

При высоких требованиях к точности дозирования, соответствующих формуле (2) и при $\Delta t_{\text{зад}} \leq 10 \frac{\pi}{\omega_{\phi}}$, необходимо применение преобразователей с малыми значениями $T_{\text{д}}$ (времени дифференцирования), что позволит расширить $\omega_{\text{п}}$. Тогда для соблюдения условия (2) необходимо увеличивать быстродействие и других звеньев, что приведет к увеличению $K_0 K_p$ и уменьшению $\frac{T_{\text{п}}}{\tau}$ и, как следствие, к снижению запаса устойчивости системы. Однако величина τ в нашей схеме есть интервал, через который регулирующее воздействие влияет на поток материала. Тогда для обеспечения условия (2) необходимо, чтобы $\tau \ll \Delta t_{\text{зад}}$. Эффективная полоса пропускания в данном случае будет равна:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{\int_0^{\infty} \left(\frac{8Sn^2 \omega \tau}{\tau \omega^2} \right)^2 d\omega}{\left(\frac{\tau}{2} \right)^2} = \frac{4\pi}{3\tau}. \quad (11)$$

Из сопоставления (8) и (11) видно, что в последнем случае эффективная полоса пропускания в 2,5 раза больше. Это обстоятельство весьма важно для решения поставленной задачи.

Заключение. В качестве гипотезы анализа качества регулирования при воздействии стохастического возмущения $Q(t)$ рассмотрена тенденция изменения значения среднеквадратического отклонения объема материала в последовательных участках потока за интервалы времени Δt . Оценку качества регулирования рабочего сечения следует определять при условии подачи на входы системы заданной функции $Q_{\text{зад}}(t)$ и случайного сигнала $Q(t)$. При предъявлении требований к точности регулирования системы была обоснована длительность интервала, через который регулирующее воздействие влияет на поток материала, по отношению к которому должна обеспечиваться заданная точность. Рекомендовано применение преобразователей с малыми значениями времени дифференцирования $T_{\text{д}}$, что позволит расширить полосу пропускания $\omega_{\text{п}}$. Эффективная полоса пропускания, гарантирующая устойчивость системы, составит $\omega_{\text{п}} = \frac{4\pi}{3\tau}$.

Библиографический список

1. Бикбулатова, Г. Г. Технология точного земледелия // Омский научный вестник. – 2008. – №2 (71). – С. 46-49.
2. Доросинский, Л. Г. Основы и принципы построения инерциальных навигационных систем / Л. Г. Доросинский, Л. А. Богданов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №5. – С. 49-54.
3. Луханин, В. А. Методика оптимизации параметров центробежного аппарата для распределения минеральных удобрений / В. А. Луханин, В. А. Черноволов, Т. М. Ужахов // Совершенствование технологических средств в растениеводстве : межвузовский сб. науч. трудов. – Зерноград : ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – С. 27-34.
4. Милюткин, В. А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, М. А. Кузнецов // Известия Самарской сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 34-39.
5. Михайленко, И. М. Управление системами точного земледелия : монография / И. М. Михайленко. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2005. – 231 с.
6. Нестационарные системы автоматического управления: анализ, синтез и оптимизация : монография / Под ред. К. А. Пупкова и Н. Д. Егупова. – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 632 с.
7. Пешехонов, А. А. Автоматическое управление расходом сыпучих материалов : монография. – СПб. : СПбГИ(ТУ), 2006. – 110 с.

УДК 631.431

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЧВЕННОГО ПРОБООТБОРНИКА

Нугманов Сергей Семенович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

E-mail: nugmanov_ss@ssaa.ru.

Гриднева Татьяна Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

E-mail: t-grid@mail.ru.

Васильев Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

E-mail: sj_vasilev@mail.ru.

Ключевые слова: пробы, почвы, пробоотборник, ненарушенная, структура.

