

АНАЛИЗ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ГОФРОЩЕТОЧНЫХ БАРАБАНОВ ОЧИСТИТЕЛЯ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ С ОБЪЕКТАМИ ОЧИСТКИ

Владислав Викторович Карпов¹
Вячеслав Анатольевич Гулевский²

¹Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Поиск новых технологических приемов и улучшение технологического процесса подготовки кормовых корнеплодов к скармливанию способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных животных. Как правило, доля кормовых корнеплодов в суточном рационе сельскохозяйственных животных не превышает нескольких килограммов, так как кормовые корнеплоды требуют больших трудозатрат при их заготовке и подготовке к скармливанию. Недостатками традиционного способа гидромеханической очистки кормовых корнеплодов от загрязнений являются повышенный расход воды на мойку и потеря плодородного слоя земли со стоками загрязненной воды. Разработан гофрощеточный очиститель для механической (безводной) очистки кормовых корнеплодов для индивидуального использования на фермах или в составе технологических линий. Рабочими элементами гофрощеточных барабанов очистителя являются гофрированные криволинейные полоски треугольного профия из капрона, эластана или резины и эластичные диски с эллиптическими утолщениями на них. Качество поверхностной очистки кормовых корнеплодов зависит от материала и геометрических характеристик гофрированного щеточного ворса и эластичных дисков. Изготовлена лабораторная установка для дистанционных измерений сил взаимодействия гофрощеточных полосок с объектами очистки и изучения характера их движения при взаимном контакте, состоящая из цилиндра с тензодатчиками, электронного осциллографа и компьютера с соответствующим программным обеспечением. В результате проведенного эксперимента на лабораторной установке были определены нормальные усилия упругодеформированных вращающихся гофрощеточных полосок, имеющих различные геометрические размеры и выполненных из различных материалов. Линейная скорость скольжения гофрополоски по поверхности цилиндра с тензодатчиками составила 1...6 м/с, время контакта гофрополоски с единичным тензодатчиком составило 0,002...0,006 сек в зависимости от ее угловой скорости и расположения тензодатчика на цилиндре.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кормовые корнеплоды, гофрощеточный очиститель, механическая (безводная) очистка, гофрированные полоски, рациональные конструктивные параметры.

ANALYSIS OF INTERACTING FORCES OF WORKING ELEMENTS OF CORRUGATED BRUSH CLEANER FOR FODDER ROOT CROPS

Vladislav V. Karpov¹
Vyacheslav A. Gulevsky²

¹Luhansk Taras Shevchenko National University

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Identification of new processing methods and technological improvements of fodder root crops preparation for feeding promotes an increase in livestock productivity. As a rule, fodder root crops content in daily allowance per animal does not exceed several kilograms, because they require high labor costs for their procurement and preparation for feeding. The disadvantage of traditional method of mechanical cleaning of fodder root crops from soil is an increased water consumption for washing and loss of a fertile soil layer with wash water flows. The authors developed a corrugated brush cleaner for the mechanical (water-free) cleaning of fodder root crops for the individual use on farms or in assembly with processing lines. The workings elements of corrugated brush cylinder of the cleaner are the corrugated curved triangular-profile strips made of kapron, elastane or rubber and elliptically bulged elastic disks. The quality of fodder root crops surface cleaning depends on material and geometrical characteristics of the corrugated brush bristles and elastic disks. For distant measurements of interacting forces between corrugated strips and the objects of cleaning and studying their motion pattern upon mutual contact laboratory setup was made consisting of the cylinder with strain sensors, an oscilloscope and the computer with relevant software. As a result of the conducted laboratory experiment normal forces of elastically damping rotating

corrugated strips of various geometrical dimensions and materials were defined. Linear velocity of sliding of corrugated strip along the surface of cylinder with strain sensors was equal to 1.6 m/s, corrugated strip contact time with single strain sensor was equal to 0.002-0.006 s depending on its angular velocity and location of strain sensor on the cylinder.

KEY WORDS: fodder root crops, corrugated brush cleaner, mechanical (water-free) cleaning, corrugated strips, rational design parameters.

