

**Коэффициент фильтрации в зависимости от гранулометрического состава
грунта**

Научный руководитель – Раднаева Вера Дашиевна

Мисюркеева Татьяна Николаевна

Студент (магистр)

Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и
информационной безопасности, Севастополь, Россия

E-mail: tata.mis96@mail.ru

КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТА

Мисюркеева Т.Н.[1]., Раднаева В.Д.[2]., Дамдинова Т.Ц.[3]

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия

[1] Мисюркеева Татьяна Николаевна, студент 4 курса факультета экологии, сервиса и дизайна, e-mail: tata.mis96@mail.ru

Misyurkeeva Tatyana N., 4th year student of the Faculty of Ecology, Service and Design.

[2] Раднаева Вера Дашиевна, д.т.н., доц. каф. «Технология кожи, меха. Водные ресурсы и товароведение», e-mail: radnaevav@mail.ru

Radnaeva Vera D. , Dr. of technical science, Ass. Prof. of Department «Technology of Leather and Fur. Water Resources and Commodity Research».

[3] Дамдинова Татьяна Цыбиковна, к.т.н., доц. каф. «Инженерная и компьютерная графика», e-mail: dtatyanac@mail.ru

Damdinova Tatyana Ts., candidate of technical science, Ass. Prof. of Department "Engineering and Computer Graphics»

Выполнен корреляционный анализ между коэффициентом фильтрации грунта и его гранулометрическим составом.

Ключевые слова: корреляция, коэффициент, фильтрация, почва, размер, гранулы.

FILTRATION COEFFICIENT DEPENDING ON THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE SOIL

Misyurkeeva T.N., Radnaeva V.D., Damdinova T.Ts.

*East Siberia State University of Technology and Management,
Ulan-Ude, Russia*

Correlation analysis between the soil filtration coefficient and its granulometric composition has been performed.

Keywords: correlation , coefficient, filtration, soil, size, granules.

Под воздействием техногенных факторов происходит локальное загрязнение подземных вод. В наибольшей степени подвержены загрязнению грунтовые воды и напорные воды первых от поверхности водоносных горизонтов, имеющие тесную гидравлическую связь с поверхностными водами. Большая роль в защите подземных вод от загрязнения принадлежит свойствам грунта. Целью работы являлось изучение процесса фильтрации в зависимости от гранулометрического состава грунта.

Объекты и методы исследования

Локальным загрязнением почвы в черте города Улан-Удэ подвержены участки вблизи промышленных площадок и автомобильных дорог. Для города характерно замещение естественного почвенного покрова техногенными группами, которые представляют собой песчано-галечно-гравийный материал, гранитный щебень и дресву перемешанный с отходами строительных работ [1]. Поэтому в качестве модели использовали речной гравий, а также искусственно сложенные грунты, состоящие из смеси его фракций.

Гранулометрический состав грунта определяли ситовым методом [2] Для этого использовали стандартный набор сит с величиной отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1, мм, лабораторные весы с точностью взвешивания 0,01 г. Перед началом работы грунт был высушен до воздушно сухого состояния. Содержание в грунте каждой фракции A , %, вычисляли по формуле (1):

(1)

где g_{ϕ} - g_{Γ}

масса данной фракции грунта, г;

масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Коэффициент фильтрации определяли по [3]. Образцы грунта взвешивали на лабораторных весах с погрешностью $\pm 0,01$ г. Количество частных определений коэффициента фильтрации для каждого инженерно-геологического элемента (слоя грунта) составляло не менее шести.

Скорость фильтрации v , см/с, вычисляли по формуле 2:

(2)

где V -

объем воды, профильтровавшейся на этапе испытания, см³;

t -

время фильтрации на этапе испытания, с;

F -

площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом, см.

В случае необходимости проводили отбраковку недостоверных опытных точек и аппроксимировали оставшиеся прямой линией, выходящей из начала координат. Число точек для аппроксимации было не менее трех.

Рисунок 1 - График для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов при проведении испытаний в стационарном режиме фильтрации

Коэффициент фильтрации K , см/с, при температуре проведения испытания, равный угловому коэффициенту построенной прямой линии, вычисляли по формуле (3):

(3)

где I и v -

координаты произвольной точки на построенной прямой линии.

Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут, приведенный к условиям филь трации при температуре 10°C , вычисляли по формуле (4):

$$, \quad (4)$$

где -

поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10°C ;

$T_{\text{ф}}$ -

фактическая температура воды при испытании, $^{\circ}\text{C}$;

864 -

переводной коэффициент (из сантиметров

в секунду в метры в сутки).

