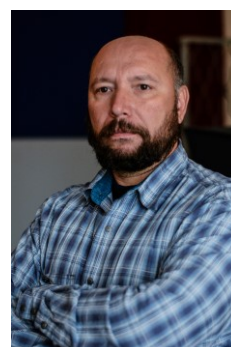
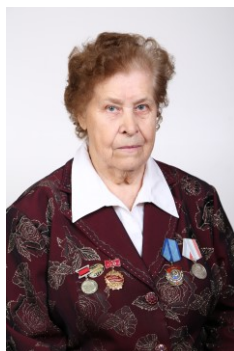


# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.356.4

**Е.Е. Крыгина, М.В. Орешкина, С.Е. Крыгин**  
**Ye.Ye. Krygina, M.V. Oreshkina, S.Ye. Krygin**

## ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОДНОРЯДНОГО КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

### FIELD TESTS OF A SINGLE-ROW POTATO HARVESTER

**Ключевые слова:** уборка картофеля, картофелеуборочный комбайн, испытания, агротехническая оценка, потери клубней, повреждаемость клубней, производительность агрегата, рабочие органы, растительные остатки, почвенные комки.

Увеличение посевных площадей картофеля в Рязанской области сдерживается нехваткой уборочной техники и хранилищ. В Рязанском государственном агротехнологическом университете создан однорядный картофелеуборочный комбайн ККС-1М для работы на малых площадях крестьянско-фермерских хозяйств. Целью исследований являлось определение соответствия выполнения технологического процесса уборки картофеля однорядным картофелеуборочным комбайном с усовершенствованными рабочими органами агротехническим требованиям. В агрегате с трактором TERRION ATM 3180 осенью 2019 г. комбайн испытывался на уборке картофеля сортов Латона и Гала на опытном поле агротехнологической станции «Стенькино». По типовой методике испытаний были определены характеристики культур и характеристики убираемых

участков. Комбайн испытывался на тяжелых суглинистых почвах влажностью 19,3-24,1% при температуре 14-20°C. Условия испытаний соответствовали нормативным. В одном случае твердость почвы в слоях 10-20 см превышала 1,4 МПа. В результате испытаний установлено: полнота уборки картофеля составила от 96,4 до 97,8%, потери клубней – от 2,2 до 3,6%, чистота клубней в таре – от 72,5 до 80,7%, повреждения клубней – от 1,9 до 2,4%. Наличие плотных почвенных комков в бункере связано с отсутствием в конструкции комбайна специальных рабочих органов для их разрушения или выделения из вороха. Выявлены причины потерь и повреждений клубней в комбайне. Установлено, что предварительное удаление картофельной ботвы ботводробителем БД-4 оказывает влияние на работу сепарирующих и ботвоудаляющих рабочих органов картофелеуборочного комбайна. В целом картофелеуборочный комбайн ККС-1М с модернизированными рабочими органами обеспечивает требуемое качество выполнения процесса уборки. Комбайн рекомендуется использовать на небольших площадях в средних и тяжелых почвенно-климатических условиях.

**Keywords:** *potato harvesting, potato harvester, testing, agrotechnical evaluation, loss of tubers, tuber damage, aggregate productivity, working tools, plant residues, soil clods.*

The increase of the areas under potatoes in the Ryazan Region is constrained by the lack of harvesting equipment and storage facilities. A single-row potato harvester KKS-1M was developed at the Ryazan State Agro-Technological University to operate on small areas of peasant farms. The research goal was to determine if the technological process of harvesting potatoes with a single-row potato harvester with improved working tools met the agrotechnical requirements. In the autumn of 2019, the harvester attached to a TERRION ATM 3180 tractor was tested when harvesting potato varieties Latona and Gala on the experimental field of the Agro-Technological Station "Stenkinno". According to the standard testing procedure, the characteristics of crops and harvested plots were determined. The harvester was tested on heavy loamy soils with a moisture content of

19.3-24.1% at a temperature of 14-20°C. The testing conditions were in compliance with the regulatory requirements. In one case, the soil hardness in layers of 10-20 cm exceeded 1.4 MPa. It was found that the completeness of potato harvesting ranged from 97.3% to 98.2%, the loss of tubers ranged from 1.8% to 2.7%, the purity of tubers in containers - from 72.5% to 80.7%, and tuber damage - from 1.9% to 2.4%. The presence of dense soil clods in the bunker was associated with the absence of special working tools in the harvester design for their destruction or separation from the heap. The causes of tuber losses and damage were identified. It was found that the preliminary removal of potato tops by BD-4 haulm shredder affected the operation of separating and top-removing working tools of the potato harvester. In general, KKS-1M potato harvester with modernized working tools ensures the required quality of the harvesting process. The harvester is recommended for the use on small areas in medium and heavy soil and climatic conditions.