Bведение

Общеизвестна прямо пропорциональная зависимость продуктивности сельскохозяйственных животных от содержания кормовых корнеплодов в рационах их кормления, так как корнеплоды содержат много витаминов, сахара, микроэлементов. В рацион коров можно включать до нескольких десятков килограммов кормовых корнеплодов в день и добиваться при этом высоких надоев. Однако, как правило, доля кормовых корнеплодов в суточном рационе КРС не превышает нескольких килограммов в связи с тем, что их заготовка и подготовка к скармливанию требуют больших трудозатрат [2, 9, 10]. В типовых схемах кормоцехов линия подготовки корнеплодов предусматривает их мойку. На мойку 1 т корнеплодов необходимо до 250 кг воды, а при мойке загрязнённых корнеплодов расход воды увеличивается до 400 кг. Кроме того, возникают значительные сложности со стоками загрязненной воды в зимнее время [1, 7].

Разработанные устройства механической очистки корнеплодов, без использования воды, либо не обеспечивают необходимое качество очистки корнеплодов, либо имеют сложную конструкцию и ненадежны в работе. Поэтому дальнейшее совершенствование рабочих органов для очистки кормовых корнеплодов является весьма актуальной задачей агропромышленного производства [6].

Методика эксперимента

Целью проведения эксперимента является определение влияния геометрических параметров гофрированного щеточного ворса различной конструкции на качество поверхностной очистки кормовых корнеплодов.

Задачи – экспериментальным путем определить силу воздействия криволинейного гофрированного ворса различного профиля на объекты очистки; построить график, характеризующий упругие свойства различного криволинейного ворса и, соответственно, силу его воздействия на очищаемые кормовые корнеплоды.

Результаты и их обсуждение

Разработан гофрощеточный очиститель для механической (безводной) очистки кормовых корнеплодов для использования в технологических линиях кормоприготовительных цехов или в стационарных хранилищах кормовых корнеклубнеплодов [3, 4].

Рабочими органами очистителя являются две пары щёточных барабанов и регулируемые заслонки между ними, образующие в поперечном сечении наклонный жёлоб. Основными рабочими элементами щёточных барабанов являются гофрированные щёточные полоски «пильчатого» профиля, выполненные из капрона, эластана или резины, и эластичные диски с эллиптическими утолщениями на них.

Исследуемые гибкие гофрированные полоски состоят из тонких пластинок, жестко закрепленных друг относительно друга под некоторым постоянным углом между ними, который мы назвали углом гофрировки. В течение всего времени контакта очистные гофры полосок образуют с очищаемыми поверхностями корнеплодов определенные углы счёсывания и совершают полезную работу по сдвигу частиц налипшей почвы. При проникновении в поры и трещины на поверхности корнеплодов треугольные пилообразные гофры полосок будут создавать т.н. расклинивающий эффект, что будет способствовать более тщательному счёсыванию находящейся в них налипшей почвы и копированию рельефа корнеплода, повышению эффекта поверхностной очистки корнеплодов в целом. Вместе с тем гофрощеточные полоски «пильчатого» профиля, имеющие опреде-

лённую форму, размеры и обладающие упругими свойствами, не должны травмировать очищаемые поверхности кормовых корнеклубнепл, то есть не должны приводить к появлению вмятин, трещин, вырывов и потемнению мякоти [8].

Выбранные для исследования гофрощёточные полоски криволинейной формы «пильчатого» профиля представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Виды исследуемого гофрополосного щёточного ворса:
1 – $L_e = 160$ мм (капрон); 2 – $L_e = 200$ мм (резина); 3 – $L_e = 200$ мм (капрон);
4 – $L_e = 240$ мм (капрон); 5 – $L_e = 280$ мм, $b = 15$ мм (эластан);
6 – $L_e = 280$ мм, $b = 25$ мм (эластан); 7 – $L_e = 280$ мм, $b = 35$ мм (эластан),
где L_e , b – длина и ширина гофрополоски

Схема взаимодействия гофрощёточных полосок с объектами очистки (кормовыми корнеплодами и примесями) представлена на рисунке 2.

