

УДК 631.356

UDC 631.356

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КЛУБНЕЙ С  
ПАРАМЕТРАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ТЕХНИКИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА  
КАРТОФЕЛЯ**

**PERFORMANCE RELATIONSHIP WITH  
PARAMETERS OF TUBER DAMAGE OF  
TECHNICAL STATE FARM EQUIPMENT  
IN PRODUCTION OF POTATOES**

Рембалович Георгий Константинович  
к.т.н., доцент

Rembalovich George Konstantinovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Успенский Иван Алексеевич  
д.т.н., профессор

Uspensky Ivan Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., professor

Кокорев Геннадий Дмитриевич  
к.т.н., доцент

Kokorev Gennady Dmitrievich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Юхин Иван Александрович  
к.т.н.

Juhin Ivan Aleksandrovich  
Cand.Tech.Sci.

Булатов Евгений Павлович  
аспирант

Bulatov Evgeny Pavlovich  
postgraduate student

Голиков Алексей Анатольевич  
аспирант

Golikov Alexey Anatolevich  
postgraduate student

Павлов Виталий Александрович  
аспирант

Pavlov Vitaly Aleksandrovich  
postgraduate student

Волченков Дмитрий Александрович  
аспирант

Volchenkov Dmitry Aleksandrovich  
postgraduate student

Рязанов Николай Анатольевич  
аспирант  
*Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань,  
Россия*

Ryazanov Nikolay Anatolevich  
postgraduate student  
*Ryazan State Agro technological University of  
P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В данной статье идет речь о соблюдении норм агротехнологических требований при производстве картофеля в частности. На примере комбайна КПК 2-01 рассматриваются места оказывающие наибольший повреждающий эффект на корнеплод, и приводится краткая методика расчета вероятностного количества поврежденной продукции

This article deals with the rules of observance of agriculture technology requirements for the production of potatoes in particular. On the example of the combine PDA 1.2, we have considered the places having the greatest damaging effect on roots. One can also find a summary procedure for calculating the probability of defective products

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ,  
ПОВРЕЖДЕНИЯ, ПОТЕРИ,  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНАЯ МАШИНА,  
ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ВЕРОЯТНОСТЬ

Keywords: POTATO, DAMAGE, LOSSES,  
POTATO DIGGER, VEHICLE,  
PROBABILITY

Основная особенность сельскохозяйственной продукции состоит в том, что длительное время в ней происходят сложные биологические

процессы (дыхание, созревание, испарение влаги т.д.), от характера и интенсивности которых зависят качество и ее сохранность.

Картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных культур. Это объясняется тем, что в настоящее время его производят почти в 140 странах мира (Россия занимает 3-е место) [1] на площади в 20 млн. га, с которой собирают свыше 320 млн. тонн клубней ежегодно.

Производство картофеля весьма трудоемкий и продолжительный процесс. Уборочные работы занимают 45-70 % от общих трудозатрат и требуют достаточно широкого спектра технических средств. Но важно не только как убрать выращенную культуру с поля, но и доставить в пункт назначения, выполнить это с соблюдением строгих норм агротехнических требований. Так для картофелеуборочных комбайнов существуют три показателя, превышение которых приводит к параметрическому отказу техники по параметрам качества продукции:

1) Потери. Картофелеуборочный комбайн должен выкапывать, отделять клубни от почвы, ботвы и прочих примесей и выдавать чистые клубни. Потери всех видов (оставлено на поверхности, оставлено в почве, не оторвано от ботвы и т.д.) не должны превышать 3% (но не более 6 ц/га);

2) Чистота клубней в таре (не менее 80%);

3) Повреждение клубней. При работе комбайна на легких, средних и засоренных камнями почвах (при температуре почвы не ниже +5 °С) повреждение клубней не должно превышать 10%, а на переувлажненных тяжелых почвах – 5%.

Приведем требования, предъявляемые к сельскохозяйственной технике при проведении уборочно-транспортных работ (табл.1-3) [2].

Таблица 1. Требования по качеству производимой продукции, предъявляемые к машинам для уборки картофеля.

Показатели	Нормативные качества	
	Действующий	Рекомендуемый
1	2	3
Потери клубней, %	3	2
Повреждение клубней по массе (не более), %	10	5; 10*
Чистота вороха клубней (не менее), %	80	90; 80
Глубина хода подкапывающих рабочих органов, см	До 25	До 25

\*- На тяжелых почвах

Таблица 2. Требования по качеству производимой продукции, предъявляемые к автомобилям сельскохозяйственного назначения.

