

УДК 535.215-15

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА

Александр Сергеевич Гордеев

доктор технических наук, профессор

gorde2020@gmail.com

Юрий Александрович Каширин

магистрант

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлена оценка показателей взаимной связи плотности почвы и сопротивления пенетрации при замерах, определены факторы, влияющие на эту связь, а также недостатки конструкции устройства для исследования плотности почвы, и пути повышения эффективности его работы

Ключевые слова: цифровое устройство, пенетрометр, плотность, математический анализ.

Исследование почвы имеет большое значение для правильного роста и развития культурных растений. В различных исследованиях [1-3] представлены результаты влияния роста растений в том числе от состояния почвенного покрова. При этом определение состояния почвы необходимо проводить быстро и точно, например по ее цветовой характеристике [4, 5]

В ходе научно-исследовательской деятельности было разработано цифровое устройство для полевого исследования плотности почвы (рисунок 1). Оно позволяет производить замер сопротивления пенетрации грунта, контроль текущей глубины пенетрации ультразвуковым методом, определение координат измерений при помощи данных GPS. Все полученные данные устройства записываются в файл на sd карту. Показания обрабатываются микроконтроллером, проходят цифровую фильтрацию и выводятся на дисплей во всем диапазоне измерения. Технические характеристики приведены ниже в таблице 1:



Рисунок 1 – Разработанный цифровой пенетромтр в процессе проведения измерений

Технические характеристики разработанного устройства для исследования плотности почвы

Параметр	Значение
Масса разработанного устройства, кг.	5.4
Диапазон измерения глубины, см.	0 – 80
Диапазон измерения усилия, кгс.	0- 90
Время одного измерения, сек.	8
Время непрерывной работы на одном заряде батареи, ч.	11,5
Потребляемый ток в режиме измерения, мА	300

В ходе работы были проведены замеры сопротивления пенетрации различных типов грунтов с помощью разработанного устройства, а также выполнен забор образцов грунта для определения плотности в ненарушенном сложении. Ниже представлены результаты замера сопротивления пенетрации и плотности чернозема произведенные после весенней обработки и посева подсолнечника. Замер производился близ д. Фонвизино, Тамбовской области, Первомайского района, в точке с координатами 53.148801, 40.318205 (рисунок 2).

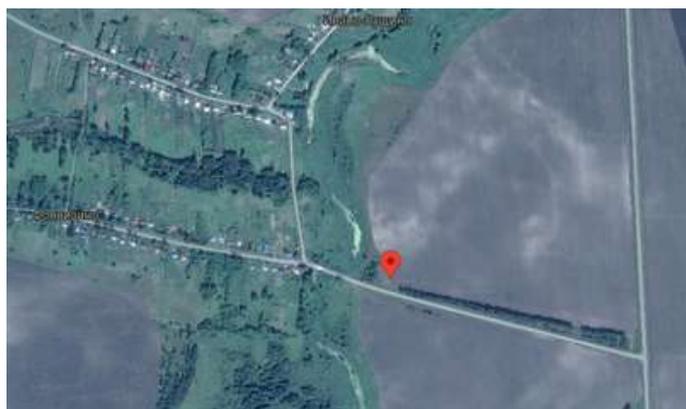


Рисунок 2 – Местоположение отбора проб около д. Фонвизино

Было произведено 9 замеров сопротивления пенетрации в радиусе 5 метров от места забора образцов. После данных замеров был произведен отбор проб с применением трубного бура, схема которого отображена на рисунке 3.

Он позволяет отобрать цилиндрический образец грунта на глубину до 80 см без нарушения естественного сложения. В действие приводится при помощи воротка для ледобура, а хорошую скорость реза обеспечивают вставки из быстрорежущей стали. На поверхность нанесена разметка и надписи для контроля глубины бурения.



Рисунок 3 – Пробоотборник для взятия образцов грунта.

По окончании бурения образцы грунта были извлечены из бура, помещены в полиэтиленовые пакеты, герметично упакованы и взвешены. Данные полученные после взвешивания были занесены в таблицу. После этого образцы были подвергнуты сушке в электрическом духовом шкафу при температуре 110-150 °С в течении 8 часов [6]. За это время имеющаяся влага была удалена, и по извлечению из шкафа, образцы были подвергнуты повторному взвешиванию, результаты которого, также были занесены в таблицу.

