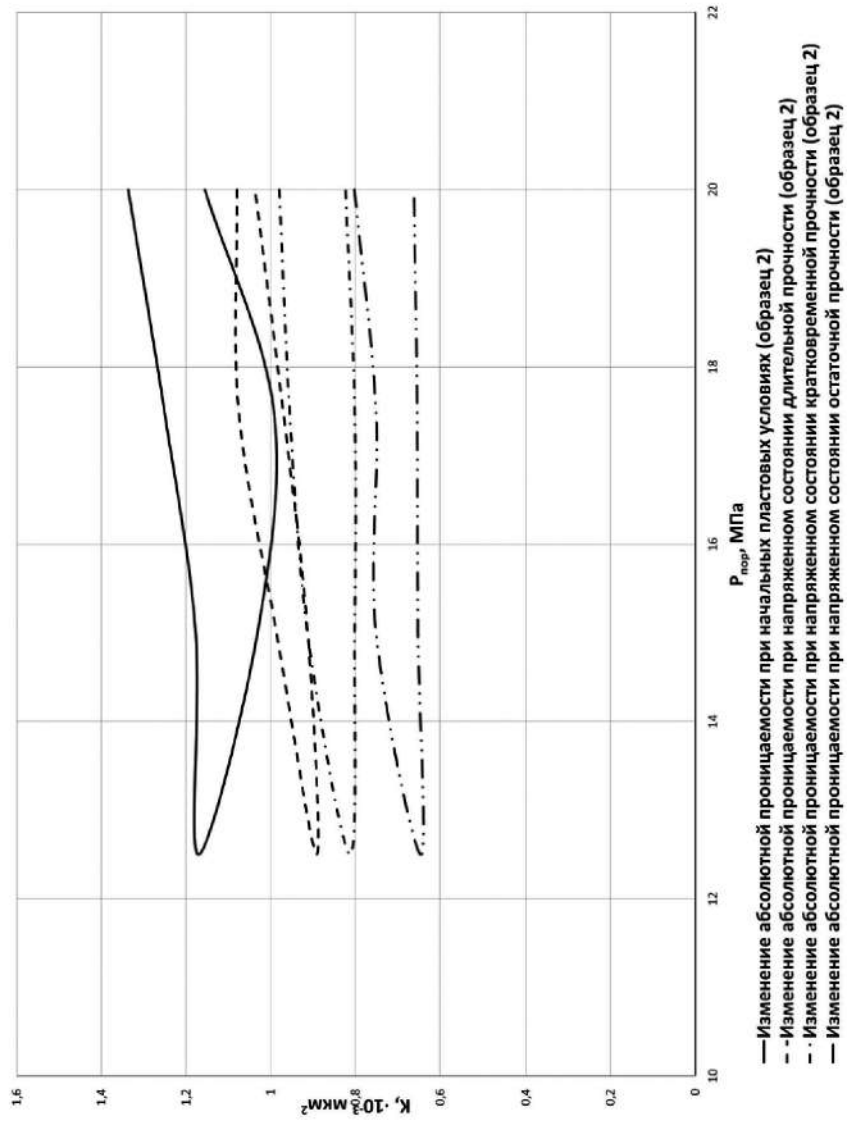
2



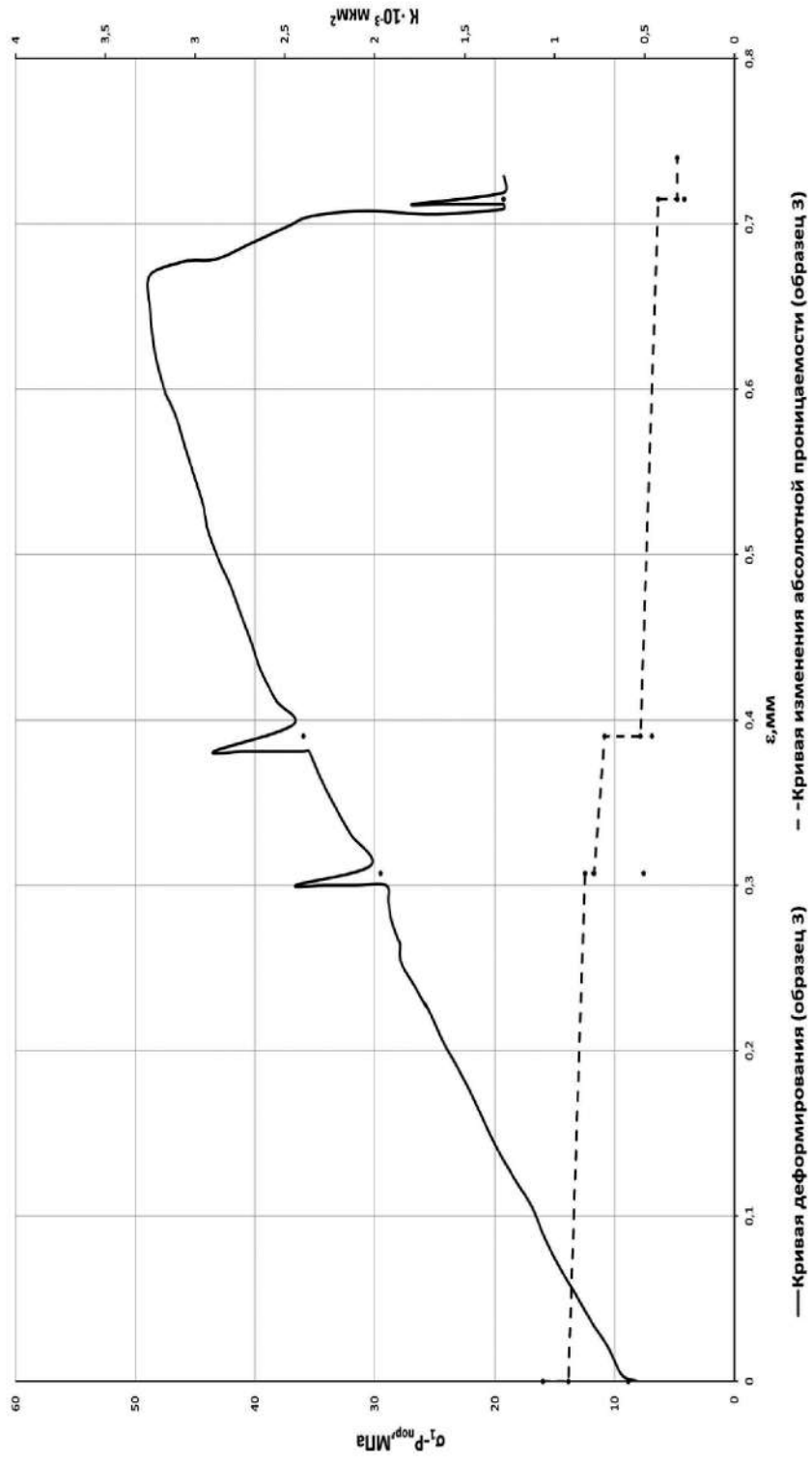
Фиг. 2



