

розионной защиты стальных мелиоративных трубопроводов составляет 42 р. на 1 м² изоляционного защитного покрытия.

1. Грунт-преобразователь ржавчины: а.с. 1466238 А1. МПК⁷ С 09 D 5/12 / А. Г. Алимов, В. В. Карпунин, А. И. Рахимов (СССР) [и др.]. – 1987 (для служебного пользования).

2. Грунт-модификатор ржавчины: а. с. 1752017 А1. МПК⁷ С 23 С 22/08. / А. Г. Алимов, О. А. Алимов, В. В. Карпунин (СССР) [и др.]. – 1990 (для служебного пользования).

3. Состав мастики для пропитки стеклохолста: а. с. 1729109 А1. МПК⁷ С 08 L 95/00, С 08 К 5/14 / А. Г. Алимов, В. В. Карпунин, Н. Е. Варламов (СССР) [и др.]. – 1991 (для служебного пользования).

4. Способ нанесения антикоррозионного покрытия на стальные трубы: а. с. 1788384 А1. МПК⁷ F 16 L 59/14. / А. Г. Алимов, О. А. Алимов, А. В. Карпунин (СССР) // Бюллетень изобретений. – 1993. – № 2.

5. ГОСТ 9.602-2005 Единая система

защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Изд-во стандартов, 2005.

6. Карпунин В. В. Современный метод определения долговечности наружной антикоррозионной изоляции стальных трубопроводов на мелиоративных системах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 2 (18). – С. 155–161.

7. Способ определения долговечности наружного антикоррозионного защитного покрытия стальных подземных трубопроводов: патент № 2277610 (RU), С 1. МПК С 23 F 13/00 (2006.01) / В. В. Карпунин, А. Г. Алимов (RU) // Бюллетень изобретений. – 2006. – № 16.

Материал поступил в редакцию 03.03.11.

Карпунин Василий Валентинович, кандидат технических наук, директор
Тел. 8 (8442) 35-55-67 (приемная)
8 (8442) 35-53-34
E-mail: pniemt@vistcom.ru

УДК 502/504:631.618:665.5

А. П. КАЗЁННИКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЕНЕТРАЦИИ ИЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГРУНТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Описано расположение объектов исследования, представлены методики: проведения полевых испытаний, определения пенетрации грунтов, загрязнения грунта нефтепродуктами. Приведены результаты опытов, представлен статистический анализ. Получен результат – уменьшение сопротивления пенетрации грунта при дополнительном увлажнении и загрязнении нефтепродуктами.

Пенетрация, сопротивление пенетрации, иллювиальный грунт, влажность, нефтепродукты, дизельное топливо, метод загрязнения, дополнительное увлажнение, пенетрометр.

Location of researched objects is described, there are given the following methods of: fulfillment of field tests, determination of soil penetration, soil contamination by oil product. There are given results of tests and their statistical analysis. The following result is obtained – soil penetration resistance decreases under additional moistening and contamination by oil product.

Penetration, penetration resistance, illuvial soil, moisture, oil product, diesel fuel, method of pollution, additional moistening, penetrometer.

Повседневное использование человеком в своей хозяйственной деятельности большого количества жидких углеводородов приводит к неизбежному попаданию их в окружающую природную среду. Легкие фракции нефтепродуктов частично испаряются в атмосферу. Более тяжелые, попадая на поверхность почв и грунтов при проливах и протечках, накапливаются в них, постепенно просачиваясь и загрязняя лежащие ниже слои. В конечном итоге нефтепродукты попадают в иллювиальный горизонт грунтового массива, который может быть вскрыт при проведении земляных работ, например при прокладке дорожного полотна. Загрязненные почвы и грунты приходится удалять. Для этого применяют различные землеройные машины, движители и рабочие органы которых непосредственно контактируют с загрязненными почвами и грунтами. В результате загрязнения изменяются физико-механические свойства почв и грунтов, что влияет на процессы их разработки и транспортировки при ликвидации очагов загрязнения, а также на производительность машин.

Поскольку иллювиальные грунты являются образованиями, сформировавшимися в течение длительного времени и имеющими структуру и состав, отличающиеся от поверхностных слоев грунта (они более тонкодисперсные и плотные в естественном сложении, содержат большее количество железа), следовательно, их физико-механические свойства будут иными по сравнению с грунтами другого генезиса. Влияние загрязнения нефтепродуктами иллювиальных грунтов на производительность мелиоративных и строительных машин недостаточно изучено.

