

УДК 631.243.42

05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К
ОБОСНОВАНИЮ ЗАГРУЗКИ
КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
КАРТОФЕЛЯ**

Маслова Лилия Александровна
аспирант
РИНЦ AuthorID: 671543

Колошеин Дмитрий Владимирович
к.т.н., старший преподаватель
РИНЦ SPIN-код= 4912-0628

Борычев Сергей Николаевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код=9426-9897
*Рязанский государственный
агротехнологический университет имени П.А.
Костычева, Рязань, Россия*

На сегодняшний день, главной целью Государственной программы является обеспечение продовольственной независимости России в рамках Доктрины продовольственной безопасности, включающее ускоренное импортозамещение, а именно - создание новых технологий в области хранения картофеля, что в свою очередь сократит поставки сельскохозяйственной продукции из за рубежа. Но, не смотря на имеющиеся успехи, в РФ все еще сохраняется проблема потерь картофеля при транспортировке и хранении, составляющие от 30 % до 40% выращенного урожая, во многих случаях к концу хранения потери достигают 60%. В данной статье рассмотрен контейнер для транспортировки и хранения картофеля в хранилище. В разобранном виде контейнер транспортируется к месту погрузки продукции, где он монтируется и загружается картофелем. При загрузке контейнеров для хранения картофеля с целью снижения повреждений применяют различные типы гасителей ударной нагрузки. Одним из наиболее простых гасителей являются ремни из прорезиненной ткани, расположенные с прогибом между противоположными краями контейнера. Расположение ремней, их ширина и расстояние между ними будет определять проход клубней картофеля при их загрузке. Успешная реализация представленной конструкции будет способствовать снижению механических повреждений клубней и увеличению сохранности сельскохозяйственной продукции

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, ХРАНЕНИЕ,

UDC 631.243.42

05.20.01-Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**THEORETICAL BACKGROUND TO THE
SUBSTANTIATION OF LOADING A POTATO
STORAGE CONTAINER**

Maslova Lilia Alexandrovna
postgraduate student
RSCI AuthorID: 671543

Koloshein Dmitry Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., Senior Lecturer
RSCI SPIN- code = 4912-0628

Borychev Sergey Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code=9426-9897
*Ryazan State Agrotechnological University named after
P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Today, the main goal of the State Program is to ensure food independence of Russia within the framework of the Food Security Doctrine, which includes accelerated import substitution, namely the creation of new technologies in the field of potato storage, which in turn will reduce the supply of agricultural products from abroad. But, despite the existing success, the problem of potato losses during transportation and storage still remains in the Russian Federation, comprising from 30% to 40% of the grown crop, in many cases, by the end of storage, losses reach 60%. This article describes a container for transporting and storing potatoes in storage. The disassembled container is transported to the place of loading of the product, where it is mounted and loaded with potatoes. When loading containers for storing potatoes in order to reduce damage, various types of shock absorbers are used. One of the simplest absorbers is the rubberized fabric belts, which are deflected between the opposite edges of the container. The location of the belts, their width and the distance between them will determine the passage of potato tubers when they are loaded. Successful implementation of the presented design will help reduce mechanical damage to tubers and increase the safety of agricultural products

Keywords: POTATOES, STORAGE, CONTAINER,

КОНТЕЙНЕР, КЛУБЕНЬ, ЗАГРУЗКА

TUBER, LOAD

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-160-004>

Хранение – это важное звено в технологии производства картофеля [1, 2, 3, 4, 5]. Так в Доктрине продовольственной безопасности РФ (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20), обозначено одно из приоритетных направлений в производстве сельскохозяйственной продукции – создание новых технологий в области хранения картофеля [1].

Картофель в современных картофелехранилищах хранят двумя основными методами навалом или в контейнерах. Навальным способ хранения предполагает засыпку помещения хранилища сплошным слоем по всему периметру. Закладываемые на хранение объемы могут быть от 200 тонн и свыше 3000 тонн.

