

ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՄԵԼԵՍԱՆԻԿԱ

ԳԵՈՐԴ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՖԻԼՏՐԱՅԻԱՅԻ ԳՈՐԾԱԿԵՐ ՈՐՈՇՄԱՆ ՆՈՄՈԳՐԱՄԸ

Կալալիսի գրունտների k ֆիլտրացիայի գործակցի որոշման համար հեղինակի կողմից առաջարկված էր բանաձևի հետևյալ ընդհանուր ձևը (2)

$$k = 2,3 \frac{f}{F} h \frac{1+\varepsilon}{1+\varepsilon_0} \frac{u}{t} \lg \frac{H_1}{H_2} \quad (1)$$

որտեղ f —պլեզոմետրի, իսկ F —գրունտի նմուշի հատվածքի հատվածն է, t —այն ժամանակն է, որի ընթացքում ջրի մակերեսը պլեզոմետրում իջնում է H_1 -ից մինչև H_2 -ը, h —գրունտի շերտի լրիվ բարձրությունն է, ε գրունտի ծակոտկենությունից գործակիցն է, ֆիլտրացիոն փորձի ընթացքում, ε_0 գրունտի ծակոտկենությունից սկզբնական գործակիցն է և u ջերմաստիճանների ճշտող գործակիցն է:

Այդ արտահայտությունը իրենից ներկայացնում է ֆիլտրացիայի գործակցի հաշվման ընդհանուր բանաձև, քանի որ նա թույլ է տալիս հաշվելու ֆիլտրացիայի տարբեր գործակիցներ, այն է՝

ա) ֆիլտրացիայի k_0 վերածված գործակիցը, ընդունելով $\varepsilon = 0$:

բ) ֆիլտրացիայի k լրիվ գործակիցն, առանց նախապես խտացման փորձարկելու դեպքում, ընդունելով $\varepsilon = \varepsilon_0$ և

գ) ֆիլտրացիայի k_1 լրիվ գործակիցը, նախապես խտացնելուց հետո փորձարկելու դեպքում, ընդունելով $\varepsilon = \varepsilon_1$, որտեղ ε_1 —գրունտի ծակոտկենությունից գործակիցն է խտացումից հետո:

Գրաֆիկ եղանակով ֆիլտրացիայի գործակցի որոշման համար կարող է օգտագործվել ստորև նկարագրվող նոմոգրամը, որը կազմված է հավասարեցրած կետերով բաղմամբով փոփոխական ֆունկցիայի համար և պատկանում է կենտրոնացրած, մասամբ միաձուլվող վերածված թվատախտակներով շղթայավոր նոմոգրամների տիպին: Այս եղանակի տեսական հիմունքները շարադրված են հեղինակի մի այլ աշխատանքում [3]:

Նոմոգրամը կազմված է (1) հավասարումը լուծելու համար: Նոմոգրամը կառուցելիս ընդունված է, որ տվյալները կարող են փոփոխվել հետևյալ սահմաններում՝ պլեզոմետրի խողովակի հատվածքի մակերեսը— f 0,9-ից մինչև 1,4 քառ. սմ., գրունտի նմուշի հատվածքի մակերեսը— F 28-ից մինչև 48 քառ. սմ., համապատասխան այն սահմաններին, որոնց միջև կարող է փոփոխվել գրունտի նմուշի տրամագիծը տարբեր սպասքներում՝ 6-ից մինչև 7,5 սմ:

Նմուշի h բարձրությունը տատանվում է 0,9 և 2,0 սմ միջև: Գրունտի ծակոտկենությունից գործակիցը ֆիլտրացիայի փորձարկման դեպքում կարող է փոփոխվել 0,5 և 1,6 միջև, քանի որ նոմոգրամը պետք է ծառայի նաև

Ֆիլտրացիայի վերածված գործակիցը որոշելու համար, ապա այդ գործակցի ստորին սահմանը ընդունվում է ղերովին հավասար:

Գրունտի ծակոտկենությունը սկզբնական գործակիցը— ε_0 տատանվում է 0,5 և 1,6 միջև: Փորձարկման ջերմաստիճանը 4°C -ից մինչև 30°C , ջրի մածուցիկության փոփոխումը արտահայտող ջերմության ճշտման մեծությունը— α կարող է փոխվել 0,618 և 1,20 միջև:

Պլեզոմետրի հաշվեցույցներին համապատասխանող է ժամանակամիջոցը կարող է տևել մեկ րոպեից մինչև մեկ օր: Ժամանակամիջոցի սկզբում և վերջում պլեզոմետրում ջրի ճնշումների հարաբերությունը H_1/H_2 տատանվում է 1,06 և 2,0 միջև: Արդյունքը՝ գրունտի ֆիլտրացիայի գործակցի— k թվատախտակը ընդգրկում է նրա բոլոր արժեքները՝ $2,7 \cdot 10^{-9}$ սմ/վրկ. մինչև $2,4 \cdot 10^{-3}$ սմ/վրկ.:

Փորձի ընթացքի և արդյունքների հաշվումների գրանցումն ըստ տվյալ նոմոգրամի կատարվում է մատչանում, որի ձևը տրվում է ստորև բերվող Ա 1 աղյուսակում:

Աղյուսակ 1

ՄԱՏՅԱՆ

Ա գրունտի ֆիլտրացիայի գործակցի որոշման
 Փորձի ժամանակը . . . սկիզբը վերջը
 Կոմֆիլմետր Ա պլեզոմետր Ա
 Ընդհանուր տվյալներ՝ օղակի մակերեսը— F . . . քառ. սմ
 Օղակի բարձրութ. h . . . սմ օղակի ծավալը V . . . խ. սմ օղակի կշիռը G . . գ
 Խողովակի մակերեսը f . . . քառ. սմ. Ուղղաձիգ ճնշումը p . . . կգ/սմ²
 Ծակոտկենության սկզբնական գործակիցը ε_0 . . .

Ամսաթիվը	Ժամերը	Րոպեները	Վայրկյանները	Ճնշումը կգ/սմ ²	Ծակոտկենության գործակիցը	Պլեզոմետրի ցուցմունքը սմ	Ջերմաստիճանը	Ժամանակի միջակայքը վայրկ.	Ֆիլտրացիայի գործ. սմ/վ.	Միջին ֆիլտր. գործ. սմ/վ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
						Անալիտիկ				

Նոմոգրամը բաղկացած է՝ փորձի պայմանները և տվյալները բնորոշող ութը թվատախտակներից, որոնք ունեն աստիճանավորումներ: Այս թվատախտակները վերևի կողմից նշանակված են f , F , ε_0 , h , T , H_1/H_2 , և t սիմվոլներով: Այնուհետև աստիճանավորումներով մի թվատախտակից՝ արդյունքի համար, այսինքն ֆիլտրացիայի k գործակցի համար, որը նշված է թվատախտակի տակ և վերջապես թվատախտակներից, որոնց տակ գրված են հոմանական 1 մինչև V թվանշաններ: Համար թվատախտակները ծառայում են աստիճանավորումներ ունեցող մի թվատախտակից մյուսին անցնելու համար: Միաձուլված կոշիկով մի քանի թվատախտակների օգտագործվում են կրկնակի՝ ինչպես բաժանամունքներով թվատախտակներ և ինչպես համար թվատախտակներ: Այդ իսկ պատճառով միաձուլված թվատախտակներն ունեն երկուական նշանակումներ՝ վերևից և ներքևից: Այդպիսի թվատախտակներ նոմոգրամում չորսն են՝ F և II, ε_0 և IV, h և V, ε և VI: Մնացած երկու համար թվատախտակները ինքնուրույն են: Նոմոգրամը կազմված է ընդամենը 11 թվատախտակից:

Նոմոգրամում թվատախտակների դասավորման կարգը ճշտությամբ համապատասխանում է այն կարգին, ըստ որի այդ թվատախտակները պետք է օգտագործվեն ինչպիսիք գրաֆիկորեն լուծելու համար, սակայն այն տարրերում է ֆիլտրացիայի գործակցի (1) բանաձևում փոփոխականների նշված կարգից: Այդ կատարված է դիտավորյալ և հետապնդում է հետևյալ նպատակը:

Սովորաբար գրունտի նույն նմուշը ֆիլտրացիայի համար փորձարկվում է տարբեր ճնշումների ներքո. դա մասնավորապես կիրառվում է գրունտների կոմպրեսիոն և ֆիլտրացիոն հատկությունների կոմբինացված որոշումների դեպքում: Այդ ժամանակ ճնշման յուրաքանչյուր աստիճանի համար վերցվում է չորսից մինչև վեցը հաշվեցուլցներ, որը հնարավորություն է տալիս ֆիլտրացիայի գործակցի 3-ից մինչև 5-ը կրկնվող որոշումներ կատարելու: Ուստի և փորձի արդյունքները մշակելու դեպքում օգտագործվող տվյալները կարող են բաժանվել հետևյալ երեք խմբերի՝

1. Սպասքների (կոմֆիլմետրի և պլեդոմետրի) չափերը բնորոշող տվյալները և գրունտի նմուշի սկզբնական չափերը. սրանց են վերաբերվում գրունտի նմուշի հատվածքի F մակերեսը, պլեդոմետրի խողովակի հատվածքի f մակերեսը, գրունտի շերտի h բարձրությունը և գրունտի ծակոտկենություն թվան սկզբնական ε_0 գործակիցը: Այս մեծությունները, գրունտի տվյալ նմուշի ֆիլտրացիայի փորձերի համար մնում են անփոփոխ:

2. Ֆիլտրացիայի փորձարկման դեպքում գրունտի վիճակը բնորոշող մեծությունները՝ ծակոտկենություն թվան գործակիցը ε : Այս գործակիցը ճնշումների տարբեր աստիճանների համար տարբեր է, սակայն չի փոխվում տվյալ անփոփոխ ճնշման տակ կատարվող բոլոր փորձերի համար:

3. Ծնշման յուրաքանչյուր աստիճանի համար փորձի զանազան էտապները բնորոշող տվյալները՝ ջրի ջերմաստիճանը T° , ճնշումների հարաբերությունը H_1/H_2 և t ժամանակը, որի ընթացքում պլեդոմետրիկ ճնշումը H_1 -ից նվազում է մինչև H_2 : Այս տվյալները տարբեր են ճնշման ինչպես տարբեր աստիճանների, այնպես էլ փորձարկումների տարբեր էտապների համար, որոնք կատարվում են ճնշման անփոփոխ մեծություն դեպքում:

Այդ պատճառով էլ փորձերի տվյալները մշակելիս նոմոգրամը, նրա առավել հարմարության համար, բաժանվում է երեք մասի. ձախ մասում տեղավորված են փորձերի տվյալների առաջին, միջին մասում՝ երկրորդ և աջ մասում՝ երրորդ խմբերին վերաբերող տվյալների թվատախտակները:

Նոմոգրամից օգտվելու դեպքում նրա ձախ մասում տարվում են լուծող ուղղիչներ և համապատասխան III թվատախտակի վրա որոշվում է փարոսային R կետը, որը գումարում է առաջին խմբի տվյալների արդյունքը:

Այնուհետև նոմոգրամի միջին մասում, տարվում է լուծող ուղղիչ և համապատասխան IV թվատախտակի վրա որոշվում է առաջին երկու խմբերի փորձի տվյալների համատեղ ադեկցությունը բնորոշող S_1 փարոսային կետը առաջին աստիճանի ուղղաձիգ ճնշման համար: Այդ դեպքում բոլոր գործողությունները համակենտրոնանում են նոմոգրամի աջ մասում: S_1 փարոսային կետը հանդիսանում է ճնշման առաջին աստիճանի դեպքում կատարվող բոլոր փորձերի համար ֆիլտրացիայի գործակիցը հաշվելու ելակետ: Այն բանից հետո, երբ այդ խմբի փորձի տվյալների արդյունքները մշակված կլինեն, այդ նույն R փարոսային կետից դեպի ծակոտկենություն գործակցի ε թվատախտակը կտարվի լուծող ուղիղը և համար IV թվատախտակի վրա

