Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність 6.060101

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з курсу «Фізика пласта»
до виконання практичної, індивідуальної та самостійної роботи

Харків 2016

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Спеціальність 6.060101

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з курсу «Фізика пласта»
до виконання практичної, індивідуальної
та самостійної роботи

Затверджено на засіданні
кафедри фізики
Протокол №6 від 12.01.2016 р.

Харків 2016

Методичні вказівки з курсу «Фізика пласта» до виконання практичної, індивідуальної та самостійної роботи для студентів спеціальності 6.060101. / Укладачі: І.В. Чернець, О.М.Корсунський. - Харків: ХНУБА, 2016. – 40 с.

Рецензент Подус Г.М.

Кафедра фізики

ВСТУП

Експлуатація нафтових, газових і газоконденсатних покладів пов'язана з фільтрацією величезних мас рідин і газів в пористому середовищі до вибоїв свердловин. Від властивостей пористих середовищ, пластових рідин і газів залежать закономірності фільтрації нафти, газу та води, дебіти свердловин, продуктивність колектора.

По мірі експлуатації покладів умови залягання нафти, води і газу в пласті змінюються. Це супроводжується значними змінами властивостей порід, пластових рідин, газів і газоконденсатних сумішей. Тому ці властивості розглядаються в динаміці - в залежності від зміни пластового тиску, температури та інших умов в покладах.

Сучасний інженер, який займається раціональної розробкою нафтових і газових родовищ, повинен добре знати геологічну будову поклади, її фізичні характеристики (пористість, проникність, насиченість та ін.), фізико-хімічні властивості нафти, газу та води, що насичують породи, вміти правильно обробити і оцінити дані, які отримані при розтині пласта та при його подальшій експлуатації. Ці дані дозволять визначити початкові запаси вуглеводнів в покладі. Вони необхідні для об'єктивного уявлення про процеси, що відбуваються в пласті при його розробці і на різних стадіях експлуатації.

Основною метою цього видання є вивчення основних фізичних властивостей колекторів нафти і газу, властивостей нафти і газу в пластових умовах, фазових станів вуглеводневих систем, навчання студентів методам розрахунку основних властивостей колекторів і флюїдів, які їх насичують.

Видання призначене для студентів, що навчаються за напрямом «Теплогазопостачання та вентиляція».

1 Визначення пористості порід колекторів

Наявність пір і пустот в породі називається пористістю. Пористість нафтовмісних порід характеризується коефіцієнтом пористості.

Коефіцієнтом пористості (m) називається відношення сумарного об'єму пір у зразку (V_n) до видимого об'єму цього ж зразка (V_0)

$$m = \frac{V_n}{V_0}. \tag{1.1}$$

Коефіцієнт пористості виражається в частках одиниці або у відсотках до об'єму зразка.

Пористість породи дуже важливий параметр, необхідний для оцінки запасів нафти і вивчення процесів фільтрації в пористому середовищі.

Розрізняють пористість породи наступних видів:

1) загальна (абсолютна, фізична або повна) пористість включає обсяг всіх пір у зразку, тобто пов'язані між собою (сполучені) і не пов'язані (ізольовані) пори. Загальна пористість визначається різницею між обсягом зразка та об'ємом складових його зерен;

2) відкрита пористість або пористість насичення, що включає всі сполучені між собою пори, в які проникає дана рідина (газ) при заданому тиску (вакуумі). Не враховуються ті пори, в які не проникає рідина при розглянутому тиску насичення. Звичайно як насичує рідини використовується гас (добре проникає в пори і не викликає розбухання глинистих частинок) і насичення відбувається під вакуумом;

3) динамічна (ефективна) пористість, що включає тільки ту частину порових каналів, яка зайнята рухомий рідиною в процесі фільтрації при повному насиченні породи рідиною. Не враховується при цьому обсяг субкапілярних пор (діаметром менше 0,0002 мм) і пір, де рідина утримує ся молекулярно-поверхневими силами. Динамічна пористість в одному і тому ж зразку не має постійного значення, а змінюється залежно від зміни тиску, швидкості фільтрації і властивостей рідини.

1.1 Типове завдання

Визначити коефіцієнт відкритої пористості зразка породи за даними, наведеними в табл. 1.1 (дані вимірювань відкритої пористості отримані ваговим методом).

Дано:

Таблиця 1.1

Найменування	Значення
1. Вага сухого зразка на повітрі $\mathbf{P_c}$, г	26,8
2. Вага на повітрі зразка, насиченого гасом $\mathbf{P_к}$, г	28,1
3. Вага в гасі зразка, насиченого гасом $\mathbf{P_{к.к}}$, г	20,7
4. Густина гасу $\rho_к$, кг/м^3	716

Знайти: $\mathbf{m_o}$

Розв'язання:

1) Визначити об'єм відкритих взаємозв'язаних пір:

$$V_{пор} = \frac{P_к - P_c}{\rho_к}, \qquad (1.2)$$

$$V_{пор} = \frac{28{,}1 - 26{,}8}{0{,}716} = 1{,}82\ см^3.$$

2) Визначити об'єм зразка досліджуваної породи:

$$V_o = \frac{P_к - P_{к.к}}{\rho_к}, \qquad (1.3)$$

$$V_o = \frac{28{,}1 - 20{,}7}{0{,}716} = 10{,}34\ см^3.$$

3) Визначити коефіцієнт відкритої пористості:

$$m_0 = \frac{V_{пор}}{V_o}, \qquad (1.4)$$

$$m_0 = \frac{1{,}82}{10{,}34} = 0{,}176 \quad \text{або } 17{,}6\% .$$

1.2 Завдання для самостійного розв'язання

Визначити коефіцієнт відкритої пористості зразка породи за даними, наведеними в табл.1.1 (дані вимірювань відкритої пористості отримані ваговим методом).

Умовні позначення:

$\mathbf{P_c}$ – вага сухого зразка на повітрі, г;

$\mathbf{P_к}$ – вага на повітрі зразка, насиченого гасом, г;

$\mathbf{P_{к.к}}$ – вага в гасі зразка, насиченого гасом, г;

$\rho_к$ – густина гасу, кг/м^3.

1, ..., 120 – номер варіанта.

Таблиця 1.1

В	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***
P_c	27,4	19,3	25,3	23,3	20	19,5	18,7	20,1	19	21,6	23,5
$P_к$	29,2	20,7	27,7	25,3	22,4	22,1	21,2	23,4	21,9	23,7	26,1
$P_{к.к}$	20,7	13,2	15,4	15,8	12,3	10,8	11	11,6	12,2	13,5	16,2
$\rho_к$	716	716	716	716	716	684	686	705	705	734	715
В	***12***	***13***	***14***	***15***	***16***	***17***	***18***	***19***	***20***	***21***	***22***
P_c	19,5	20,4	25,5	27,2	19,5	25,3	22,3	20,5	19,7	19,7	20,1
$P_к$	21,2	23,2	28,1	29,5	20,7	28,7	24,3	22,4	22,1	22,2	22,4
$P_{к.к}$	14,5	14,5	17,2	21,2	13,2	15,4	15,8	12,3	10,8	12,1	11,6
$\rho_к$	695	695	684	695	716	716	716	705	684	686	705
В	***23***	***24***	***25***	***26***	***27***	***28***	***29***	***30***	***31***	***32***	***33***
P_c	19,5	21,6	23,5	19,8	20,4	25,5	26,2	27,4	27,2	19,1	25,1
$P_к$	21,9	23,7	26,1	22,2	22,2	27,1	27,5	29,7	29,5	21	28
$P_{к.к}$	12,2	13,5	16,2	14,5	14,5	17,2	21,2	20,7	21,1	13,6	15,8
$\rho_к$	705	734	715	715	695	695	684	716	712	716	705
В	***34***	***35***	***36***	***37***	***38***	***39***	***40***	***41***	***42***	***43***	***44***
P_c	23,1	19,8	19,3	18,5	19,9	18,8	21,4	23,3	19,3	20,2	25,3
$P_к$	25,6	22,7	22,4	21,5	22,7	21,2	24	25,8	21	22,1	28,4
$P_{к.к}$	16,2	12,7	11,2	11,4	12	12,6	13,9	16,6	14,9	14,9	17,6
$\rho_к$	704	674	681	700	700	698	715	712	710	695	700
В	***45***	***46***	***47***	***48***	***49***	***50***	***51***	***52***	***53***	***54***	***55***
P_c	27	19,3	25,1	22,1	20,3	19,5	19,5	19,9	19,3	21,4	23,5
$P_к$	28,8	21	29	24,6	22,7	22,4	22,5	22,7	22	24	26,4
$P_{к.к}$	21,6	13,6	15,8	16,2	12,7	11,2	12,5	12	12,6	13,9	16,6
$\rho_к$	702	714	708	712	711	711	705	701	698	695	708