Цель исследования – совершенствование технических средств для отбора образцов почвы при проведении полевых исследований. Существующие устройства для отбора проб почвы можно разделить на устройства для

отбора с нарушенной структурой или ненарушенной. Предложенная авторами конструкция пробоотборника позволяет отбирать образцы почвы с ненарушенной структурой. В разработанной конструкции формирование заключенного в пробоотборнике образца происходит за счет извлечения устройства из почвенной скважины, определение физико-химических свойств можно проводить одновременно с взятием пробы почвы. В разборном корпусе, составленном из двух половинок, установлен контейнер, опирающийся передним торцом на внутреннее заплечко разборного корпуса. На заднем торце контейнера закреплена крышка со штифтами, пропущенными наружу через пазы стенки корпуса, а на последнем надет фланец, примыкающий задней поверхностью к штифтам. В корпусе установлен толкатель, между ним и крышкой установлена пружина. В кольцевой проточке разборного корпуса напротив переднего окончания контейнера уложены две режущие струны, по одной на каждую половинку разборного корпуса. При внедрении толкателем пробоотборника в почву она заполняет контейнер, а при вытягивании толкателя режущие струны обрезают образец почвы по основанию контейнера и обеспечивают извлечение пробоотборника. Одновременно с взятием пробы почвы производится определение физико-химических свойств, например, влажности. Для этого в пробоотборнике установлен электрод, электрически изолированный от корпуса и крышки текстолитовыми втулками, с возможностью подключения к электроизмерительному устройству. По результатам лабораторно-полевых испытаний установлено, что разработанный пробоотборник работоспособен, позволяет получать образцы почвы с ненарушенной структурой объемом 125 см³, может использоваться для определения объемного веса, а также непосредственного определения физико-химических свойств почвы, например влажности, по электрическим показателям, используя в качестве питающего сигнала ток частотой 100-200 кГц.

Многие полевые исследования предполагают отбор образцов почвы с различных глубин для дальнейшего определения физических и химических свойств. В большинстве исследований рекомендуется отбирать пробы на глубине пахотного слоя, т.е. в диапазоне от 15 до 20 см. При оценке характера распределения минерального азота пробы рекомендуется отбирать на глубине от 60 до 120 см [1]. В зависимости от целей исследования образцы почвы берут или в нарушенном или ненарушенном состоянии. Образцы почвы в ненарушенном состоянии необходимы для определения таких свойств, как плотность почвы, пористость и др., т.к. в этом случае необходимо знать точный объем почвенного образца. Для этого обычно используют металлические цилиндры объемом 100, 250, 500 или 1000 см³, которые вбивают в почву сверху или в стенку почвенного разреза, а затем подрезают ножом или лопаткой верхнюю и нижнюю поверхности для получения образца объемом, равным объему цилиндра. Однако этот процесс является достаточно трудоемким. Для обеспечения сохранности естественной структуры образца почвы и снижения трудоемкости его отбора предлагается конструкция почвенного пробоотборника для отбора образцов почвы с ненарушенной структурой.

Цель исследования – совершенствование технических средств для отбора проб (образцов) почвы при проведении полевых исследований.

Задача работы – разработать конструкцию пробоотборника для отбора проб почвы с ненарушенной структурой с возможностью непосредственного определения ее физико-химических или электрических свойств.

Существующие устройства для отбора проб почвы можно разделить на устройства для отбора с нарушенной структурой или ненарушенной. Устройства, используемые для отбора проб с нарушенной структурой, можно подразделить на 2 группы: вращательные и ударные. К вращательным относятся буры, в которых почва поступает внутрь рабочей части бура и удерживается в ней или между спиралью. Существуют также ударные буры, которые ввинчивают или вбивают вертикально на нужную глубину. Для отбора проб с ненарушенной структурой используют устройства, содержащие цилиндр, в который при вращательном его заглублении поступает образец почвы, объем которого не нарушается. Ниже приведены примеры рассмотренных разновидностей таких устройств. Известно устройство для отбора почвы [2], состоящее из приводного двигателя с валом, управляемого щитом управления, редуктора, магнитострикционного генератора, телескопического стержня с возможностью установки в различные положения по высоте, съемного накопительного цилиндра-бура, подбираемого в зависимости от типа почвы. В данном устройстве электродвигатель предназначен для привода вертикального перемещения при отборе проб, магнитострикционный генератор – для создания вибрации бура для уменьшения энергетических потерь процесса бурения. За счет конструктивных особенностей устройства оно обладает следующими достоинствами: высокая производительность, уменьшение энергетических затрат при отборе пробы почвы, расширение функциональных возможностей устройства, снижение затрат ручного труда, облегчение условий работы оператора. К недостаткам данного устройства следует отнести нарушение естественной структуры образцов почвы, а также необходимость источника питания в полевых условиях – мобильной почвенно-экологической лаборатории или какого-либо другого.

