

УДК 631.356.01

UDC 631.356.01

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОПАТЕЛЯ С  
МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ  
ПОДКАПЫВАЮЩИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

**LABORATORY-FIELD TESTS OF  
EXPERIMENTAL DIGGER WITH  
MODERNIZED DIGGING THE WORKING  
BODIES**

Колотов Антон Сергеевич  
инженер  
РИНЦ SPIN-код=7869-6590

Kolotov Anton Sergeevich  
engineer  
RSCI SPIN-code=7869-6590

Успенский Иван Алексеевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код= 1831-7116

Uspenskij Ivan Alexeevich  
dr.tech.sci., professor  
RSCI SPIN-code=1831-7116

Юхин Иван Александрович  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код=9075-1341

Yukhin Ivan Alexandrovich  
cand.tech.sci.  
RSCI SPIN-code=9075-1341

Кирюшин Илья Николаевич  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код=6979-4921  
*Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Kiriushin Ilya Nikolaevich  
cand.tech.sci.  
RSCI SPIN-code=6979-4921  
*Ryazan State Agrotechnological University named  
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Картофель в нашей стране является одной из самых возделываемых культур в сельском хозяйстве. Самым трудоемким процессом в производстве картофеля, является уборка урожая. В настоящее время для уборки картофеля используют картофелеуборочные комбайны или копатели. Существующие машины не достаточно хорошо ведут себя в неблагоприятных условиях работы, таких как повышенная и пониженная влажность. Качество работы агрегатов и узлов картофелеуборочной машины в полной мере зависит от подкапывающих рабочих органов. В процессе уборки картофеля, через агрегаты машины проходит до 1000 тонн вороха с 1 га, в который входят растительные остатки и плотная почва из междурядий. Для того, чтобы устранить или уменьшить влияние этого недостатка, по бокам от лемеха устанавливают отрезные диски, предотвращающие попадание вороха из междурядий. Однако из-за несовершенства конструкции они проскальзывают в процессе работы, что вызывает сгуживание и повышение тягового сопротивления. Исходя из вышеизложенного, работа над совершенствованием подкапывающих рабочих органов является актуальной и перспективной задачей для сельского хозяйства страны

Potatoes in our country are one of the most cultivated cultures in agriculture. The most time-consuming process in the production of potatoes is harvesting. Currently for potato harvesting potato harvesters or diggers are used. Existing machines are not sufficiently well-behaved in adverse operating conditions such as the high and low humidity. Quality of work of the units and devices of potato harvesters depends on the digging working parts. In the process of potato harvesting up to 1000 tons of heaps from 1 hectare go through the units of the machine, which includes plant residues and dense soil out of row spacing. To eliminate or reduce the impact of this lack, on either side of the coulter we set cutting discs which prevent ingress of heaps out of row spacing. However, due to the imperfections of the design they are slipping during operation what causes accumulation and enhancing traction resistance. Based on these facts, the work on improving the digging working parts in the actual and future challenges for the country's agriculture

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ,  
ПОДКАПЫВАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН,  
УБОРКА УРОЖАЯ, КОПАТЕЛЬ

Keywords: POTATOES, DIGGING WORKING  
PARTS, HARVESTING, DIGGER

В настоящее время картофель в нашей стране и во всем мире является одной из самых важных среди возделываемых культур. Его производят более чем в 140 странах мира, на большинстве континентов нашей планеты. Не смотря на это, наиболее предпочтительными участками для возделывания картофеля считаются: восточная Европа, северо-западные и нечерноземные районы России [1, 2, 3].

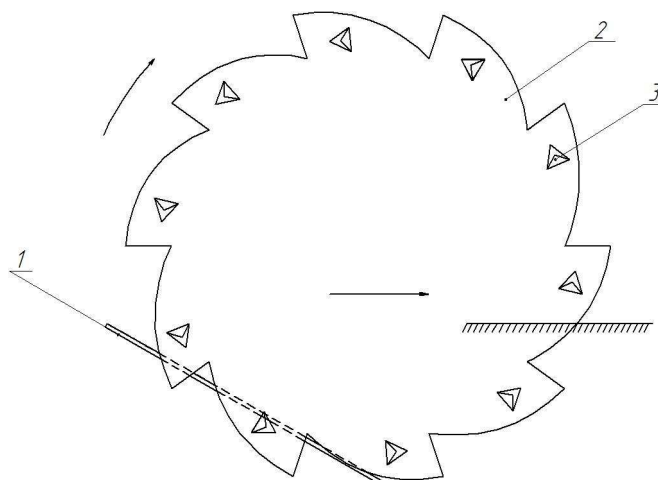
Производство картофеля весьма трудоемко. В частности это связано с недостаточным уровнем механизации при уборке урожая. Помимо этого подавляющее количество современной картофелеуборочной техники не отвечает предъявляемым к ней требованиям. В связи с этим существует необходимость совершенствования качества работы средств механизации, для уборки картофеля [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12].