Хранение в контейнерах производят достаточно большие сельскохозяйственные предприятия, так как этот метод является дорогим. Эффективность использования контейнерного размещения зависит от первоначального качества картофеля – чем ближе оно к идеальному состоянию, тем дольше и качественнее будет хранение.

Однако на сегодняшнее время в РФ сохраняется народно-хозяйственная задача – снижение потерь картофеля при хранении. При уборке урожая, транспортировке и хранении теряется 30-40% выращенного урожая, во многих случаях к концу хранения потери достигают 60%. Сохранность картофеля представляет значительные трудности, так как необходимо поддерживать специальные условия. При хранении картофеля в клубне продолжаются сложные процессы жизнедеятельности. Наибольшее влияние на хранение картофеля оказывает качество сельскохозяйственной продукции, процесс дыхания и микроклимат. Чем интенсивнее происходит дыхание клубней, тем больше расходуется питательных веществ и тем быстрее снижается качество

хранимого картофеля. Для поддержания равномерного температурно-влажностного режима и для удаления продуктов жизнедеятельности клубней (углекислый газ и избыточное тепло) проектируется система активной вентиляции картофелехранилища. Для создания определенного микроклимата необходимо знать, как изменяются параметры (температура, влажность, скорость потока) и как их можно регулировать. Изменяемые параметры обусловлены, с одной стороны процессами жизнедеятельности клубней, а с другой стороны теплофизическими свойствами всего контейнера.

Группой авторов в Рязанском ГАУ был разработан контейнер для транспортировки и хранения картофеля в хранилище, работающий следующим образом.

В разобранном виде контейнер транспортируется к месту погрузки продукции, где он монтируется. Для этого на конические пружины, закреплённые на поддоне устанавливают дно контейнера. К дну устанавливают и крепят болтовым соединением продольные стенки, центральную стенку и фронтальную стенку (заднюю). Перфорированные полки устанавливают на упоры с образованием V-образного сечения. На полки устанавливают заслонки с винтами. Путём вращения рукояток заслонки устанавливают на полках с перекрытием окон. В контейнере под полками устанавливают перфорированные трубки, которые присоединяют воздуховоды. Устанавливают и закрепляют болтовым соединением переднюю фронтальную стенку к продольным стенкам. Устанавливают дверку, которую закрепляют болтовым соединением к продольным стенкам. После этого картофель загружают насыпью в контейнер.

При загрузке контейнеров для хранения картофеля для снижения повреждений применяют различные типы гасителей ударной нагрузки. Одним из наиболее простых гасителей являются ремни из прорезиненной ткани, расположенные с прогибом между противоположными краями

контейнера. Расположение ремней, их ширина и расстояние между ними будет определять проход клубней картофеля при их загрузке.

Очевидно, что соседние клубни будут препятствовать друг другу в проходе между ремнями. Вероятность прохода клубней, с учётом сводообразования между ремнями будет обратной величиной сводообразованию между соседними ремнями [7, 8]. Размеры клубней картофеля случайны, поэтому представим их случайными величинами ζ_1 и ζ_2 .

Функция распределения, представленная выражением, будет определять вероятность непрохода клубней[11]:

$$F(x) = P(\zeta < x) = P(\zeta_1 + \zeta_2 < x), \quad (1)$$

где $F(x)$ – функция распределения, $P(\zeta < x)$ – вероятность непрохода клубней, $P(\zeta_1 + \zeta_2 < x)$ – вероятность сводообразования.

Возможность сводообразования наблюдается при условии

$$\zeta_1 + \zeta_2 < x, \quad (2)$$

где x – расстояние между соседними ремнями. Решим данную задачу графически, рассмотрим рисунок 1.

Неравенству $\zeta_1 + \zeta_2 < x$ удовлетворяют $(\zeta_1; \zeta_2)$.