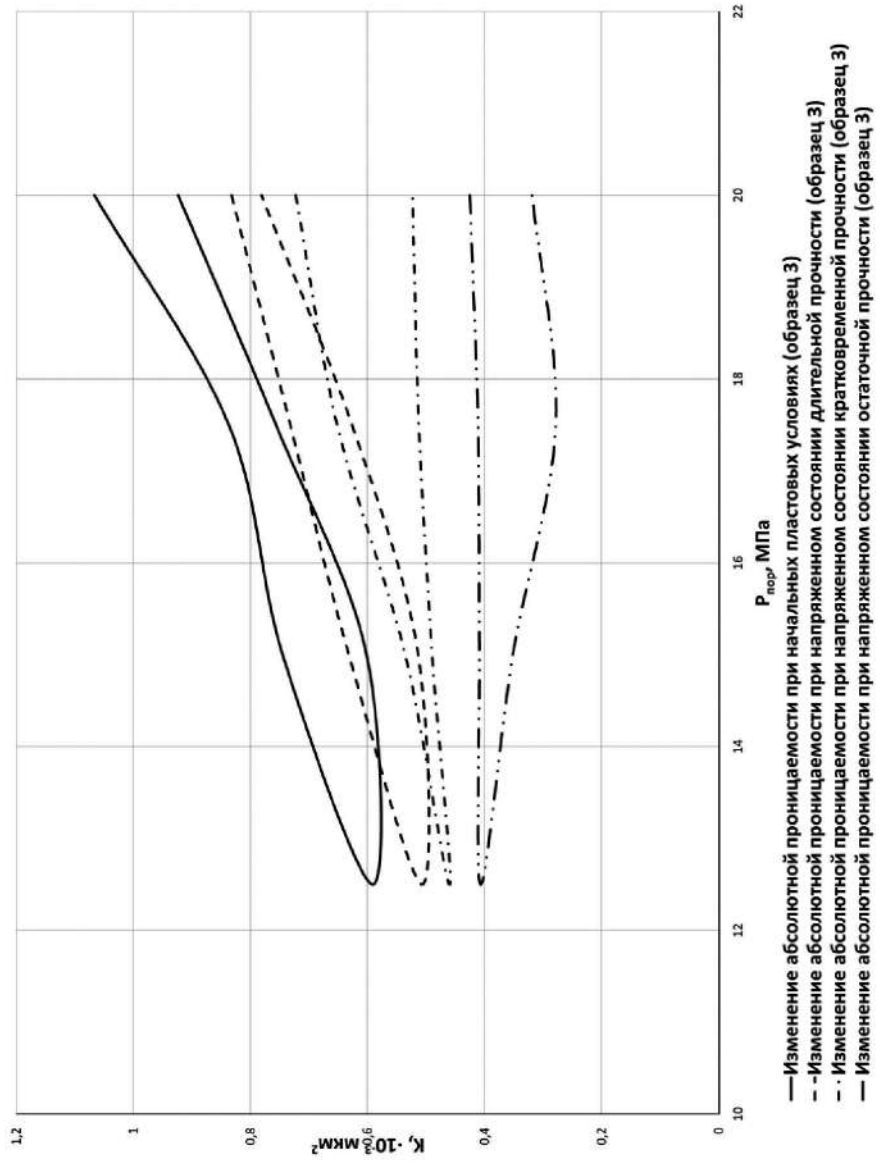
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6