Одним из наиболее трудоемких и важных процессов при уборке корнеплодов и клубнеплодов является подкапывание пласта. Качество работы подкапывающих рабочих органов (ПРО) определяет качество работы остальных механизмов копателей и комбайнов. Именно поэтому мы считаем работу в направлении улучшения показателей ПРО наиболее важной и перспективной [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10].

Нами был разработан выкапывающий рабочий орган картофелеуборочного комбайна (рис. 1), который содержит лемех 1, по обе стороны которого вертикально установлены зубчатые диски 2. В центре каждого зуба выполнены почвозацепы 3 в виде равносторонних треугольников, площадь которых не превышает  $1/3$  площади зуба. При этом одна сторона треугольника параллельна не рабочей поверхности зуба, а две другие насквозь прорезаны в теле диска 2 и отогнуты на угол  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$  относительно его торца в обе стороны попеременно [2, 6].

Нами была собрана лабораторная установка и проведены полевые испытания на экспериментальном картофелекопателе, оснащенный приемной частью комбайна КПК - 2.01. На него вместо серийного был

установлен модернизированный подкапывающий рабочий орган, состоящий из пассивных трехсекционных лемехов и пассивных отрезающих дисков [2, 3, 6] (рис. 2).



1- лемех; 2 – диск; 3 – почвозацеп.

Рисунок 1 - Зубчатый диск с отгибами – почвозацепами треугольной формы (Патент на полезную модель № 134735) [6]



Рисунок 2 - Общий вид приемной части усовершенствованного копателя

На подкапывающем органе, на его отрезающих дисках, имеются почвозацепы (Рис 2.), расположенные на боковых поверхностях поочередно, по обе стороны, что обеспечивает взаимозаменяемость. Рабочая поверхность дисков выполнена в виде зубьев, передняя часть которых имеет форму логарифмической кривой. Остальные рабочие

органы копателя остались без изменений [3, 6].

В процессе движения по полю выдерживается постоянная глубина подкапывания. Это происходит благодаря опорному катку. Трех секционные лемехи подкапывают два рядка картофеля и разрушают пласт. По бокам дисковые боковины с почвозацепами отделяют пласт от междурядий [3]. Далее отрезанный ворох передается на органы сепарации, где происходит просеивание через прутки элеватора, а также отделение ботвы и растительных остатков. После этого клубни падают на пленку, которая разматывается на поверхности поля непосредственно за копателем, откуда в дальнейшем и будут отбираться пробы картофеля [3].

Для определения состава вороха и повреждений клубней отбирался подкопанный материал, попавший на пленку после прохождения учетной деланки. Его разбирали на фракции, а именно: чистые клубни, клубни с остатками ботвы, ботва, земля и камни. Далее полученные фракции взвешивали с точностью до 10 г, в соответствии с ОСТ 70.8.5-74 [3].

От каждого опыта отбирали чистые клубни массой свыше 50 г для анализа на повреждения. При этом средняя масса пробы в соответствии с требованиями ОСТ имела вес около 15 кг [3].

При проведении полевых испытаний в день отбора проб, учитывался следующий перечень показателей: урожайность клубней, ц/га; влажность почвы, %; твердость почвы по ширине и глубине между серединами смежных рядков, кг/см<sup>2</sup>; температура окружающего воздуха и почвы, °С; урожайность и параметры ботвы картофеля, ц/га; полнота уборки клубней и их потери, %; чистота клубней в отобранных пробах, %; видимые повреждения клубней, %; скорость движения экспериментального копателя, км/ч; глубина хода рабочих органов агрегата, м [3].

На первом этапе испытаний экспериментальный копатель рассматривался с точки зрения технической надежности на суглинках нормальной и повышенной влажности [9].