կորոշվի երկրորդ S_2 փարոսալին կետը, որը գումարում է առաջին երկու խմբերի տվյալներն արդեն ուղղաձիգ ճնշման երկրորդ աստիճանի համար: Այն բանից հետո, երբ այդ ճնշման աստիճանի վերաբերող փորձի տվյալները կմշակվեն, կարելի կլինի նույն կերպ անցնել հաջորդ աստիճաններին:

Որպեսզի լուծող ուղիղներն անցկացնելիս չշփոթվել, հարկավոր է ղեկավարվել հետևյալ կանոնով: Լուծող ուղիղները յուրաքանչյուր անգամ անց են կացվում հետևյալ երկու կետերով՝ ձախ կետով, որը վերցվում է համար թվատախտակի վրա (թվատախտակների գծի տակ նշանակված են հոմեակալան թվանշաններով), և աջ կետով, որը վերցվում է փորձի տվյալների բաժանմունքներով թվատախտակի վրա (թվատախտակների գծի վերևից նշանակված է տառով), իսկ պատասխան կետը ստացվում է համար թվատախտակի վրա (թվատախտակների գծի տակ նշանակված են հոմեակալան թվանշաններով): Բացառությամբ է արվում միայն լուծող առաջին ուղղի համար, որը անց է կացվում փորձի տվյալներին համապատասխանող երկու կետերից: Այսպիսով լուծող ուղիղները անց են կացվում՝

f-ով (նշված է վերևում) և F-ով (նշված է վերևում), հատվում է I-ի վրա (նշված է ներքևում)։

I-ով (ներքևում) և ε_0 -ով (վերևում), հատվում է II վրա (ներքևում)։

II-ով (ներքևում) և h-ով (վերևում), հատվում է III վրա (ներքևում)։

III-ով (ներքևում) և ε -ով (վերևում), հատվում է IV վրա (ներքևում)։

IV-ով (ներքևում) և T-ով (վերևում), հատվում է V վրա (ներքևում)։

V-ով (ներքևում) և H_1/H_2 -ով (վերևում), հատվում է VI վրա (ներքևում) և t-ով (վերևում), հատվում է k վրա (ներքևում)։

VI-ով (ներքևում)

III և IV թվատախտակների նշանակումները վերցված են շրջանակների մեջ նրա համար, որպեսզի ցույց տալ, որ փարոսալին կետերը ստացվում են այդ թվատախտակների վրա: Նոմոգրամի վրա կողքից պատկերված է լուծման ընթացքը ցույց տվող բանալին:

Գրաֆիկ լուծման արդյունքները գրվում են № 1 աղյուսակում (11 սյունիկ), իսկ ճնշման յուրաքանչյուր աստիճանի համար միջին նշանակությունները գրվում են այդ աղյուսակի հաջորդ՝ 12 սյունակում:

Հայկական ՍՍՌ ԳԱ երկրաբանական

գիտությունների ինստիտուտ

Ընդունված է 6.VI.1959.

Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ

Р е з ю м е

Для определения коэффициента фильтрации грунта автором дается общая формула в следующем виде [2]:

$$k = 2,3 \frac{f}{F} h \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon_0} \frac{u}{t} \lg \frac{H_1}{H_2} \quad (1)$$

где t — площадь сечения трубки пьезометра, кв. см,

F — площадь поперечного сечения образца грунта, кв. см,

h — высота слоя грунта, см,

ε — коэффициент пористости грунта при испытании на фильтрацию,

ε_0 — коэффициент пористости грунта в начале опыта,

u — температурная поправка на изменение вязкости воды,

t — интервал времени, в течение которого напор воды в пьезометре изменяется от H_1 до H_2 , сек.