**Крыгина Евгения Евгеньевна**, аспирант, каф. технических систем в агропромышленном комплексе, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Тел.: (4912) 35-37-22. E-mail: zhenyak@yandex.ru.

**Орешкина Мария Владимировна**, д.т.н., проф. каф. технических систем в агропромышленном комплексе, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычев. Тел.: (4912) 35-37-22. E-mail: oreshkina.mariya@yandex.ru.

**Крыгин Станислав Евгеньевич**, ст. преп. каф. технических систем в агропромышленном комплексе, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Тел.: (4912) 35-00-84. E-mail: stanislav-krygin@yandex.ru.

**Krygina Yevgeniya Yevgenyevna**, post-graduate student, Chair of Technical Systems in Agricultural Industry, Ryazan State Agro-Technological University named after P.A. Kostychev. E-mail: zhenyak@yandex.ru.

**Oreshkina Mariya Vladimirovna**, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Technical Systems in Agricultural Industry, Ryazan State Agro-Technological University named after P.A. Kostychev. E-mail: oreshkina.mariya@yandex.ru.

**Krygin Stanislav Yevgenyevich**, Asst. Prof., Chair of Technical Systems in Agricultural Industry, Ryazan State Agro-Technological University named after P.A. Kostychev. E-mail: stanislav-krygin@yandex.ru.

## Введение

В 2018 г. в Рязанской области было собрано 321734 т. картофеля, причем более половины (181796 т) выращено в личных подсобных хозяйствах. Сельскохозяйственные организации с площади около 5,7 тыс. га собрали 131379 т при средней урожайности 240,5 ц/га. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области, в 2019 г. посадочные площади уменьшились до 4724 га, но за счет увеличения урожайности до 309,8 ц/га было собрано свыше 138 тыс. т клубней [1].

Сдерживающими факторами роста производства картофеля в области являются низкая обеспеченность предприятий уборочной техникой и отсутствие картофелехранилищ [2]. Высокая нагрузка на уборочную технику приводит к

увеличению продолжительности уборки, работе при пониженных температурах воздуха, что ведет к росту потерь и повреждений клубней, снижению их лежкости [3].

В ряде учебных заведений России, в том числе в Рязанском государственном агротехнологическом университете ведутся работы по созданию картофелеуборочных машин и совершенствованию их рабочих органов [4-7].

**Цель** – определить соответствие выполнения технологического процесса уборки картофеля однорядным картофелеуборочным комбайном ККС-1М с усовершенствованными рабочими органами агротехническим требованиям.

**Задачи исследования:**

- провести агротехническую оценку условий испытаний и убираемой культуры;

- определить показатели качества выполнения технологического процесса картофелеуборочным комбайном на сплошной уборке картофеля.

### Объекты и методы

С целью определения показателей качества выполнения технологического процесса на основе агротехнической оценки картофелеуборочного комбайна ККС-1М в режиме сплошной уборки картофеля 12 и 13 сентября 2019 г. проводились полевые испытания агрегата TERRION ATM-3180 + ККС-1М на опытном поле агротехнологической станции «Стенькино» УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанского района Рязанской области (рис. 1).

Методика и программа экспериментальных исследований соответствовали требованиям [8] и предусматривали определение показателей характеристики культуры, показателей характеристики участка и показателей качества выполнения технологического процесса картофелеуборочным комбайном.

В процессе испытаний комбайна ККС-1М изучался вопрос о влиянии наличия растительных остатков и картофельной ботвы на показатели качества работы комбайна. Для этого с пяти дополнительных учетных делянок с поверхности поля вручную собрали растительные остатки, а чтобы не нарушить связь клубней с корнями и не взрыхлить гребни, оставшиеся после уборки, стебли ботвы срезали на уровне почвы.



