ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41

DEVELOPMENT OF POTATO HARVESTING TECHNIQUE AND ITS MODERN PROSPECTS

V. Luchkova, S. N. Borychev

Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article provides an overview and a brief analysis of potato harvesting technology in historical terms. The latest trends in the development of potato harvesters are considered. The current prospects of trailed combines are substantiated.

Abstract

Introduction. Potato growing is a sub-branch of crop production, which is one of the most labor-intensive and energy-intensive ones. Increasing the efficiency of potato production is possible by improving the most cost components of production technology and technical means for its implementation, which include harvesting. Studying the historical development of the technical features of machine potato harvesting makes possible to identify ways to improve and modernize potato harvesters. The aim of the research is to study the technical parameters of potato harvesting machines, dividing into periods the stages of development of potato harvesting machines and determine current prospects.

Object. The object of the research are potato harvesters, their technical characteristics at different periods of time. **Materials and methods.** The research is based on archive materials and the work of modern scientists involved in this area of study, as well as technical documentation. When studying the object, the following research methods were used: analysis, synthesis, comparison, ranking, generalization, abstraction, concretization, systematization and formalization. **Results and conclusion.** One can divide the development of potato harvesters into 5 main stages and 4 transition periods. The allocation of the main stages is associated with the use of fundamentally new means of harvesting potatoes: the stage of manual labor, the horse-drawn stage, the tractor stage, the stage of self-propelled combines and the stage of robotization. It should be noted that the achievements of the previous stages are the starting point for the subsequent ones. In this regard, it is necessary to identify transitional periods that have the signs of the previous and subsequent stages and they are as follows: a plow period, a period of elementary mechanization, a period of trailed harvesters and a period of combines with intelligent on-board systems. The formation and improvement of the used tools and means of potato harvesting is associated with periods of their development in terms of technical characteristics, which are evaluative criteria, such as labor costs, energy costs, productivity, loss of tubers, damage to tubers, reliability of agricultural machines and unit cost. In modern conditions, both trailed combines and self-propelled machinery are used. The active implementation of intelligent systems is gaining pace, but trailed potato harvesters remain the most used ones. The reason for this is the optimal ratio: cost of machines, productivity and product quality.

Key words: *potato growing, potato harvesting equipment, stages of development, trailed combines, self-propelled combines, combines with technological process robotization.*

Citation. Luchkova I. V., Borychev S. N. The development of potato harvesting technology and its current prospects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 419-428. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.356.4

РАЗВИТИЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ И ЕЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

И. В. Лучкова, аспирант

С. Н. Борычев, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет»,
г. Рязань

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Картофелеводство – подотрасль растениеводства, являющаяся одной из самых трудо- и энергозатратных. Повышение эффективности производства картофеля возможно путем совершенствования наиболее затратных составляющих технологии производства и технических средств по ее реализации, к которым относится уборка урожая. Изучение исторического развития технических особенностей машинной уборки картофеля позволяет определить пути совершенствования и модернизация картофелеуборочных машин. Целью исследования является изучение технических параметров картофелеуборочных машин, периодизация на их основе этапов развития картофелеуборочной техники и определение современных перспектив. **Объект.** Объектом исследования выступают средства уборки картофеля, их технические характеристики в разные периоды времени. **Материалы и методы.** В основе исследования лежат архивные материалы и работы современных ученых, занимающихся данным направлением исследований, а также техническая документация. При изучении объекта были использованы такие методы исследования, как общий анализ, сравнение элементов и показателей, обобщение, конкретизация, систематизация и частичная формализация. **Результаты и выводы.** В развитии средств уборки картофеля можно выделить 5 основных этапов и 4 переходных периода. Выделение основных этапов связано с использованием принципиально новых средств уборки картофеля: этап ручного труда; гужевого этап; тракторный этап; этап самоходных комбайнов; этап роботизации. При этом следует отметить, что достижения предыдущих этапов являются стартовой основой последующих. В связи с этим, необходимо выделение переходных периодов, которые обладают признаками предыдущего и последующего этапов: плужный период; период элементарной механизации; период прицепных комбайнов; период комбайнов с интеллектуальными бортовыми системами. Формирование и совершенствование применяемых орудий и средств уборки картофеля связано с периодами их развития в разрезе технических характеристик, выступающих оценочными критериями, такими как трудозатраты, энергозатраты, производительность, потери клубней, повреждение клубней, надежность с.-х. машины, себестоимость единицы продукции. В современных условиях имеет место применение и прицепных комбайнов, и самоходной техники. Набирает темп активное внедрение интеллектуальных систем, однако наиболее востребованными остаются прицепные картофелеуборочные комбайны, причиной тому являются оптимальные соотношения: стоимость машин, производительность, качество получаемой продукции.

