

УДК 631.362.3: 633.491

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА ПО КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Николай Николаевич Романюк¹

кандидат технических наук, ректор

Валерий Николаевич Еднач¹

кандидат технических наук, заведующий кафедрой

valeryednatch@yandex.by

Мухаммад Белло Гарба²

кандидат технических наук, директор

¹Белорусский государственный аграрный технический университет

г. Минск, Беларусь

²Центр по предпринимательству и инновациям, педагогического

колледжа имени Президента Шеху Шагари

штат Сокота, Нигерия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся производительности рабочих поверхностей калибрующих машин, а также приведены результаты экспериментальных исследований скорости движения клубней от угла наклона калибрующей поверхности.

Ключевые слова: картофель, калибровка, эксперимент, лабораторная установка, калибрующая поверхность, коэффициент формы.

В сельскохозяйственном производстве калибровка семенного материала округлой и удлиненной формы пользуется большим спросом. Так, при калибровке на размерные фракции клубней картофеля, томатов, огурцов, моркови, клубней топинамбура, а также шишек деревьев хвойных пород применяют машины, разработанные для сортировки картофеля. При этом возникает необходимость применения дополнительных приспособлений, а также значительной части ручного труда. В настоящее время создаются машины, оснащенные компьютерным зрением, анализирующие параметры продукта посредством сложных алгоритмов и нейронных сетей [2]. Однако их стоимость не сопоставима со стоимостью машин, работающих на принципах просеивания материала, зачастую их применение вызывает значительный рост себестоимости продукции, снижая её конкурентоспособность на рынке.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана и изготовлена калибрующая поверхность роликового типа, особенностью конструкции которой является продольное расположение роликов с изменяемой частотой вращения [5].

Одним из основных показателей производительности поверхности является скорость перемещения сортируемого материала.

При проведении экспериментальных исследований использовали разработанную установку (рисунок 1), которая состоит из калибрующей поверхности 1, пальчикового транспортера 2, приемного бункера 3.

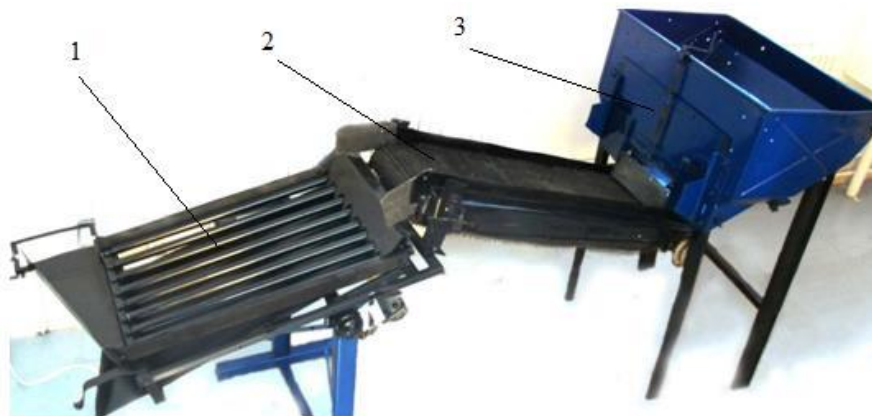


Рисунок 1 – Лабораторная установка для калибровки картофеля

Приемный бункер 3 имеет в передней части дозирующее окно с регулирующим винтовым механизмом и заслонкой, позволяющее изменять количество подаваемого на транспортер материала.

Подающий пальчиковый транспортер 2 предназначен для равномерной подачи вороха на рабочую поверхность калибратора, отделения мелких почвенных и растительных примесей, западающих между пальчиками полотна и выносимых в зазор между транспортером 2 и калибрующей поверхностью 1.

При проведении исследований калибрующей поверхности 1, скорость вращения роликов изменялась посредством изменения передаточного отношения привода подбором пар шестерен механизма, а угол наклона посредством механизма регулировки.

В качестве исследуемого материала использовались клубни картофеля округлой и овальной формы. Лабораторная установка работала следующим образом: неоткалиброванный картофельный ворох засыпали в приемный бункер 3, и через дозирующее окно он подавался на пальчиковый транспортер 2, который перемещал клубни на калибрующую поверхность 1. Под действием силы тяжести клубни двигались вдоль роликов в сторону схода.

На первом этапе экспериментальные исследования проводились с клубнями округлой формы $K_p \geq 0,9$. Результаты изменения скорости движения округлых клубней от угла наклона калибрующей поверхности для различных передаточных отношений между роликами представлены на рисунке 2. Скорость движения клубней $V_{\text{кл}}$ определена по формуле [4]

$$V_{\text{кл}} = \sqrt{(n \cdot 2\pi R)^2 + \frac{gL(\sin\alpha - f\cos\alpha) \cdot 10r_{\text{кач}}^2}{5r_{\text{кач}}^2 + 2R_{\text{к}}^2}} \quad (1)$$

где n – частота вращения роликов, мин^{-1} ;

f – коэффициент трения картофеля,

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

L – длина калибрующей поверхности, м ;

$R_{\text{к}}$ – радиус клубня, м ;

$r_{\text{кач}}$ – радиус качения клубня, м;

α – угол наклона калибрующей поверхности, градусы.

Передаточное отношение между роликами определялось по формуле [4]

$$i = V_1 / V_2, \quad (2)$$

где V_1 – скорость первого ролика, м/с;

V_2 – скорость последующего ролика, м/с.