Копатель с экспериментальными дисковыми элементами

подвергался испытаниям на различных скоростях, после чего проводилась качественная оценка показателей его работы. Кроме этого после каждого опыта проводился визуальный осмотр почвозацепов на предмет налипания почвы [3].

Второй этап состоял из энергетической и агротехнической оценки. Данные исследования также проводились на различных рабочих скоростях движения и кинематических режимах [3].

Для получения результатов пригодных для сравнения все опыты проводились с использованием одного и того же трактора [3].

В процессе энергетической оценки необходимо было определить количественные показатели скорости, времени и тягового сопротивления [3].

Скорость движения агрегата определялась путем хронометража. Копатель двигался по полю на рабочей скорости. В момент захода установки на учетную делянку включался секундомер. Считывались показатели времени прохождения делянки. Исходя из времени, потраченного на ее прохождение, определялась скорость движения агрегата [3].

Для оценки энергетической эффективности необходимо было определить тяговое сопротивление копателей со стандартной приемной частью и с приемной частью оснащенной усовершенствованными дисковыми боковинами. Для этого стандартный и усовершенствованный копатель агрегатировались к трактору через тяговое звено УТЗ – 1,5. Во время прохождения учетных делянок с тягового звена считывались показания [3].

Для дальнейших расчетов необходимо было также измерить продолжительность и путь, пройденный за время опыта. Они определялись с помощью секундомера и рулетки [3].

Агротехническая оценка включала в себя выбор фона и характеристику условий испытаний. Во время агротехнической оценки рассматривались следующие показатели: скорость движения, км/ч; тяговое

сопротивление копателя на холостом ходу и в рабочем режиме, кН; путь, пройденный за время проведения опыта, м; время проведения опыта, с. Регистрация показателей также проводилась с трехкратной повторностью, на учетном участке длиной более 30 м [3, 7].

В процессе испытания картофелеуборочного копателя, необходимо было провести исследования состояния культуры. В результате исследований мы получили следующие данные (табл. 1).

Таблица 1 - Характеристика участка и культуры при испытаниях усовершенствованного копателя

Наименование показателей	Значения
1	2
Рельеф	С уклоном
Микрорельеф	Гребнистый
Влажность почвы, % по слоям, см	
0-5	16,6
5-10	17,1
10-15	17,8
15-20	18,2
20-25	19,1
Твердость почвы, $\frac{H}{cm^2}$ по слоям, см	
0-5	22
5-10	36
10-15	64
15-20	79
20-25	87
Температура воздуха, °C	15
Сорт картофеля	Невский
Способ посадки	Гребневой
Состояние ботвы	Убрана
Ширина междурядий, см	70
Урожайность клубней, ц/га	148,7
Состав клубней, % по массе, г	
20-50	29,8
50-80	53,2
Свыше 80	17
Коэффициент формы клубней	1,2

Продолжение табл. 1

1	2
Характеристика гнезда:	
Ширина, см	24
Глубина залегания нижнего клубня, см	19

Испытания проводились на суглинистой почве с урожайностью картофеля 148,7 ц/га.

За счет более качественной работы дисковых элементов, потери картофеля у экспериментальной машины, по отношению к показателям серийных агрегатов сократились на 29,2%. Полученные данные отражены на графике (рис. 3).

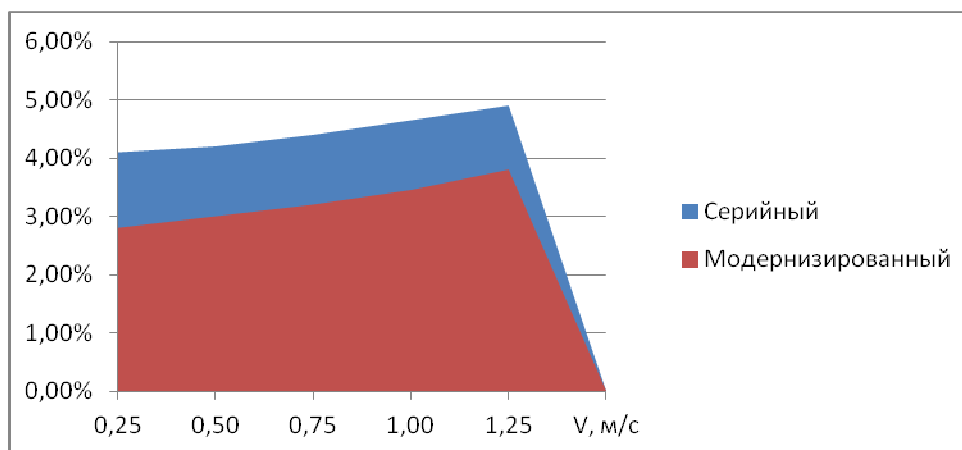


Рисунок 3 - Зависимость потерь картофеля от скорости движения копателя

Из-за того, что угол отгиба почвозацепа от плоскости диска может быть менее  $90^\circ$ , наблюдается снижение повреждаемости. В нашем случае повреждаемость по отношению к серийной машине снизилась на 21,2%.

