

# Картофелекопатель с ротационной сепарирующей поверхностью

**В.М. Алакин, Г.С. Никитин**

Приведены результаты исследований экспериментального картофелекопателя с ротационной сепарирующей поверхностью. Особое внимание уделяется обоснованию конструктивных параметров и определению рабочих характеристик нового сепарирующего устройства. На основе анализа результатов экспериментальных исследований определены наиболее оптимальные режимы работы экспериментального картофелекопателя.

**Ключевые слова:** картофель, картофелекопатель, уборка, картофелесодержащий ворох, ротационная сепарирующая поверхность, роторно-пальцевые рабочие органы, лемех, лопастной битер, производительность, надежность, энергоемкость, материалоемкость.

Картофель остается одной из самых востребованных с.-х. культур, как в России, так и за рубежом. Только в нашей стране под его посадками занято свыше 297,11 тыс. га, а годовой объем производства превышает 31 млн т.

Наиболее трудоемким этапом производства картофеля до сих пор остается уборка урожая. На ее долю приходится до 60% всех трудозатрат [1]. В основном это связано с большим количеством почвы в подкапываемой гряде картофеля. В зависимости от типа посадки для выделения 1 кг клубней приходится просеять до 33 кг почвенных примесей.

Механизация процесса уборки картофеля позволила значительно снизить трудозатраты и повысить качество картофеля. Сегодня используют картофелеуборочные комбайны, картофелекопатели и картофелекопатели-погрузчики. Первый тип получил наибольшее распространение в крупных и средних с.-х. предприятиях. Однако, по данным Минсельхоза РФ, их доля в годовом объеме производства картофеля в России не превышает 20-25%. Оставшиеся 75-80% выращивают в небольших фермерских и личных подсобных хозяйствах, которые не имеют возможности приобрести столь дорогостоящую технику. Картофель в них в основном убирают сравнительно недорогими картофелекопателями или картофелекопателями-погрузчиками.

Сегодня в картофелеуборочной технике наиболее распространенное устройство первичной сепарации – прутковый элеватор. Его главные преимущества – простота конструкции, на

универсальность применения и возможность транспортирования убираемой продукции под углом до 25° [2, 3].

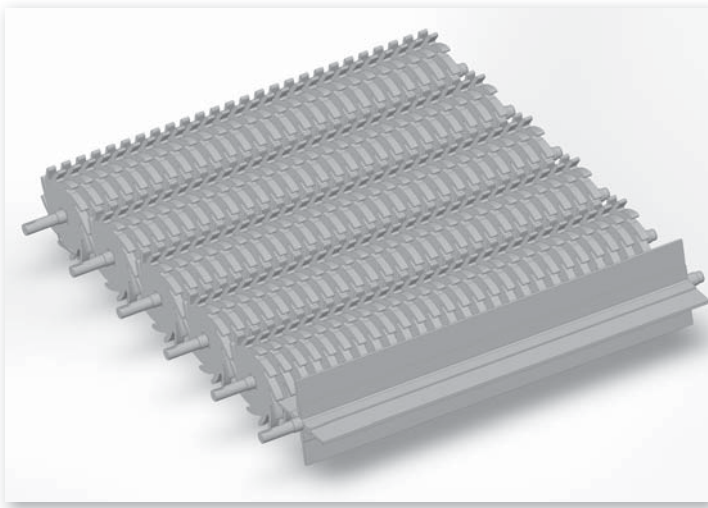
Однако наряду с этими положительными качествами прутковый элеватор обладает рядом существенных недостатков, таких, как высокая материалоемкость и энергоемкость, малое и нерегулируемое живое сечение, а также наличие большого количества пар трения. Все это существенно снижает технологические и эксплуатационные параметры картофелеуборочной машины в целом.

В Калужском филиале МГТУ имени Н.Э. Баумана был разработан и изготовлен экспериментальный образец картофелекопателя с ротационной сепарирующей поверхностью. По данным исследований копатель не только лишен всех указанных недостатков, но и обладает более высокой производительностью и сроком службы. Главное отличие заключается в применении ротационной сепарирующей поверхности взамен пруткового элеватора. Разработанное устройство представляет собой набор из 5-6 ротационных секций, состоящих из валов с закрепленными на

них роторно-пальцевыми рабочими органами. Сепарирующий просвет между ними регулируется телескопическими вставками шириной от 20 до 35 мм. Расположение секций друг за другом (без перекрытия пальцев роторов) позволяет регулировать просветы ротационной сепарирующей поверхности при уборке картофеля и других корнеплодов.