Для отбора проб с ненарушенной структурой предложена конструкция устройства для отбора проб почвы [3], которое оснащено заборным цилиндрическим стаканом с заостренной режущей кромкой и проточкой в нижней его части, крышкой, стержнем, ударным наконечником. Приспособление для извлечения образцов почвы из стакана содержит выталкиватель, расположенный внутри стакана для проб с возможностью

перемещения вверх-вниз, стержни, фланец, отверстия в крышке для прохождения стержней и шкалу. В данном устройстве заглубление и заполнение заборного стакана пробой производится за счет ударов кувалдой или молотком по наконечнику, а извлечение пробы – за счет ударов по специальному фланцу.

К достоинствам устройства можно отнести достаточную простоту конструкции. Среди недостатков следует отметить необходимость применения физической силы на удары при заглублении устройства и освобождении проб. Устройство не позволит получить образцы с ненарушенной структурой точного объема, при извлечении стакана возможно осыпание почвы, т.к. в нижней части образец не имеет каких-либо подрезающих и поддерживающих устройств.

Образцы ненарушенной структуры позволяет получить почвенный бур-пробоотборник [4], который состоит из корпуса, стакана с пробоприемной гильзой, выполненной разъемной и состоящей по концам из половинок дна и фланца, крышки, ступицы с приводной шестерней, фрезы. Для лучшего подрезания почвы на внешней стороне корпуса расположена шнековая спираль с режущей кромкой. Для подрезания столбика монолита устройство содержит серповидные ножи, закрепленные на приводных валах в зазоре между фрезой и фланцем в дугообразных пазах. Ножи приводятся в действие автоматически при достижении буром необходимой глубины, подрезают и удерживают образец почвы при извлечении устройства. Данное устройство позволит получить монолитные образцы почвы ненарушенного объема, т.к. в нем имеется подрезающее устройство в виде серповидных ножей, которые также удерживают образец при его извлечении. Наличие на корпусе шнековой навивки с режущей кромкой и фрезы позволит снизить энергоемкость процесса заглубления. Однако к недостаткам устройства следует отнести низкую производительность отбора проб почвы, большую трудоемкость процесса, вследствие того, что оно содержит подвижные и разъемные части.

Для отбора образцов почвы ненарушенной структуры с фиксированным объемом авторами предложен почвенный пробоотборник [5, 6]. Устройство содержит разъемный корпус 1 (рис. 1), контейнер 2 с крышкой 3, толкатель 4, фланец 6, пружину 7 и штифты 8. Подрезание образцов почвы происходит при помощи режущих струн 5 при извлечении устройства из почвенного разреза. Для взятия образца пробоотборник внедряют в стенку заранее выполненной почвенной скважины, в результате чего почва заполняет объем контейнера 2. При дальнейшем вдавливании фланец 6, опираясь на штифты 8, смещает контейнер к толкателю 4, сжимая пружину 7, освобождает режущие струны 5 из проточки в корпусе. При извлечении пробоотборника струны автоматически натягиваются, производя срез образца.