Показатели	Нормативные качества	
	Действующий	Рекомендуемый
1	2	3
Потери (для навалочных, насыпных и затаренных грузов) (не более), %: При транспортировке, выгрузке В процессе наполнения кузова	0,5 0,1	0,1 0,05
Повреждение груза, %	Без повреждений	0,0
Полнота разгрузки, %	Разгрузка полная без ручной доочистки	99,5

\*- Для транспортно - технологических операций.

Таблица 3. Требования по качеству производимой продукции, предъявляемые к прицепах и полуприцепам.

Показатели	Нормативные качества	
	Действующий	Рекомендуемый
1	2	3
Потери (для навалочных, насыпных и затаренных грузов) (не более), %: При транспортировке, выгрузке В процессе наполнения кузова	-	0,1 0,05
Повреждение груза, %	Без повреждений	0,0
Полнота выгрузки, %	Разгрузка полная без ручной доочистки	99,5

Повреждение клубней может вызываться воздействием на них динамических и статических нагрузок. Различают следующие виды

повреждений: внешние и внутренние. К внешним будут относиться порезанные, раздавленные, клубни, а так же с трещинами более 20 мм по хорде и содранной кожурой в сумме более чем с 1/4 поверхности и т.д. К внутренним повреждениям - разрушение мякоти клубня. Причем каждый вид причиняемого ущерба клубню можно отнести к отдельному рабочему органу или их группе.

Так порезы на поверхности картофеля будут возникать при взаимодействии с острыми краями подкапывающих дисков и лемеха, раздавленные плоды – от действия на них комкодавителей, шнеков. Внутренние повреждения и трещины могут появляться при падениях и соударениях отдельных клубней и будут зависеть от упругости элементов грузов и поверхности, с которой соударяется или соприкасается продукт, крупности единицы продукта, его объемной массы, высоты падения (табл. 4).

Таблица 4. Ориентировочные данные о допустимой высоте сбрасывания картофеля [3].

Поверхность, на которую сбрасывают продукты	Картофель
Сталь, дерево	0,3-0,5
Деревянная решетка	0,1-0,2
Прорезиненная решетка	0,5-0,7
Почва средней рыхлости	2
Поверхность одноименная со сбрасываемым продуктом	1-1,2

При слабых ушибах, повреждающих ткани на глубину 5-12 мм, или небольшом сдавливании клубней повреждение не оказывает решающего влияния на лежкость картофеля. Однако это снижает качество столового и семенного картофеля. При более сильных повреждениях картофель часто становится непригодным для продовольственных целей. Поврежденные клубни скорее прорастают, что также отрицательно сказывается на их семенных качествах [3].

На примере комбайна КПК 2-01 определим возможные участки возникновения повреждения клубней. Здесь, ожидаемыми источниками

возникновения механических повреждений являются перепады с третьего элеватора на пальчатую горку, с пальчатой горки на подъемный транспортер (при падении клубня картофеля с высоты 150 мм и выше о жесткую поверхность возможны появления трещин на корнеплоде), а так же из-за соударения с другими падающими клубнями, комьями и т.д. (сила соприкосновения доходит до 160 Н) [4]. Последними источниками повреждения служат падения картофеля с переборочного стола в бункер и при последующей выгрузке в транспортное средство. Зависимость повреждаемости картофеля от высоты падения и массы клубней изучалась многими исследователями. Результаты имеются в работах Н.И. Верещагина, М.Е. Мацепуро, В.С. Митрофанова и др. [5,6].

Рассмотрим вероятностный способ определения количества повреждения клубней.

Повреждения клубней при контактном воздействии можно представить как вероятность сложного события, равную произведению вероятностей: контакта с рабочим органом клубня определенного размера, ориентации клубня в момент контакта и превышения допустимого параметра нагружения при контакте

$$П = x \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $П$  – повреждения клубней, которые определяются при расчете или задаются агротехническими требованиями на данный процесс, %;

$x$  - коэффициент пропорциональности, учитывающий степень приближения геометрической модели клубня к действительным клубням картофеля;

$P_1$  – вероятность падения на поверхность рабочего органа клубня определенного размера;

$P_2$  – вероятность контакта клубня с повреждающей частью рабочего органа, которая зависит от рассматриваемого процесса и конструкции рабочего органа;

$P_3$  – вероятность превышения предела прочности и ориентация клубня в момент контакта.

Повреждения  $\Pi$  в этом случае есть отношение количества (или массы) клубней, получивших одно повреждение, к общему количеству (или массы) клубней. При многократном взаимодействии клубней с рабочим органом возможно  $\Pi > 100\%$ , т.е. клубни могут получить больше одного повреждения.

Как явствует из приведенных выше формул предельный допустимый параметр нагружения  $N_i$  (например, высота сбрасывания  $h_i$ ) есть функция размера клубня  $b$ . В общем виде,  $N_i = f_i(b)$ .