Приведенная формула коэффициента фильтрации является общей, так как она позволяет вычислять различные коэффициенты, а именно:

1. Приведенный коэффициент фильтрации k_0 , т. е. скорость просачивания воды через образец грунта при высоте слоя воды над ним, равным приведенной высоте слоя грунта, при температуре 10°C ; этот коэффициент получается, положив в формуле $\varepsilon = 0$.

2. Полный коэффициент фильтрации k , т. е. скорость просачивания воды через образец грунта при высоте слоя воды над образцом, равным полной высоте слоя грунта, при той же температуре 10°C ; этот коэффициент может быть определен для случая, когда грунт был испытан без предварительного уплотнения; тогда следует положить $\varepsilon = \varepsilon_0$.

3. Полный коэффициент фильтрации k_1 , определенный для случая, когда грунт предварительно подвергся уплотнению; в этом случае следует принять $\varepsilon = \varepsilon_1$, где ε_1 — коэффициент пористости грунта после уплотнения.

Для графического определения коэффициента фильтрации служит прилагаемая номограмма. Она является номограммой из выравненных точек с параллельными шкалами для функции многих переменных и относится к типу цепных номограмм с центрированными, частично-слившимися приведенными шкалами [3]. При составлении номограммы принято, что переменные могут изменяться в следующих пределах: площадь сечения трубки пьезометра f — от 0,9 до 1,5 кв. см; площадь сечения образца грунта F — от 28 до 48 кв. см (что соответствует пределам от 6 до 7,5 см, между которыми может изменяться диаметр образцов грунта в различных приборах); высота образ-

ца грунта h колеблется между 0,9 и 2,0 см; коэффициент пористости грунта при испытании ε может изменяться между 0,5 и 1,6; так как номограмма должна служить также и для определения приведенного коэффициента фильтрации, то нижний предел коэффициента пористости ε принят равным нулю; начальный коэффициент пористости ε_0 колеблется между 0,5 и 1,6.

Температура воды T° может изменяться между 4°C и 30°C , соответственно температурная поправка u колеблется между 0,618 и 1,20. Промежуток времени t между отсчетами по пьезометру может составлять от 1 минуты до 1 суток.

Отношение напоров воды в пьезометре в начале и в конце интервала времени H_1/H_2 изменяется между 1,06 и 2; шкала для результата — коэффициента фильтрации k должна охватывать все его значения между $2,7 \times 10^{-9} \text{ см сек}^{-1}$ до $2,4 \times 10^{-3} \text{ см сек}^{-1}$.

Номограмма состоит из следующих шкал: восьми градуированных шкал для переменных, характеризующих условия и данные опыта; эти шкалы помечены символами f , F , ε_0 , h , ε , T , H и t надписанными *над* шкалами; далее одной градуированной шкалы для результата, т. е. для коэффициента фильтрации k , подписанной *под* шкалой, и наконец шести немых шкал, обозначенных римскими цифрами I до VI, подписанными *под* шкалами; немые шкалы служат для перехода от одной градуированной шкалы к другой. Некоторые из шкал, называемые слившимися, используются дважды, как градуированные шкалы для данных опыта и как немые шкалы для промежуточных построений. Эти шкалы имеют два обозначения — сверху и внизу; таких шкал на номограмме четыре, а именно: F и II; ε_0 и IV; h и V; ε и VI. Остальные две немые шкалы (I и III) самостоятельные. Всего на номограмме 11 шкал.

Порядок, в котором расположены шкалы на номограмме в точности отвечает тому порядку, в котором должны быть использованы эти шкалы при графическом решении задачи: однако он отличается от того порядка, в котором написаны переменные в формуле коэффициента фильтрации (1). Это сделано умышленно и преследует следующую цель.

Обычно один и тот же образец грунта испытывается на фильтрацию под различными нагрузками; это в частности нередко применяется при комбинированных определениях компрессионных и фильтрационных свойств грунтов. В этом случае при каждой ступени нагрузки делается несколько отсчетов (от 4 до 6), что позволяет сделать от 3 до 5 повторных определений коэффициента фильтрации для данной ступени нагрузки.