Продовження табл. 1.1

B	***56***	***57***	***58***	***59***	***60***	***61***	***62***	***63***	***64***	***65***	***66***
P_c	20,6	20,8	25,3	26	27,2	27,6	19,5	25,5	23,5	20,2	19,7
$P_к$	22,5	22,5	27,4	27,8	29,5	29,1	21,5	27,8	25,2	22,3	22
$P_{к.к}$	14,9	14,9	17,6	21,6	21,1	20,9	13,4	15,6	16	12,5	11
$\rho_к$	712	715	711	707	705	709	713	702	701	671	678
B	***67***	***68***	***69***	***70***	***71***	***72***	***73***	***74***	***75***	***76***	***77***
P_c	18,9	20,3	19,2	21,8	23,7	19,7	20,6	25,7	27,4	19,7	25,5
$P_к$	21,1	23,3	21,8	23,6	26	21,1	23,1	28	29,4	22,1	28,6
$P_{к.к}$	11,2	11,8	12,4	13,7	16,4	14,7	14,7	17,4	21,4	13,4	15,6
$\rho_к$	697	697	695	712	709	707	692	697	699	711	705
B	***78***	***79***	***80***	***81***	***82***	***83***	***84***	***85***	***86***	***87***	***88***
P_c	22,5	20,7	19,9	19,9	20,3	19,7	21,8	23,7	20	20,6	25,7
$P_к$	24,2	22,8	22	22,1	22,3	21,8	23,6	26	22,1	22,1	28,2
$P_{к.к}$	16	12,5	11	12,3	11,8	12,4	13,7	16,4	14,7	14,7	17,4
$\rho_к$	709	708	708	702	698	695	692	705	709	712	708
B	***89***	***90***	***91***	***92***	***93***	***94***	***95***	***96***	***97***	***98***	***99***
P_c	26	27,6	27,3	19,2	24,8	23,2	19,9	19,4	18,6	20	19,5
$P_к$	27,4	29,6	29,3	20,8	27,8	25,4	22,5	22,2	21,3	23,5	22
$P_{к.к}$	21,4	20,9	20,6	13,1	15,3	15,7	12,2	10,7	10,9	11,5	12,1
$\rho_к$	704	702	711	715	704	703	673	680	699	699	697
B	***100***	***101***	***102***	***103***	***104***	***105***	***106***	***107***	***108***	***109***	***110***
P_c	21,5	23,4	19,4	21,3	25,4	27,1	19,4	25,2	22,2	20,4	19,6
$P_к$	23,8	26,2	21,3	23,3	28,2	29,6	20,8	28,8	24,4	22,5	22,2
$P_{к.к}$	13,4	16,1	14,4	14,4	17,1	21,1	13,1	15,3	15,7	12,2	10,7
$\rho_к$	714	711	709	694	699	701	713	707	711	710	710
B	***111***	***112***	***113***	***114***	***115***	***116***	***117***	***118***	***119***	***120***	
P_c	19,6	20	19,4	21,5	23,4	20,5	20,3	25,4	26,1	27,3	
$P_к$	22,3	22,5	22	23,8	26,2	22,3	22,3	27,2	27,6	29,8	
$P_{к.к}$	12	11,5	12,1	13,4	16,1	14,4	14,4	17,1	21,1	20,6	
$\rho_к$	704	700	697	694	707	711	714	710	706	704	

2 Розрахунок проникності неоднорідного пласта

Проникність - найважливіший параметр, що характеризує провідність колектора, тобто здатність порід пласта пропускати до вибоїв свердловин нафту і газ при наявності перепаду між пластовим і забійним тисками.

У процесі експлуатації нафтових і газових родовищ можлива різна фільтрація в пористої середовищі рідин і газів або їх сумішей - спільний рух нафти, води та газу чи води і нафти, нафти і газу, чи лише нафти або газу. При цьому проникність однієї і тієї ж пористого середовища для даної фази в залежності від кількісного та якісного складу фаз в ній буде різною. Тому для характеристики проникності порід нафтовмісних пластів введені поняття абсолютної, фазової і відносній проникності.

Під абсолютною прийнято розуміти проникність пористого середовища, яка визначена при наявності в ній лише однієї будь-якої фази, хімічно інертною по відношенню до породі.

Фазової (ефективної) називається проникність порід для даного газу або рідини при наявності або русі в порах багатофазних систем.

Відносною проникністю пористого середовища називається відношення ефективної проникності цього середовища для даної фази до абсолютної.

Для оцінки проникності гірських порід зазвичай користуються лінійним законом фільтрації Дарсі, за яким швидкість фільтрації рідини в пористому середовищі пропорційна градієнту тиску і обернено пропорційна динамічної в'язкості:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}, \qquad (2.\ 1)$$

де

v - швидкість лінійної фільтрації;

Q - об'ємна витрата рідини в одиницю часу;

M - динамічна в'язкість рідини;

F - площа фільтрації;

ΔP - перепад тиску;

L - довжина пористого середовища.

У цьому рівнянні здатність породи пропускати рідини і гази характеризується коефіцієнтом пропорційності k, який називають проникністю:

$$k = \frac{Q \cdot \mu \cdot \Delta L}{F \cdot \Delta P}\ . \qquad (2\ .2)$$

За одиницю проникності в 1м^2 приймається проникність такий пористого середовища, при фільтрації через зразок якої площею 1м^2, довжиною 1м і перепаді тиску 1 Па витрата рідини в'язкістю 1 Па·с складає 1 м^3/с.

Фізичний зміст розмірності коефіцієнта проникності - це величина площі перетину каналів пористого середовища гірської породи, за якими відбувається фільтрація флюїдів.

За одиницю проникності в 1 дарсі (1Д) приймають проникність такий пористого середовища, при фільтрації через зразок якої площею 1 см^2 і довжиною 1 см при перепаді тиску 1 кГ / 1 см^2 витрата рідини в'язкістю 1 спз

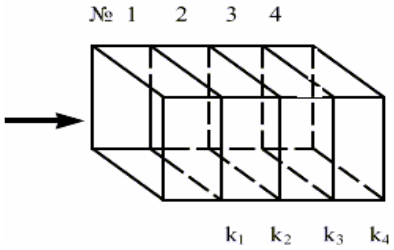
(сантіпуаз) становить 1 $см^3$/сек. Величина, що дорівнює 0,001 Д, називається міллідарсі (мД). Враховуючи, що 1 кГ/$см^2$ = 10^5 Па, 1 $см^3$ = 10^{-6} $м^3$, 1 $см^2$ = 10^{-4} $м^2$, 1 спз = 10^{-3} Па·сек, отримаємо наступне співвідношення:

$$1Д = \frac{10^{-6}\left(м^3/с\right)\cdot 10^{-3}\left(Па\cdot с\right)\cdot 10^{-2}\left(м\right)}{10^{-4}\left(м^2\right)\cdot 10^{5}\left(Па\right)} = 10^{-12}\,м^2 = 1\,мкм^2$$

2.1 Розрахунок середньої проникності пласта при горизонтально-лінійної фільтрації для ізольованих зон

Теорія до розділу

Шари і ділянки з різною проникністю розташовані паралельно-послідовно, вид фільтрації горизонтально- лінійний:



Середня проникність пласта оцінюється таким виразом:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{L_{общ}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{L_i}{k_i}\right)}, \qquad (2.3)$$

де $\bar{k}_{пр}$ – середня проникність пласта;

k_i – проникність пропластків;

L_i – довжина і-го пропластка;

$L_{заг}$ – загальна довжина пласта;

$L_{заг} = \sum L_i$, (для даного випадку **n** = 4).