Проведенные нами испытания показали следующие результаты:

Модернизированный подкапывающий рабочий орган показал снижение тягового сопротивления до 4%. При этом крошение клубненосного пласта улучшилось на 7%.

Копатель с усовершенствованным рабочим органом испытывался на разных рабочих скоростях от 2 до 5 км/ч. В процессе исследований он показал нормальное качество работы. Повреждаемость клубней находилась в допустимых пределах и составила 1,5%, а полнота уборки увеличилась на 1,2% и составила 98,8%.

Использование почвозацепов снижает сгуживание подкапываемого пласта на рабочих органах копателя и, тем самым, снижает время простоя

<http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/30.pdf>

агрегата на 9%.

Из-за применения усовершенствованных дисков средняя скорость агрегата увеличилась на 12,9 %.

В целом наша разработка показывает положительные результаты в виде повышения производительности копателя до 12 %.

### Литература

1. Анализ создания, совершенствования и эксплуатации конструкций картофелеуборочных машин / А.С. Колотов, И.Н. Кирюшин, И.А. Успенский // Сельский механизатор – 2013. – №5. – С. 4-5.

2. Успенский И.А. Обоснование рациональных параметров дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / И.А. Успенский, И.Н. Кирюшин, А.С. Колотов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 323 – 333. – IDA [article ID]: 0961402024. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/24.pdf>

3. Успенский, И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин: автореф. дис ... докт. техн. наук. / Успенский И.А. – М. : 1997. – 36 с.

4. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Р.В. Безносюк, Н.А. Рязанов, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села – 2012. – №3. – С. 6-8.

5. Пат. 2464765 Российская Федерация, МПК А01D. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины [Текст] / Рембалович Г. К., Волченков Д. А., Бышов Н. В., Паршков А. В., Успенский И. А., Борычев С. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (RU). - № 2011105634 ; заявл. 15.02.2011 ; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30. – 9 с. : ил.

6. Пат 134735 РФ, МПК51. А01D25/04. Выкапывающий рабочий орган картофелеуборочного комбайна [Текст] / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Колотов А.С., Кирюшин И.Н., Бышов Н.В., Борычев С.Н., (RU); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" – № 2013113332/13; заявл. 27.03.2013; опубл. 27.11.2013, бюл. № 3.

7. Кирюшин, И.Н. Совершенствование подкапывающих рабочих органов машин для уборки картофеля: дис ... канд. техн. наук. / Кирюшин И.Н. – Рязань. : 2007. – 150 с.

8. Рембалович, Г.К. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области [Текст] / Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник ФГБОУ ВПО РГАТУ. – 2013. - №1. – С. 64 – 68.

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 др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №10(074). С. 596 – 606. – Шифр Информрегистра: 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. Колчин, Н.Н. Основные тенденции развития высокопроизводительной техники для картофелеводства [Текст] / Н. Н. Колчин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №4. – С. 46 – 51.

11. Успенский, И.А. Проблемы при уборке корнеклубнеплодов./ Успенский И.А., Борычев С.Н., Рогов С.С.// Энергосберегающие технологии использования и ремонта машинно-тракторного парка. Сборник трудов научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и «Технология материалов и ремонт машин» инженерного факультета. – Рязань, 2004. – С. 25.

12. Успенский, И.А. Критерии оценки подкапывающих рабочих органов/ И.А. Успенский, В.М. Переведенцев, С.А. Коноплев // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сборник трудов выпуск 4, часть 2. – Рязань, 2000. – С. 24-26

## References

1. Analiz sozdaniya, sovershenstvovaniya i ekspluatatsii konstruktsiy kartofeleuborochnyih mashin / A.S. Kolotov, I.N. Kiryushin, I.A. Uspenskiy // Selskiy mehanizator – 2013. – #5. – S. 4-5.