Ключевые слова: картофелеводство, картофелеуборочная техника, этапы развития картофеля, прицепные комбайны, самоходные комбайны, машинная уборка картофеля.

Цитирование. Лучкова И. В., Борычев С. Н. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы. *Известия НВ АУК.* 2020. 2 (58). 419-428. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Картофелеводство – это перспективная отрасль развития сельского хо-

зяйства, особенно для России, так как есть факторы, указывающие на это: во-первых – различие природных условий возделывания картофеля на территории РФ представляет широкий выбор регионов для расширения картофелеводства в различных географических и природных зонах, во-вторых, картофель имеет традиционно весомый вес в питании населения нашей страны. В этой связи в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы появились изменения. Подготовлена подпрограмма «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации». Процесс активного семеноводства неотъемлемо ведет за собой и развитие средств и технологий возделывания и уборки картофеля. Последний этап является самым трудоемким, поэтому актуально остановится именно на нем. Исчерпывающую информацию по данному вопросу можно получить, лишь рассмотрев его историческое развитие.

Целью исследования является изучение технических параметров картофелеуборочных машин, периодизация на их основе этапов развития картофелеуборочной техники и определение современных перспектив.

Материалы и методы. Объектом исследования выступают средства уборки картофеля и их технические характеристики в разные периоды времени. В основе исследования лежат архивные материалы и работы современных ученых, занимающихся данным направлением исследований, в том числе Н. В. Бышов, М. Ю. Костенко, В. М. Переведенцев и др., а также техническая документация (руководство по эксплуатации) [3, 5, 8, 11-13]. При изучении объекта были использованы следующие методы исследования: общий анализ, сравнение элементов и показателей, обобщение, конкретизация, систематизация и частичная формализация.

Результаты и обсуждение. За все время применения средств уборки картофеля произошло много изменений, новаций, конструкторско-инженерных ноу-хау, однако до сих пор ручной труд полностью не ушел из этого процесса.

В развитии средств уборки картофеля можно выделить 5 основных этапа и 4 переходных периода. Выделение основных этапов связано с использованием принципиально новых средств уборки картофеля:

1. Этап ручного труда.
2. Гужевой этап.
3. Тракторный этап.
4. Этап самоходных комбайнов.
5. Этап роботизации.

При этом следует отметить, что достижения предыдущих этапов являются стартовой основой последующих. В связи с этим необходимо выделение переходных периодов, которые обладают признаками предыдущего этапа и последующего:

1. Плужный период.
2. Период элементарной механизации.
3. Период прицепных комбайнов.
4. Период комбайнов с интеллектуальными бортовыми системами.

Рисунок 1 – Этапы развития средств уборки картофеля

Figure 1 – Stages of development of potato harvesters

Временные рамки смены этапов развития средств уборки картофеля сильно размыты и не имеют четких границ. Это обусловлено множеством факторов, основными из которых являются:

- объемы и направления производства картофеля (так уборка картофеля для личных нужд до сих пор, как правило, осуществляется традиционно ручным способом);
- промышленная революция и научно-технический прогресс (способствует созданию множества экспериментальных образцов картофелекопателей и иной картофелеуборочной техники, которые не получили распространения);
- образование новых форм хозяйствования (ведет к развитию конкуренции и, как следствие, возрастает потребность в современных средствах уборки картофеля);
- уровень социально-экономического развития (влечет структурные и качественные изменения в развитии производительных сил, при этом способствует развитию техники при наличии сдерживающего стоимостного фактора).

На первом этапе, когда применялся ручной труд, возделывались небольшие площади не более 0,25-0,35 га. Из инструментария были сохи, мотыги, лопаты, вилы. Эту стадию можно назвать огородным периодом, и она продлилась до середины XIX века.

