

УДК 631.356

UDC 631.356

**ОПЕРАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА  
ВЫБОР ТИПА РАБОЧЕГО ЭЛЕМЕНТА  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

**OPERATING RESEARCH OF SOIL MOISTURE  
AND ITS AFFECT ON THE SELECTION OF A  
TYPE OF WORKING ELEMENT IN THE  
POTATO HARVESTER**

Бышов Николай Владимирович  
д.т.н., профессор

Byshov Nikolay Vladimirovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Горохова Марина Николаевна  
к.т.н., доцент

Gorokhova Marina Nikolayevna  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Бышов Дмитрий Николаевич  
к.т.н., доцент

Byshov Dmitry Nikolayevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Нестерович Эдуард Олегович  
аспирант

Nesterovich Eduard Olegovich  
postgraduate student

Посконнов Виталий Александрович  
аспирант

Poskonnov Vitaliy Aleksandrovich  
postgraduate student

Горохов Александр Анатольевич  
студент

Gorokhov Alexander Anatolyevich  
student

*Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань,  
Россия*

*Ryazan State Agrotechnological University named  
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье разработано устройство, позволяющее оперативно измерять влажность почвы в процессе уборки картофеля и определять оптимальные режимы колебаний рабочего элемента

The article describes the device that allows to take immediate measurements of soil moisture while harvesting potatoes and to identify optimum fluctuation modes of the working element in it

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, ПОЧВА, СОПРОТИВЛЕНИЕ, ВЛАЖНОСТЬ, ЛЕМЕХ, ВЛАГОМЕР

Keywords: POTATO, SOIL, RESISTANCE, MOISTURE, PLOWSHARE, MOISTURE METER

В настоящее время картофель по своей народнохозяйственной значимости занимает второе место после зерновых культур. Важность выращивания картофеля в организации сбалансированного питания человека постоянно стимулирует научные исследования для достижения высокой урожайности этой культуры.

Одним из наиболее сложных технологических процессов при производстве картофеля является его уборка, которая связана с высокой повреждаемостью и потерями клубней, а также необходимостью отделения значительной массы почвы (около 1000 т с 1 га), которая поступает с клубнями в картофелеуборочную машину [1].

Следует отметить, что почвенно-климатические условия в период

уборки картофеля в России тяжелее, чем в Европейских странах, выпускающих картофелеуборочную технику, поэтому закупка зарубежных машин не исключает необходимости совершенствования и изготовления отечественных машин для уборки картофеля.

Разнообразные почвенно-климатические условия во многих регионах России обуславливают сложные условия уборки, что необходимо учитывать при разработке новых картофелеуборочных машин. Качество выполнения уборочных операций зависит от технологических и физико-механических свойств почвы, которые в большой степени зависят от её влажности. Таким образом, в зависимости от содержания влаги, почва может находиться в трех физических состояниях: твердой, пластичной и текучей. Физические свойства почвы при переходе из одного состояния в другое значительно меняются.

Наибольшей связностью отличаются почвы тяжелого механического состава, находящиеся в сухом состоянии. При обработке такие почвы плохо крошатся. Степень крошения увеличивается, когда влажность почвы достигает оптимального значения. Однако при дальнейшем повышении влажности нарастает пластичность и липкость. Почва не только плохо крошится, но и прилипает к рабочим поверхностям лемеха картофелеуборочных машин. Вследствие этого производительность труда и качество уборки снижаются.

При обработке переувлажненных глинистых и суглинистых почв разрушается их структура. Благоприятные условия для обработки глинистых, суглинистых и солонцеватых почв создаются при узком интервале влажности, когда связность и пластичность имеют наименьшие значения. Для глинистых почв оптимальная влажность составляет 50-65 %, суглинистых - 40-70%. У солонцеватых почв этот интервал значительно меньше.

У песчаных почв в сухом состоянии отсутствует связность. При

увлажнении она увеличивается вследствие возникновения на поверхности частиц водных пленок. Дальнейшее увеличение влажности вновь снижает связность. Пластичность этих почв при любой влажности незначительна. Поэтому легкие почвы можно обрабатывать без снижения качества при значительно более широком диапазоне влажности по сравнению с тяжелыми почвами [1,5].

