

3. Grimme / Planting technology [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.grimme.com>. – Дата доступа: 31.07.2017.
4. Коротченко, А. А. Эффективные приемы повышения продуктивности картофеля в повторных посадках Центрального Черноземья: дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / А. А. Коротченко. – Курск, 2012. – 155 с.
5. Настольная книга картофелевода / С. А. Турко [и др.] // под ред. С. А. Турко; РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2007. – 165 с., ил.
6. Минсельхозтехника Полтава. Статьи // Прогрессивная технология производства картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kruchkov.com.ua>. – Дата доступа: 25.05.2017.
7. Возделывание картофеля в индивидуальном секторе: рекомендации / С.А. Банадысев [и др.]. – Минск, 1998. – 48 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур. Сб. отрасл. регламентов. – Минск: Беларус.наука. – 2005. – С. 160–194.
9. Павлович, А. А. Современные технологии и технические средства для возделывания, уборки и хранения картофеля: аналит. обзор / А. А. Павлович, А. Л. Рапичук, С. А. Банадысев. – Минск. – 2000. – 52 с.
10. Справочник картофелевода / Под ред. Н. А. Дорожкина, З. А. Дмитриевой, А. Ф. Богдановского. – Минск: Ураджай, 1989. – 304 с.
11. Прямов, С. Б. Усовершенствование технологии выращивания, уборки, хранения и товарной подготовки картофеля в условиях крупнотоварного производства при орошении: дис. ... канд. с.-х. наук. / С. Б. Прямов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва, 2016.
12. Машинные технологии и техника для производствакартофеля. – М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

УДК 631.362.3:633.491

Поступила в редакцию 13.10.2017
Received 13.10.2017

Д. И. Комлач¹, В. Н. Еднач², Д. Н. Бондаренко²

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

² УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

email: komlach.d@mail.ru;

val-e@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЕСОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ С КОМБИНИРОВАННОЙ КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В статье приведен сравнительный анализ современных калибрующих поверхностей, представлен расчет сравнительной экономической эффективности машины с комбинированной калибрующей поверхностью и серийно выпускаемых машин РК-1100 и МК-15, с учетом сопряженных операций, в базовой технологии послеуборочной обработки и калибровки клубней картофеля.

На основании анализа выполненных расчетов установлено, что калибрующая поверхность с продольным расположением вальцов обеспечивает высокое качество разделения клубней картофеля на фракции, при этом достигается экономия средств в результате снижения затрат на электроэнергию, реновацию, ремонт, техническое обслуживание и повышается качество калибрования.

Ключевые слова: картофель, клубни, калибрование, сортировка, ролики, фракции, показатели.

D. I. Komlach¹, V. N. Ednach², D. N. Bondarenko²

¹ RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

² Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: komlach.d@mail.ru;

val-e@mail.ru

DETERMINATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF GRADING MACHINE FOR POTATOES WITH COMBINED CALIBRATION SURFACE

The article provides comparative analysis of modern calibration surfaces, the calculation of comparative economic efficiency of the machine combined bearing surface with commercially available machines RC-1100 and MC-15 taking into account the paired transactions in the underlying technology of post-harvest handling and

calibration of potato tubers. Based on the analysis of the performed calculations it is established that the bearing surface with longitudinal rollers provides high-quality separation of potato tubers into fractions, while achieving savings by reducing costs of electricity, renovation, repair, maintenance and improvement of the quality of the calibration.

Keywords: potatoes, tubers, calibration, sorting, rollers, fractions, indices.

Введение

В соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы предусмотрено увеличение объема производства картофеля до 5,6 млн тонн при росте урожайности 309 *ц/га*, при этом предусматриваются развитие и модернизация овощехранилищ.

В результате анализа применяемых в настоящее время технологий переработки установлено, что на потребительские свойства товарного картофеля существенное влияние оказывает процесс послеуборочной обработки (очистка, разделение на фракции, закладка на хранение). Недостатками в технологии послеуборочной обработки являются низкая точность разделения клубней на фракции и высокий уровень повреждений, наносимых клубням рабочими органами.