2.1.1 Типове завдання

Розрахувати середню проникність пласта за таких умов:

Дано:

№ ділянки	L_i, м	k_i, мД
1	75	25
2	75	50
3	150	100
4	300	200

Знайти: $\bar{k}_{пр}$

Розв'язання:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^{4} L_i}{\sum_{i=1}^{4} \frac{L_i}{k_i}},$$

$$\bar{k}_{пр} = \frac{75+75+150+300}{\frac{75}{25}+\frac{75}{50}+\frac{150}{100}+\frac{300}{200}} = \frac{600}{7{,}5} = 80 \text{ мД}.$$

2.1.2 Завдання для самостійного розв'язання

Розрахувати середню проникність $\bar{\mathbf{k}}_{\mathbf{пр}}$ неоднорідного пласта, що має ***i*** - пропластків, довжиною $\mathbf{L_i}$, , з проникністю $\mathbf{k_i}$ для випадку горизонтальної фільтрації:

$\mathbf{L_i}$ – довжина і-го пропластка, м;

$\mathbf{k_i}$ – проникність ***i***-го пропластка, мД;

$\mathbf{N_i}$ – номер пропластків;

1, ..., 120 – номер варіанта.

Вихідні дані наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

В	***1***		***2***		***3***		***4***		***5***		***6***	
$\mathbf{N_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$
1	25	60	48	100	180	58	15	280	280	150	316	80
2	150	150	60	150	140	46	185	100	120	100	130	110
3	65	200	120	45	95	120	49	120	90	80	160	140
4	180	15	320	300	220	300	120	240	115	300	42	320
В	***7***		***8***		***9***		***10***		***11***		***12***	
$\mathbf{N_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$
1	98	40	145	150	25	60	180	150	65	150	115	80
2	122	50	280	80	48	100	150	80	120	150	42	110
3	130	300	46	260	180	50	260	280	220	46	240	80
4	240	250	38	185	15	280	150	300	49	100	38	300
В	***13***		***14***		***15***		***16***		***17***		***18***	
$\mathbf{N_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$	$\mathbf{L_i}$	$\mathbf{k_i}$
1	49	140	120	150	42	60	145	300	15	300	25	140
2	90	95	65	140	240	85	300	140	150	120	65	240
3	160	120	180	160	115	300	212	120	48	140	115	180
4	130	180	160	80	39	250	55	215	34	90	220	212

Продовження табл. 2.1

B	***19***		***20***		***21***		***22***		***23***		***24***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	120	319	128	300	130	200	120	200	82	95	142	140
2	220	300	143	140	160	400	42	350	34	115	25	160
3	48	205	240	30	39	150	65	180	35	280	48	80
4	50	140	160	220	55	80	240	190	49	330	160	320
B	***25***		***26***		***27***		***28***		***29***		***30***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	25	150	25	100	32	80	34	80	49	80	130	30
2	45	100	19	150	64	120	64	120	54	120	160	300
3	65	120	105	180	90	180	80	150	90	150	30	90
4	70	140	110	230	110	240	110	185	100	240	65	220
B	***31***		***32***		***33***		***34***		***35***		***36***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	80	200	80	140	40	35	25	100	35	80	40	120
2	50	115	120	160	60	300	50	150	62	60	80	150
3	35	35	42	80	90	150	60	180	39	60	90	185
4	42	330	50	90	120	220	110	230	100	150	35	190
B	***37***		***38***		***39***		***40***		***41***		***42***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	49	120	150	80	70	110	40	150	40	300	40	160
2	35	150	160	65	90	150	65	170	20	200	140	220
3	60	60	70	35	35	90	75	180	150	140	180	85
4	70	140	95	160	140	220	90	90	220	180	200	30
B	***43***		***44***		***45***		***46***		***47***		***48***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	25	160	48	300	180	150	15	110	280	80	316	120
2	150	220	60	200	140	170	185	150	120	65	130	150
3	65	85	120	140	95	180	49	90	90	35	160	60
4	180	30	320	180	220	90	120	220	115	160	42	140

Продовження табл. 2.1

B	***49***		***50***		***51***		***52***		***53***		***54***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	98	120	145	80	25	100	180	35	65	140	115	200
2	122	150	280	60	48	150	150	300	120	160	42	115
3	130	185	46	90	180	180	260	150	220	80	240	35
4	240	190	38	150	15	230	150	220	49	90	38	330
B	***55***		***56***		***57***		***58***		***59***		***60***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	49	30	120	80	42	80	145	80	15	100	25	150
2	90	300	65	120	240	120	300	120	150	150	65	100
3	160	90	180	150	115	150	212	180	48	180	115	120
4	130	220	160	240	39	185	55	240	34	230	220	140
B	***61***		***62***		***63***		***64***		***65***		***66***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	120	140	128	95	130	200	120	200	82	300	142	319
2	220	160	143	115	160	350	42	400	34	140	25	300
3	48	80	240	280	39	180	65	150	35	30	48	205
4	50	320	160	330	55	190	240	80	39	220	160	140
B	***67***		***68***		***69***		***70***		***71***		***72***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	25	140	25	300	32	300	34	60	49	150	130	140
2	45	240	19	120	64	140	64	85	54	140	160	95
3	65	180	105	140	90	120	80	300	90	160	30	120
4	70	212	110	90	110	215	110	250	100	80	65	180
B	***73***		***74***		***75***		***76***		***77***		***78***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	80	80	80	150	40	150	25	60	35	150	25	160
2	50	110	120	150	60	80	50	100	62	80	80	150
3	35	80	42	46	90	280	60	50	39	260	46	260
4	42	300	50	100	120	300	110	280	100	185	100	80

Продовження табл. 2.1

B	***79***		***80***		***81***		***82***		***83***		***84***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	48	300	180	150	15	110	280	80	316	120	98	120
2	35	150	160	65	90	150	65	170	20	200	140	220
3	180	50	260	280	220	46	240	80	160	120	180	160
4	65	180	42	300	50	100	120	300	110	280	100	185
B	***85***		***86***		***87***		***88***		***89***		***90***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	80	150	25	60	280	150	25	60	49	140	145	300
2	120	150	60	150	130	110	150	80	65	160	150	120
3	180	50	95	120	110	300	220	46	115	300	115	180
4	180	30	120	240	38	185	49	300	55	215	50	140
B	***91***		***92***		***93***		***94***		***95***		***96***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	130	200	25	120	49	80	40	35	49	120	40	300
2	42	350	19	150	160	300	50	150	160	65	140	220
3	35	280	90	180	35	35	39	90	35	90	65	85
4	160	320	110	195	50	900	35	190	90	90	320	180
B	***97***		***98***		***99***		***100***		***101***		***102***	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	180	150	98	120	65	140	42	80	120	140	82	300
2	185	140	280	60	42	115	300	120	143	115	25	250
3	90	35	180	180	160	90	48	180	39	180	65	180
4	42	140	150	220	180	240	220	140	240	80	110	90
B	***103***		***104***		***105***		**106**		**107**		**108**	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	32	300	80	80	35	150	15	110	35	190	90	90
2	64	85	120	150	80	170	65	170	60	60	150	140
3	90	160	90	280	180	50	160	120	160	65	140	220
4	65	180	110	250	42	300	100	185	70	110	25	160

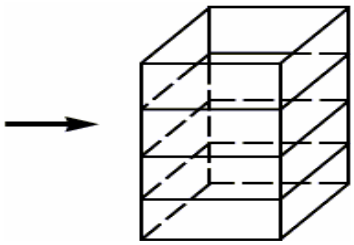
Продовження табл. 2.1

B	**109**		**110**		**111**		**112**		**113**		**114**	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	320	180	38	150	130	200	128	95	120	140	25	150
2	95	160	180	180	143	115	220	160	65	100	150	140
3	185	150	150	300	48	80	115	120	48	180	212	180
4	280	80	65	140	220	140	69	230	55	240	39	120
B	**115**		**116**		**117**		**118**		**119**		**120**	
N_i	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**	**L_i**	**k_i**
1	15	100	34	60	25	35	30	140	80	150	70	80
2	200	120	66	140	45	150	48	300	50	110	90	95
3	115	150	105	130	140	90	35	220	30	120	120	160
4	55	190	70	210	160	240	65	150	100	80	215	185

2.2 Розрахунок середньої проникності пласта при лінійній фільтрації для ізольованих зон

Теорія до розділу

Шари і ділянки розташовані паралельно. Припустимо, довжина і ширина у них однакові, а потужності пропластків (висоти) різні, вид фільтрації лінійний:



Середня проникність пласта оцінюється виразом:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(k_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^{n} h_i}, \qquad (2.4)$$

де $\bar{k}_{пр}$ – середня проникність пласта;

k_i – проникність і-го пропластка;

h_i – потужність (висота) і-го пропластка.