Коэффициент фильтрации вычисляли до второй значащей цифры.

Результаты и обсуждение

Результаты определения гранулометрического состава исследуемого грунта представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Гранулометрический состав грунта

Размер частиц, мм

>10

5,0-10,0

2,0-5,0

1,0-2,0

0,5-1,0

0,25-0,5

0,1-0,25

<0,1

Итого

Гранулометрический состав грунта в %

10,37

16,59

20,68

19,11

20,56

9,62

2,30

0,77

100,00
Масса, г
101,71
162,77
202,84
187,50
201,71
94,35
22,59
7,60
981,07

Как видно из таблицы 1, наибольшее содержание от общей массы исследуемого образца грунта 22,68% составляет фракция с размерами частиц от 2-5 мм (гравелистые частицы). Наименьшая фракция 0,77% - это пылеватые частицы с размерами менее 0,1 мм.

Наибольшую долю частиц в исследуемом речном гравии составляют гравелистые частицы 2-5 мм (20,68%) и крупные частицы с размерами 0,5- 1,0 мм 20,56% и 1,0-2,0 мм - 19,11%.

В качестве объектов для определения коэффициентов фильтрации и получения зависимости этой величины от размера частиц были выбраны об разцы фракций 0,25-0,5 мм; 0,5 -1 мм; 1-2 мм и 2-5 мм.

Коэффициент фильтрации определяли по ГОСТ 25584-2016 [3] с помощью прибора КФ-00М. Перед испытанием испытуемый песок и воду выдерживали в лаборатории для выравнивания их температуры с температурой воздуха. Цилиндр прибора заполняли испытуемым грунтом, после чего, надевали на него муфту и перфорированное дно с латунной сеткой, предотвращающие осыпание в корпус грунта.

До момента насыщения грунта водой, заполненный цилиндр устанавливали на подставку корпуса с водой, предварительно настроив градиент напора до отметки 0,8. В процессе водонасыщения грунта поддерживали постоянный уровень воды у верхнего края корпуса.

Испытание проводили поэтапно с увеличением значения градиента напора (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0) на каждом последующем этапе. Вращением подъёмного винта устанавливали поставку с цилиндром на соответствующей отметке градиента напора. На момент изменения значения отметки градиента напора в корпус доливали воду до его верхнего края. Мерный стеклянный баллон наполняли водой, закрывая отверстие пальцем. Затем поднося баллон ближе к цилиндру с грунтом и опрокидывая его отверстием вниз, быстро вставляли баллон в муфту фильтрационной трубки, так, чтобы его горлышко соприкасалось с латунной сеткой, а в баллон поступали пузырьки воздуха.

При установлении равномерного режима фильтрации фиксировали уровень воды до ближайшей целой отметки и включали секундомер, приняв мая это время за начало фильтрации. Измерение времени протекания воды проводили по истечении каждых 10 см³. Для каждого значения градиента напора выполнено по 5 измерений времени фильтрования.

Скорость фильтрации v , см/с вычисляли по формуле (4). Коэффициентом фильтрации является отношение скорости фильтрации к градиенту напора I . Результаты определения коэффициента фильтрации отдельных фракций модельного грунта представлены в таблице 2. Коэффициент фильтрации является угловым коэффициентом прямой зависимости градиента напора от скорости фильтрации. Поэтому для проверки достоверности проведённого испытания построены графики определения коэффициентов фильтрации для каждого образца искусственных грунтов. В качестве примера представлен график для определения коэффициента фильтрации грунта с размерами частиц 0,25-0,5 мм на рисунке 2. Согласно рисунку 2, коэффициент детерминации полученной зависимости равен

0,98, что свидетельствует о высокой достоверности аппроксимации данных. Для остальных фракций грунта определение коэффициента фильтрации проводили аналогично по кривым зависимости скорости фильтрации от градиента напора. Зависимость величины коэффициента фильтрации K от

Таблица 2 - Коэффициент фильтрации отдельных фракций модельного грунта.

Размеры фракций грунта d , мм

Градиент напора, I

Среднее время фильтрации, t_{cp} ,
сек.