С увеличением убираемых площадей ручные орудия труда менялись на плуги, развитие которых отмечается на плужном периоде. Использование живой тягловой силы в уборке картофеля характерно для гужевого этапа. Этот этап ознаменован появлением конной тяги и специальных приспособлений для раскапывания картофеля, но человеческий труд оставался в большом объеме неизменно. Этот период уже можно назвать полевым, потому что площади возделывания картофеля значительно выросли. Эта стадия длилась до конца 20-х годов XX столетия. Стали появляться картофелекопатели, их усовершенствование определяет период элементарной механизации. Например, во 2-й Рязанской Губернской Сельско-Хозяйственной Кустарно-Промышленной выставке 1923 года среди экспонатов Губсельсклада числился картофелекопатель Предела.

В энциклопедическом словаре Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона (том 14 – 1895 год) подробно описываются картофелекопатели того времени. В литературном источнике указывается, что «назначение картофелекопателей заключается не в ускорении самой работы, но в возможно полной очистке клубней от обыкновенно пристающей к ним земли».

Авторами предлагается все картофелекопатели исходя из их строения разделить на три группы. Копатели первой группы имеют самое простое строение, они похожи на окучник, у которого отвалы заменены рядом из 5-7 расположенных веером железных спиц. Технология уборки представляла собой процесс, при котором поднятая лемехом земля с гнездами картофеля разрыхляется спицами и проваливается в промежутки

между ними, а клубни разбрасываются в стороны от орудия и позднее подбираются рабочими. К этой группе отнесены картофелекопатели Говарда, Сакка и др.

Вторая группа представлена картофелекопателями-швырялками. Рабочее устройство обычно состоит из железной рамы, находящейся на двух колесах крупного диаметра. От них в движение приводится вал с прикрепленными на него металлическими стержнями. Данный механизм похож на колесо со спицами, но без обода, который вращается либо параллельно оси машины, следовательно, поперек картофельных борозд, либо по направлению ее движения вдоль борозд. Когда такой копатель приступает к работе, то механизм начинает быстро вращаться, подхватывая поднятую лемехом землю и разбрасывая ее. Справа или слева машины иногда прикрепляют железную планку или проволочную решетку. Эти дополнительные элементы не дают клубням возможности разлетаться далеко в сторону.

Картофелекопатели третьей группы оборудованы решеткой, предназначенной для очищения клубней от земли. В копателе Кобылинского земля, двигаясь через ось колеса, падает на решетку, где картофель и обтрясается, а потом попадает в специальный ящик сзади. Наибольшим спросом пользовались копатели первой группы, но отличным по качеству уборки признано орудие Кобылинского.

Огромную роль в развитии картофелеуборочных средств сыграл Рязанский завод сельскохозяйственных машин («Рязсельмаш»). С 20-х годов XX века он полностью перешел на производство тракторных машин по возделыванию картофеля и почвообрабатывающих орудий. С 1931 г. «Рязсельмаш» выпускает первые отечественные машины для механизации возделывания картофеля, конный окучник для возделывания картофеля. Выпускался также картофелекопатель В-9 с шириной захвата 1,5 м. Он состоит из рамы, опирающейся на 2 ходовых колеса, сиденья для рабочего, рычага включения, дышла с двумя вальками и двустороннего подкапывающего рабочего органа в виде измененного корпуса окучника. Рабочий орган посредством стойки прикрепляется к раме орудия. При движении картофелекопателя подрезанный слой земли вместе с картофелем разваливается по обеим сторонам, вследствие чего достигается более полный вынос клубней на поверхность почвы, чем при выкопке картофеля плугом. Испытания картофелекопателя В-9 показали, что затрата рабочей силы снижается на 10-15 %, а чистота выкапывания клубней повышается по сравнению с выкапыванием плугом. Среднедневная производительность картофелекопателя В-9 около 1,5 га при одном обслуживающем рабочем. Потребная тяга – 2 лошади [3].

Отсчет тракторного этапа условно можно начать с 1936 года, когда завод «Рязсельмаш» приступил к выпуску сельхозмашин тракторной тяги. Также производством выпускались:

- конный однорядный картофелекопатель марки «К» швыряльного типа (1937 г.);
- тракторный 2-рядный картофелекопатель ТЭК-2 элеваторного типа (1940 г.);
- картофелеуборочный комбайн ИКХ.

В послевоенные годы на заводе было создано специальное конструкторское бюро по механизации возделывания и уборки картофеля. Для полной механизации процесса уборки урожая пытались сконструировать несколько образцов картофелеуборочной техники. В результате коллективной работы «Рязсельмаша» и Тульского комбайнового завода были освоены и выпущены первые серии картофелеуборочных комбайнов КОК и ККР-2 [3].