Если в пределах изменения аргумента  $b$  предельный параметр нагружения выше действующего, то вероятность повреждения равна нулю. В том случае, когда для некоторого размера  $b'$  предельный параметр равен или меньше действующего ( $N_{дейст} \geq N_i$ ), появляется вероятность повреждения клубней, начиная с размера  $b'$ . При взаимодействии клубней с рабочим органом возможно бесконечное множество вариантов ориентации клубней. Но нам известны функции  $N_i = f(b)$  только для шести равновероятных вариантов ориентации. Обозначим эти варианты индексом  $j$ . Количество равновероятных вариантов ориентации клубней, для которых известны функции  $N_i = f(b)$  обозначим через  $J$ .

Обозначим индексом  $z$  те варианты ориентации клубня из равновероятных вариантов  $j$ , при которых возможны повреждения. Заметим, что  $0 \leq z \leq J$ .

Для определения вероятности падения на рабочий орган клубней определенных размеров  $P_1$  при ориентации  $j$  можно записать в виде:

$$P_{1j} = \frac{\int_{b_z}^{b_2} F(x) dx}{\int_{b_1}^{b_2} F(x) dx}, \quad P_{1j} = \frac{b_2 - b_z}{b_2 - b_1} \quad (2)$$

где  $b_z$  - критический параметр клубня при данной ориентации  $j$ ;

$b_1, b_2$  - границы размеров фракции;

$F(x)$  - функция распределения клубней по размеру;

Для несортированного картофеля это – функция нормального распределения.

Вероятность  $P_{1j}$  можно выразить при помощи нормированных функций распределения Лапласа.

$$P_{1j} = \Phi_0\left(\frac{b_2 - b_{cp}}{s_b}\right) - \Phi_0\left(\frac{b_z - b_{cp}}{s_b}\right) \quad (3)$$

где  $\Phi_0$  - функция Лапласа (табличные);

$s_b$  - среднее квадратичное отклонение размера  $b$ .

Данные о величине  $\sigma$  приводит Н.Н. Колчин [7]. Если испытываются фракции с равномерным по размеру  $b$  распределением клубней, то формула получает более простой вид:

$$P_{1j} = \frac{b_2 - b_z}{b_2 - b_1} \quad (4)$$

В опытах по испытанию определенных размеров клубней  $P_1 = 1$ . Пределы изменения  $b_z$  следующие:  $b_1 < b_z < b_2$ . Это означает, что при  $b_z \geq b_2, P_1 = 0$ . Для вероятности  $P_2$  контакта клубня с рабочим органом запишем

$$P_2 = \frac{S_{новр}}{S_0}, \quad (5)$$

где  $S_{новр}$  - площадь поверхности рабочего органа способная вызвать повреждения картофеля;

$S_0$  - полная площадь рабочего органа.

Очевидно, если клубни взаимодействуют с плоской поверхностью, то  $P_2 = 1$ .

Вероятность превышения предельного параметра нагружения  $P_3$  есть отношение разности действующего и предельного параметров к действующему параметру. Для размера  $b$  и варианта ориентации  $j$  запишем:

$$P_{3j} = \frac{\Delta N_z}{N_0}; \quad \Delta N_z = N_0 - N_z \geq 0, \quad (6)$$

где  $\Delta N_z$  - величина превышения допустимого параметра нагружения (например, высота сбрасывания  $h_i$ ).

Выражение для повреждаемости при ориентации клубней  $j$  перепишем в виде:

$$n_j = x_1 \cdot P_{1j} \cdot P_2 \cdot P_{3j} \cdot 100\% \quad (7)$$

Суммарную повреждаемость определим как среднюю арифметическую из значений повреждаемости для всех равновероятных вариантов ориентации клубней:

$$\Pi = x_1 P_2 \frac{\sum_j (P_{1j} P_{3j})}{J} \cdot 100\% \quad (8)$$

В опытах по изучению повреждаемости клубней определенного размера  $P_{1j} = 1$ . Тогда с учетом

$$\Pi_b = x_1 \frac{P_2}{J} \left( z - \frac{\sum_z N_z}{N_0} \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

Для случая изучения повреждения клубней по фракциям с границами  $b_1$  и  $b_2$  при равномерном распределении клубней по размеру внутри фракции общая формула получает вид

$$P_{b_1 b_2} = x_1 \frac{P_2}{J} \cdot \frac{\sum_1^z \left[ N_\delta (b_2 - b_z) - \int_{b_z}^{b_2} N_z(x) dx \right]}{N_\delta (b_2 - b_1)} \cdot 100\% \quad (10)$$

В рамках научно-исследовательской работы учеными Рязанского ГАТУ разработан целый ряд рабочих органов и машин для повышения качества и надежности уборочно-транспортного технологического процесса в картофелеводстве. Их применение в зависимости от почвенно-климатических условий района или конкретного хозяйства позволяет существенно повысить агротехнические показатели всего процесса в различных погодных условиях.