2. Uspenskiy I.A. Obosnovanie ratsionalnyih parametrov diskovyih elementov podkapyivayuschih rabochnih organov kartofeleuborochnyih mashin / I.A. Uspenskiy, I.N. Kiryushin, A.S. Kolotov // Politematicheskii setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU) [Elektronnyiy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – #02(096). S. 323 – 333. – IDA [article ID]: 0961402024. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/24.pdf>

3. Uspenskiy, I.A. Osnovyi sovershenstvovaniya tehnologicheskogo protsessa i snizheniya energozatrat kartofeleuborochnyih mashin: avtoref. dis ... dokt. tehn. nauk. / Uspenskiy I.A. – M. : 1997. – 36 s.

4. Povyishenie nadezhnosti tehnologicheskogo protsessa i tehnicheskikh sredstv mashinnoy uborki kartofelya po parametram kachestva produktsii / G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskiy, R.V. Beznosyuk, N.A. Ryazanov, V.G. Selivanov // Tehnika i oborudovanie dlya sela – 2012. – #3. – S. 6-8.

5. Pat. 2464765 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D. Separiruyushee ustroystvo korneklubneuborochnoy mashinyi [Tekst] / Rembalovich G. K., Volchenkov D. A., Byishov N. V., Parshkov A. V., Uspenskiy I. A., Boryichev S. N.; zayavitel i pantentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vyisshego professionalnogo obrazovaniya «Ryazanskiy gosudarstvennyiy agrotehnologicheskii universitet imeni P.A. Kostyicheva» (RU). - # 2011105634 ; zayavl. 15.02.2011 ; opubl. 27.10.2012, Byul. # 30. – 9 s. : il.

6. Pat 134735 RF, MPK51. A01D25/04. Vyikapivayuschiy rabochniy organ kartofeleuborochnogo kombayna [Tekst] / Uspenskiy I.A., Simdyankin A.A., Kolotov A.S., Kiryushin I.N., Byishov N.V., Boryichev S.N., (RU); zayavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vyisshego professionalnogo

obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvenniy agrotehnicheskiy universitet imeni P.A. Kostyicheva" – # 2013113332/13; zayavl. 27.03.2013; opubl. 27.11.2013, byul. # 3.

7. Kiryushin, I.N. Sovershenstvovanie podkapyivayuschih rabochih organov mashin dlya uborki kartofelya: dis ... kand. tehn. nauk. / Kiryushin I.N. – Ryazan. : 2007. – 150 s.

8. Rembalovich, G.K. Analiz ekspluatatsionno-tehnologicheskikh trebovaniy k kartofeleuborochnym mashinam i pokazateley ih raboty v usloviyah Ryazanskoj oblasti [Tekst] / G. K. Rembalovich [i dr.] // Vestnik FGBOU VPO RGATU. – 2013. - #1. – S. 64 – 68.

9. Vzaimosvyaz karakteristik povrezhdaemosti klubney s parametrami tehničkog sostoyaniya sel'skohozyaystvennoy tehniki v protsesse proizvodstva kartofelya / G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskiy, G.D. Kokorev i dr. // Politematicheskiy setevoy elektronniy nauchniy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchniy zhurnal KubGAU) [Elektronniy 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 RINTs=0,346

10. Kolchin, N.N. Osnovnyie tendentsii razvitiya vyisokoproizvoditelnoy tehniki dlya kartofelevodstva [Tekst] / N. N. Kolchin [i dr.] // Traktory i sel'hozmashiny. – 2012. - #4. – S. 46 – 51.

11. Uspenskiy, I.A. Problemy pri uborke korneklubneplodov./ Uspenskiy I.A., Boryichev S.N., Rogov S.S.// Energoberegayushie tehnologii ispolzovaniya i remonta mashinno-traktornogo parka. Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 50–letiyu kafedry «Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka» i «Tehnologiya materialov i remont mashin» inzhenernogo fakulteta. – Ryazan, 2004. – S. 25.

12. Uspenskiy, I.A. Kriterii otsenki podkapyivayuschih rabochih organov/ I.A. Uspenskiy, V.M. Perevedentsev, S.A. Konoplev // Sovremennyye energo- i resursosberegayushie, ekologicheski ustoychivyye tehnologii i sistemy sel'skohozyaystvennogo proizvodstva. Sbornik trudov vyipusk 4, chast 2. – Ryazan, 2000. – S. 24-26