Влажность почвы оказывает большее влияние на качество и энергоемкость картофелеуборочного процесса, что выражено зависимостью сопротивления почвы от влажности (рис. 1).

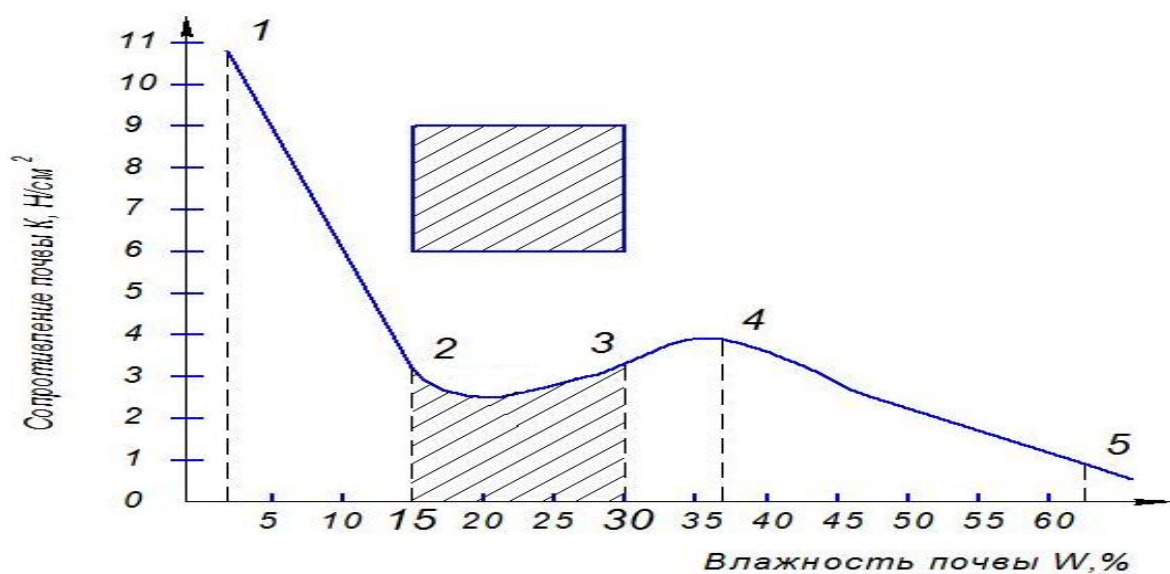


Рисунок 1. - Зависимость сопротивления почвы  $K$  от влажности  $W$

При уборке картофеля с пересохших почв (1-2) образуется глыбы диаметром более 0,5м; с переувлажненных почв (3-4), происходит залипание и сгруживание почвы с рабочего лемеха, что приводит к росту сопротивления почвы. При дальнейшем увеличении влажности (4-5) сопротивление значительно снижается. Оптимальное значение влажности почвы соответствует диапазону 15...30%.

Комбайны, которые выпускаются зарубежными производителями, не отвечают эксплуатационным и агротехническим требованиям применительно к условиям РФ. Особенно это касается уборки картофеля с

почв разной влажности, поэтому создание современных картофелеуборочных машин, учитывающих влажность почвы для оптимизации режимов уборки, является актуальной задачей, решение которой будет способствовать подъему отрасли картофелеводства.

Выкапывающие органы картофелеуборочных машин (лемехи) являются основным элементом, от работы которого зависят потери клубней, их повреждения и производительность процесса. В настоящее время можно выделить два типа лемехов: пассивные и активные (рис. 2 и 3).

Пассивный лемех при движении вперед преодолевает усилие сопротивления резанию почвы  $K_p$  и усилие сопротивления движению лемеха от веса почвы  $K_{пл}$ . Тяговое усилие пассивного лемеха  $K$  составляет:

$$K = K_{пл} + K_p \quad (1)$$

где  $K_p$  - усилие сопротивления резанию почвы,  $K_{пл}$  - усилие сопротивления движению лемеха от веса почвы.