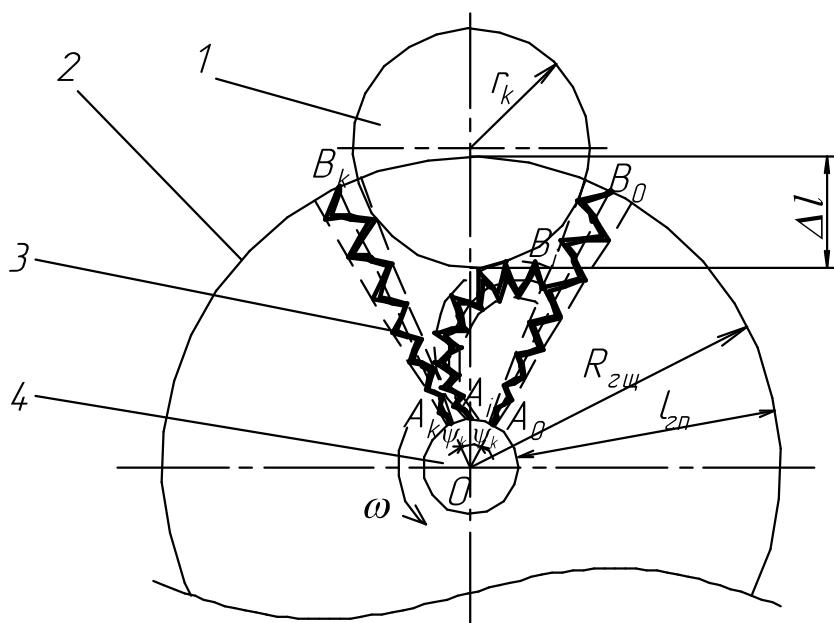


Рис. 2. Схема деформации гофрированного ворса при очистке:
1 – загрязненный корнеплод; 2 – гофрощётка;
3 – гофрополосный ворс; 4 – сердечник

Для определения сил взаимодействия гофрощёточных полосок с корнеклубне-плодами (объектами очистки) и изучения характера их движения при взаимном контакте нами изготовлена лабораторная установка (рис. 3).