Применительно для рассматриваемого картофелеуборочного комбайна возможна установка устройств, повышающих эффективность технологического процесса таких как: сепарирующая горка с лопастным отбойным валиком [8]; сепарирующая горка, снабженная механизмом угловых колебаний в вертикальной плоскости относительно шарнира подвески и кинематически связанным с ним стабилизатором колебаний [9]; интенсификаторы сепарации [10]. Для транспортировки продукции с поля возможно применение усовершенствованного самосвального кузова тракторного прицепа 2ПТС-4 [11], а так же усовершенствованного тракторного прицепа 2 ПТС-4 с устройством стабилизации положения кузова транспортного средства [12], основным элементом которого является группа комбинированных упругих элементов, состоящих из двух пружин разной жесткости, охватывающих одна другую и имеющих разную высоту (высота пружины меньшей жесткости большей высоты пружины большей жесткости).

При изучении влияния скорости вертикальных и горизонтальных колебаний грузовой платформы транспортного агрегата на уровень повреждений продукции при транспортировке было установлено, что применение устройства стабилизации положения кузова транспортного

средства с разработанной нами группой комбинированных упругих элементов различной жесткости позволяет снизить повреждения картофеля по сравнению с серийным вариантом на всех нагрузочных режимах. При максимально допустимой скорости движения транспортного поезда 24,4 км/ч это сокращение это составляет около 18,1% [13].

Для расширения диапазона применения сельскохозяйственной техники существует возможность регулировки отдельных устройств и техники в целом под определенные почвенно-климатические условия. Так, к примеру, на переувлажненных тяжелых типах почв присуще чрезмерное загрязнение вороха, а на почвах с недостаточным увлажнением - количество поврежденного картофеля. Своевременное проведение ТО сельскохозяйственной техники позволяет снизить повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции на всех этапах технологического процесса ее производства. Применение усовершенствованных устройств на серийных моделях в совокупности с оптимальной регулировкой картофелеуборочной техники способно снизить эти показатели до уровня нормативных агротехнологических требований.

Применение данных разработок в серийно выпускаемых моделях позволит расширить диапазон внешних условий для применения картофелеуборочных комбайнов в технологии машинной уборке картофеля.

#### Литература:

1. Электронный ресурс. Сервер статистики FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (дата обращения: 06.09.2011);
2. Агротехнические требования на тракторы и сельскохозяйственные машины. – Т.22, 1976 г.; т. 23, 1978 г.; т. 25, 1979 г.; т. 26-29, 1981г.; т. 30-31, 1982 г.; т. 33,35, 1983 г.; т. 36, 1985 г.; т. 37, 1986 г.; т. 38, 1987 г.;
3. Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. С. 200;

4. Верещагин Н.И. Пути уменьшения повреждаемости картофеля при машинной уборке./ Материалы Всесоюзного совещания «Основные направления совершенствования конструкции машин для возделывания и уборки картофеля». ОНТИ, ВИСХОМ, -М. 1974, - с. 120-126;
- 5.Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. Минск, 1959. С. 297;
6. Митрофанов В.С. Изучение физико-механических свойств картофеля. «Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений как основание для проектирования сельскохозяйственных машин» ВИСХОМ.- М., 1939. – с. 174-196;
7. Колчин Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. М.; Машиностроение, 1982. С. 268;
8. Патент № 95960, RU, М.кл.2 А 01 D 33/08 Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Безносюк Р.В., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К.. – Оpubл. 20.07.2010, бюл. №20;
9. Патент № 2399191, RU, М.кл.2 А 01 D 33/08 Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Бойко А.И., Рембалович Г.К.. – Оpubл. 24.02.2009, бюл. №26;
10. Заявка на изобретение №2009125943, RU, М.кл.2 А 01 D 33/08 Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины / Рязанов Н.А., Успенский И.А., Рембалович Г.К. и др. – от 07.06.2009;
11. Патент № 105233, RU, М.кл.2 А 01 D 91/02 Самосвальнй кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции / Булатов Е.П., Успенский И.А., Юхин И.А., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д.. – Оpubл. 10.06.2011, бюл. №16;
12. Патент №81152, RU, U1B62D 37/00 Устройство для стабилизации положения транспортного средства / Минякин С.В., Успенский И.А., Юхин И.А.. и др. – Оpubл. 10.03.2009, бюл. №7;
13. Юхин И.А. Устройство для сохранения прямолинейности движения транспортного средства / Юхин И.А., Аникин Н.В., Кокорев Г.Д., Успенский И.А. // Нива Поволжья. – Май 2010. - №2(15). С.48-50.