В отличие от пассивного лемеха, который неподвижен относительно машины, активный лемех, кроме поступательного движения вместе с машиной, имеет колебательное движение. Активный лемех при оптимальном режиме колебаний испытывает только усилие сопротивления резанию почвы. Тяговое усилие активного лемеха составляет:

$$K = K_p \quad (2)$$

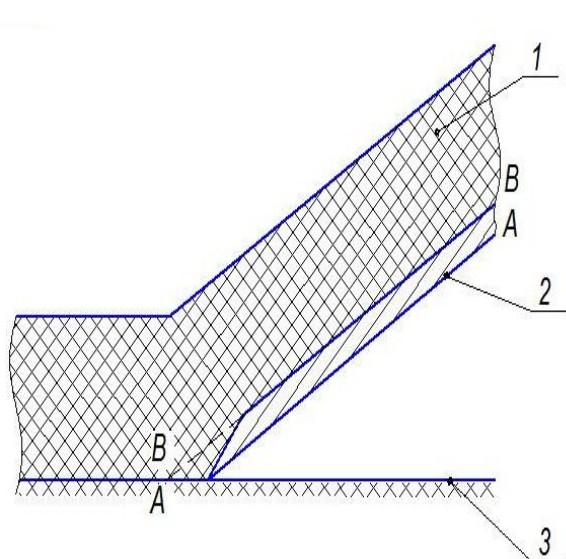


Рисунок 2. - Пассивный лемех: 1- подкопанный пласт, 2 – рабочий элемент, 3 - поверхность борозды. AA - линия нижней кромки; BB - линия верхней кромки.

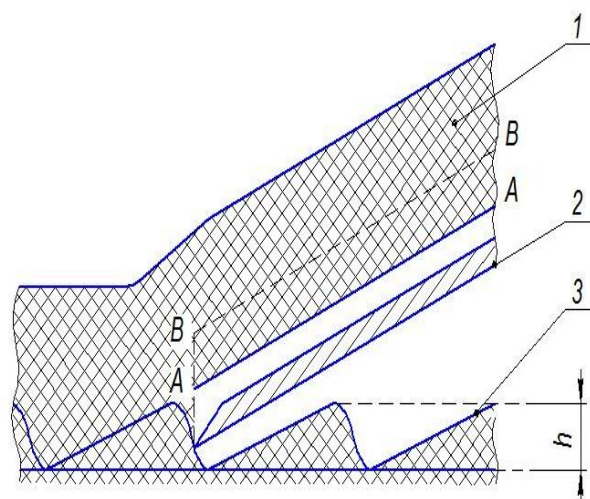


Рисунок 3. - Активный лемех: 1- подкопанный пласт, 2 – рабочий элемент, 3 - поверхность борозды. AA - линия нижней кромки; BB - линия верхней кромки; h - высота гребешков.

Основным достоинством активного лемеха является повышенное крошение пласта и самоочищение рабочей поверхности при повышенной влажности почвы. Однако, динамические нагрузки на подвеску и раму картофелеуборочной машины снижают её долговечность [2,3].

Решением проблемы является разработка комбинированного способа уборки картофеля, заключающегося в совместном использовании двух типов лемехов пассивного и активного путем оперативного контроля влажности почвы.

Для оперативного контроля влажности почвы необходимо измерительное устройство расположить на картофелеуборочной машине. Однако, основным недостатком существующих устройств является низкая точность измерения вследствие влияния погрешностей: от активных потерь, проявляющихся в большей степени для почв с повышенной влажностью; наличием металлических частей картофелеуборочной

машины в зоне контроля [4].

От этих условий зависит величина электрической связи контролируемой почвы с общей точкой измерительной цепи, что приводит к изменению измеряемого тока.