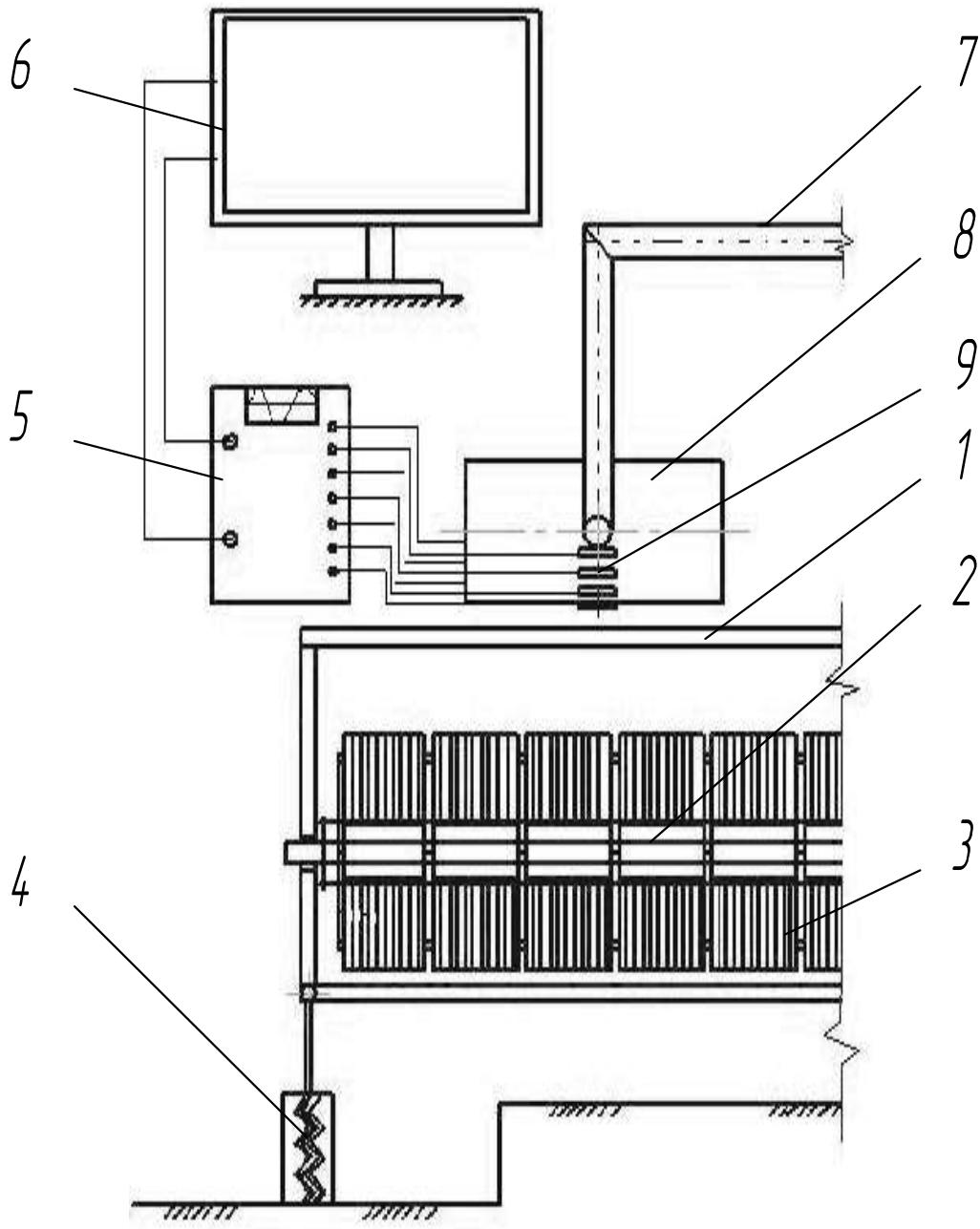


Рис. 3. Схема лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из рабочей камеры 1 с прозрачной стенкой из оргстекла, гофрощёточных барабанов 2 с наборами гофрополосного щёточного ворса 3, установленными шарнирно между эластичными дисками на валах барабанов, с механизмом наклона барабанов к горизонту 4. В состав установки также входит USB осциллограф KIT BM8020 5, персональный компьютер (ноутбук) 6 с соответствующим программным обеспечением, на рамке с механизмом перемещения 7 подвешен цилиндр 8 с

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

тензорезисторными датчиками 9 марки П–1. Тензоизмерительные датчики подключаются через электронный осциллограф 5 к персональному компьютеру 6 и обеспечивают возможность дистанционных измерений, относительно простое усиление сигнала, высокую чувствительность, малую инерционность измерительных устройств и простоту обработки информации [5]. Основное назначение цилиндра с тензодатчиками – измерение силы воздействия в момент контакта с вращающимися гофрощёточными полосками различной конфигурации с целью выбора их рациональных характеристик.

Тарировка тензоизмерительных элементов осуществлялась в сборе, что позволило одновременно проверить качество их монтажа. Разность сопротивлений тензодатчиков одного полумоста не превышала 0,1%, относительная разность расстояний между двумя тензодатчиками одного пролета – 0,6%. Относительная разность моментов сопротивления сечений пролетов находилась в пределах 0,8...1%. При этих условиях относительная разность чувствительности тензодатчиков не превышала 0,5%. Соединительные провода от тензодатчиков к цифровому осциллографу ВМ 8020 при проведении всех опытов имели постоянную длину.

При тарировании определяли зависимость выхода тока от нагрузки и влияние на характеристику тензоэлемента места приложения нагрузки. Тарировку тензодатчиков проводили путем динамометрирования с помощью динамометра сжатия ДОСМ-3-0,5У 5093. Тензорезисторы прямоугольные марки П–1 предназначены для измерения упругих деформаций вновь разрабатываемых материалов и конструкций при статических и динамических нагрузках, а также для измерения сил, ускорений, давлений, перемещения (см. табл.).

Техническая характеристика одиночных прямоугольных тензорезисторов марки П–1

№ п/п	Наименования показателей	Единицы измерений	Значения
1	Номинальная база (длина тензорешетки)	мм	10
2	Номинальное сопротивление	Ом	100
3	Класс точности		Б
4	Коэффициент термокомпенсации: (сталь)		12
5	Максимальная измеряемая деформация	мкм/м	± 3000
6	Чувствительность		1,9–2,3
7	Температурный диапазон работы: от минус	°C	70...200

В результате проведенного эксперимента на лабораторной установке (рис. 3) были определены нормальные усилия P_N упругодеформированных вращающихся гофрощёточных полосок различных геометрических размеров из капрона, эластана и резины (рис. 4).

Линейная скорость скольжения гофрополоски по поверхности цилиндра с тензодатчиками составила 1...6 м/с, время контакта гофрополоски с единичным тензодатчиком – 0,002...0,006 сек в зависимости от ее угловой скорости и расположения тензодатчика на цилиндре (рис. 4).