2.2.1 Типове завдання

Розрахувати середню проникність пласт за умов:

Дано:

№ ділянки	h_i, м	k_i, мД
1	6,0	100
2	4,5	200
3	3,0	300
4	1,5	400

Знайти: $\bar{k}_{пр}$

Розв'язання:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(k_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \quad ,$$

$$\bar{k}_{пр} = \frac{100 \cdot 6 + 200 \cdot 4{,}5 + 300 \cdot 3 + 400 \cdot 1{,}5}{6 + 4{,}5 + 3 + 1{,}5} = 200 \text{ мД}.$$

2.2.2 Завдання для самостійного розв'язання

Розрахувати середню проникність $\bar{k}_{пр}$ неоднорідного пласта, що має *i*-ізольованих пропластків, потужністю (висотою) h_i, з проникністю k_i для горизонтально-лінійної фільтрації:

h_i - потужність і-го пропластка, м;

k_i - проникність і-го пропластка, мД;

N_i - кількість пропластків;

1, ..., 120 - номер варіанта.

Вихідні дані наведені в таблиці 2.2.

Таблица 2.2

B	***1***		***2***		***3***		***4***		***5***		***6***		***7***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,0	50	2,0	80	3,0	200	1,2	400	3,8	140	6,0	280	5,0	100
2	6,0	100	3,3	90	4,5	100	1,8	140	3,6	250	5,0	140	1,2	200
3	3,0	120	2,8	140	1,5	300	1,4	150	4,0	380	0,8	400	1,6	420
4	1,2	400	1,2	400	6,0	120	6,0	220	1,2	120	1,4	190	3,8	140
B	***8***		***9***		***10***		***11***		***12***		***13***		***14***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,8	220	1,3	140	1,5	300	8,2	200	5,0	280	8,0	280	1,3	320
2	1,6	140	4,2	380	4,2	150	1,2	400	4,5	140	6,0	150	2,4	400
3	3,2	180	6,0	300	6,2	120	1,4	140	1,2	300	1,2	300	3,2	120
4	4,8	150	1,8	180	1,4	90	6,0	120	1,5	120	1,4	140	3,8	100
B	***15***		***16***		***17***		***18***		***19***		***20***		***21***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	4,2	250	1,4	220	1,2	120	6,0	400	1,5	120	1,2	380	1,0	150
2	4,8	140	1,6	100	0,8	180	5,0	420	4,2	140	3,8	380	3,3	140
3	2,6	400	3,6	420	1,4	300	1,8	130	1,6	300	6,0	420	4,5	200
4	5,3	190	5,0	300	3,8	220	1,3	150	4,8	150	3,6	180	6,0	300
B	***22***		***23***		***24***		***25***		***26***		***27***		***28***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	2,0	180	5,0	120	8,0	140	4,8	160	8,0	170	1,2	240	1,4	150
2	1,2	200	1,2	400	2,0	200	2,4	240	0,5	180	2,2	130	6,0	360
3	1,8	300	1,4	120	1,2	80	1,2	30	0,9	120	1,4	140	1,8	140
4	6,0	150	3,8	300	0,9	140	1,4	240	2,7	90	3,8	120	1,4	220
B	***29***		***30***		***31***		***32***		***33***		***34***		***35***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,5	120	1,2	120	1,2	140	1,4	80	2,0	60	4,2	380	4,8	220
2	4,0	240	1,6	140	1,4	150	6,8	120	5,0	120	5,0	100	2,4	140
3	4,2	150	6,0	80	6,0	240	3,2	310	1,8	140	1,4	80	1,2	450
4	1,6	405	3,6	215	4,5	80	4,1	110	1,2	280	2,9	115	1,4	120

Продовження табл. 2.2

B	***36***		***37***		***38***		***39***		***40***		***41***		***42***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	8,0	140	4,2	140	2,8	90	1,5	180	1,8	130	1,6	60	4,6	300
2	0,5	60	4,8	260	3,6	40	1,6	150	1,9	160	1,7	120	1,7	95
3	0,9	180	1,6	170	1,5	180	1,4	400	3,6	240	1,8	140	2,9	150
4	1,1	320	1,7	80	1,6	220	1,7	120	3,4	320	2,9	280	4,2	210
B	***43***		***44***		***45***		***46***		***47***		***48***		***49***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,0	300	2,0	60	3,0	130	1,2	180	3,8	90	6,0	140	5,0	140
2	6,0	95	3,3	120	4,5	160	1,8	150	3,6	40	5,0	260	1,2	60
3	3,0	150	2,8	140	1,5	240	1,4	400	4,0	180	0,8	170	1,6	180
4	1,2	210	1,2	280	6,0	320	6,0	120	1,2	220	1,4	80	3,8	320
B	***50***		***51***		***52***		***53***		***54***		***55***		***56***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,4	220	8,0	380	5,0	60	8,2	80	1,5	140	1,3	120	1,8	120
2	2,4	140	6,0	100	4,5	120	1,2	120	4,2	150	4,2	140	1,6	240
3	3,2	450	1,2	80	1,2	140	1,4	310	6,2	240	6,0	80	3,2	150
4	3,8	120	1,4	115	1,5	280	6,0	110	1,4	80	1,8	215	4,8	405
B	***57***		***58***		***59***		***60***		***61***		***62***		***63***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	4,2	150	1,4	240	1,2	170	6,0	160	1,5	140	1,2	120	1,0	180
2	4,8	360	1,6	130	0,8	180	5,0	240	4,2	200	3,8	400	3,3	200
3	2,6	140	3,6	140	1,4	120	1,8	30	1,6	80	6,0	120	4,5	300
4	5,3	220	5,0	120	3,8	90	1,3	240	4,8	140	3,6	300	6,0	150
B	***64***		***65***		***66***		***67***		***68***		***69***		***70***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	2,0	150	5,0	380	8,0	120	4,8	400	8,0	120	1,2	220	1,4	250
2	1,2	140	1,2	380	2,0	140	2,4	420	0,5	180	2,2	100	6,0	140
3	1,8	200	1,4	420	1,2	300	1,2	130	0,9	300	1,4	420	1,8	400
4	6,0	300	3,8	180	0,9	150	1,4	150	2,7	220	3,8	300	1,4	190

Продовження табл. 2.2

B	***71***		***72***		***73***		***74***		***75***		***76***		***77***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,5	320	1,2	280	1,2	280	1,4	200	2,0	300	4,2	140	4,8	220
2	4,0	400	1,6	150	1,4	140	6,8	400	5,0	150	5,0	380	2,4	140
3	4,2	120	6,0	300	6,0	300	3,2	140	1,8	120	1,4	300	1,2	180
4	1,6	100	3,6	140	4,5	120	4,1	120	1,2	90	2,9	180	1,4	150
B	***78***		***79***		***80***		***81***		***82***		***83***		***84***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,5	120	1,2	120	1,2	140	1,4	80	2,0	60	4,2	380	4,8	220
2	0,5	60	4,8	260	3,6	40	1,6	150	1,9	160	1,7	120	1,7	95
3	4,2	120	6,0	300	6,0	300	3,2	140	1,8	120	1,4	300	1,2	180
4	6,0	300	3,8	180	0,9	150	1,4	150	2,7	220	3,8	300	1,4	190
B	***85***		***86***		***87***		***88***		***89***		***90***		***91***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,5	120	1	50	3,8	120	1,3	140	8	280	1,2	120	1	150
2	0,5	60	3,3	90	5	140	4,2	150	2,4	400	5	420	1,2	200
3	4,2	120	1,5	300	1,6	420	1,4	180	2,6	360	1,6	300	1,4	120
4	6,0	300	6	220	4,8	150	1,5	120	5	300	3,6	180	0,9	140
B	***92***		***93***		***94***		***95***		***96***		***97***		***98***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	4,8	160	1,5	120	2	60	4,2	140	1,6	60	3	130	5	140
2	0,5	180	1,6	140	5	100	3,6	40	1,7	95	1,8	150	2,4	160
3	1,4	140	6	240	1,2	450	1,4	400	3	150	4	180	1,2	80
4	1,8	220	4,1	110	1,1	320	3,4	320	1,2	280	1,4	170	1,5	280
B	***99***		***100***		***101***		***102***		***103***		***104***		***105***	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	8,2	80	4,2	150	1,5	140	5	380	1,2	220	1,2	280	4,8	220
2	4,2	150	1,6	130	3,8	400	2	140	6	140	6,8	400	0,5	60
3	6	100	1,4	120	4,5	300	1,2	130	4,2	120	1,8	120	6	300
4	4,8	405	1,3	240	6	360	2,7	220	3,6	140	2,9	180	0,9	150