Скорость фильтрации, v , см/с

Коэффициент фильтрации K , см/с

K_{cp} , см/с

0,25-0,50

0,20

60,31

0,01

0,03

0,03

0,40

41,55

0,01

0,02

0,60

22,87

0,02

0,03

0,80

15,36

0,03

0,03

1,00

11,78

0,03

0,03

0,50-1,00

0,20

35,52

0,01

0,06

0,07

0,40
16,98
0,02
0,06
0,60
7,87
0,05
0,08
0,80
6,65
0,06
0,08
1,00
5,64
0,07
0,07

1,00-2,00
0,20
13,48
0,03
0,15

0,15
0,40
6,09
0,07
0,16
0,60
4,39
0,09
0,15
0,80
3,31
0,12
0,15
1,00
2,68
0,15
0,15

2,00-5,00
0,20
3,30
0,12
0,61

0,55
0,40
2,02
0,20
0,50
0,60
1,61
0,25
0,41
0,80
0,80
0,50
0,63
1,00
0,73
0,55
0,55

размера частиц грунта показана на рисунке 3. Из представленных данных можно сделать вывод о том, что с увеличением размера частиц грунта d от 0,25 до 5,00 мм растёт значение коэффициента фильтрации K от 0,03 до 0,55. То есть, чем больше значение размера частиц грунта, тем больше коэффициент фильтрации.

Для приближения искусственных грунтов к реальным, которые могут встречаться в естественных условиях среды были

Рисунок 2 - График для определения коэффициента фильтрации грунта с размерами частиц 0,25-0,5 мм

Рисунок 3-Зависимость размера частиц грунта d от значения коэффициента фильтрации K

приготовлены модельные смеси грунтов путём смешения разных фракций. Модельная смесь была приготовлена из наиболее распространённых фракций исследуемого речного гравия. Компонентами данной смеси стали фракции с размерами частиц 0,5-1,0 мм; 1,0-2,0 мм и 2,0-5,0 мм, которые составляли наибольшие доли от общей массы. Искусственная смесь была приготовлена исходя из процентного содержания этих фракций в их общей массе (34,26% для фракции с размерами частиц 2,0-5,0 мм, 31,67% для фракции с размерами частиц 1,0-2,0 мм и 34,07% для фракции с размерами частиц 0,5 - 1,0 мм.). Общая масса трёх взятых фракций составила 592,05 г.

Для искусственной смеси и гравия естественного сложения также определены скорость фильтрации для разных градиентов напора и коэффициент фильтрации (таблица 3).

Таблица 3 -Коэффициент фильтрации модельной смеси и гравия природного сложения.

Размеры

фракций грунта d , мм

Градиент напора, I

Среднее время фильтрации t_{cp} , сек

Скорость

фильтрации, v , см/с

Коэффициент

фильтрации K , см/с

K_{cp} , см/с

Смесь

0,20

71,16

0,01

0,03

0,08

0,40

13,35

0,03

0,07

0,60

7,20

0,06

0,09

0,80

5,41

0,07

0,09

1,00

3,46

0,12

0,12

Гравий

0,20

106,04

0,01

0,02

0,05

0,40

24,55

0,02

0,04

0,60
9,36
0,04
0,07
0,80
7,94
0,05
0,06
1,00
6,83
0,06
0,06

По данным таблицы построены графики зависимости скоростей от градиента фильтрации данных образцов грунта (рисунки 4-5).

Из рисунков 3,4 видно, что угловый коэффициент получившихся прямых составляет 0,08 и 0,05 для смеси и гравия соответственно. Уменьшение скорости и коэффициента фильтрации гравия по отношению к искусственной смеси связано с присутствием в гравии мелких и пылеватых частиц, задерживающих пропускание фильтрующейся жидкости.

Рисунок 4- График для определения коэффициента фильтрации модельной смеси

Рисунок 4 - График для определения коэффициента фильтрации гравия природного сложения

Заключение

Таким образом, определены значения коэффициента фильтрации для фракций речного гравия с размером частиц 0,25-0,50 мм; 0,50-1,00 мм; 1,00- 2,00 мм; 2,00-5,00; а также для гравия природного сложения и смеси трёх фракций 0,50-1,00 мм; 1,00-2,00 мм; 2,00-5,00. Коэффициент фильтрации для выбранных фракций составил 0,03-0,55 мм, для гравия и смеси 0,08 и 0,05. Установлено, что с увеличением размера частиц грунта растёт скорость фильтрации и значение коэффициента фильтрации.

Список использованных источников

1. Современная архитектурно-планировочная ситуация городского округа Улан-Удэ. URL: <http://textarchive.ru/c-1164865-p12.html> (дата обращения 02.06.2019).
2. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с. (Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС)).
3. ГОСТ 25584-2016 Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. М., Стандартинформ, 2016. 19 с. (Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС)).