Поэтому данные, используемые при обработке результатов опыта могут быть подразделены на следующие три группы:

1. Данные, характеризующие размеры приборов (комфильметра и пьезометра) и начальные измерения образца грунта; сюда относятся: площадь сечения образца грунта F , площадь трубки пьезометра f ,

высота слоя грунта h и начальный коэффициент пористости грунта ε_0 . Эти величины являются неизменными для всех опытов на фильтрацию с данным образцом грунта:

2. Данные, характеризующие состояние грунта во время испытания на фильтрацию—коэффициент пористости ε . Этот коэффициент различен для разных ступеней давления, но постоянен для всех опытов, приведенных при неизменной величине давления.

3. Данные, характеризующие различные этапы опыта для каждой ступени давления; сюда относятся: температура воды T , отношение напоров H_1/H_2 и время t , в течение которого напор уменьшается от H_1 до H_2 . Эти данные различны как для разных ступеней давления, так и для разных этапов испытания, проведенных при неизменной величине давления.

Поэтому, для большего удобства обработки результатов опыта, номограмма разделена на три части: в левой части размещены шкалы, относящиеся к первой серии данных опыта, в средней части—ко второй и в правой части—шкалы, относящиеся к третьей серии данных. При пользовании номограммой вначале проводятся разрешающие прямые в левой ее части и на соответствующей шкале III определяется маячная точка R , которая суммирует значения величин первой серии данных. Затем проводится разрешающая прямая в средней части номограммы и на соответствующей шкале IV определяется маячная точка S_1 , характеризующая суммарное действие первых двух серий опытных данных для первой ступени вертикального давления.

Тогда все действия сосредотачиваются в правой части номограммы. Маячная точка S_1 является исходным пунктом для вычисления коэффициента фильтрации для всех опытов, проведенных при первой ступени давления. После того как будут обработаны результаты этой серии данных опыта, от той же маячной точки R проводится разрешающая прямая к шкале коэффициента пористости ε , и на вспомогательной шкале IV определяется вторая маячная точка S_2 , суммирующая действие первых двух серий опытных данных, уже для второй ступени вертикального давления. После того как будут обработаны опытные данные, относящиеся к этой ступени давления, можно перейти таким же образом и к следующим ступеням.

Для того, чтобы не сбиться при проведении разрешающих прямых, следует руководствоваться следующим правилом:

Разрешающие прямые проводятся каждый раз через следующие две точки: левая точка берется на вспомогательной шкале (обозначена римской цифрой *под* линией шкалы), правая точка берется на шкале опытных данных (обозначена буквой *над* линией шкалы), а новая точка отсекается на вспомогательной шкале (обозначена римской цифрой *под* линией шкалы). Исключение делает только для первой разрешающей прямой, которая проводится через две точки, отвечающие опытным данным. Итак, разрешающие прямые проводятся:

через f (вверху) и F (вверху), отсекается на I (внизу);
через I (внизу) и ε_0 (вверху), отсекается на II (внизу);
через II (внизу) и h (вверху), отсекается на III (внизу);
через III (внизу) и ε (вверху), отсекается на IV (внизу);
через IV (внизу) и T° (вверху), отсекается на V (внизу);
через V (внизу) и H_1/H_2 (вверху), отсекается на VI (внизу);
через VI (внизу) и t (вверху), отсекается на κ (внизу).

Обозначение шкал III и IV взяты в кружки для того, чтобы показать, что маячные точки отсекаются на этих шкалах. На номограмме сбоку изображен ключ, показывающий ход решения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Тер-Степанян Г. И. Комфильметр—прибор для компрессионных и фильтрационных испытаний грунтов. Изв. АН АрмССР, физ. мат. естеств. и техн. н., 9 (4): 3—11, 1956.
2. Тер-Степанян Г. И., К вопросу о фильтрационных испытаниях глинистых грунтов. Доклады АН АрмССР, 20 (5): 185—192, 1955.
3. Тер-Степанян Г. И. Об одном общем свойстве номограмм с параллельными шкалами для функции многих переменных. Доклады АН АрмССР, 12 (1): 3—8, 1950.