При производстве картофеля основные потери урожая наблюдаются при хранении. Прежде всего, это связано с условиями хранения: с высокой влажностью и низкой температурой, способствующими развитию болезнетворных бактерий и микроорганизмов. Как правило, причиной заражения клубней является повреждение целостности кожуры картофеля при уборке, перевалках и послеуборочной доработке.

Во всех странах, занимающихся производством картофеля, при послеуборочной доработке используются картофелесортировальные пункты. Наиболее производительны и надежны в эксплуатации машины с роликовой калибрующей поверхностью, однако они наносят значительные повреждения клубням. Также широкое распространение получили калибраторы с сетчато-транспортными рабочими органами, но они обладают существенным недостатком – низкой удельной производительностью.

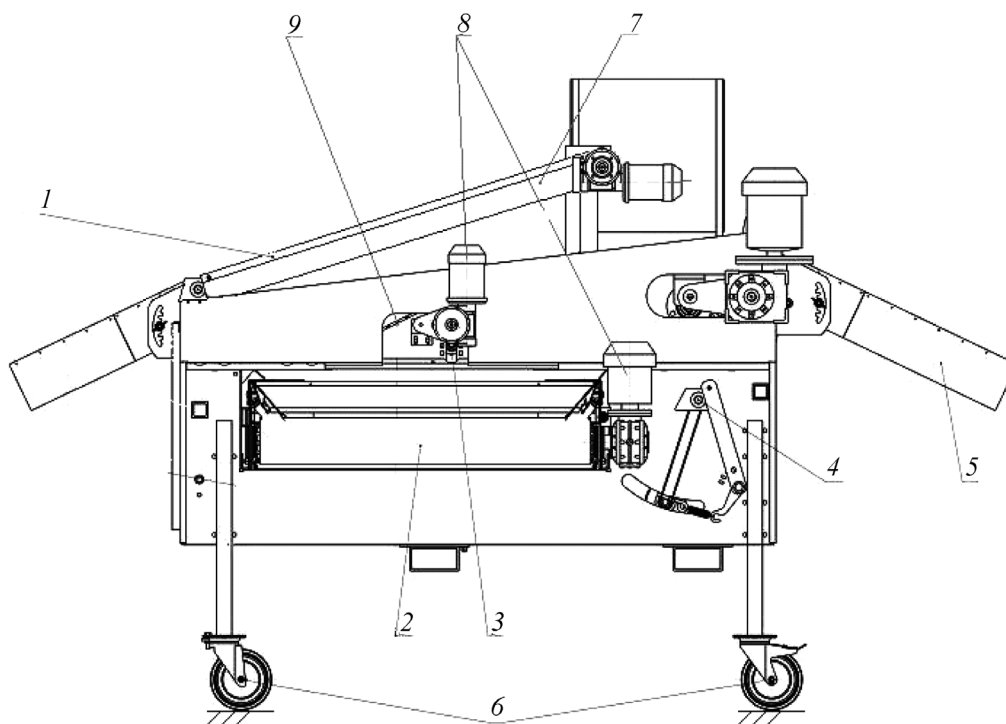
Повышение производительности и снижение уровня механических повреждений, наносимых клубням при сортировке и калибровке, может быть достигнуто посредством комбинации роликовых и сетчатых калибрующих поверхностей. Учитывая тот факт, что удельный объем клубней крупной фракции возрастает с увеличением урожайности и в среднем составляет более 30 %, выделение крупной фракции в начале технологического процесса значительно уменьшит нагрузку при отделении средней и мелкой фракций. Кроме того, исследованиями установлено, что степень повреждений клубней зависит от времени их контакта с активными рабочими органами. Следовательно, в отличие от базовых технологий, когда крупные товарные клубни вынуждены последовательно проходить зоны калибровки мелкой и средней фракций, получая значительные повреждения, предложенное нами решение выделить первоначально крупную фракцию предотвратит значительную часть повреждений.