Продовження табл. 2.2

В	*106*		*107*		*108*		*109*		*110*		*111*		*112*	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	1,4	80	3,8	120	1,4	80	3,8	180	3,8	220	1,0	180	1,2	120
2	1,9	160	1,2	180	6	100	1,2	300	1,8	420	3,8	400	4,2	200
3	1,2	300	4,5	140	1,6	240	2,4	420	4	140	1,6	80	1,8	90
4	1,3	190	8,2	110	4,2	150	8	120	1,2	320	1,3	240	3,8	240
В	*113*		*114*		*115*		*116*		*117*		*118*		*119*	
N_i	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**	**h_i**	**k_i**
1	6	140	1,2	170	1,4	240	1,4	250	1,2	220	8	120	4,8	400
2	1,2	240	1,6	130	4,8	360	2,2	100	0,5	180	2,4	420	2	300
3	3,6	120	2,6	140	3,3	200	2,7	300	1,2	130	1,2	300	1,4	180
4	5,3	130	3,3	300	3,6	300	1,4	150	0,9	150	3,5	180	2,4	200

В	*120*	
N_i	**h_i**	**k_i**
1	5	380
2	1,2	140
3	1,8	400
4	3,8	190

2.3. Розрахунок середньої проникності пласта при радіальній фільтрації для ізольованих зон

Теорія до розділу

Шари і ділянки являють собою циліндричні зони, що дренуються, ізольовані між собою. Якщо радіус свердловини позначити – $\mathbf{r_c}$, а радіус контуру живлення - $\mathbf{r_к}$, середня проникність пласта описується виразом:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\ln\left(\frac{r_к}{r_c}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{\ln\left(\frac{r_i}{r_{i-1}}\right)}{k_i}}, \qquad (2.5)$$

де $\mathbf{\bar{k}_{пр}}$ – середня проникність пласта, мД;

$\mathbf{k_i}$ – проникність зон, мД;

$\mathbf{r_i}$ – радіус і-й зони, м;

$\mathbf{r_c}$ – радіус свердловини, см;

$\mathbf{r_к}$ – радіус контуру живлення, м.

2.3.1 Типове завдання

Розрахувати середню проникність пласта за умов:

Дано:

№ ділянки	r_i, м	k_i, мД	
1	75	25	r_c = 15 см = 0,15 м r_k = 600 м
2	150	50	
3	300	100	
4	600	200	

Знайти: $\bar{k}_{пр}$

Розв'язання:

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\ln\left(\frac{r_k}{r_c}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{\ln\left(\frac{r_i}{r_{i-1}}\right)}{k_i}},$$

$$\bar{k}_{пр} = \frac{\ln\left(\frac{600}{0,15}\right)}{\frac{\ln\left(\frac{75}{0,15}\right)}{25} + \frac{\ln\left(\frac{150}{75}\right)}{50} + \frac{\ln\left(\frac{300}{150}\right)}{100} + \frac{\ln\left(\frac{600}{300}\right)}{200}} = 30,4\ мД\ .$$

2.3.2 Завдання для самостійного розв’язання

Розрахувати середню проникність неоднорідного пласта, що складається з ***i*** – циліндричних, ізольованих між собою зон, що дренуються якщо радіус свердловини – $\mathbf{r_c}$, радіус контуру живлення – $\mathbf{r_к}$; радіуси зон, що дренуються – $\mathbf{r_i}$; з проникністю $\mathbf{k_i}$, мД:

$\mathbf{r_i}$ – радіуси зон, що дренуються, м;

$\mathbf{k_i}$ проникність зон, що дренуються, мД;

$\mathbf{r_c}$ – радіус свердловини, см;

$\mathbf{r_к}$ – радіус контуру живлення, м;

1, ..., 120 – номер варіанта.

Вихідні дані наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

В	***1***			***2***			***3***			***4***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	45	r_c=	140	35	r_c=	80	45	r_c=	70	54	r_c=
2	300	80	18	180	90	20	180	60	15	210	80	15
3	400	120	r_k=	300	180	r_k=	400	120	r_k=	315	120	r_k=
4	650	220	650	550	300	550	600	200	600	450	220	450
В	***5***			***6***			***7***			***8***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	120	40	r_c=	90	60	r_c=	100	90	r_c=	90	85	r_c=
2	180	200	14	220	120	18	180	130	20	120	130	15
3	400	210	r_k=	420	200	r_k=	220	140	r_k=	400	230	r_k=
4	500	240	500	650	220	650	320	280	320	480	300	480
В	***9***			***10***			***11***			***12***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	40	60	r_c=	60	80	r_c=	52	100	r_c=	45	40	r_c=
2	120	120	20	120	200	25	100	120	25	128	150	24
3	410	200	r_k=	320	400	r_k=	280	320	r_k=	340	300	r_k=
4	620	220	620	500	180	500	450	100	450	520	250	520

Продовження табл. 2.3

B	***13***			***14***			***15***			***16***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	140	**r_c=**	50	120	**r_c=**	100	140	**r_c=**	120	320	**r_c=**
2	85	200	18	120	300	20	160	250	25	160	400	18
3	280	300	**r_k=**	240	150	**r_k=**	320	160	**r_k=**	420	200	**r_k=**
4	540	240	540	600	200	600	480	100	480	560	110	560
B	***17***			***18***			***19***			***20***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	80	150	**r_c=**	40	100	**r_c=**	70	300	**r_c=**	60	400	**r_c=**
2	140	100	15	140	150	17	140	100	25	140	140	24
3	380	320	**r_k=**	240	160	**r_k=**	180	200	**r_k=**	280	150	**r_k=**
4	420	400	420	400	200	400	510	180	510	610	250	610
B	***21***			***22***			***23***			***24***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	40	100	**r_c=**	60	200	**r_c=**	70	180	**r_c=**	40	40	**r_c=**
2	140	400	19	200	100	38	90	200	20	80	180	24
3	280	200	**r_k=**	310	220	**r_k=**	280	300	**r_k=**	315	200	**r_k=**
4	315	130	315	400	120	400	520	350	520	480	160	480
B	***25***			***26***			***27***			***28***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	180	**r_c=**	70	400	**r_c=**	70	100	**r_c=**	90	100	**r_c=**
2	140	200	24	220	150	28	230	200	22	115	120	18
3	280	300	**r_k=**	415	220	**r_k=**	480	300	**r_k=**	410	140	**r_k=**
4	520	400	520	610	400	610	710	350	710	510	400	510
B	***29***			***30***			***31***			***32***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	200	**r_c=**	110	180	**r_c=**	90	120	**r_c=**	70	150	**r_c=**
2	140	220	28	280	140	24	140	140	26	110	200	20
3	520	400	**r_k=**	315	300	**r_k=**	315	200	**r_k=**	450	140	**r_k=**
4	720	180	720	550	400	550	450	400	450	550	180	550

Продовження табл. 2.3

B	***33***			***34***			***35***			***36***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	220	**r_c=**	40	320	**r_c=**	80	420	**r_c=**	60	320	**r_c=**
2	185	250	25	220	380	20	180	100	18	140	300	24
3	380	400	**r_k=**	315	100	**r_k=**	280	120	**r_k=**	220	400	**r_k=**
4	700	180	700	800	140	800	420	190	420	320	100	320
B	***37***			***38***			***39***			***40***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	110	**r_c=**	60	140	**r_c=**	90	120	**r_c=**	40	140	**r_c=**
2	180	140	25	140	180	18	120	140	24	140	160	19
3	420	180	**r_k=**	540	200	**r_k=**	320	180	**r_k=**	480	180	**r_k=**
4	480	300	480	720	320	720	420	250	420	780	400	780
B	***41***			***42***			***43***			***44***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	30	100	**r_c=**	60	120	**r_c=**	80	120	**r_c=**	90	120	**r_c=**
2	180	140	18	140	215	25	140	140	22	180	150	20
3	410	180	**r_k=**	420	280	**r_k=**	320	220	**r_k=**	250	220	**r_k=**
4	620	220	620	520	310	520	480	400	480	560	260	560
B	***45***			***46***			***47***			***48***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	120	**r_c=**	60	120	**r_c=**	80	120	**r_c=**	70	100	**r_c=**
2	300	150	18	300	140	24	180	215	25	210	140	19
3	400	220	**r_k=**	400	220	**r_k=**	400	280	**r_k=**	315	180	**r_k=**
4	650	260	650	650	400	650	600	310	600	450	220	450
B	***49***			***50***			***51***			***52***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	120	140	**r_c=**	90	120	**r_c=**	100	140	**r_c=**	90	110	**r_c=**
2	180	160	15	220	140	20	180	180	18	120	140	14
3	400	180	**r_k=**	420	180	**r_k=**	220	200	**r_k=**	400	180	**r_k=**
4	500	400	500	650	250	650	520	320	520	480	300	480