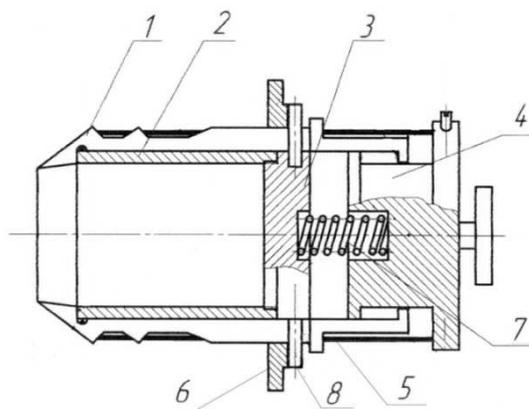


Рис. 1. Почвенный пробоотборник

Данное устройство удобно в эксплуатации, обеспечивает монолитность взятых образцов почвы. Использование устройства позволяет снизить трудоемкость отбора проб, т.к. подрезание заключенного в пробоотборнике образца происходит автоматически при заполнении контейнера за счет извлечения устройства из почвенной скважины.

Однако недостатком последнего устройства, а также всех рассмотренных аналогов является то, что для определения физико-химических свойств (влажности, химического состава и др.) пробу почвы необходимо извлекать из устройства.

Для исключения указанного недостатка предлагается усовершенствовать конструкцию почвенного пробоотборника.

С этой целью на кафедре «Электрификация и автоматизация АПК» ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА был предложен и изготовлен почвенный пробоотборник, позволяющий определять физико-химические свойства одновременно с взятием пробы почвы с ненарушенной структурой.

Использование предлагаемой конструкции по сравнению с рассмотренными аналогами не только позволит отбирать образцы почвы без нарушения их монолитности, но и позволит повысить производительность при взятии проб почвы и оценке их свойств. С этой целью на пробоотборнике установлен электрод с возможностью подсоединения к электроизмерительному прибору. По измеренным электрическим показателям можно косвенно определить некоторые другие свойства почвы, например, влажность почвы, т.к. они могут находиться в тесной зависимости.

Разработанный пробоотборник состоит из разборного корпуса 1 (рис. 2), составленного из двух половинок, стыкующихся по диаметральной плоскости разъема 2, и установленного в нем контейнера 3 для почвенного образца. Контейнер опирается передним торцом на внутреннее заплешико 4 корпуса. На заднем торце контейнера 3 закреплена на резьбе крышка 5, на которой закреплены радиальные штифты 6, пропущенные наружу через продольные пазы 7 корпуса. На корпусе также установлен съемный фланец 8, примыкающий задней поверхностью к штифтам, и толкатель 9, между ним и крышкой установлена пружина 10. На выступающем относительно корпуса конце толкателя выполнено наружное заплешико 11, имеющее относительно торца разборного корпуса интервал, меньше интервала между толкателем и крышкой. Напротив переднего окончания контейнера на внутренней поверхности корпуса выполнена кольцевая проточка 12, в которой уложены две режущие струны 13, по одной на каждую половинку разборного корпуса, выведенные наружу относительно последнего через две пары противоположащих друг относительно друга отверстий 14. Одна пара отверстий выполнена на одной половинке разборного корпуса, а другая – на другой его половинке, причем отверстия образуют относительно плоскости разъема 2 миллиметровые перемычки, а режущие струны 13 закреплены на наружном заплешике 11 винтами 17.

Для совмещения операций взятия проб почвы и определения ее физико-химических свойств, например, влажности, без предварительного извлечения пробы почвы из устройства, в пробоотборнике установлен электрод 18. Электрод установлен относительно корпуса неподвижно, с зазором относительно крышки контейнера и электрически изолирован от корпуса и крышки текстолитовыми втулками 19 и 20, с возможностью подключения к электроизмерительному устройству. Вторым электродом при измерениях служит корпус пробоотборника.

Устройство работает следующим образом. Для взятия образца почвы разборный корпус 1 пробоотборника внедряют в стенку почвенного разреза или скважины при помощи разработанного авторами устройства [7], состоящего из четырехзвенного винтового механизма с закрепленной на нем трубой и упором. На одном из шарниров механизма на плиту устанавливается пробоотборник со сменным стаканом. Вращением рукоятки раздвигают механизм, и после того, как упор упрется в стенку скважины, пробоотборник начнет вдавливаться в противоположную стенку, вырезая объем почвы.