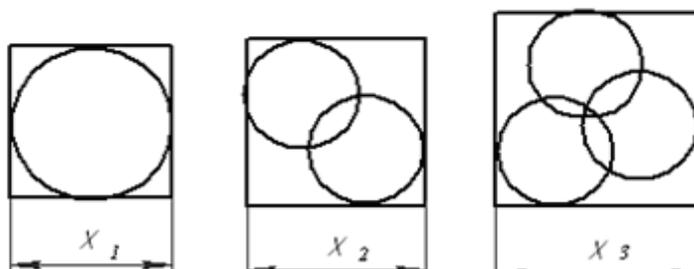


Рисунок 1 – Соотношение диаметров клубней с размером зазора между ремнями гасителя x в пределах исследуемой площади

Установим соотношение диаметров клубней, помещающихся в куб, с определённой длиной стороны. Рассмотрим нахождение в кубе клубней

одного, двух и трёх клубней. В этом случае диаметр одного клубня, вписанного в объём куба, будет связан следующим соотношением:

$$d_1 = 1,00x_1; \text{ двух - } d_2 = 0,83x_2; \text{ трех - } d_3 = 0,68x_3.$$

Функция распределения непросева клубней сквозь зазора между ремнями гасителей определяем следующим выражением:

$$F(x) = \frac{S_1}{S_n}, \quad (3)$$

где S_1 – элементарная площадь, занимаемая клубнями; S_n – элементарная площадь, учитывающая возможные варианты.

Функция распределения непросева одного клубня сквозь зазор между ремнями гасителя.

$$F_2(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x^2}{l^2}, & 0 < x \leq l, \\ 1, & x > l \end{cases} \quad (4)$$

где l – величина зазора между ремнями гасителя.

Плотность распределения вероятности непросева будет определяться выражением

$$f_2(x) = \frac{dF_2}{dx} = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{2}{l^2} \cdot x, & 0 < x \leq l \\ 0, & x > l \end{cases} \quad (5)$$

Т.к. определяем вероятность непросева частиц сквозь зазор между ремнями гасителя, тогда вероятность просева частиц сквозь отверстия будет определяться выражением

$$P_2(\alpha < \zeta < \beta) = 1 - \int_{\alpha}^{\beta} \frac{2}{l^2} \cdot x dx = 1 - \frac{2}{l^2} \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_{\alpha}^{\beta} = 1 - \frac{x^2}{l^2} \Big|_{\alpha}^{\beta} \quad (6)$$

где P_2 – вероятность прохода клубней зазора между ремнями гасителя; l – величина зазора между ремнями гасителя; α и β – размеры

случайных клубней при загрузке контейнера, оборудованного ременным гасителем.

Математическое ожидание диаметра клубня, который может образовать сод между соседними ремнями гасителя, определяется выражением.

$$M_{2\zeta} = \int_0^l x \cdot \frac{2}{l^2} \cdot x dx = \frac{2}{l^2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_0^l = \frac{2}{3} l \quad (7)$$

где $M_{2\zeta}$ – математическое ожидание размера клубня, при котором может наблюдаться сводообразование.

Дисперсию случайной величины размера клубня при сводообразовании клубней определяется следующим выражением

$$D_{2\zeta} = \int_0^l x^2 \cdot f_2(x) dx - M_{2\zeta}^2 = \int_0^l \frac{2x}{l^2} \cdot x^2 \cdot dx - \frac{4}{9} l^2 \quad (8)$$

Проинтегрировав данное выражение и подставив, получим:

$$D_{2\zeta} = \frac{2}{l^2} \int_0^l x^3 dx - \frac{4}{9} l^2 = \frac{1}{18} l^2 \quad (9)$$

$D_{2\zeta}$ -дисперсия случайной величины размеров зазора между ремнями гасителя.

Величина вероятности прохода клубней различных фракций сквозь зазоры между ремнями гасителя.