**Рис. 1. Уборка картофеля агрегатом TERRION ATM 3180 + ККС-1М**



а



б



в

**Рис. 2. Определение характеристик убираемой культуры:**

- а – определение количества и ориентации стеблей картофельной ботвы;
- б – определение высоты среза ботвы;
- в – определение параметров картофельного гнезда

### Экспериментальная часть

На опытном поле агротехнологической станции картофель сортов Латона и Гала возделывается по интенсивной гребневой технологии с шириной междурядий 70 см. За 6 дней до момента испытаний комбайна ботводробителем БД-4 осуществлена уборка ботвы. На поле было выделено 6 учетных делянок длиной по 14,3 м. На учетных делянках производилось определение густоты посадок, ширины междурядий, количества и ориентации растительных остатков (рис. 2), высоты среза стеблей картофельной ботвы, параметров картофельного гнезда, были



взяты пробы для определения урожайности, размеров клубней в соответствии с ГОСТ Р 54781-2011[8].

Убираемый участок характеризуется механическим составом почвы, рельефом, влажностью и твердостью почвы по слоям. Твердость почвы определялась твердомером Ревякина, взяты образцы для определения влажности (рис. 3).



а



б



в

**Рис. 3. Определение характеристик участка:**  
а – определение параметров гребневой посадки;  
б – взятие проб почвы для определения влажности;  
в – определение твердости почвы

Во время испытаний определялась рабочая скорость на учетной делянке, потери клубней за комбайном (рис. 4), количество и состав вороха, сходящего с основного элеватора, засоренность бункерного картофеля почвенными и растительными примесями, повреждения клубней. Из бункера брались пробы крупных клубней для закладки на хранение с целью определения внут-

ренних повреждений (потемнение мякоти) в соответствии с методикой [4].



а



б



в

**Рис. 4. Определение показателей качества выполнения технологического процесса:**  
а – потери клубней за комбайном;  
б – картофельный ворох в бункере;  
в – состав вороха, сходящего с основного элеватора

### Результаты и их обсуждение

Обработка опытных данных осуществлялась в соответствии с методикой [8]. Сводные результаты исследований представлены в таблицах 1-3.

Условия испытаний отвечают требованиям, изложенным в стандарте [8], за исключением твердости почвы на участке, где возделывался картофель сорта Латона (твердость почвы допускается до 1,4 МПа). Условия испытаний соответствуют, следовательно, полученные результаты являются приемлемыми.

Таблица 1

**Характеристика убираемого картофеля**

Наименование показателей	Значения показателей	
	Латона	Гала
Сорт картофеля	Латона	Гала
Способ посадки	По гребневой технологии	По гребневой технологии
Ширина междурядий	70	70
Состояние ботвы	Скошенная	Скошенная
Высота гребня, см	19,2	18,4
Биологический урожай, ц/га	266,4	281,3
Масса ботвы с одного куста, г	420,6	452,3
Характеристика гнезда:		
масса клубней с 1 куста, г	836,4	1247,0
длина гнезда, см	20,3	19,5
ширина гнезда, см	22,1	28,2
Глубина залегания, см:		
верхнего клубня	2,4	2,5
нижнего клубня	12,9	16,4
Количество кустов на 1 га, тыс/га	34,6	31,5
Количество клубней в гнезде, шт.	7,4	7,3
Состав клубней по фракциям в % к весу:		
до 50 г	16,2	25,5
51-80 г	40,7	32,0
свыше 80 г	43,1	42,5
Размерно-массовая характеристика клубней:		
средняя длина, мм	62,3	64,2
средняя ширина, мм	50,4	56,4
средняя толщина, мм	38,6	36,1
средняя масса, г	112,3	118,4
Коэффициент формы	2,00	2,02

Таблица 2

**Условия проведения полевых исследований однорядного картофелеуборочного комбайна ККС-1М**

Наименование показателей	Значения показателей при испытаниях	
	Латона	Гала
Сорт картофеля	Латона	Гала
Тип почвы и название по механическому составу	темно-серые лесные, тяжелые суглинистые	темно-серые лесные, тяжелые суглинистые
Рельеф и микрорельеф	ровный	ровный
Влажность почвы (%) в слоях	0-5	19,8
	5-10	19,3
	10-15	19,6
	15-20	20,2
Твердость почвы (МПа) в слоях, см	0-5	0,26
	5-10	0,46
	10-15	0,93
	15-20	1,20
Температура, °С	Воздуха	18-20
	Почвы	12-18

*Результаты полевых испытаний однорядного комбайна ККС-1М на сплошной уборке картофеля*