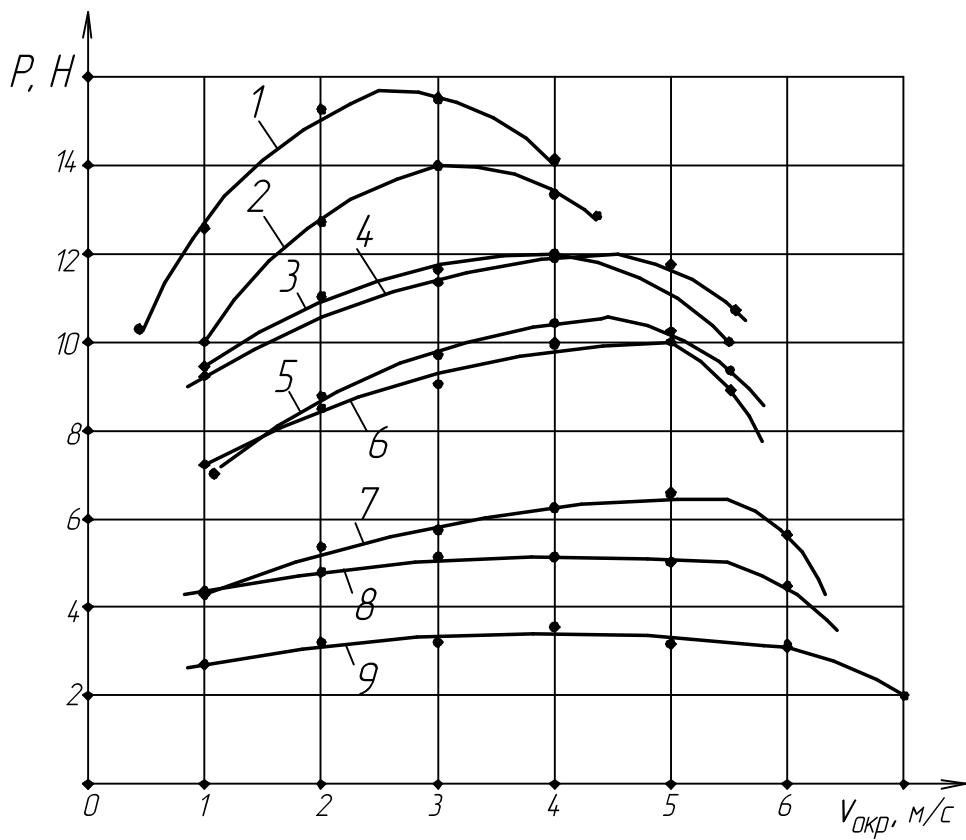


Рис. 4. Зависимость силы нормального давления гофроштотной полоски от скорости ее скольжения ($v_{окр}$), ее длины (L_e) и радиальной деформации (ΔR):

- 1 – $L_e = 160 \text{ мм}, \Delta R = 50 \text{ мм};$ 2 – $L_e = 160 \text{ мм}, \Delta R = 30 \text{ мм};$
- 3 – $L_e = 200 \text{ мм}, \Delta R = 50 \text{ мм};$ 4 – $L_e = 200 \text{ мм}, \Delta R = 30 \text{ мм};$
- 5 – $L_e = 240 \text{ мм}, \Delta R = 50 \text{ мм};$ 6 – $L_e = 240 \text{ мм}, \Delta R = 30 \text{ мм};$
- 7 – $L_e = 280 \text{ мм}, \Delta R = 50 \text{ мм};$ 8 – $L_e = 280 \text{ мм}, \Delta R = 30 \text{ мм};$
- 9 – $L_e = 200 \text{ мм}, \Delta R = 50 \text{ мм} (\text{резина})$

Выводы

1. Анализ зависимости силы нормального давления от скорости скольжения гофрополоски по поверхности очистки показывает, что при достаточной для счесывания налипших примесей (налипшая почва, растительные остатки) силе $P_N = 10\ldots12 \text{ Н}$ рациональные конструктивные параметры гофрированных полосок находятся в пределах: длина гофрополоски $L_e = 200\ldots240 \text{ мм}$, ширина $b = 10\ldots15 \text{ мм}$, толщина $\delta = 1,5\ldots3 \text{ мм}$, угол гофрировки $\gamma = 40\ldots45^\circ$, материал – капрон (эластан), длина боковой стороны гофра – 20…30 мм.