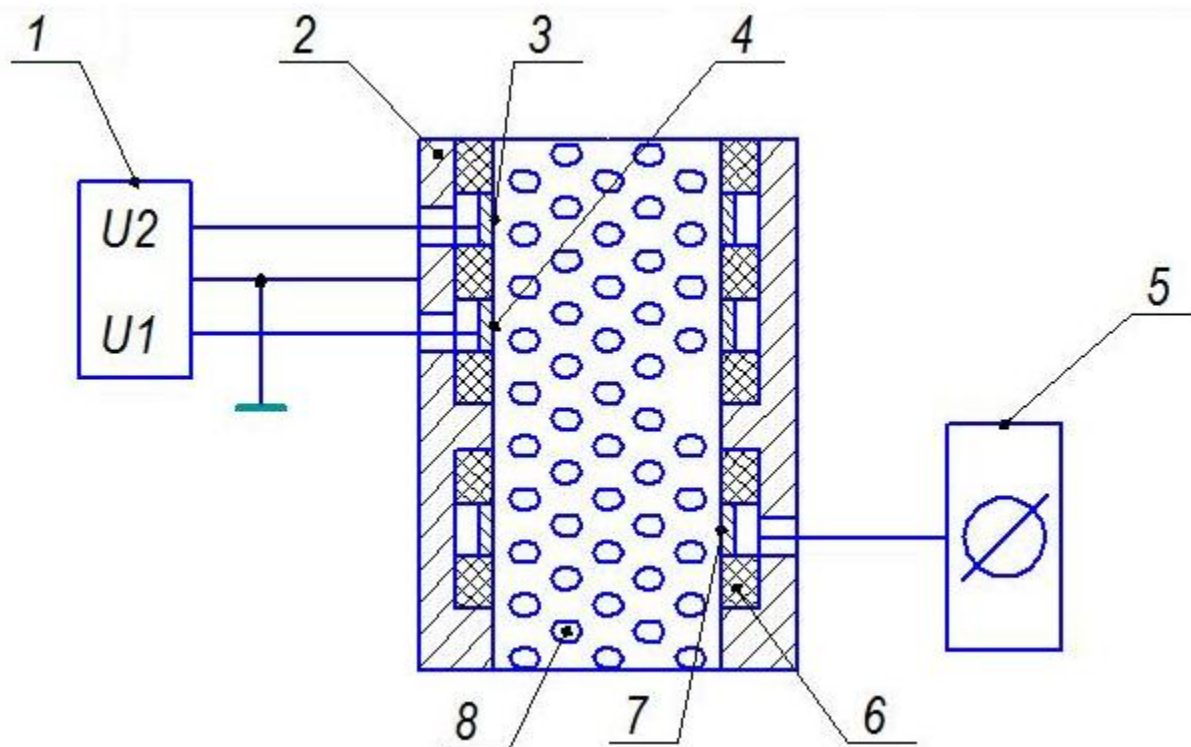


Рисунок 4. - Диэлектрический влагомер: 1 - генератор; 2 - экранный корпус; 3 - дополнительный потенциальный электрод; 4 - потенциальный электрод; 5 - измеритель тока; 6 - диэлектрик; 7 - измерительный электрод; 8 - почва.

Разработанный диэлектрический влагомер содержит высокочастотный генератор 1, измеритель тока 5, емкостной первичный преобразователь с заключенными в экранный корпус 2 основным потенциальным электродом 4, измерительным электродом 7 и дополнительным потенциальным электродом 3. Электроды 3, 4, 7 разделены диэлектриком 6. Внутренняя полость емкостного первичного преобразователя предназначена для заполнения почвой 8. Основной потенциальный электрод 4 подключен к основному, с напряжением  $U_1$ , выходу высокочастотного генератора 1, а дополнительный потенциальный

электрод 3 - к инверсному, с напряжением  $U_2$ , выходу высокочастотного генератора 1, то есть к противофазным выходам генератора 1 (рис.4).