Все результаты проведенных измерений были сведены в общую таблицу, и ранжированы по типу. В первом столбце приведена глубина замера сопротивления пенетрации и отбора образца грунта. Во втором – масса образцов после бурения; в третьем – показания сопротивления пенетрации прибора; в четвертом – масса образцов грунта сразу после 8 часового цикла сушки, в пятом – расчетный показатель плотности почвы [6-9]. Полученный массив данных представлен в таблице 2.

Таблица 2

Результаты замеров сопротивления пенетрации и плотности почвы

Глубина	Масса образцов после бурения	Показания пенетromетра	Масса образцов после сушки	Расчетная плотность
0-10	180,80	2,76	147,71	0,922

0-10	184,51	2,98	149,45	0,93
0-10	182,35	1,97	146,79	0,92
10-20	180,35	12,27	146,08	0,91
10-20	186,10	14,36	149,62	0,93
10-20	188,19	14,84	151,11	0,94
20-30	182,15	23,77	146,08	0,91
20-30	191,23	38,50	155,47	0,97
20-30	189,42	27,75	153,99	0,96
30-40	188,60	48,60	154,09	0,96
30-40	201,33	47,45	165,29	1,03
30-40	192,12	49,30	158,31	0,99
40-50	193,46	60,10	159,41	1,00
40-50	216,52	56,98	179,06	1,12
40-50	214,82	67,39	178,30	1,11
50-60	208,78	81,23	174,33	1,09
50-60	224,95	76,15	187,83	1,17
50-60	216,36	77,56	180,01	1,12
60-70	217,65	60,40	180,43	1,13
60-70	226,45	70,09	186,82	1,17
60-70	227,10	68,71	186,68	1,17

Из полученных результатов становится ясно, что имеется довольно устойчивая зависимость между показаниями разработанного прибора и итоговым показателем плотности почвы. Коэффициент корреляции между данными величинами равняется 0,826. Согласно шкале Чеддока: показатели, корреляционные показатели которых находятся в промежутке от ± 0.71 до ± 0.9 , оказывают высокое взаимное влияние. Ниже приведен график, описывающий функциональную зависимость данных показателей.

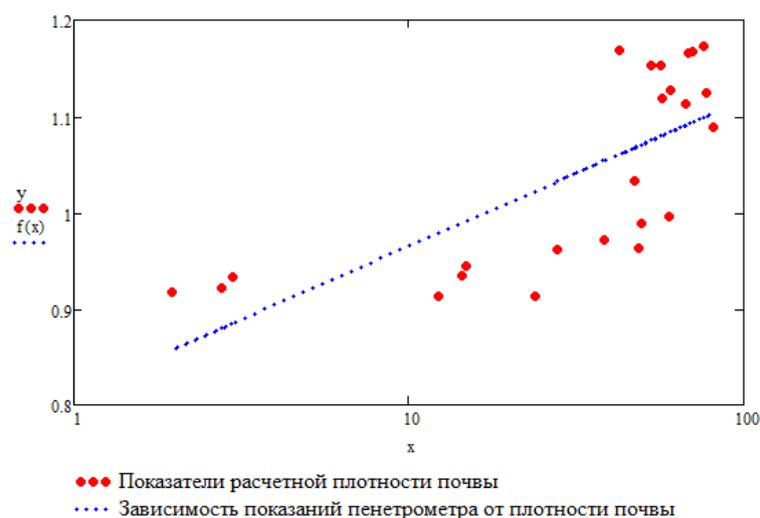


Рисунок 4 – График линейной зависимости показателей плотности почвы от показаний пенетromетра.

Исходя из графика линейной зависимости между полученными показателями плотности почвы и показаниями прибора, представленными рисунке 4, можно сделать вывод о том, что линейная зависимость не подходит для описания данной взаимосвязи показателей. Поэтому мною был проведен анализ экспоненциальной зависимости, которая более наглядно отражает взаимное влияние исследуемых показателей плотности почвы и сопротивления пенетрации, зафиксированное разработанным прибором. График данной зависимости представлен на рисунке 5.