Наименование показателей		Значения показателей при испытаниях		
Сорт картофеля		Латона	Гала	Гала
Состояние ботвы (наличие растительных остатков на учетной делянке)		Скошена (есть)	Скошена (есть)	Скошена (нет)
Рабочая скорость, км/ч		2,87	3,36	3,48
Глубина хода лемеха, см		14,0	18,0	18,0
Количество персонала на переборке, чел.		2	2	2
Фактический урожай, ц/га		244,8	256,1	255,6
Чистота клубней в таре, %	клубни	72,5	80,7	78,2
	почва в комках	25,6	18,2	18,0
	камни	1,1	-	-
	растительные примеси	0,8	1,1	3,8
Качество выполнения технологического процесса, %	собрано в тару	96,4	97,8	97,3
	оставлено на поверхности	1,1	1,4	1,0
	оставлено в почве	2,5	0,8	1,6
	всего потерь	3,6	2,2	2,7
Повреждения клубней по массе, %		2,4	2,2	2,03
Количество повреждений, приходящихся на 100 клубней, шт., в т.ч.				
содрана кожица на ¼-½ поверхности		1,9	0,9	0,8
содрана кожица более ½ поверхности		-	-	-
вырывы мякоти глубиной более 5 мм		0,5	0,45	0,32
трещины длиной более 20 мм		-	0,4	0,51
раздавленные клубни		-	0,15	-
резаные клубни		-	0,2	0,3
потемнение мякоти глубиной более 5 мм		-	-	0,1

**Выводы**

В зависимости от подготовки поля на тяжелых суглинистых почвах влажностью до 24,1% рабочая скорость комбайна может быть увеличена до 3,5 км/ч.

В результате агротехнической оценки установлено, что полнота уборки картофеля составила от 96,4 до 97,8%. Потери клубней, соответственно, – от 2,2 до 3,6%. Согласно агротехническим требованиям потери клубней массой более 15 г допускаются не более 4%. Потери клубней происходили в основном при переходе с основного элеватора на горку, через боковые щитки горки и на выходе с подъемного транспортера, через щитки ограждения загрузочного транспортера.

Чистота клубней в таре получена от 72,5 до 80,7%, что меньше допустимого (не менее 80%). Это объясняется природно-климатическими условиями лета, наличием в почве плотных комков. В конструкции комбайна отсутствуют специальные рабочие органы – комкодавители для разрушения почвенных комков или для их сепарации. В ходе испытаний для корректировки процесса на переборочном столе работали 2 переборщика, но они не справлялись с потоком комков. Конструкция площадок позволяет на уборке задействовать до четырех вспомогательных рабочих.

Установлено, что низкий срез стеблей ботвы приводит к увеличению в бункере растительных примесей (более чем в 3 раза), в основном это клубные корни. Между тем отсутствие на элева-

торе в клубненосном пласте ботвы и растительных примесей незначительно увеличило просеивающую способность элеватора.

Повреждения клубней составили от 1,9 до 2,4%, что соответствует агротребованиям, не более 5%. Основные причины повреждений – перепады между рабочими органами в конструкции комбайна: основной элеватор – продольная горка, подъемный транспортер – переборочный стол, загрузочный – транспортер бункер. Разрезанные клубни появлялись в результате отклонения картофельного гнезда от оси рядка из-за неточности вождения агрегата.

Для надежной работы картофелеуборочного комбайна на участках с предварительно удаленной ботвой оставшиеся стебли должны быть длиной не менее 15-18 см. Для механического удаления картофельной ботвы можно рекомендовать тербление, что способствует рыхлению почвы и улучшает её сепарацию на элеваторе [9].

По результатам агротехнической оценки можно сделать вывод, что картофелеуборочный комбайн ККС-1М в основном выполняет технологический процесс с показателями качества, соответствующими агротехническим требованиям.

Преимущество испытанного однорядного комбайна – возможность использовать его на посадках с междурядьями 70, 75 и 90 см. Комбайн может быть рекомендован для работы на небольших площадях, а также в тяжелых почвенно-климатических условиях, когда использование двух- и трехрядных комбайнов с тракторами тягового класса до 2 тс затруднено.

#### Библиографический список

1. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области: [сайт] / Правительство Рязанской области. – Рязань, 2013. – URL: <https://www.ryazagro.ru/spheres/otrasli/zemledelie-i-rasteniievodstvo> (дата обращения: 25.10.2019). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. Крыгин, С. Е. Проблемы технического обеспечения уборки картофеля в Рязанской области / С. Е. Крыгин. – Текст: непосредственный // Инновационные и нанотехнологии в системе стратегического развития АПК региона: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (13-15 ноября 2013 г.). – Тверь: СФК-офис, 2013. – С. 201-206.