В ходе исследований определялось изменение сопротивления пенетрации. В последующем полученные зависимости планируется использовать для определения производительности землеройных машин при переходе от значений сопротивления пенетрации к значениям сил сопротивления резанию и копанию.

В результате опытов были получены значения пенетрации иллювиальных грунтов при разной влажности, структу-

ре, плотности, степени загрязнения.

В качестве загрязнителя использовалось дизельное топливо марки Д, относящееся к тяжелым видам жидкого углеводородного топлива, являющееся основным для автотракторных дизельных двигателей и наиболее распространенным на большей части России в различных климатических зонах [1].

Полевые исследования проводились на землях стационара кафедры мелиорации и рекультивации земель Московского государственного университета природообустройства – крутом склоне с абсолютными отметками 240...245 м вблизи деревни Селково Сергиев-Посадского района Московской области (около 30 км по Новоуглическому шоссе на север от города Сергиев Посад) в период с 10 по 11 июля 2010 года.

Для проведения опытов по измерению влажности и сопротивления пенетрации иллювиальных грунтов на склоне выкопали три траншеи длиной 4...5 м. Дно траншей выровняли относительно горизонтали. Кровлю иллювиального горизонта вскрыли на глубине примерно 0,7...0,9 м. При выравнивании поверхности грунта отмечалась высокая влажность, плотность и большое сопротивление режущему инструменту.

Грунт – иллювиальная глина бурокоричневого цвета, тонкодисперсная, имеющая в массиве нарушения сплошности – трещины светло-серого цвета. Характерный цвет грунта указывает на значительное количество железа в его составе, что необходимо учесть при определении основных физико-механических характеристик. При отборе проб для определения влажности отмечена сравнительно высокая однородность образцов по гранулометрическому составу.

Перед исследованиями пенетрации на всех площадках проводился отбор проб грунта из десятисантиметрового слоя при помощи полевого прибора Литвинова для последующего определения влажности и плотности термостатно-весовым способом.

Сопротивление пенетрации определяли пенетрометром с приложением статической нагрузки. Основные параметры

пенетрометра приведены в табл. 1. Сопротивление пенетрации рассчитывали по формуле В. А. Кудряшова как частное от приложенной нагрузки к площади поперечного сечения заглубленного конуса на уровне грунта [2]:

$$R_{\text{pe}} = \frac{M}{\pi \left(h \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^2},$$

где R_{pe} – сопротивление пенетрации, кг/см²; M – масса рабочего тела пенетрометра, кг; h – глубина погружения конуса в грунт, см; α – угол при вершине конуса, град.

Метод пенетрации (от лат. *penetro* – проникаю, достигаю) позволяет определить сопротивление грунта при внедрении в него инородного тела (в нашем случае конуса) под нагрузкой.

Стол пенетрометра устанавливали на подготовленной площадке при помощи трех регулируемых опор и выравнивали в горизонтальной плоскости при помощи двух жестко закрепленных на рабочем столе уровней, которые обеспечивали приложение сосредоточенной нагрузки строго по нормали к испытываемой поверхности грунта. Закрепленный на штанге рабочий конус пенетрометра устанавливали в направляющую втулку и выравнивали таким образом, чтобы жало конуса касалось поверхности грунта, но не проникало в него. После этого штанга жестко фиксировалась во втулке зажимным маховиком. От базы направляющей втулки до базы штанги измеряли первый параметр H_1 (см), после чего на штангу устанавливали комплект грузов.

Резко повернув маховик, рабочее тело пенетрометра освобождали от фиксации. Под действием приложенной нагрузки конус проникал в грунт до полной остановки. Комплект грузов снимали, затем измеряли второй параметр H_2 (анало-

гично первому H_1).

Штангу с конусом извлекали из грунта, после чего цикл повторяли.

Разность параметров H_1 и H_2 дает глубину погружения конуса в грунт h (с помощью данного параметра рассчитывали сопротивление пенетрации R_{pe}).