2. Лабораторными исследованиями установлено, что гофрированные полоски из резины, а также капроновые гофрированные полоски толщиной менее 1,5…2 мм и шириной менее 5 мм, гофрополоски с углами гофрировки, близкими к 90° , из-за относительно низкой изгибной жесткости, при прочих постоянных условиях, создают удельные давления, недостаточные для разрушения и счесывания налипших примесей с поверхностей очистки.

3. Повышение сил нормального давления на поверхность очистки может быть достигнуто увеличением момента инерции гофрополос, уменьшением угла гофрировки гофрополос, повышением их жесткости (использованием эластана), изменением кинематических режимов работы установки.

4. Дальнейшее увеличение толщины (свыше 3 мм), ширины (свыше 15 мм), угла гофрировки (свыше 60°) капроновых полос нецелесообразно, во-первых, из-за недопус-

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

тимого повышения жесткости и, как следствие, снижения величины радиальной деформации гофрополосного ворса (это сводит количество очистных гофр полосок, находящихся в контакте, к минимуму); во-вторых, увеличение площади контакта гофрополосок с поверхностью очистки приводит к уменьшению местных удельных давлений, т.е. к снижению эффективности счесывания. Кроме того, с увеличением их толщины возникает опасность повышенного износа гофрополосок, что также определяет правомерность приведенных выше результатов.

5. При необходимой величине радиальной деформации $\Delta R = 30...50$ мм (минимум 3...5 очистных гофра единичной полоски в контакте) гофрощеточные капроновые полоски для очистки корнеплодов должны быть не короче 200 мм.

Библиографический список

1. Дусенов М.К. Устройство для очистки корнеклубнеплодов / М.К. Дусенов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 12–13.
2. Зубков В.Е. Научное обоснование механизированных процессов предпосадочной и послеуборочной обработки картофеля / В.Е. Зубков. – Луганск : Изд-во «Лугань», 1997. – 128 с.
3. Карпов В.В. Упругие свойства гофрированного ворса пильчатого профиля / В.В. Карпов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12 (110). – С. 87–90.
4. Карпов В.В. Построение номограммы для определения параметров гофрощеточного очистителя корнеклубнеплодов / В.В. Карпов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (111). – С. 91–93.
5. Клокова Н.П. Тензодатчики для экспериментальных исследований / Н.П. Клокова. – Москва : Машиностроение, 1972. – 152 с.
6. Колчин Н.Н. Состояние и перспективы развития отделителей примесей для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н. Колчин, В.М. Фурлетов, Д.А. Арсеньев. – Москва : ЦНИИТЭИтракторсельмаш, 1983. – 64 с.
7. Моделирование рабочего процесса шнеково-вальцевого очистителя корнеплодов от почвенных примесей / Л.П. Карташов, Г.П. Юхин, В.М. Мартынов, А.А. Катков // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 1. – С. 11–15.
8. Найданов С.А. Исследование процесса сухой очистки корней сахарной свеклы / С.А. Найданов, В.А. Пучков // Сборник научных трудов ВИМ. – Москва : Изд-во ВИМ, 1983. – Т. 98. – С. 8–29.
9. Ревенко И.И. Машины и оборудование для животноводства : учебник / И.И. Ревенко, М.В. Брагинец, В.И. Ребенко. – Киев : Кондор, 2009. – 731 с.
10. Техническое обеспечение в животноводстве : учебник / В.К. Гриб, Л.С. Герасимович, С.С. Жук и др. ; ред. В.К. Гриб. – Минск : Беларусская наука, 2004. – С. 190–208.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владислав Викторович Карпов – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», Луганская Народная Республика, г. Луганск, E-mail: vip_belyy@mail.ru.

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-18-68, E-mail: main@srd.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 16.03.2017

Дата принятия к печати 26.03.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladislav V. Karpov – Senior Lecturer, the Dept. of Health & Safety, Labor Protection and Civil Defense, Luhansk Taras Shevchenko National University, Peoples' Republic of Lugansk, Lugansk, E-mail: vip_belyy@mail.ru.

Vyacheslav A. Gulevsky – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tel. 8(473) 253-18-68, E-mail: main@srd.vsau.ru.

Date of receipt 16.03.2017

Date of admittance 26.03.2017