Основная часть

Данная задача решена путем разработки калибрующей поверхности, образованной продольно расположенными роликами с пропорционально изменяющейся частотой вращения от центра к периферии. Разработанная роликовая поверхность устанавливалась на базовую машину для калибровки картофеля МК-15 с сетчатой калибрующей поверхностью транспортного типа.

Машина состоит из следующих основных частей (рисунок 1): рамы 1, выгрузного транспортера мелкой проходящей фракции 2, встряхивателя 3, механизма натяжения 4, лотка отвода крупной и лотка отвода средней фракций 5, колесного хода 6, роликовой калибрующей поверхности с механизмом регулировки угла наклона 7, электрооборудования 8, включающего пульт управления и четыре электромотора с редукторами, ячеистого транспортера 9.

Машина для калибровки картофеля устанавливается на ровную площадку при помощи колесного хода 6 и фиксируется тормозными устройствами. Поступающие клубни картофеля по-



1 – рама; 2 – выгрузной транспортер мелкой проходящей фракции; 3 – встряхиватель;
 4 – механизм натяжения ячеистого транспортера; 5 – отводящий лоток; 6 – колесный ход;
 7 – роликовая калибрующая поверхность с механизмом регулировки угла наклона;
 8 – электрооборудование; 9 – ячеистый транспортер

Рисунок 1. – Схема машины для калибрования клубней картофеля с комбинированной калибрующей поверхностью

даются на верхнюю роликовую калибрующую поверхность 7. Под действием составляющей силы тяжести, направленной вдоль роликов, клубни крупной фракции движутся в нижнюю часть поверхности. Для стабилизации скорости движения клубней по поверхности ролики через один имеют спиральную навивку. При вращении спираль толкает клубни неправильной формы в направлении схода или притормаживает, круглые вращающиеся ролики способствуют изменению ориентации клубня относительно щели.

Клубни мелкой и средней фракций проходят сквозь щели между роликов калибрующей поверхности 7 и попадают на поверхность ячеистого транспортера 9, частота колебаний которого под воздействием встряхивателя 3 регулируется пультом управления.

Клубни, размеры которых меньше размера калибрующих ячеек, проваливаются и попадают на выгрузной транспортер мелкой (проходящей) фракции 2. Откалиброванный картофель средней фракции, не провалившийся через ячеистый транспортер, попадает в лоток 5.

Расчет экономических показателей использования спроектированной машины с комбинированной калибрующей поверхностью произведен по методике экономической оценки новой техники (ТКП151–2008 (02150)) [1] с использованием нормативно-справочных материалов и действующих тарифных ставок оплаты труда механизаторов, а также цен на электроэнергию на 20.09.2017 г. Для сравнения использовались данные испытаний машины с разработанной роликовой поверхностью. В качестве аналога для эксплуатационно-технологической оценки при калибровке картофеля приняты две наиболее подходящих по конструкции и выполняемым операциям базовых машины: установка калибровочная РК-1100 [2] и машины МК-15, установленные в паре [3].

С целью исключения влияния технологических отказов на эффективность использования машины с разработанным калибратором в сравнении с серийными были взяты нормативные коэффициенты.

Расчет показателей производится с учетом сопряженных операций в базовой технологии послеуборочной обработки и калибровки клубней картофеля: загрузки картофельного вороха

в бункер; отделения примесей (растительных и почвенных остатков); разделения клубней на фракции; отделения некондиционных клубней на переборочном столе; загрузки клубней в контейнеры, сетки либо подачи к месту хранения.

Согласно первой операции базовой технологии, загрузка клубней картофеля в бункер осуществляется при использовании всех сравниваемых сортировок. В расчетах используется серийная модель приемного бункера.

Для определения влияния качества калибрования клубней картофеля на расчет экономической эффективности использования машин для калибровки картофеля используем сумму издержек от потерь продукции, повреждения и засоренности.

Общую стоимость одной тонны откалиброванного картофеля можем определить, зная цену и удельный вес каждой фракции после калибрования от общей массы полученного продукта.