Продовження табл. 2.3

B	***53***			***54***			***55***			***56***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	40	320	**r_c=**	60	120	**r_c=**	50	320	**r_c=**	45	220	**r_c=**
2	120	300	15	120	100	15	100	380	20	120	250	18
3	410	400	**r_k=**	320	120	**r_k=**	280	190	**r_k=**	340	400	**r_k=**
4	620	100	620	500	190	500	450	140	450	520	280	520
B	***57***			***58***			***59***			***60***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	150	**r_c=**	50	120	**r_c=**	100	180	**r_c=**	120	200	**r_c=**
2	85	200	20	120	140	25	160	140	18	160	220	18
3	280	140	**r_k=**	240	200	**r_k=**	320	300	**r_k=**	420	400	**r_k=**
4	540	180	540	600	400	600	480	400	480	560	180	560
B	***61***			***62***			***63***			***64***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	80	100	**r_c=**	40	100	**r_c=**	70	400	**r_c=**	60	180	**r_c=**
2	140	120	24	140	200	20	140	150	18	140	200	25
3	380	140	**r_k=**	240	300	**r_k=**	180	220	**r_k=**	280	300	**r_k=**
4	420	400	420	400	350	400	510	400	510	610	400	610
B	***65***			***66***			***67***			***68***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	40	40	**r_c=**	60	180	**r_c=**	70	200	**r_c=**	40	100	**r_c=**
2	140	180	25	200	200	19	90	100	24	80	400	28
3	280	200	**r_k=**	300	300	**r_k=**	280	220	**r_k=**	315	200	**r_k=**
4	510	300	510	400	350	400	520	120	520	480	430	480
B	***69***			***70***			***71***			***72***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	400	**r_c=**	70	80	**r_c=**	70	100	**r_c=**	90	150	**r_c=**
2	140	140	20	220	100	24	230	150	18	115	100	25
3	280	160	**r_k=**	415	200	**r_k=**	480	160	**r_k=**	410	320	**r_k=**
4	520	250	520	610	180	610	710	200	710	510	400	510

Продовження табл. 2.3

B	***73***			***74***			***75***			***76***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	320	**r_c=**	110	120	**r_c=**	90	120	**r_c=**	70	120	**r_c=**
2	140	400	25	280	200	20	140	300	16	110	300	24
3	520	200	**r_k=**	315	160	**r_k=**	315	150	**r_k=**	450	150	**r_k=**
4	720	110	720	550	100	550	450	200	450	550	200	550
B	***77***			***78***			***79***			***80***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	40	**r_c=**	70	100	**r_c=**	40	180	**r_c=**	30	100	**r_c=**
2	185	150	28	140	150	20	120	100	18	180	150	22
3	380	300	**r_k=**	520	160	**r_k=**	410	200	**r_k=**	410	160	**r_k=**
4	700	250	700	720	200	720	620	180	620	620	200	620
B	***81***			***82***			***83***			***84***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	120	**r_c=**	140	200	**r_c=**	45	120	**r_c=**	40	40	**r_c=**
2	140	300	20	180	220	20	128	140	25	120	150	18
3	410	150	**r_k=**	300	100	**r_k=**	340	200	**r_k=**	380	160	**r_k=**
4	620	180	620	550	180	550	520	400	520	700	200	700
B	***85***			***86***			***87***			***88***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	120	**r_c=**	60	45	**r_c=**	120	40	**r_c=**	40	60	**r_c=**
2	200	140	24	140	90	15	220	120	20	120	200	25
3	310	200	**r_k=**	400	120	**r_k=**	180	140	**r_k=**	280	320	**r_k=**
4	500	400	500	450	220	450	480	300	480	520	250	520
B	***89***			***90***			***91***			***92***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	140	**r_c=**	80	150	**r_c=**	50	100	**r_c=**	100	140	**r_c=**
2	120	150	24	140	160	15	128	150	25	120	400	15
3	320	300	**r_k=**	180	200	**r_k=**	280	220	**r_k=**	380	320	**r_k=**
4	560	110	560	610	250	610	600	250	600	400	200	400

Продовження табл. 2.3

B	***93***			***94***			***95***			***96***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	300	**r_c=**	70	180	**r_c=**	70	100	**r_c=**	90	120	**r_c=**
2	140	140	18	80	200	24	115	120	20	110	200	16
3	310	200	**r_k=**	280	320	**r_k=**	520	220	**r_k=**	380	400	**r_k=**
4	350	120	350	410	400	410	610	400	610	700	140	700
B	***97***			***98***			***99***			***100***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	80	420	**r_c=**	90	120	**r_c=**	80	520	**r_c=**	80	120	**r_c=**
2	140	300	24	140	160	18	180	150	20	210	140	25
3	420	180	**r_k=**	410	180	**r_k=**	400	220	**r_k=**	400	180	**r_k=**
4	720	320	720	540	310	540	550	400	550	650	250	650
B	***101***			***102***			***103***			***104***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	45	220	**r_c=**	100	180	**r_c=**	70	400	**r_c=**	70	200	**r_c=**
2	85	200	18	160	220	15	140	200	25	80	400	24
3	240	280	**r_k=**	380	140	**r_k=**	280	240	**r_k=**	280	250	**r_k=**
4	480	400	480	400	350	400	400	350	400	610	200	610
B	***105***			***106***			***107***			***108***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	70	100	**r_c=**	90	120	**r_c=**	40	300	**r_c=**	120	140	**r_c=**
2	115	150	18	110	300	24	180	150	20	210	150	25
3	120	200	**r_k=**	380	320	**r_k=**	410	180	**r_k=**	400	280	**r_k=**
4	450	100	450	720	200	720	550	220	550	650	400	650
B	***109***			***110***			***111***			***112***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	60	420	**r_c=**	100	180	**r_c=**	90	120	**r_c=**	110	140	**r_c=**
2	120	140	18	120	140	20	180	160	28	210	150	22
3	400	300	**r_k=**	280	160	**r_k=**	315	180	**r_k=**	400	280	**r_k=**
4	450	320	450	520	280	520	600	280	600	650	400	650

Продовження табл. 2.3

B	***113***			***114***			***115***			***116***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	50	100	**r_c**= 20	80	120	**r_c**= 18	120	200	**r_c**= 22	100	180	**r_c**= 25
2	180	215		120	140		160	140		120	140	
3	400	290	**r_k**= 600	300	160	**r_k**= 400	240	240	**r_k**= 300	280	250	**r_k**= 520
4	600	400		400	190		300	180		520	400	
B	***117***			***118***			***119***			***120***		
N_i	**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**		**r_i**	**k_i**	
1	50	120	**r_c**= 25	40	40	**r_c**= 15	60	180	**r_c**= 22	70	110	**r_c**= 25
2	85	200		140	200		130	150		140	250	
3	310	400	**r_k**= 420	180	220	**r_k**= 420	170	300	**r_k**= 480	380	320	**r_k**= 510
4	420	280		420	400		480	410		510	450	

3 Розрахунок дебіту рідини, що фільтрується для різних видів пористості

3.1 Оцінка дебіту рідини при лінійному режимі рівномірної фільтрації

Теорія до розділу

Розглянемо випадок субкапілярної фільтрації, тобто фільтрація рівномірна і проходить через всю площу зразка, що має субкапілярну пористість.

Дебіт рідини при лінійному режимі оцінюється рівнянням Дарсі:

$$Q = k_{пр} \cdot F \frac{\Delta P}{\mu \cdot L} \quad , \qquad (3.1)$$

де **$k_{пр}$** – проникність, Д;
F – площа фільтрації, см^2;
ΔP – зміна тиску, атм;
μ – в'язкість, спз;
L – довжина, см.