Для загрязнения грунта был использован налив в ограждающее кольцо в виде тонкостенного дюралевого цилиндра высотой 200 мм с внутренним диаметром 180 мм. Для уменьшения бокового растекания кольцо равномерно заглублялось на 20...30 мм. Внутреннюю поверхность цилиндра выстилали полиэтиленовой пленкой, цилиндр заполняли дизельным топливом. Затем пленку резким движением удаляли, что позволяло обеспечить практически одновременное начало впитывания по всей поверхности контакта грунта с загрязнителем. Таким же образом проводили дополнительное увлажнение.

Ввиду высокой влажности и плотности грунта отмечено значительное время впитывания жидкостей (около суток). При загрязнении нефтепродуктом наблюдалось его высачивание на поверхность грунта в виде смоченного кольца за стенками цилиндра.

Полученные в ходе опытов результаты по измерению обеспеченности сопротивления пенетрации в иллювиальных грунтах представлены на рисунках 1...3.

Влажность грунта по группе площадок, испытанных в естественных условиях, определяли весовым методом (табл. 2) [3].

Зависимость обеспеченности сопротивления пенетрации по группе площадок с естественной влажностью и значение коэффициента корреляции показаны на рис. 1.

Таблица 1
Основные параметры пенетрометра с приложением статической нагрузки

Параметр	Значение
Угол заострения конуса при вершине	9°30'
Масса съёмного конуса, кг	0,132
Масса направляющего штока, кг	0,9
Суммарная масса стержня, кг	1,032
Масса одного груза, кг	0,75
Общее число грузов, шт.	12,0
Суммарная масса грузов, кг	9,0
Масса рабочего тела пенетрометра (конус + шток + грузы), мах, кг	10,032

Таблица 2

Исходная влажность илливиального грунта в естественном сложении по группам площадок

Бюкс	Плотность грунта в естественном сложении, г/см ²	Пористость, доля	Объемная влажность грунта, доля	Влажность, доля пористости
1	1,928	0,311	0,285	0,916
2	1,957	0,301	0,284	0,942
3	1,940	0,307	0,271	0,882
4	1,978	0,294	0,287	0,977
Среднее значение сопротивления пенетрации (ЕГ)	1,951	0,303	0,282	0,929
5	1,857	0,337	0,315	0,934
6	1,908	0,319	0,314	0,987
7	1,918	0,315	0,295	0,935
8	1,900	0,321	0,318	0,991
Среднее значение сопротивления пенетрации (ДУ)	1,896	0,323	0,311	0,962
9	1,881	0,328	0,300	0,914
10	1,974	0,295	0,295	0,998
11	1,975	0,295	0,294	0,998
12	1,852	0,339	0,318	0,939
Среднее значение сопротивления пенетрации (ДТ)	1,920	0,314	0,302	0,962

Примечания: бюксы 1...4 – естественный грунт (ЕГ); бюксы 5...8 – перед дополнительным увлажнением (ДУ); бюксы 9...12 – перед загрязнением дизельным топливом (ДТ).

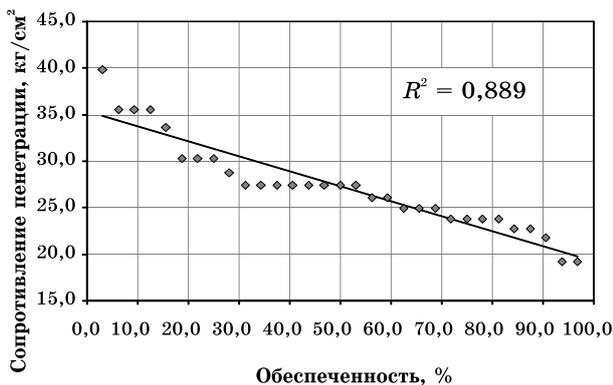


Рис. 1. Обеспеченность сопротивления пенетрации при естественной влажности

При средней исходной влажности 0,929 доли пористости среднее значение сопротивления пенетрации составило 27,4 кг/см², при 50 % обеспеченности – 27,3 кг/см², среднеквадратичное отклонение – 4,7 кг/см², коэффициент вариации – 0,177 (закон распределения величины отличается от нормального).

Графики зависимостей сопротивления пенетрации от обеспеченности по остальным группам площадок были построены аналогичным способом.