Цена C_j^i доли j -ой фракции, выделенной в ходе калибрования, при работе i -ой машины может быть определена как

$$C_j^i = C_j \cdot Y_j^i / 10^2,$$

где C_j — цена клубней картофеля j -ой фракции, руб./ m ;

Y_j^i — доля картофеля, выделенного в j -ую фракцию i -ой машиной при калибровании, %.

Долю клубней картофеля, выделенных в j -ую фракцию в ходе калибрования, определим из суммарной массы картофеля всех фракций после калибрования.

$$Y_j^i = M_j \cdot 10^2 / (M_k + M_c + M_m),$$

где M_j — масса клубней картофеля j -ой фракции, m ;

M_k — масса клубней картофеля, выделенных в крупную фракцию, m ;

M_c — масса клубней картофеля, выделенных в среднюю фракцию, m ;

M_m — масса клубней картофеля, выделенных в мелкую фракцию, m .

Издержки от потерь клубней крупной, средней и мелкой фракций представляют собой невозвратимые потери продукта:

$$I_{np}^i = X_n^i \cdot (C_k^i + C_c^i + C_m^i) / 10^2,$$

где X_n^i — потери картофеля при калибровании, %;

C_k^i — цена доли клубней картофеля крупной фракции, руб./ m ;

C_c^i — цена доли клубней картофеля семенной фракции, руб./ m ;

C_m^i — цена доли клубней картофеля мелкой фракции, руб./ m .

Измененная цена C_j^m реализации более дорогих клубней картофеля с учетом доли их фракции, выделенной в ходе калибрования, может быть определена как

$$C_j^m = (C_j - C_d) \cdot Y_j^i / 10^2,$$

где C_d — цена, по которой мы вынуждены реализовать клубни картофеля j -ой фракции (должна быть меньше исходной цены), руб./ m .

В данном случае повреждения клубней картофеля крупной и средней фракций приводят к необходимости его реализации по меньшей стоимости как технического на переработку. При этом клубни мелкой фракции также реализуем на переработку. Измененная цена клубней крупной и средней фракций определена как

$$C_k^m = (C_k - C_m) \cdot Y_k^i / 10^2,$$

где C_c — цена клубней картофеля семенной фракции, руб./ m ;

C_m — цена клубней картофеля мелкой фракции, руб./ m ;

Y_k^i — доля клубней картофеля, выделенных в крупную фракцию в ходе калибрования, %.

$$C_c^i = (C_c - C_m) \cdot Y_c^i / 10^2,$$

где C_c – цена клубней картофеля семенной фракции, руб./т;

Y_c^i – доля клубней картофеля, выделенных в среднюю фракцию в ходе калибрования, %.

$$I_\partial^i = X_\partial^i \cdot (C_k^i + C_c^i) / 10^2,$$

где X_∂^i – повреждения картофеля рабочими органами калибратора, %.

Издержки от засоренности, учитывающие потери от перехода клубней более дорогой фракции в дешевую, могут быть определены путем учета точности разделения клубней на фракции. Большая часть засоренности крупной фракции вызвана попаданием в ее состав клубней средней фракции. Засоренность мелкой фракции также вызвана попаданием клубней средней фракции, следовательно, клубни средней фракции реализуются по меньшей стоимости. В данном случае учитывается то, что средняя фракция является семенной и может быть реализована по более выгодной цене. При этом учитываем допустимое содержание примесей в более дорогой фракции, соответствующее ее назначению.

$$I_3^i = C_c \cdot \left((100 - K_{fk}^i) \cdot Y_k^i + (100 - K_{fm}^i) \cdot Y_m^i \right) / 10^4,$$

где K_{fk}^i – точность выделения клубней крупной фракции, %;

K_{fm}^i – точность выделения клубней мелкой фракции, %.