3. Pötke, E., Schuhmann, P. (Hrsg.): Speisefrischkartoffeln – Qualität erzeugen, erfassen, lagern, vermarkten, Buchedition Agrimedia, Spithal 1997.

4. Кузьмин, А. В. Проблемы совершенствования картофелеуборочных машин / А. В. Кузьмин, В. С. Болохоев, В. Л. Цыбиков. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1 (63). – С. 67-71.

5. Камалетдинов, Р. Р. Усовершенствованный подкапывающий рабочий орган картофелеуборочного комбайна / Р. Р. Камалетдинов, Ф. Н. Галлямов. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 4-5.

6. Макеев, Д. В. Разработка принципиальной схемы однорядного комбайна для уборки картофеля / Д. В. Макеев, С. Е. Крыгин, М. Б. Угланов. – Текст: непосредственный // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1 (1). – С. 34-40.

7. Рембалович, Г. К. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, А. А. Голиков [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2013. – № 1 (17). – С. 64-68.

8. ГОСТ Р 54781-2011. Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. – Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 32 с. – Текст: непосредственный.

9. Картофель. Выращивание, удобрения, хранение / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер [и др.]; под общей редакцией Д. Шпаара. – Москва:



ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2016. – 458 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Ministerstvo selskogo khozyaystva i proizvodstva Ryazanskoj oblasti: sayt/ Pravitelstvo Ryazanskoj oblasti. – Ryazan, 2013. – URL: <https://www.ryazagro.ru/spheres/otrasli/zemledelie-i-rasteniyevodstvo> (data obrashcheniya: 25.10.2019). – Rezhim dostupa: svobodnyy.

2. Krygin, S.E. Problemy tekhnicheskogo obespecheniya uborki kartofelya v Ryazanskoj oblasti / S.E. Krygin // Innovatsionnye i nanotekhnologii v sisteme strategicheskogo razvitiya APK regiona: sb. nauchnykh trudov po materialam Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (13-15 noyabrya 2013 goda). – Tver: SFK-ofis, 2013. – S. 201-206.

3. Pötke, E., Schuhmann, P. (Hrsg.): Speisefrischkartoffeln – Qualität erzeugen, erfassen, lagern, vermarkten, Buchedition Agrimedia, Spithal 1997.

4. Kuzmin, A.V. Problemy sovershenstvovaniya kartofeleuborochnykh mashin / A.V. Kuzmin, V.S. Bolokhoyev, V.L. Tsybikov // Vestnik Altayskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 1 (63). – S. 67-71.

5. Kamaletdinov, R.R. Usovershenstvovanny podkapuyvayushchiy rabochiy organ kartofeleuborochnogo kombayna / R.R. Kamaletdinov, F.N. Gallyamov // Mekhanizatsiya i elektrofikatsiya selskogo khozyaystva. – 2007. – No. 10. – S. 4-5.

6. Makeev, D.V. Razrabotka printsipialnoy skhemy odnoryadnogo kombayna dlya uborki kartofelya / D.V. Makeev, S.E. Krygin, M.B. Uglanov // Agrotekhnika i energoobespechenie. – 2014. – No. 1 (1). – S. 34-40.

7. Analiz ekspluatatsionno-tekhnologicheskikh trebovaniy k kartofeleuborochnym mashinam i pokazateley ikh raboty v usloviyakh Ryazanskoj oblasti / G.K Rembalovich, I.A. Uspenskiy, A.A. Golikov [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2013. – No. 1 (17). – S. 64-68.

8. GOST R 54781-2011. Mashiny dlya uborki kartofelya. Metody ispytaniy. – Moskva: FGUP «Standartinform», 2012. – 32 s.

9. Kartofel. Vyrashchivanie, udobreniya, khranenie / D. Shpaar, A. Bykin, D. Dreger [i dr.] // pod obshchey redaktsiyey D. Shpaara. – Moskva: ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2016. – 458 с.



УДК 631.316.6

Ю.Н. Сыромятников

Yu.N. Syromyatnikov

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛОСКОРЕЖУЩЕЙ ЛАПЫ ДЛЯ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЕЕ ПОСЛОЙНОЙ ОБРАБОТКЕ

### THE SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF A FLAT HOE FOR SOIL LOOSENING AT GRADED TILLAGE

**Ключевые слова:** почва, уплотнение, качество крошения, вариационное исчисление, наральник, плоскорез.

**Keywords:** soil, compaction, soil pulverization quality, energy, variational calculus, cultivator point, flat hoe.