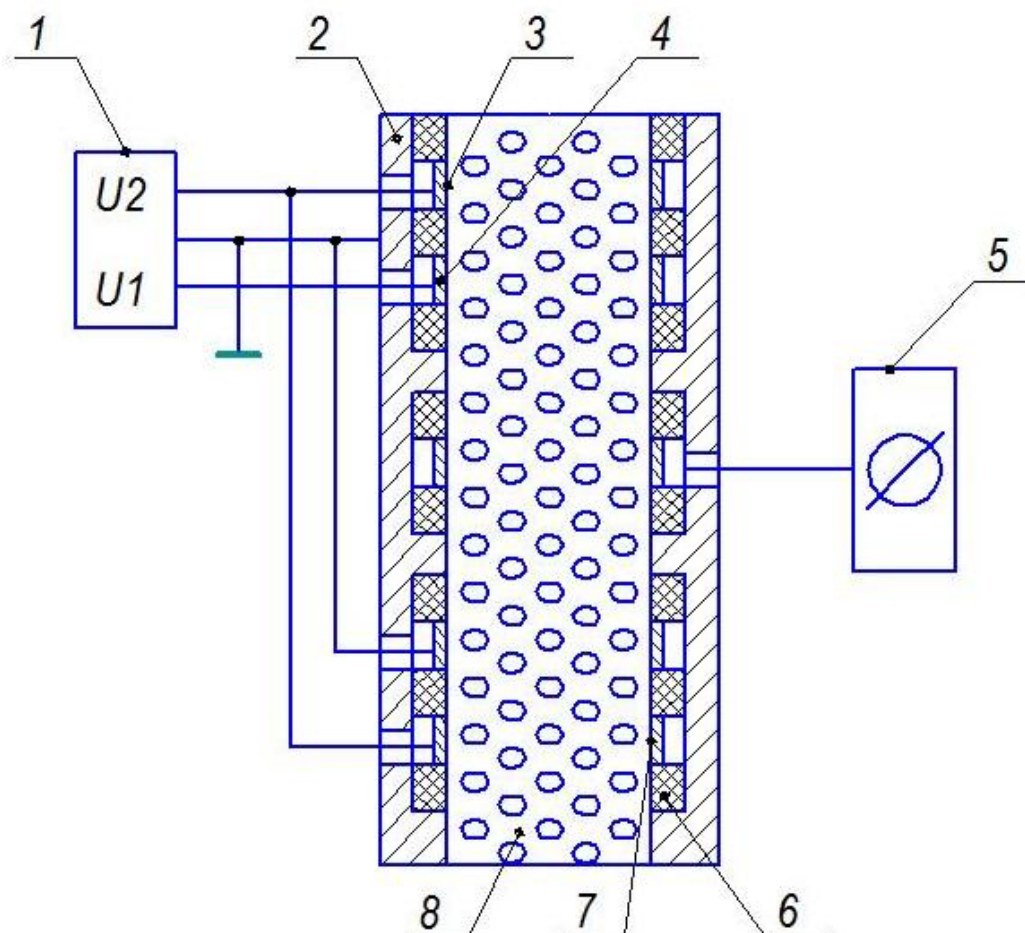


Рисунок 5. - Диэлькометрический влагомер: 1 - генератор; 2 - экранный корпус; 3 - дополнительный потенциальный электрод; 4 - потенциальный электрод; 5 - измеритель тока; 6 - диэлектрик; 7 - измерительный электрод; 8 - почва.

Основной потенциальный электрод 4 и дополнительный потенциальный электрод 3 могут быть выполнены каждый из двух частей, расположенных симметрично относительно измерительного электрода 7. При этом каждая часть основного потенциального электрода 4 подключена к основному, с напряжением  $U_1$ , выходу высокочастотного генератора 1, а каждая часть дополнительного потенциального электрода 3 - к инверсному, с напряжением  $U_2$ , выходу высокочастотного генератора 1 (рис.5). Выполнение основного и дополнительного потенциальных

электродов 4 и 3 каждого из двух частей, расположенных симметрично относительно измерительного электрода 7, обеспечивает область нулевого потенциала при входе и выходе потока контролируемого вещества.