Таблица 1 – Величина вероятности непрохода клубней

Диаметр клубней	(0;0;1l)	(0,1l;0,2l)	(0,2l;0,3l)	(0,3l;0,4l)	(0,4l;0,5l)	(0,5l;0,6l)	(0,6l;0,7l)	(0,7l;0,8l)	(0,8l;0,9l)	(0,9l;1l)
Вероятность непрохода клубней	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81
Вероятность наблюдения клубней данной фракции	0,14	0,23	0,17	0,11	0,17	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04
Общая вероятность непрохода клубней	0,13 86	0,22 31	0,16 15	0,10 23	0,15 47	0,05 34	0,01 74	0,01 7	0,03 32	0,03 24

Так как клубни имеют различные размеры, определим условную вероятность просеивания массы клубней сквозь зазоры между ремнями гасителя по формуле Байеса

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A / H_i) \quad (10)$$

$P(H_i)$ – вероятность содержания данной фракции в ворохе клубней картофеля.

$P(A/H_i)$ – условная вероятность прохода клубней определённой фракции сквозь зазор между ремнями гасителя.

Анализ опытных данных по сорту Ред Скарлетт– показал, что средние размеры клубней распределяются, согласно закону нормального распределения с доверительной вероятностью 95%, математическое ожидание клубня составляет 68,9 мм.

Рассчитав, вероятность прохода клубней в зазор между ремнями гасителя нами были получены следующие результаты:

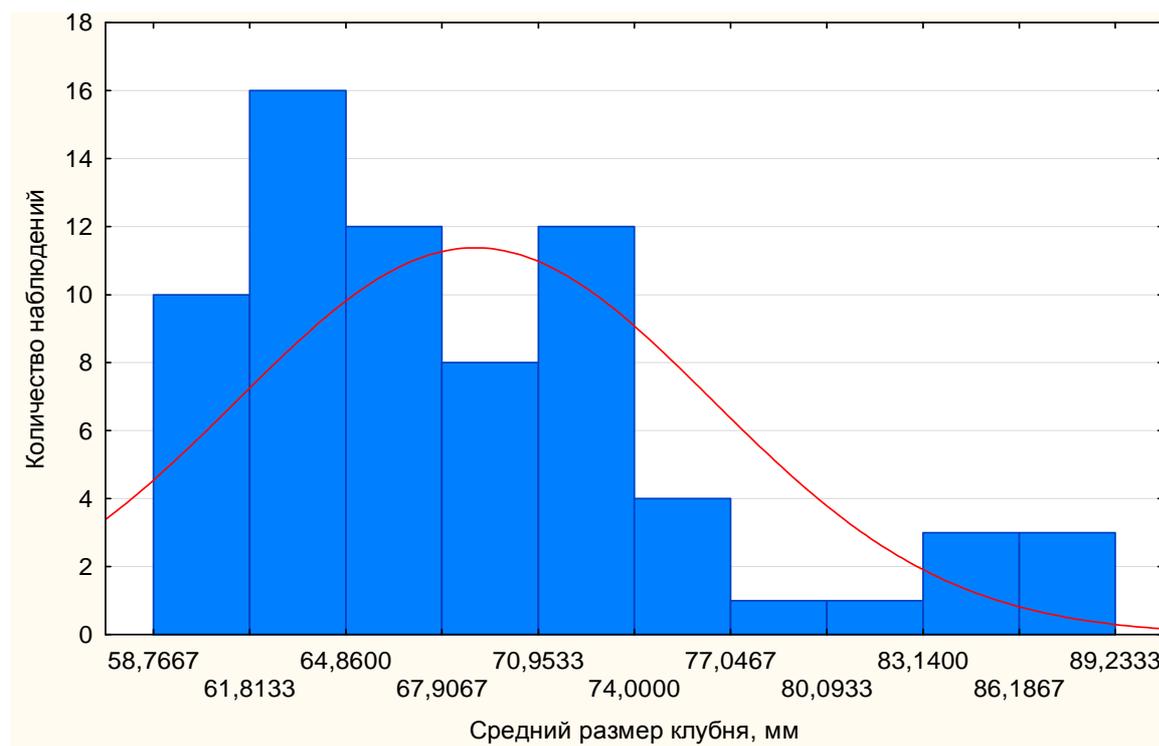


Рисунок 2 – Гистограмма среднего распределения размеров клубней, мм

Чем однороднее картофельный ворох, тем быстрее происходит загрузка контейнера. Так в процессе загрузки выяснилось, что процесс прохождения между ремнями гасителя зависит от соответствия просветов между ремнями и размеров клубней. При больших просветах происходит увеличение повреждений вследствие нестандартного взаимодействия, при небольшом размере в просветах между ремнями происходит сгруживание массы. Также значительную роль играет производительность подающего транспортёра, чем выше падает клубень на гаситель, тем больше должен быть просвет между ремнями гасителя.

Литература

1. Колошеин, Д.В. Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода / Д.В. Колошеин // Дис. канд. техн. наук. Рязань, 2017. -132 с.
2. Эффективность внедрения усовершенствованной энергосберегающей технологии хранения картофеля /С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Д.В. Колошеин и [др.] //Сельский механизатор. -2016. -№ 11. -С. 16-17.
3. Колошеин, Д.В. Разработка устройства и обоснование параметров усовершенствованного воздуховода картофелехранилища /Д.В. Колошеин//Вестник

Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. -2017. -№ 3. -С. 123-127.

4. К вопросу о хранении картофеля с помощью усовершенствованного воздуховода /Борычев С. Н., Макаров В. А., Мурог И. А. и [др.] //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. -2018. - № 1. -С. 71-74.

5. Борычев С.Н., Колошеин Д.В., Маслова Л.А., Гришаева К.Н. Проблемы хранения картофеля // В сборнике: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 72-74.

6. Пат. 175783 Российская Федерация, МПК Е 04 Н 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. - № 2017116245 Опубл. 10.05.2017. Бюл. №35.

7. Борычев, С.Н. Контейнер для хранения сельскохозяйственной продукции / Борычев С.Н., Липин В.Д., Колошеин Д.В., Маслова Л.А.// Вестник совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2019. №1(8). С.55-59.

8. Бышов, Н.В. Универсальное транспортное средство для перевозки продукции растениеводства / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина (Москва, ВИМ, 17-18 сентября 2013 г.). Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 241-244.

9. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №10(074). С. 596 – 606. – Шифр Информрегистр: 0421100012\0428, IDA [article ID]: 0741110053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/53.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

10. Борычев, С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов / С.Н. Борычев // Дис. докт. техн. наук. Рязань, 2008. – 414с.

11. Аникин, Н.В. Снижение уровня повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции за счет использования устройства для стабилизации положения транспортного средства / Н. В. Аникин, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов, И. А. Юхин и [др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: XII Международная научно-практическая конференция – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2010. – С. 319-322.

12. Костенко, М.Ю. Анализ способов определения повреждений картофеля./М.Ю. Костенко, А.Н. Шапошников//Сб. науч. тр. аспирантов, соискателей и сотрудников РГСХА. -Рязань, 2001. -с. 348-350.

13. Бышов, Н.В. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Е. П. Булатов, И. В. Тужиков, А. Б. Пименов / Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства. Материалы Международной научно-технической конференции: Сборник научных трудов ГНУ ВИМ Россельхозакадемии – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – Том 2. - С. 395 – 403.