Опытная партия картофелеуборочных комбайнов К-3 выпускается в 1960 году. В них реализованы новейшие по тому времени достижения и конструктивные решения. Машины оправдали и зарекомендовали себя, особенно на легких и средних почвах.

В 1967 г. в Рязани появилось еще одно машиностроительное предприятие – Рязанский комбайновый завод. Он был выделен на базе «Рязсельмаша». Именно на комбайновом заводе производился серийный выпуск картофелеуборочного комбайна ККУ-2 «Дружба» ряда модификаций. Выпущены десятки тысяч этих комбайнов. Также с конвейера этого завода вышли такие востребованные отечественные модели, как картофелеуборочный комбайн КПК-2-01, ККУ-2А, КПК-3, Е-686, Е-684; копатель картофеля КТН-2В 3-х эл., КТН-2В 2-х эл., ККЭ-2М.

Использование самоходных комбайнов выводит на новый уровень развития картофелеуборочную технику, не требующую дополнительного транспорта для перемещения. Комбайн передвигается на колесах самостоятельно, что обеспечивает его маневренность. Этап появления полноценных картофелеуборочных комбайнов – это уже полная механизация технологического процесса уборки урожая.

В современном мире наибольший спрос имеет следующая картофелеуборочная техника: Grimme Ventor 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester и др. [10].

Данный этап является перспективным, так как именно на нем заложена основа автоматизации комбайнов бортовыми системами. Одним из современных элементов внедрения интеллектуальных технологий является оснащение комбайнов самыми разнообразными и сложными бортовыми компьютерами и оборудованием. На мониторе, расположенном в кабине комбайнера, отражается актуальная цифровая и графическая информация: об урожайности убираемого картофеля, производительности техники, скорости движения, уровне заполнения бункера, потерях, повреждениях и др. В то же время современные модернизированные комбайны могут быть оснащены, как минимум, системой картирования урожая и технологиями машинного зрения.

Данный этап не является конечным, так как в процессе уборки картофеля непосредственно участвует человек-комбайнер. В перспективе работать с техникой будет специалист новой формации, владеющий навыками управления роботизированной картофелеуборочной техникой. В условиях цифровизации и развития искусственного интеллекта на смену придут киберкомбайны, и начнется эпоха роботизации.

Наступает эра интеллектуальных технических средства в АПК. Разработчики сельскохозяйственной техники делают попытки применять в своей деятельности результаты агрокибернетики, электроники, интеллектуальные, автоматизированные и роботизированные системы, альтернативные источники энергии. Осуществляются попытки создания умных, самообучаемых машин. Создание роботов, пригодных для работы на картофельном поле, связано с большими трудностями. Однако в некоторых направлениях растениеводства роботы уже применяются [7].

Формирование и совершенствование применяемых орудий и средств уборки картофеля связано с периодами их развития (таблица 1) [1, 2, 4, 9].

Таблица 1 – Периодизация этапов развития картофелеуборочной техники

Table 1 – Periodization of the stages of development of potato harvesting equipment

Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	Временные рамки (условно) / Period (conditionally)	Виды сельскохозяйственного инструмента и техники уборки картофеля / Types of agricultural tools and potato harvesting techniques	Оценочные критерии (усредненные) / Evaluation criteria (averaged)						
			Трудозатраты / Labor	Энергозатраты / Energy	Производительность / Output	Потери клубней / Tubers loss	Повреждение клубней / Damage to tubers	Надежность с.-х. машины / Reliability of agricultural machinery	Себестоимость единицы продукции / Unit cost
Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	1. Этап ручного труда / 1. Manual labor stage	До середины XIX века – по настоящее время в ЛПХ / Up to mid XIX century - up to now in household farms	+++	--	--	--	--	x	++
		Соха, мотыга, лопата, вилы / Wooden plow, hack, spade, pitchfork							
	Плужный период / Plow period	По 20-е года XX века / Up to the 1920s	++	--	--	--	--	--	++
		Примитивные картофелекопатели (картофелекопатель Предела, копатель Паулуса, копатель Кобылинского / Primitive potato diggers (Predel potato digger, Paulus digger, Kobylinsky digger)							
Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	2. Гужевого этап / 2. Horse-drawn stage	Картофелекопатель В-9, конный однорядный картофелекопатель марки «К» швырального типа / V-9 potato digger, horse-drawn single-tow potato digger of brand «K» of the throwing type	++	--	--	--	--	--	++
		Картофелеуборочные комбайны КОК и ККР-2, К-3, ККУ-2 «Дружба» / Potato harvesters KOK and KKR-2, K-3, KCU-2 «Friendship»	+	+	++	++	+	+	+
	3. Тракторный этап / 3. Tractor stage	С 50-х годов XX века – по настоящее время / Since 1950s - to the present							
		С 70-х годов XX века – по настоящее время / Since 1970s - to the present							
Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	4. Этап самоходных комбайнов / 4. Self-propelled combines stage	Комбайны бункерного и элеваторного типов фирм AVR и Dewulf (Бельгия), Grimme (Германия), Рязсельмаш (СССР) / Bunker and elevator combines AVR and Dewulf (Belgium), Grimme (Germany), Ryazselmash (USSR)	--	+	+++	--	--	+++	--
		Grimme Venter 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester / Grimme Venter 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester	--	++	+++	--	--	++	+
	5. Этап роботизации картофелеуборочной техники / 5. Robotization stage	Комбайны с высокой степенью роботизации технологических процессов / Combines with a high degree of robotization of technological processes	--	+++	+++	--	--	+	+
Условные обозначения / Values									
+++ очень высокое значение / +++ very high value	++ высокое значение / ++ high value	+	+ невысокое значение / + low level value		– низкое значение / – low value		– очень низкое значение / – very low value		

Средства уборки картофеля непрерывно изменяются в сторону уменьшения затрат труда и увеличения элементов роботизации. Однако в современных условиях имеет место применения и прицепных комбайнов, и самоходной техники, и набирает темп активное внедрение интеллектуальных систем (например, машинное зрение) как в первую, так и вторую группу картофелеуборочной техники, поэтому актуальным является определение оптимальности их использования [6]. В таблице 2 представлены некоторые релевантные технические и стоимостные параметры, обосновывающие выбор картофелеуборочной техники. Так как существует достаточно большой выбор средств уборки картофеля с дифференциально разными техническими показателями производительности и стоимостными критериями, то в качестве примера использована техника немецкого производителя Grimme.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технических параметров картофелеуборочных машин

Table 2 – Comparative characteristics of the technical parameters of potato harvesters

Техническая характеристика комбайна / Harvester specifications	Типы картофелеуборочных машин / Types of potato harvesters		
	Прицепные комбайны (Grimme SE 150-60) / Trailed harvesters (Grimme SE 150-60)	Самоходные комбайны (Grimme SF 150-60) / Self-propelled harvesters (Grimme SF 150-60)	Комбайны с высокой степенью роботизации технологических процессов (На примере Grimme) / Combines with a high degree of robotization of technological processes (For example Grimme)
Производительность за час основного времени, га/час / Productivity per hour of the main time, ha/hour	0,2-0,4	0,4	0,5
Количество убираемых рядков, шт. / The number of rows to be harvested, pcs.	2	2	2
Количество обслуживающего персонала, чел. / The number of staff, persons	2-4	2-4	1
Вместимость бункера, т / Hopper capacity, t	6	6	6
Ходовый механизм / Travelling gear	Колесный / Wheeled	Колесный / Wheeled	Колесный / Wheeled
Стоимость агрегата, млн. руб./ Unit cost, million rubles	9,6	13,1	26,5
Себестоимость, тыс. руб./т /Cost of sales, thousand rubles/t	10,5	11,3	12,1
Потери клубней, % / Tubers loss, %	4,1	4,2	3,4
Повреждение клубней, % / Damage to tubers, %	9,1	7,4	6,2

В целях визуального анализа данных таблицы 2, построим диаграмму по заданным показателям, которые имеют усредненное значение (рисунок 2).

Представленная диаграмма акцентирует внимание на том, что прицепные картофелеуборочные комбайны при более низкой ценовой категории обладают техническими параметрами, ненамного уступающими самоходные машины. При оценке предпочтение отдается критериям соотношения стоимости машины, производительности и качеству получаемой продукции.