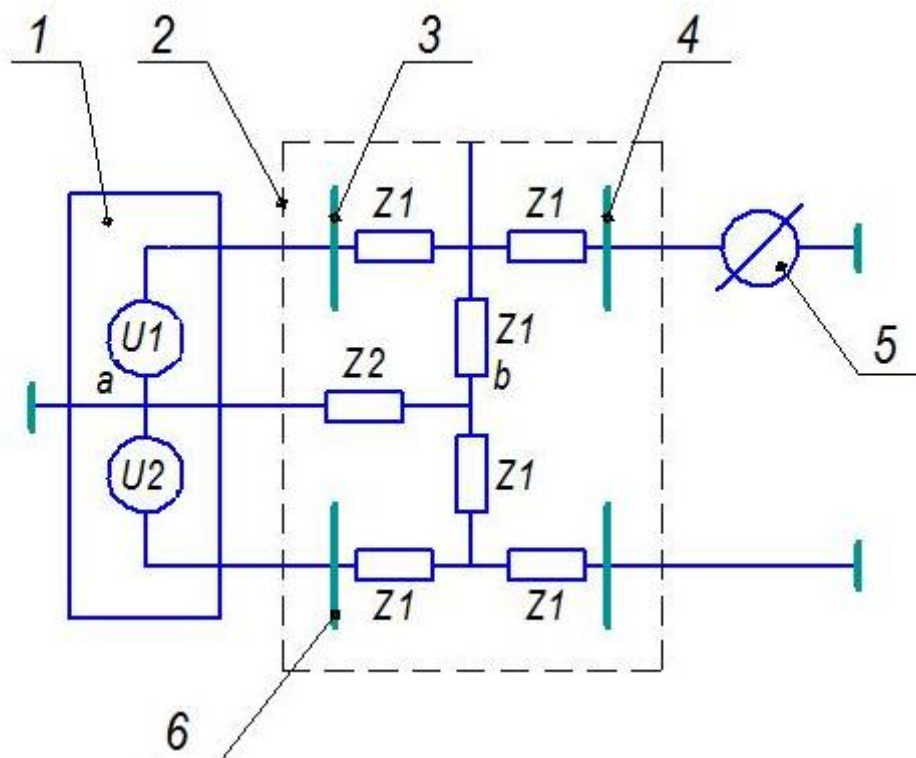


Рисунок 6. - Схема работы диэлькометрического влагомера: 1 - генератор; 2 - экранный корпус; 3 - потенциальный электрод; 4 - измерительный электрод; 5 - измеритель тока; 6 - дополнительный потенциальный электрод.

Диэлькометрический влагомер работает следующим образом. Ток, протекающий через емкостный первичный преобразователь, внутренняя полость которого заполнена почвой 8, фиксируется измерителем тока 5. При этом в рабочей зоне емкостного первичного преобразователя основным потенциальным электродом 3 и дополнительным потенциальным электродом 6, подключенными к противофазным основному с напряжением  $U_1$  и инверсному с напряжением  $U_2$  выходам генератора 1, за счет противофазных напряжений создается зона с нулевым



потенциалом, то есть контролируемое вещество в этой зоне находится под нулевым потенциалом - точка b (рис.6).

При внесении в емкостный первичный преобразователь контролируемого вещества  $\delta$  величина измеряемого тока  $I$ , протекающего от генератора 1 к измерителю 5, определяется следующим выражением:

$$I = \frac{U_1}{2Z_1 + \frac{Z_1}{Z_2 + Z_1}} \quad (3)$$

где,  $U_1$  - напряжение на основном выходе высокочастотного генератора;  $Z_1$  - комплексное сопротивление элементарного объема почвы;  $Z_2$  - комплексное сопротивление контакта почвы с общей точкой измерительной цепи.

Изменение электрофизических параметров контролируемого вещества, в частности его диэлектрической проницаемости или влажности, приведет к изменению комплексного сопротивления  $Z_1$ , что будет зафиксировано измерителем тока 5. Однако из формулы (3) видно, что измеряемый ток определяется не только величиной комплексного сопротивления  $Z_1$ , но и величиной комплексного сопротивления контакта контролируемого вещества с общей точкой измерительной цепи  $Z_2$ , т.е. величиной сопротивления между точками «а» и «b».

В реальных условиях сопротивление зависит от множества факторов: изменения влажности почвы, наличия проводящих предметов вблизи электродов емкостного первичного преобразователя, то есть снижается точность измерения.