Исходные данные для расчета экономических показателей выполнения процесса с применением проектируемой машины для калибровки картофеля и базовых машин МК-15, установленных в паре, для последовательного выделения мелкой, средней и крупной фракций картофеля, а также базовой машины РК-1100 [2] приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Исходные данные к расчету экономической эффективности

Наименование показателя	Значения показателей		
	Базовая машина МК-15 (пара)	Базовая машина РК-1100	Проектируемая
Наименование операции	Калибровка картофеля		
Обслуживающий персонал, чел. (кол-во/разряд)	I/ IV	I/ IV	I/ IV
Производительность, т/ч:			
– сменного времени	8,95	10,00	10,80
– эксплуатационного времени	8,95	10,00	10,80
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	0,14	0,17	0,12
Цена электроэнергии, руб./кВт·ч	0,106	0,106	0,106
Балансовая цена машины (без НДС), руб.	20833	42800	21700
Коэффициент отчислений на:			
– амортизацию	0,125	0,125	0,125
– текущий ремонт и техническое обслуживание	0,135	0,135	0,135
Годовая загрузка машины, ч	140	140	140

Результаты исследований

Результаты расчета экономических показателей выполнения процесса с применением проектируемой машины для калибровки картофеля и базовых МК-15 и РК-1100 приведены в таблице 2.

Экономия средств при эксплуатации достигается в результате снижения затрат на электроэнергию, реновацию, ремонт, техническое обслуживание и повышение качества калибрования.

Заключение

1. Установлено, что калибрующая поверхность с продольным расположением валцов обеспечивает высокое качество разделения клубней картофеля на фракции. Качественные показатели работы соответствуют агротехническим требованиям и ТКП151–2008 (02150). В результате полевых испытаний установлено: точность выделения клубней картофеля крупной фракции

Таблица 2. – Результаты расчета показателей экономической эффективности

Наименование показателя	Значения показателей		
	Базовая машина МК-15	Проектируемая	Базовая машина РК-1100
Затраты труда, чел.-ч/т	0,11	0,09	0,1
Затраты на оплату труда, руб./т	0,07	0,06	0,07
Затраты в фонд соц. защиты и страхование, руб./т	0,02	0,02	0,02
Затраты на электроэнергию, руб./т	0,02	0,01	0,02
Затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб./т	2,24	1,94	4,13
Затраты на реновацию, руб./т	2,08	1,79	3,82
Удельные прямые эксплуатационные затраты, руб./т	30,23	15,05	22,79
Удельные капиталовложения, руб./т	3,33	2,87	6,11
Зональная годовая наработка машины, т	1253	1512	1400
Прямые эксплуатационные затраты на годовой объем работ, руб.	37878	22756	31906
Балансовая цена машины, руб.	20833	21700	42800
Приведенные затраты на единицу наработки, руб./т	33,56	17,92	28,9
Годовой приведенный эконом. эффект, руб.	23648		16602
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч	30,24		15,12
Срок окупаемости абсолютных капиталовложений, лет	0,95		1,86
Степень снижения затрат труда, %	18		10
Степень снижения расхода электроэнергии, %	13		30
Капитализированная стоимость нового калибратора, руб.	94463		72783
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	22952		11703

находилась в интервале от 95 до 97 %, точность средней фракции – от 86 до 91 %, мелкой – от 89 до 99 %, уровень повреждений клубней картофеля рабочими органами калибратора не превышал 1,6 %

2. В результате проведенных хозяйственных испытаний машины с экспериментальной калибрующей поверхностью в сравнении с поверхностью калибровок (пары машин) МК-15 и РК-1100 экономический эффект составил соответственно:

– годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации новой машины – 23648 руб. и 16602 руб.;

– срок окупаемости капитальных вложений – 0,95 и 1,85 года.

Литература

1. Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008(02150). – Введ. 01.02.2009. – Минск: Минсельхозпрод Республики Беларусь, 2009. – 20 с.
2. Машина калибровочная РК-1100 // Eznan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eznan.by/our-production/predprodajnaa-podgotovka/rk-1100>. – Дата доступа: 18.06.2017.
3. Протокол № 117 Б 1/8-2014 ИЦ приемочных испытаний машины для калибровки картофеля МК-15. – Привольный: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2014.