3.1.1 Типове завдання

Визначити дебіт рідини для породи розміром 10х10х10 см, що має проникність 10 мД, через яку фільтрується рідина в'язкістю 1 спз при градієнті тиску (ΔP / L), що дорівнює 0,25 атм / м.

Дано:
$k_{пр}$ = 10 мД = 0,01 Д;
F = 100 см^2;
ΔP/L = 0,25 атм/м = 0,0025 атм/см;
μ = 1 спз.

Знайти: Q_1

Розв'язання:

$$Q_1 = k_{пр} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L},$$

$$Q_1 = 0{,}01 \cdot 100 \cdot \frac{0{,}0025}{1} = 0{,}0025 \text{ см}^3/\text{с}.$$

3.2 Оцінка дебіту рідини при нерівномірно-проникній фільтрації

Теорія до розділу

Проникність рідини при фільтрації через капіляр оцінюємо зі співвідношення рівнянь Дарсі:

$$Q = k_{пр.кап} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L} \qquad (3.2)$$

і Пуазейля:

$$Q = \frac{F \cdot r^2 \cdot \Delta P}{8 \cdot \mu \cdot L}, \qquad (3.3)$$

звідки:

$$k_{пр.кап} = \frac{r^2}{8}, \qquad (3.4)$$

де **$k_{пр.кап}$** – проникність при фільтрації рідини через капіляр, Д;
F – - площа фільтрації, см^2;
ΔP – зміна тиску, атм;
μ – в'язкість, спз;
L – довжина, см.

Після перетворення коефіцієнта проникності і радіуса капіляра до однієї розмірності отримаємо емпіричне рівняння для оцінки коефіцієнта проникності при фільтрації рідини через капіляр:

$$k_{пр.кап} = 12{,}5 \cdot 10^6 \cdot r^2. \qquad (3.5)$$

3.2.1. Типове завдання

Дана частка породи розміром 10х10х10 см, що має проникність 10 мДарсі, через яку фільтрується рідина в'язкістю 1 спз при градієнті тиску (**ΔP/L**), що дорівнює 0,25 атм/м. У цій частці існує один капіляр діаметром 0,2 мм. На скільки збільшиться сумарний дебіт при інших рівних параметрах **μ** і **ΔP/L**?

Дано:
$D_к$ = 0,2 мм = 0,02 см;
ΔP/L = 0,25 атм/м = 0,0025 атм/см;
μ = 1 спз;
$N_к$ = 1.

Знайти: **Q_2** - дебіт при фільтрації через капіляр;
Q_3 - - сумарний дебіт за рахунок субкапілярної і капілярної фільтрації.

Розв'язання:

$$Q_2 = N_к \cdot k_{пр.кап} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L},$$

$$k_{пр.кап} = 12{,}5 \cdot 10^6 \cdot r^2, \quad r = \frac{D_к}{2},$$

$$F = \pi \cdot r^2 \ .$$

Розрахуємо дебіт через цей капіляр:

$$Q_2 = 1 \cdot 12{,}5 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{0{,}02}{2}\right)^2 \cdot 3{,}14 \cdot \left(\frac{0{,}02}{2}\right)^2 \cdot \frac{0{,}0025}{1} = 0{,}001 \ см^3 / с,$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 = 0{,}0025 + 0{,}001 = 0{,}0035 \ см^3 / с.$$

У порівнянні з субкапілярною проникністю **($k_{пр}$ = 10 мД)** дебіт збільшиться при наявності одного такого каналу на 40% **(Q_2 / Q_1** а якби субкапілярна проникність була **$k_{пр}$ = 1 мД,** то дебіт збільшився б на 400% **(Q_2 / $Q_1 \cdot k_{пр}$).**

3.3 Оцінка дебіту рідини при наявності тріщинуватої фільтрації

Теорія до розділу

Припустимо, в породі з субкапілярною проникністю замість каналу є тріщина вздовж усього зразка шириною $\mathbf{L_{тр}}$, висотою $\mathbf{h_{тр}}$.

Оцінити проникність тріщини (щілини) для рідини, що фільтрується через зразок, можна, використовуючи співвідношення рівнянь Буссінеска і Дарсі:

$$\Delta P = \frac{12 \cdot \mu \cdot v \cdot L_{тр}}{h_{тр}^2}, \tag{3.6}$$

$$\Delta P = \frac{v \cdot \mu \cdot L_{тр}}{k_{пр.тр}}, \tag{3.7}$$

де $\mathbf{k_{пр.тр}}$ – проникність при наявності тріщинуватою фільтрації, Д;
v – лінійна швидкість руху рідини, см/с;
Δ**P** – зміна тиску, атм;
μ – в'язкість, спз;
$\mathbf{L_{тр}}$ – ширина тріщини, см;
$\mathbf{h_{тр}}$ – висота тріщини, см.

Привівши параметри до однієї розмірності, отримаємо емпіричне рівняння для оцінки коефіцієнта проникності при тріщинуватою фільтрації:

$$k_{пр.тр} = 84{,}4 \cdot 10^5 \cdot h^2. \tag{3.8}$$

3.3.1 Типове завдання

Є частка породи розміром 10х10х10 см, що має проникність 10 мДарсі, через який фільтрується рідина в'язкістю 1 спз при градієнті тиску (Δ**P/L**), що дорівнює 0,25 атм/м. У цій частці буде існувати один тріщина шириною 10 см, заввишки 0,2 мм. На скільки збільшиться сумарний дебіт при інших рівних параметрах μ і Δ**P/L**?

Дано:
$\mathbf{h_{тр}}$ = 0,2 мм = 0,02 см;
Δ**P/L** = 0,25 атм/м =0,0025 атм/см;
μ = 1 спз;
$\mathbf{L_{тр}}$ = 10 см;
$\mathbf{M_{тр}}$ **=** 1.

Знайти: $\mathbf{Q_4}$ - дебіт при фільтрації через тріщину;
$\mathbf{Q_5}$ - сумарний дебіт рідини за рахунок субкапілярної і тріщинуватої фільтрації.

Розв'язання:

$$Q_4 = M_{тр} \cdot k_{пр.тр} \cdot F \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot L},$$

$$k_{пр.тр} = 84{,}4 \cdot 10^5 \cdot h^2,$$

$$F = h \cdot L_{тр}.$$

$$Q_4 = 1 \cdot 84{,}4 \cdot 10^5 \cdot 0{,}02^2 \cdot 0{,}02 \cdot 10 \cdot \frac{0{,}0025}{1} = 1{,}688 \ см^3 / с \ ,$$

а сумарний дебіт з урахуванням субкапілярної фільтрації:

$$Q_5 = Q_4 + Q_1 = 1{,}688 + 0{,}0025 = 1{,}6905 \ см^3 / с.$$

Порівнюючи дебіти Q_4 і Q_1, отримаємо, що наявність загальної тріщини призводить до збільшення дебіту в **675** разів **(1,688 / 0,0025).**

3.4 Завдання для самостійного розв'язання

Дана частка породи розміром 10x10x10 см. Визначити дебіти (Q1), (Q2), (Q3), (Q4), (Q5) при:

1. рівномірній субкапілярній і нерівномірно-проникній фільтрації;
2. рівномірній субкапілярній і тріщинуватій фільтрації і порівняти їх для умов, представлених у таблиці 3.1, що мають наступні позначення:

$k_{пр}$ - проникність при субкапілярній фільтрації, мД;
μ - в'язкість рідини, спз;
ΔP/L - перепад тиску, атм / м;
$N_к$ - число капілярів;
$D_к$ - діаметр капіляра, мм;
$L_{тр}$ - довжина тріщин, см;
$h_{тр}$ - висота тріщини, мм;
$M_{тр}$ - число тріщин;
1, ..., 120 - номер варіанта.