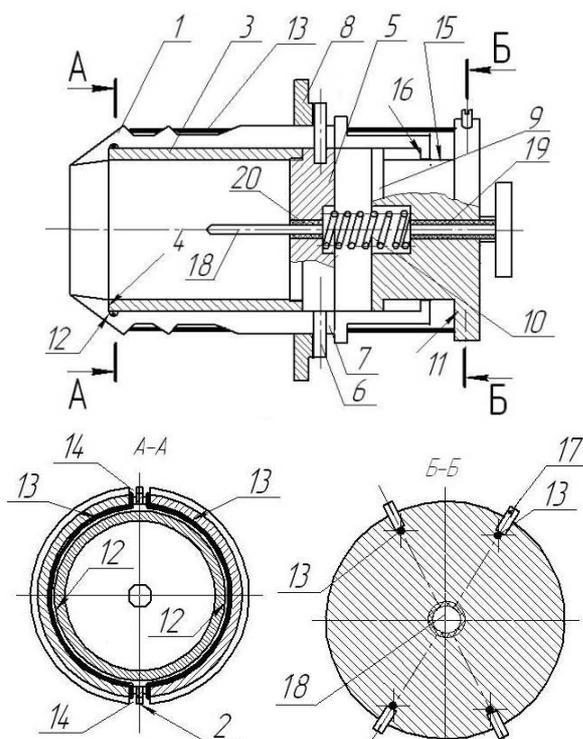


Рис. 2. Схема почвенного пробоотборника

При внедрении в стенку корпуса пробоотборника почва заполняет контейнер 3, а затем фланец 8 опирается передней поверхностью на стенку скважины. При дальнейшем вдавливании разборного корпуса 1 в почву фланец 8, опираясь задней поверхностью на радиальные штифты 6, смещает к толкателю 9 контейнер 3, который, сжимая пружину 10, смещается за проточку 12. Извлекают пробоотборник из скважины за толкатель 9, в результате чего толкатель смещается назад в разборном корпусе, и режущие струны 13 натягиваются, выходя из проточки 12, и производят срез образца почвы вдоль основания контейнера (оставляя несущественный недорез почвы между режущими струнами). При этом одновременно производят определение физико-химических свойств пробы почвы электроизмерительным прибором.

Пробоотборник извлекают из скважины вращением рукоятки приводного механизма в обратную сторону, устанавливая на подставку и фланец 8, снимают с разборного корпуса, половинки которого отклоняются друг от друга и фиксируются в таком положении за счет натяжения струн 13, удерживаемых в отверстиях 14 миллиметровыми перемычками между этими отверстиями и плоскостью разъема 2. Такое положение половинок разборного корпуса обеспечивает извлечение контейнера с образцом почвы и удобство установки сменных контейнеров при последующем отборе проб.

Материалы и методы исследований. Для оценки работоспособности пробоотборника на кафедре «Электрификация и автоматизация АПК» ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА были проведены лабораторно-полевые испытания. В лабораторных исследованиях определяли влажность образцов в сравнении с традиционным весовым методом. Для определения влажности пробоотборник работает по принципу двухэлектродной установки: в качестве электродов используются электрод устройства и его корпус, изолированные друг от друга диэлектриком и подключенные к источнику тока и электроизмерительному прибору. В качестве источников электрического тока использовались выпрямитель постоянного тока и генератор частоты тока ГЗ-102, выдающий синусоидальный сигнал частотами 14-200000 Гц. Данные экспериментов получали с помощью микроамперметра и цифрового мультиметра MASTECH MAS 830. Образец почвы, взятый для лабораторных исследований, просеивался через сито с отверстиями диаметром 5 мм. После просеивания определялась исходная влажность почвы методом сушки в сушильном шкафу. Затем моделировалась необходимая влажность почвы (14-35 %). Частоту питающего тока задавали 0,1; 1; 10; 20; 50; 100; 150 и 200 кГц. В зависимости от этих параметров определяли падение напряжения в электрической цепи. Для проверки возможности получения образцов ненарушенной структуры пробоотборником отбирали пробы почвы в полевых условиях из почвенной скважины и затем визуально определяли ровность образца по срезу, а также объем полученных образцов.