Однако при наличии в высокочастотном генераторе 1 дополнительного инверсного выхода с напряжением  $U_2$ , а в емкостном первичном преобразователе - дополнительного потенциального электрода б, подключенного к дополнительному инверсному выходу генератора 1

(рис.6), в рабочей области емкостного первичного преобразователя существует область нулевого потенциала под действием двух противофазных напряжений. Эта область нулевого потенциала существует независимо от реальных условий технологического процесса. Поскольку потенциалы общей точки и контролируемой почвы - точки «а» и «b», - находящегося в области нулевого потенциала, будут равны, то ток через сопротивление контакта протекать не будет при любом значении этого сопротивления. Следовательно, ток измерительной цепи не зависит от: активных потерь, проявляющихся в большей степени для почв с повышенной влажностью; наличия металлических частей картофелеуборочной машины в зоне контроля.

Таким образом, оперативное измерение влажности почвы в процессе реализации уборки картофеля позволяет регулировать использование пассивного или активного лемеха, а также определять оптимальные режимы колебаний, путем разработки системы автоматического управления.

#### **Библиографический список**

1. Бышов Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов: моногр. / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин. – Рязань: Скопинская типография, 1999. – 128с.
2. Бышов Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин/ Бышов Н.В., Сорокин А.А., Успенский И.А., Борячев С.Н., Дрожжин К.Н. – Рязань: учебное пособие, 2004. - стр. 33-45.
3. Бышов Н.В. Совершенствование технологического процесса сортировки клубней картофеля по цветовой информации / Н.В. Бышов, М.Н. Горохова, Д.Н. Бышов, В.А. Посконнов, Э.О. Нестерович, А.А. Горохов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №05(89).
4. Горохова М.Н. Преобразователи параметров емкостных датчиков для бесконтактного измерения влажности сыпучих материалов // Сборник докладов и материалов 12 конгресса «Кузнец – 2012»: «Состояние, проблемы и перспективы развития кузнечнопрессового машиностроения, кузнечноштамповочного производства и обработки материалов давлением». – Рязань: ОАО «Тяжпрессмаш», 2012. - С.141-148.
5. Горохова М.Н. Разработка метода измерения коэффициента диффузии влаги в пористых ферромагнитных материалах / М.Н. Горохова, А.П. Ткачев // Тезисы докладов

38 научно-методической конференции: «Формирование профессионально-педагогической культуры преподавательского состава института». - Рязанский военный автомобильный институт им. генерала армии В.П. Дубынина, 2008. - С. 450-453.

#### References

1. Byshov N.V. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh kombajnov: monogr. / N.V. Byshov, A.A. Sorokin. – Rjazan': Skopinskaja tipografija, 1999. – 128s.

2. Byshov N.V. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh mashin/ Byshov N.V., Sorokin A.A., Uspenskij I.A., Borychev S.N., Drozhzhin K.N. – Rjazan': uchebnoe posobie, 2004. - str. 33-45.

3. Byshov N.V. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa sortirovki klubnej kartofelja po cvetovoj informacii / N.V. Byshov, M.N. Gorohova, D.N. Byshov, V.A. Poskonov, Je.O. Nesterovich, A.A. Gorohov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №05(89).

4. Gorohova M.N. Preobrazovateli parametrov emkostnyh datchikov dlja beskontaktnogo izmerenija vlazhnosti sypuchih materialov // Sbornik dokladov i materialov 12 kongressa «Kuznec – 2012»: «Sostojanie, problemy i perspektivy razvitija kuznechnopressovogo mashinostroenija, kuznechnoshtampovochnogo proizvodstva i obrabotki materialov davleniem». – Rjazan': OAO «Tjazhpressmash», 2012. - S.141-148.

5. Gorohova M.N. Razrabotka metoda izmerenija kojefficienta diffuzii vlagi v poristyh ferromagnitnyh materialah / M.N. Gorohova, A.P. Tkachev // Tezisy dokladov 38 nauchno-metodicheskoj konferencii: «Formirovanie professional'no-pedagogicheskoj kul'tury prepodavatel'skogo sostava instituta». - Rjazanskij voennyj avtomobil'nyj institut im. generala armii V.P. Dubynina, 2008. - S. 450-453.