Таблиця 3.1

B	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***
$k_{пр}$	8	12	10	11	15	9	18	13	14	10	11
μ	2,0	1,3	3,0	2,5	3,0	1,5	2,0	1,3	3,0	1,2	1,4
ΔP/L	0,3	0,26	0,31	0,32	0,33	0,35	0,3	0,36	0,31	0,28	0,26
N_k	1	2	1	2	3	2	1	3	2	1	3
D_k	0,18	0,2	0,22	0,24	0,25	0,16	0,3	0,27	0,28	0,24	0,16
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,22	0,21	0,28	0,27	0,28	0,23
$M_{тр}$	2	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1
B	***12***	***13***	***14***	***15***	***16***	***17***	***18***	***19***	***20***	***21***	***22***
$k_{пр}$	13	17	20	12	13	11	9	13	16	17	8
μ	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8
ΔP/L	0,3	0,24	0,22	0,23	0,26	0,25	0,3	0,36	0,26	0,27	0,24
N_k	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1
D_k	0,15	0,22	0,23	0,24	0,33	0,28	0,26	0,3	0,18	0,19	0,21
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,22
$M_{тр}$	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2
B	***23***	***24***	***25***	***26***	***27***	***28***	***29***	***30***	***31***	***32***	***33***
$k_{пр}$	9	12	13	10	11	9	15	14	16	11	17
μ	1,6	1,9	2,0	3,0	1,4	1,8	1,6	2,2	2,0	2,1	1,3
ΔP/L	0,2	0,22	0,24	0,25	0,31	0,32	0,28	0,24	0,25	0,28	0,31
N_k	2	1	2	1	2	3	2	1	1	2	3
D_k	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,3	0,31	0,29	0,28	0,18
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,24	0,26	0,28	0,16	0,25	0,26	0,27	0,18	0,23	0,24	0,22
$M_{тр}$	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1

Продовження табл. 3.1

B	***34***	***35***	***36***	***37***	***38***	***39***	***40***	***41***	***42***	***43***	***44***
$k_{пр}$	9	20	13	17	9	16	18	19	15	12	13
μ	1,6	1,7	3,0	1,6	1,8	1,9	2,8	3,0	2,0	2,0	1,3
ΔP/L	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28	0,3	0,28	0,24
N_k	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	2
D_k	0,22	0,26	0,3	0,31	0,28	0,29	0,26	0,2	0,25	0,18	0,2
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26	0,24	0,27	0,18
$M_{тр}$	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	2
B	***45***	***46***	***47***	***48***	***49***	***50***	***51***	***52***	***53***	***54***	***55***
$k_{пр}$	11	9	13	16	17	8	9	12	13	10	11
μ	3,0	2,5	3,0	1,5	2	1,3	3,0	1,2	1,4	1,8	2,0
ΔP/L	0,25	0,28	0,31	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28
N_k	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
D_k	0,22	0,24	0,25	0,16	0,3	0,27	0,28	0,24	0,16	0,15	0,22
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,23	0,24	0,22	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26
$M_{тр}$	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2
B	***56***	***57***	***58***	***59***	***60***	***61***	***62***	***63***	***64***	***65***	***66***
$k_{пр}$	9	8	12	10	11	15	9	18	13	14	10
μ	2,2	2,5	3,0	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	1,9
ΔP/L	0,3	0,23	0,26	0,25	0,3	0,36	0,26	0,27	0,24	0,2	0,22
N_k	1	2	1	1	2	3	2	1	2	1	2
D_k	0,23	0,24	0,33	0,28	0,26	0,3	0,22	0,19	0,21	0,22	0,23
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,24	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,18	0,21	0,28	0,27	0,28
$M_{тр}$	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Продовження табл. 3.1

B	***67***	***68***	***69***	***70***	***71***	***72***	***73***	***74***	***75***	***76***	***77***
$k_{пр}$	11	13	17	20	15	14	16	11	17	9	20
μ	2,0	3,0	1,4	1,8	1,6	2,2	2,0	2,1	1,3	1,6	1,7
ΔP/L	0,24	0,25	0,31	0,32	0,3	0,26	0,31	0,32	0,33	0,35	0,3
N_k	3	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2
D_k	0,25	0,26	0,27	0,28	0,3	0,31	0,29	0,28	0,18	0,2	0,26
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,23	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28
$M_{тр}$	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2
B	***78***	***79***	***80***	***81***	***82***	***83***	***84***	***85***	***86***	***87***	***88***
$k_{пр}$	17	9	16	18	19	15	12	13	8	12	10
μ	3	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	1,3	3	2,5
ΔP/L	0,28	0,31	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,3	0,32	0,33
N_k	1	2	3	2	1	2	1	2	2	3	2
D_k	0,26	0,3	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,25	0,16	0,3
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,23	0,24	0,22	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,21	0,28	0,27
$M_{тр}$	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2
B	***89***	***90***	***91***	***92***	***93***	***94***	***95***	***96***	***97***	***98***	***99***
$k_{пр}$	11	15	9	18	13	14	10	11	13	17	13
μ	3	1,5	2	1,3	3	1,2	1,4	1,8	2	2,2	2,8
ΔP/L	0,35	0,3	0,36	0,31	0,28	0,26	0,3	0,24	0,22	0,23	0,3
N_k	1	3	2	1	3	2	1	1	2	1	2
D_k	0,27	0,28	0,24	0,16	0,15	0,22	0,23	0,24	0,33	0,28	0,18
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,28	0,23	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,25	0,25	0,26	0,22
$M_{тр}$	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1

Продовження табл. 3.1

B	***100***	***101***	***102***	***103***	***104***	***105***	***106***	***107***	***108***	***109***	***110***
$k_{пр}$	11	9	13	16	17	8	12	16	11	17	9
μ	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	2	2,1	1,3	1,6	1,7
ΔP/L	0,36	0,26	0,27	0,24	0,2	0,22	0,25	0,31	0,4	0,28	0,35
N_k	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1
D_k	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,26	0,3	0,31	0,28
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,24	0,26	0,28	0,16	0,28	0,25	0,18	0,28	0,29	0,3	0,18
$M_{тр}$	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2

B	***111***	***112***	***113***	***114***	***115***	***116***	***117***	***118***	***119***	***120***
$k_{пр}$	11	11	10	12	8	9	11	12	9	12
μ	2	2,8	3	2,5	2,2	2	1,8	3	1,3	2
ΔP/L	0,26	0,26	0,23	0,3	0,28	0,22	0,4	0,35	0,28	0,25
N_k	1	2	1	1	2	3	1	1	2	2
D_k	0,24	0,23	0,22	0,15	0,16	0,24	0,28	0,21	0,25	0,29
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,22	0,18	0,3	0,28	0,28	0,26	0,22	0,27	0,24	0,28
$M_{тр}$	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5
1 Визначення пористості порід колекторів 6
1.1 Типове завдання 7
1.2 Завдання для самостійного розв’язання..... 7
2 Розрахунок проникності неоднорідного пласта..... 10
2.1 Розрахунок середньої проникності пласта при горизонтально-лінійної фільтрації для ізольованих зон 11
2.1.1 Типове завдання 11
2.1.2 Завдання для самостійного розв’язання..... 12
2.2 Розрахунок середньої проникності пласта при лінійній фільтрації для ізольованих зон..... 16
2.2.1 Типове завдання 17
2.2.2 Завдання для самостійного розв’язання..... 17
2.3. Розрахунок середньої проникності пласта при радіальній фільтрації для ізольованих зон..... 21
2.3.1 Типове завдання 22
2.3.2 Завдання для самостійного розв’язання..... 23
3 Розрахунок дебіту рідини, що фільтрується для різних видів пористості..... 30
3.1 Оцінка дебіту рідини при лінійному режимі рівномірної фільтрації 30
3.1.1 Типове завдання 30
3.2 Оцінка дебіту рідини при нерівномірно-проникній фільтрації..... 31
3.2.1. Типове завдання 31
3.3 Оцінка дебіту рідини при наявності тріщинуватої фільтрації 33
3.3.1 Типове завдання 33
3.4 Завдання для самостійного розв’язання..... 34

Навчальне видання

Методичні вказівки з курсу «Фізика пласта» до виконання практичної, індивідуальної та самостійної роботи для студентів спеціальності 6.060101

Укладачі: Чернець Ігор Валерійович

Корсунський Олександр Мойсейович

Відповідальний за випуск С.О. Даньшева

Редактор Л.І. Христенко

План 2016 р., поз.145.16 Формат 60х84 1/16. Папір друк. №2.
Підп. до друку 29.01.16 Обл. -вид. арк. 1,8 Безкоштовно.
Надруковано на ризографі. Ум. друк. арк. 2,0
Тираж 50 прим. Зам. №2961

ХНУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного університету будівництва та архітектури