Результаты исследований. На основании полевых испытаний разработанного пробоотборника установлено, что срезание заполненного образца режущими струнами происходит четко, образцы почвы получаются монолитные, ненарушенной структуры, срез образца ровный (рис. 3). Средний объем образцов в 20-ти повторностях составил $124 \pm 3 \text{ см}^3$ (конструктивный объем контейнера для образцов – 125 см^3).

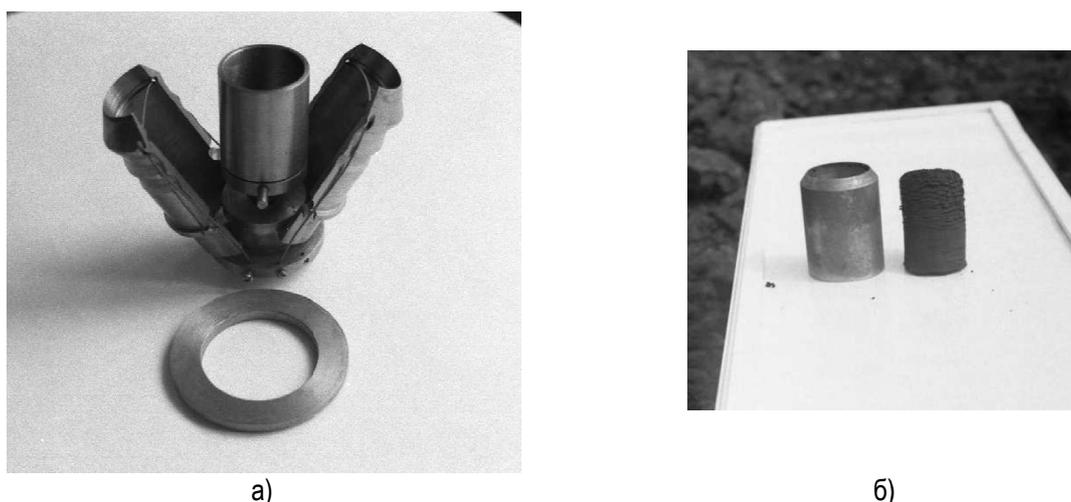


Рис. 3. Модель почвенного пробоотборника (а) и полученный образец (б)

По результатам лабораторных испытаний установлена взаимосвязь между электрическим показателем (падением напряжения) и влажностью почвы при различных частотах питающего тока. Результаты представлены на рисунке 4.

Из полученных графиков видно, что наиболее выраженная зависимость (с меньшим разбросом значений) наблюдается на частотах питающего тока 100-200 кГц. Таким образом, используя полученные зависимости, и проведя соответствующую тарировку электроизмерительного прибора, можно с достаточной точностью определить влажность почвы разработанным устройством.