Зависимость обеспеченности сопротивления пенетрации по группе дополнительно увлажненных площадок и значение коэффициента корреляции показаны на рис. 2.

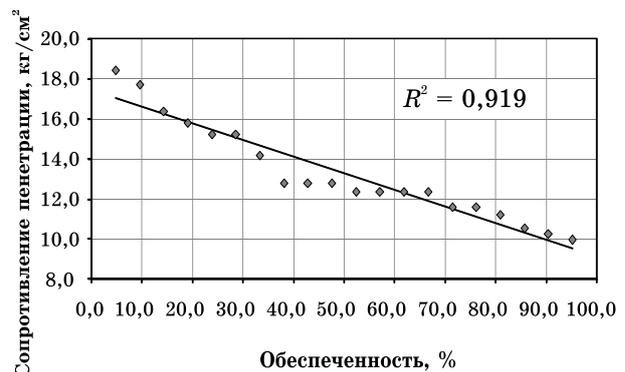


Рис. 2. Обеспеченность сопротивления пенетрации при дополнительном увлажнении

Площадки этой группы были дополнительно увлажнены водой. Ввиду большой начальной влажности грунта отмечено, что часть воды высочилась на поверхность за пределами кольца. В результате среднее значение сопротивления пенетрации составило 13,3 кг/см², при 50 % обеспеченности – 12,9 кг/см², среднеквадратичное отклонение – 2,4 кг/см², коэффициент вариации – 0,182.

Зависимость обеспеченности сопротивления пенетрации по группе площадок, загрязненных дизельным топливом, и значение коэффициента корреляции показаны на рис. 3.

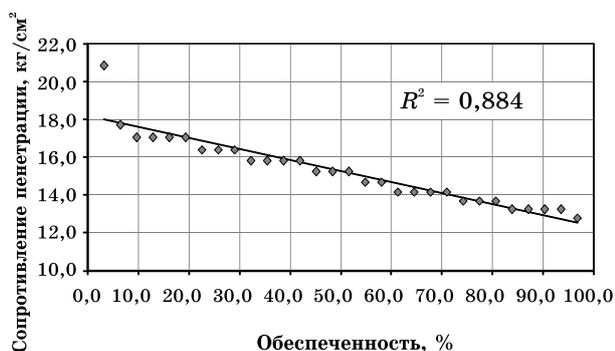


Рис. 3. Обеспеченность сопротивления пенетрации при загрязнении дизельным топливом

Среднее значение сопротивления пенетрации составило 15,2 кг/см², обеспеченностью 50 % – 15,2 кг/см², среднеквадратичное отклонение – 1,7 кг/см², коэффициент вариации – 0,116.

Значения пенетрации иллювиальных грунтов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сводные значения сопротивления пенетрации

Условие эксперимента	Средняя исходная влажность, доля пористости	Среднее сопротивление пенетрации, кг/см ²		
		По группам площадок	При 50 % обеспеченности	Коэффициент вариации
Грунт естественной влажности	0,929	27,4	27,3	0,177
Дополнительно увлажненный грунт	0,962	13,3	12,9	0,182
Естественный грунт, загрязненный дизельным топливом	0,962	15,2	15,2	0,116

Выводы

Дополнительное увлажнение значительно уменьшает величину пенетрации иллювиальных глин. По результатам опытов она составила 49 %.

Загрязнение влажных тонкодисперсных иллювиальных глинистых грунтов дизельным топливом также изменяет сопротивление пенетрации, которое, по результатам опытов, уменьшилось до 56 % и, судя по значению коэффициента вариации, сделало сопротивление более равномерным.

1. Обельницкий А. М. Топливо и смазочные материалы: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1982. – 208 с.

2. Кудряшов В. А. Методические аспекты использования микропенетromетра МВ2 для измерения сопротивления пенетрации почв/ Тезисы докладов Второго съезда общества почвоведов (27–30 июня 1996 года). – Сиб. агрофизический НИИ РАСХН, 1996.

3. Бабков В. Ф., Безрук В. М. Основы грунтоведения и механики грунтов: учебник для студентов автомобильно-дорожных вузов. – М.: Высшая школа. 1976. – 328 с.

Материал поступил в редакцию 06.12.11.

Казёнников Александр Петрович, аспирант

Тел. 8-903-579-98-46

E-mail: pereswet_1971@mail.ru