Рисунок 2 – Основные параметры картофелеуборочных машин

Figure 2 – The main parameters of potato harvesters

Выводы. Результаты исследований технических параметров картофелеуборочных машин позволили выделить 5 основных этапов развития картофелеуборочной техники, отличающихся использованием принципиально новых средств уборки картофеля. При этом определены 4 переходных периода, которые обладают признаками предыдущего этапа и последующего. Каждый исторический этап и период представлен типичными для того времени видами сельскохозяйственного инструмента и техники уборки картофеля. Сравнительная характеристика технических параметров установила непрерывные изменения в сторону уменьшения затрат труда и увеличения элементов роботизации. На современном этапе наиболее востребованными по соотношению стоимости машины, производительности и качеству получаемой продукции являются прицепные картофелеуборочные комбайны. Таким образом, в настоящее время приоритетные перспективы развития и совершенствования имеет прицепная картофелеуборочная техника (комбайны).

Библиографический список

1. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, А. М. Кравченко, В. А. Ксендзов, М. Б. Угланов, И. А. Успенский, А. В. Шемякин, Н. А. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 985-1000.
2. Влияние конструктивно-технологической схемы на показатели работы ртофелеуборочной машины / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, Н. Г. Байбобоев, Н. С. Жбанов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 108-114.
3. История развития техники для уборки картофеля / И. А. Успенский, С. Н. Борычев, И. Н. Кирюшин, А. С. Колотов // Сельский механизатор. 2013. № 5. С. 4-5.
4. К вопросу надежности картофелеуборочных машин / Н. Н. Новиков, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Н. Бышов, Д. А. Лапин, Н. А. Костенко // Техника и оборудование для села. 2018. № 9. С. 25-28.
5. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Саудабаева А. Ж. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 105-112.

6. Основы снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля): монография / И. А. Успенский [и др.]. Рязань, 2010. 276 с.

7. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 262-269.

8. Прогнозирование качества работы картофелеуборочной машины / М. Ю. Костенко, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин, Н. А. Костенко // Сельский механизатор. 2013. № 5 (51). С. 6-7.

9. Снижение повреждаемости сельскохозяйственной продукции (на примере картофеля) при использовании пневмоконтейнера / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Шемякин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. №1 (37). С. 104-108.

10. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов, Н. Н. Колчин, Я. П. Лобачевский, Н. Г. Кынев // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 43-47.

11. Biologically active nanomaterials in production and storage of arable crops / S. D. Polischuk, G. I. Churilov, D. G. Churilov, S. N. Borychev, N. V. Byshov, D. V. Koloshein, O. V. Cherkasov // International Journal of Nanotechnology. 2019. №16 (1/2/3). P. 133-146.

12. Features of applying biological preparations in the technology of potato growing on gray forest soils / D. V. Vinogradov, O. N. Terekhina, N. V. Byshov, M. M. Kryuchkov, N. I. Morozova, O. A. Zakharova // International Journal of Engineering and Technology. 2018. №7 (4.36). P. 242-246.

13. Validating the parameters of the rotary device for potato haulm removal / N. V. Byshov, S. N. Borychev, Yu. N. Abramov, M. B. Uglanov, M. Yu. Kostenko, G. K. Rembalovich // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. V. 12. № S5. P. 312-322.

Conclusions. The results of studies of the technical parameters of potato harvesters made it possible to distinguish 5 main stages in the development of potato harvesting machines, which differ in using fundamentally new potato harvesters. At the same time, 4 transitional periods having features of the previous stage and the next one were determined. Each historical stage and period is represented by typical for that time types of agricultural tools and potato harvesting techniques. A comparative characteristic of technical parameters has established continuous changes in reducing labor costs and increasing robotization. At the present stage, trailed potato harvesters are the most demanded in terms of the ratio of the cost of the machine, productivity and quality of the products obtained. Thus, at present trailed potato harvesting equipment (harvesters) is the priority prospects for development and improvement.

Authors Information

Luchkova Inna Vasilyevna, Graduate Student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (390044, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: innaluchkova@mail.ru.

Borychev Sergey Nikolaevich, First Vice-Rector, Head of Department "Construction of Engineering Structures and Mechanics" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (390044, Ryazan, Kostychev Str., 1), Doctor of Technical Science, Full Professor, e-mail: 89066486088@mail.ru.

Информация об авторах

Лучкова Инна Васильевна, аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: innaluchkova@mail.ru., тел.: +79209506458.

Борычев Сергей Николаевич, первый проректор, заведующий кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор, e-mail: 89066486088@mail.ru.