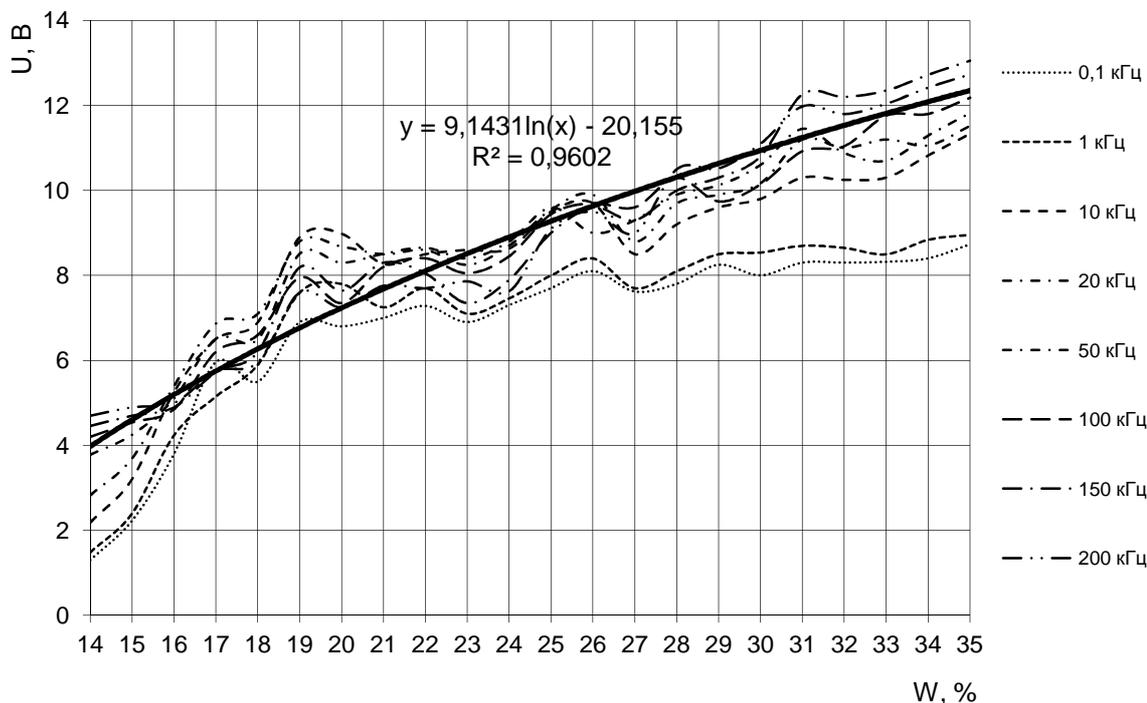


Рис. 4. Зависимость падения напряжения U от влажности W при различной частоте тока

Заключение. Использование предлагаемого пробоотборника по сравнению с рассмотренными аналогами не только позволит отбирать образцы почвы ненарушенной структуры, но и позволит повысить производительность при взятии проб почвы и оценке их свойств. По результатам лабораторно-полевых испытаний предлагаемого пробоотборника установлено, что он работоспособен, позволяет получать образцы почвы с ненарушенной структурой объемом 125 см^3 , может использоваться для определения объемного веса, а также непосредственного определения физико-химических свойств, например влажности, по электрическим показателям, используя в качестве питающего сигнала ток частотой 100-200 кГц.

Библиографический список

1. Отбор почвенных проб и их анализ в точном земледелии [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mcх.ru/news/news/show/36322.htm> (дата обращения: 15.05.2015).
2. Пат. №2525080 Российская Федерация, МПК E02D1/04, G01N1/04. Устройство для отбора почвы / Н. И. Богатырев, В. И. Терпелец, Н. С. Баракин [и др.]. – №2013130569/03 ; заявл. 03.07.2013 ; опубл. 10.08.2014, Бюл. №22. – 5 с.
3. Пат. №2534139 Российская Федерация, МПК G01N1/04, G01N1/08. Устройство для отбора проб почвы / А. В. Шевцов, С. А. Отрошко, А. А. Зотов [и др.]. – №2013112901/05 ; заявл. 25.03.2013 ; опубл. 27.11.2014, Бюл. №33. – 4 с.
4. Пат. №2348754 Российская Федерация, МПК E02D1/04, G01N1/04. Почвенный бур-пробоотборник / С. С. Нугманов, Ю. В. Ларионов, А. В. Иваськевич. – №2007131670/03 ; заявл. 20.08.2007 ; опубл. 10.03.2009, Бюл. №7. – 8 с.
5. Иваськевич, А. В. Экспериментальное обоснование параметров почвенного пробоотборника / А. В. Иваськевич, С. С. Нугманов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №3. – С. 39-42.
6. Нугманов, С. С. Новые устройства для агрооценки почвы / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, А. В. Иваськевич [и др.] // Сельский механизатор. – 2011. – №11. – С. 10-11.
7. Гриднева, Т. С. Результаты сравнительных полевых испытаний устройства для отбора проб почвы / Т. С. Гриднева, С. С. Нугманов // Наука и образование: инновации, интеграция и развитие : мат. II Международной науч.-практич. конф. – Уфа : РИО ИЦИПТ, 2015. – №1(2). – С. 118-120.