3D-модель ротационной сепарирующей поверхности (рис. 1) универсального ротационного картофелекопателя полностью разрабатывали в САД системах Solidworks и КОМПАС-3D. Это не только снизило время проектирования, но и позволило провести предварительный кинематический, динамический анализ различных элементов конструкции и рабочего процесса.

Подкапывающий рабочий орган экспериментального картофелекопателя состоит из двух пассивных лемехов, обеспечивающих уборку двух картофельных гряд общей шириной 1400 мм. Глубина выкапывания регулируется изменением угла наклона рамы картофелекопателя и может достигать 22 см. Конусообразная форма и регулируемый наклон лемехов позволяет устойчиво работать на влажных, засоренных растительнос-



**Рис. 1.** 3D-модель ротационной сепарирующей поверхности.



Рис. 2. Экспериментальный картофелекопатель в действии.

тью почвах, а также подкапывать различные культуры [4].

Роторно-пальцевый рабочий орган, изготовленный из конструкционной резины, обладает достаточной прочностью для преодоления давления, возникающего при взаимодействии с пластом почвы. Он представляет собой диск с восемью наклонными пальцами, толщина которых увеличивается от их вершины к основанию, что обеспечивает достаточную упругость пальца и щадящий контакт с клубнями. За счет наклонной и сферической поверхности пальцев уменьшается вероятность наматывания растительных примесей, заземления комков почвы и клубней, что в конечном итоге снижает сопротивление сепарирующей поверхности и повреждение картофеля. Внешний диаметр роторно-пальцевых рабочих органов составляет 300 мм, что обеспечивает им интенсивную окружную скорость и устойчивое перемещение вороха при небольшой частоте вращения валов в 200-250 об/мин. Совокупность конструктивных и кинематических характеристик роторов способствует удалению или перемещению растительных примесей по ротационной сепарирующей поверхности, без существенного наматывания на валы секций. За счет вращательного движения роторно-пальцевых рабочих органов картофелесодержащий ворох более равномерно распределяется по ширине сепаратора, обеспечивая тем самым более активное просеивание почвенных примесей при минимальном повреждении клубней. Исключение заземления комков и ботвы, а также использование в качестве материала основных рабочих органов высокопрочной резины и пластмассы для

вставок, позволило значительно увеличить срок службы сепаратора и существенно снизить его металлоемкость и энергоемкость.

Однако, в следствие того, что диаметр роторно-пальцевых рабочих органов составляет 300 мм, между задни-

ми кромками лемехов и первой секцией сепаратора образовался значительный перепад высоты перехода пласта. Исследования показали, что в этом месте происходит сгуживание картофелесодержащего пласта, чрезмерный рост повреждаемости клубней и как следствие нарушается процесс работы картофелекопателя в целом. Для решения этой проблемы был разработан регулируемый битек, который устанавливается между лемехами и первой секцией сепаратора. Его лопасти выполнены из резины и включают в себя отражающие щитки, взаимодействующие с пластом почвы без удара – путем щадящего подъема и частичного разрушения связанной структуры. Применение регулируемых по высоте лопастей и отражательных щитков позволило изменить производительность, и как следствие оптимизировать рабочий процесс битера под конкретные условия и вид убираемой культуры. Для предотвращения сгуживания картофелесодержащего пласта перед первой секцией сепаратора, а также во избежание его перегрузки была определена зависимость минимальной скорости вращения битера от скорости движения картофелекопателя [5].

#### Технические характеристики картофелекопателя с ротационной сепарирующей поверхностью

Габаритные размеры, м ..2,35×1,4×2	
Рабочая скорость, км/ч .....	3-7
Производительность, га/ч .....	0,7
Величина сепарирующих просветов, мм.....	25-35
Скорость вращения битера, об/мин.....	150-200
Скорость вращения рабочих органов, об/мин.....	200-250
Максимальный угол наклона, град.....	15

Экспериментальные исследования процесса работы модернизированного картофелекопателя (рис. 2) проводили в ФГБНУ «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» на суглинистых почвах при влажности 10% и 18%. Они показали, что процесс сепарации на ротационной поверхности можно разделить на две зоны. Первая – зона подкапывания, подачи и интенсивной сепарации. На этом участке просеивается основное количество почвы, а перемещение клубней и примесей, по пальцевой поверхности роторов, происходит в распределенном, связанном виде. Вторая – зона окончательной очистки. На данном участке клубни и почвенные примеси транспортируются роторами по отдельности, плюс происходит окончательное разрушение и просеивание почвенных комков.