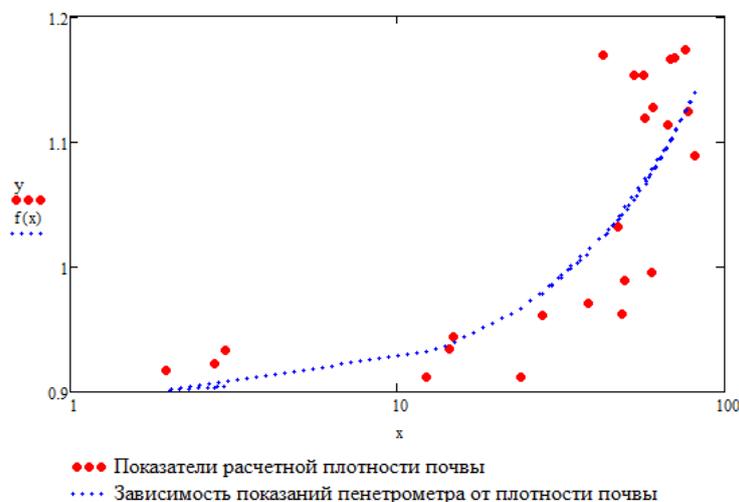


Рисунок 6 – Экспоненциальная зависимость между плотностью и показаниями пенетromетра

В этом случае вектор зависимости пролегает в непосредственной близости от основных полей корреляции и может быть описан функцией

$$f(x) = a \times e^{0.61 \times b \times 1.5x} + c$$

В ходе проведенной работы по исследованию взаимосвязи показателей сопротивления пенетрации, полученных с применением разработанного цифрового устройства, и плотностью почвы, было определено следующее:

Между данными показателями на практике наблюдается взаимосвязь, дающая основание судить об изменениях с одной по показателям другой. Эта зависимость не является линейной и во многом зависит от внешних факторов, которые необходимо учитывать в дальнейшей работе.

Также выявлены недостатки имеющегося устройства, а именно: недостаточная жесткость измерительной штанги может оказывать сильное влияние на показатели, контроль погружения зонда, при помощи ультразвукового датчика может производиться некорректно при наличии высокой растительности.

В результате работы получены данные, позволяющие, с некоторым приближением производить анализ плотности почвы по показателям сопротивления пенетрации, разработанного устройства, выявлены недостатки и рассматриваются пути их устранения.

Список литературы:

1. Эффективность борьбы с сорняками в посевах сои на территории Тамбовской области / Ж.А. Арькова, К.А. Манаенков, М.С. Колдин, А.Ч. Гаглоев, А.Н. Негреева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 4 (18). С. 15-20.
2. Манаенков К.А., Колдин М.С., Арькова Ж.А. Совершенствование обработки почвы в приствольных полосах интенсивных садов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 3 (17). С. 28-34
3. Поршнев С.В. Беленкова И.В. Численные методы на базе Mathcad. М.: БХВ-Петербург, 2005. 464 с
4. Совершенствование технологии и средств механизации при возделывании и уборке сахарной свеклы в условиях Центрального Черноземья / В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов, А.В. Алехин // Теория и практика мировой науки. 2017. № 12. С. 78-81
5. Цифровая обработка изображений для определения структуры почв / А.И. Бутенко, А.С. Гордеев, М.В. Придорогин, Б.С. Мишин, А.В. Антонов, А.М. Егоров // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 202.
6. ГОСТ 5180-2015 ГРУНТЫ Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.

7. Технология и техника в питомниководстве / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев [и др.] / под ред. А.И. Завражнова. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2018. 176 с.

8. Отражательная способность почвы в видимой и ближней инфракрасных областях оптического излучения / А.М. Егоров, Ю.А. Судник, А.С. Гордеев, М.В. Придорогин, А.Е. Бадин // Перспективы науки. 2018. № 4 (103). С. 13-21.

9. Гордеев А.С., Антонов А.В. Обработка изображений почвенных срезов // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 21.

UDC 535.215-15

STUDY OF SOIL DENSITY USING A DIGITAL DEVICE

Alexander S. Gordeev,

Doctor of Technical Sciences, professor

gorde2020@gmail.com

Yuri A. Kashirin

undergraduate

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article an assessment of the indicators of the mutual relationship of soil density and penetration resistance during measurements was given, the factors influencing this relationship, as well as the design flaws of the device for studying soil density, and ways to improve the efficiency of its work were determined.

Key words: digital device, penetrometer, density, mathematical analysis.

Статья поступила в редакцию 05.11.2021; одобрена после рецензирования 01.12.2021; принята к публикации 20.12.2021. The article was submitted 05.11.2021; approved after reviewing 01.12.2021; accepted for publication 20.12.2021.