References

1. Koloshein, D.V. Snizhenie poter' kartofelya i energopotrebleniya sistemy ventilyacii kartofelekhranilishcha sovershenstvovaniem vozduhovoda / D.V. Koloshein // Dis. kand. tekhn. nauk. Ryazan', 2017. -132 s.
2. Effektivnost' vnedreniya usovershenstvovannoj energosberegayushchej tekhnologii hraneniya kartofelya /S.N. Borychev, N.V. Byshov, D.V. Koloshein i [dr.] // Sel'skij mekhanizator. -2016. -№ 11. -S. 16-17.
3. Koloshein, D.V. Razrabotka ustrojstva i obosnovanie parametrov usovershenstvovannogo vozduhovoda kartofelekhranilishcha /D.V. Koloshein// Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. -2017. -№ 3. -S. 123-127.
4. K voprosu o hranenii kartofelya s pomoshch'yu usovershenstvovannogo vozduhovoda /Borychev S. N., Makarov V. A., Murog I. A. i [dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. -2018. -№ 1. -S. 71-74.
5. Borychev S.N., Koloshein D.V., Maslova L.A., Grishaeva K.N. Problemy hraneniya kartofelya // V sbornike: Kompleksnyj podhod k nauchno-tekhnicheskomu obespecheniyu sel'skogo hozyajstva Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. S. 72-74.
6. Pat. 175783 Rossijskaya Federaciya, MPK E 04 N 5/08. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii / Byshov N.V., Borychev S.N., Lipin V.D. [i dr.]; patentoobladatel' FGBOU VO RGATU. - № 2017116245 Opubl. 10.05.2017. Byul. №35.
7. Borychev, S.N. Kontejner dlya hraneniya sel'skohozyajstvennoj produkcii / Borychev S.N., Lipin V.D., Koloshein D.V., Maslova L.A.// Vestnik soveta molodyh uchenyh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2019. №1(8). S.55-59.
8. Byshov, N.V. Universal'noe transportnoe sredstvo dlya perevozki produkcii rastenievodstva / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin // Sistema tekhnologij i mashin dlya innovacionnogo razvitiya APK Rossii: Sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoj mekhaniki V.P. Goryachkina (Moskva, VIM, 17-18 sentyabrya 2013 g.). CH. 2. – M.: VIM, 2013. – S. 241-244.
9. Vzaimosvyaz' harakteristik povrezhdaemosti klubnej s parametrami tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki v processe proizvodstva kartofelya / G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskij, G.D. Kokorev, I.A. YUhin i dr. // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №10(074). S. 596 – 606. – SHifr Informregistra: 0421100012\0428, IDA [article ID]: 0741110053. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/53.pdf>, 0,688 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346
10. Borychev, S.N. Mashinnye tekhnologii uborki kartofelya s ispol'zovaniem usovershenstvovannyh kopatelej, kopatelej-pogruzchikov i kombajnov / S.N. Borychev // Dis. dokt. tekhn. nauk. Ryazan', 2008. – 414s.
11. Anikin, N.V. Snizhenie urovnya povrezhdeniya perevozimoj sel'skohozyajstvennoj produkcii za schet ispol'zovaniya ustrojstva dlya stabilizacii polozheniya transportnogo sredstva / N. V. Anikin, S. N. Borychev, N. V. Byshov, I. A. YUhin i [dr.] // Fundamental'nye i prikladnye problemy sovershenstvovaniya porshnevnyh

dvigatelej: XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – Vladimir : Izd-vo VIGU, 2010. – S. 319-322.

12. Kostenko, M.YU. Analiz sposobov opredeleniya povrezhdenij kartofelya./M.YU. Kostenko, A.N. SHaposhnikov//Sb. nauch. tr. aspirantov, soiskatelej i sotrudnikov RGSKHA. -Ryazan', 2001. -s. 348-350.

13. Byshov, N.V. Innovacionnye resheniya v tekhnologiyah i tekhnike dlya vnutrihozyajstvennyh perevozok plodoovoshchnoj produkcii rastenievodstva / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, E. P. Bulatov, I. V. Tuzhikov, A. B. Pimenov / Innovacionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizacii sel'skogo hozyajstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii: Sbornik nauchnyh trudov GNU VIM Rossel'hozakademii – M.: GNU VIM Rossel'hozakademii, 2011. – Tom 2. - S. 395 – 403