В экспериментах исследовали зависимость полноты отделения примесей от угла подъема, длины сепарирующей поверхности, а также от скорости вращения роторно-пальцевых рабочих органов. Результаты опытов показали, что с увеличением угла наклона сепаратора происходит не только снижение скорости транспортирования картофелесодержащего вороха, но и увеличение количества соударений клубней и почвенных комков. Все это приводит к значительному увеличению сепарации примесей и росту повреждаемости клубней. Однако при повышении угла наклона сепаратора до 10-15 градусов рост степени травмирования незначителен и составляет всего 0,5%.

Изменение длины сепарирующей поверхности, в свою очередь, оказало наибольшее влияние на сепарирующую способность картофелекопателя. Так с увеличением количества секций росла и просеиваемость почвы. Вместе с этим пропорционально увеличивалась и повреждаемость клубней. В результате экспериментов было установлено, что оптимальным вариантом является использование в конструкции картофелекопателя 5-6 секций. В этом случае достигается 95% сепарирование почвенных примесей, при общей повреждаемости картофеля до 1%.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что оптимальная скорость вращения роторно-пальцевых рабочих органов находится в пределах от 200 до 250 об/мин. Данный режим обеспечивает перемещение картофелесодержащего воро-



ха без сгруживания и без отрыва от сепарирующей поверхности.

В результате теоретических и экспериментальных исследований картофелекопателя с ротационной сепарирующей поверхностью были определены параметры, обеспечивающие его работу с максимальной производительностью без существенного повреждения картофеля. Рекомендованное количество ротационных секций сепаратора – 5 шт. Максимальный угол наклона картофелекопателя 15°. Скорость вращения рабочих органов, скорость движения картофелекопателя и скорость вращения битера подбираются под конкретные условия из диапазонов: 200-250 об/мин; 3-7 км/ч; 150-200 об/мин соответственно.

Результаты экспериментов показали целесообразность применения ротационной сепарирующей поверхности как для модернизации уже существующих, так и при создании новых моделей картофелекопателей и картофелеуборочных комбайнов.

### Библиографический список

1. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / В.Н.

Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Д.Н. Бышов, Г.К. Рембалович, А.В. Паршков, А.А. Голиков // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/58.pdf>. Дата обращения: 25.04.2018.

2. Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. М.: Агротрас, 2010. 316 с.

3. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 2004. 418 с.

4. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 2003. 215 с.

5. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин / Л. А. Резников, В. Т. Ещенко, Г. Н. Дьяченко, Н. А. Сокол. М.: Агропромиздат, 1991. 425 с.

### Об авторах

**Алакин Виктор Михайлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобиле- и тракторостроение», Калужский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (Национальный исследовательский университет). Тел. (4842) 74-40-34, 54-77-80.

**Никитин Геннадий Сергеевич**, аспирант кафедры «Автомобиле- и тракторостроение», Калужский филиал Федерального государствен-

ного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (Национальный исследовательский университет). E-mail: [aser.port@yandex.ru](mailto:aser.port@yandex.ru)

### Potato digger with rotary separating surface

**V.M. Alakin**, PhD, associate professor, Moscow State Technical University after N.E. Bauman.

E-mail: [alakin@bmstu-kaluga.ru](mailto:alakin@bmstu-kaluga.ru)

**G. S. Nikitin**, postgraduate at the Department of automobile and tractor construction, Moscow State Technical University after N.E. Bauman.

E-mail: [aser.port@yandex.ru](mailto:aser.port@yandex.ru)

**Summary.** Research results of an experimental potato digger with rotational separating web are published in this article. Special attention is paid to definition of design characteristics and performance data of the new separating device. Admissible operating modes are defined on the basis of the analysis of results of pilot studies of the experimental potato digger.

**Keywords:** potatoes, potato digger, harvesting, heap of potatoes, rotary separating surface, star wheel, share, paddle beater, performance, reliability, energy efficiency, material consumption.



# DOKA GENE



## ПРОДАЖА КАЧЕСТВЕННЫХ СЕРТИФИЦИРОВАННЫХ СЕМЯН КАРТОФЕЛЯ САМЫХ ВОСТРЕБОВАННЫХ СОРТОВ

Качество гарантировано партнерством с ведущими селекционными центрами и полным комплексом анализов на ультрасовременной исследовательской базе

ООО «ДГТ», Московская обл.  
Дмитровский р-он, с. Рогачево  
ул. Московская, стр. 58  
[www.dokagene.ru](http://www.dokagene.ru)

Коммерческий отдел: Роман Кашковал

☎ 8-916-290-03-71

✉ [r.kashkoval@vegetoria.ru](mailto:r.kashkoval@vegetoria.ru)

☎ 8-495-226-07-68