Коэффициент формы определялся по выражению [1]

$$K_p = C / B, \quad (3)$$

где C – толщина клубня, мм;

B – ширина клубня, мм.

Для подтверждения адекватности и сравнения теоретической зависимости и экспериментальных исследований использован критерий Фишера [1]. При 95 % вероятности, критическом значении критерия $F_{\text{таб}} = 2,183$, и расчетном $F_{\text{рас}} = 2,179$, $F_{\text{таб}} > F_{\text{рас}}$ говорит о подобности дисперсий и адекватности полученного выражения. Проведение экспериментов осуществлялось в трехкратной повторности, достоверность подтверждается доверительным интервалом, определенным по критерию Стьюдента.

Анализ данных графиков показал, что увеличение угла наклона калибрующей поверхности от 15 до 45° вело к увеличению скорости движения клубней в прямой зависимости. Максимальное значение скорости, полученное экспериментальным путем при угле в 15°, составляло 0,51 м/с, а при 45° – 1,08 м/с.

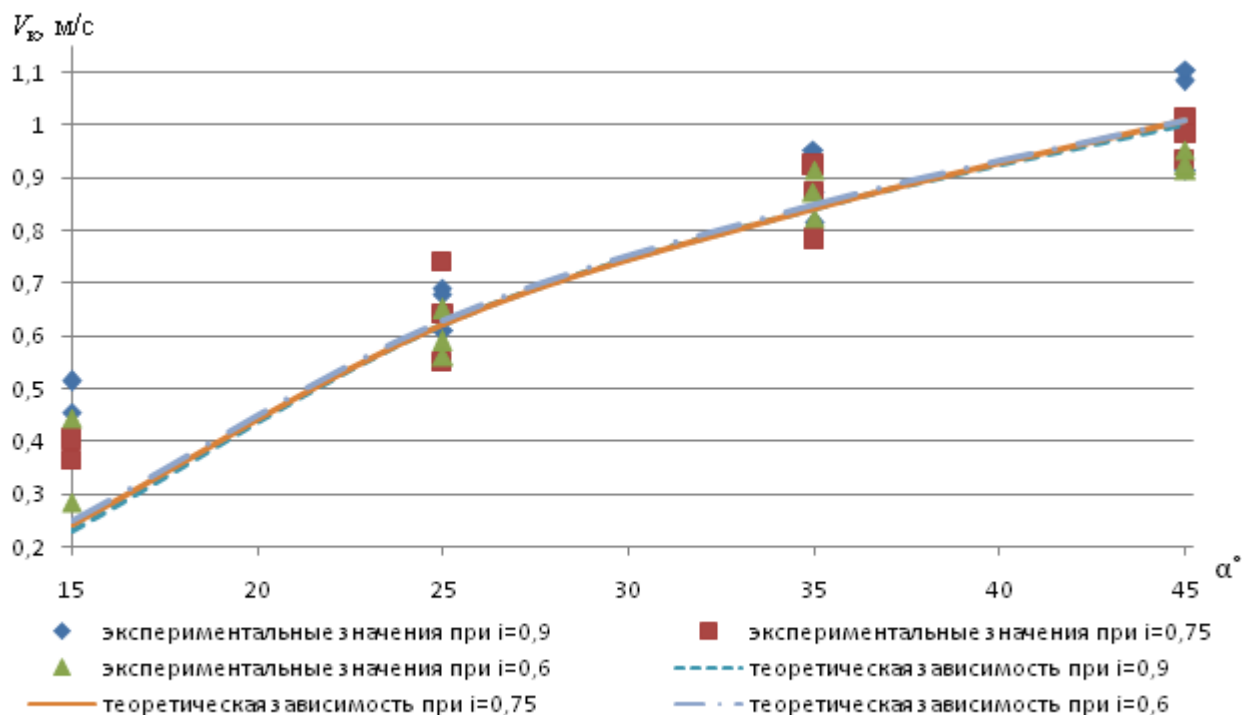


Рисунок 2 – Зависимость изменения скорости движения клубней округлой формы от угла наклона калибрующей поверхности

Из рисунка 2 видно, что увеличение угла наклона вело к росту скорости клубней от 0,23 до 0,85 м/с.

Высокая скорость движения картофеля вызвана тем, что клубни округлой формы менее подвержены защемлению роликами, имели малый коэффициент трения качения, а за счет увеличения угла наклона и составляющей силы тяжести, направленной вдоль роликов, имели более высокое ускорение. Совокупность всех вышеперечисленных факторов и явлений, а также теоретических предпосылок изучения закономерностей движения клубней дало возможность предположить, что основное влияние на скорость перемещения клубней округлой формы имеет угол наклона поверхности. При углах наклона калибрующей поверхности более 35° скорости отдельных клубней приближались к критическому значению 1 м/с [3], приводящему к повреждениям. Таким образом, использование ограничителя скорости клубней округлой формы в качестве спиральной навивки является актуальной задачей.

На втором этапе исследовалось движение клубней картофеля удлиненной формы с коэффициентом K_p менее 0,7. Проверка полученных экспериментальных значений осуществлялась с учетом доверительного интервала t – распределения Стьюдента. Для подтверждения адекватности теоретической зависимости и экспериментальных исследований использован критерий Фишера, при 95 % вероятности, критическом значении критерия $F_{\text{таб}} = 2,183$ и расчетном $F_{\text{рас}} = 1,87$, что удовлетворяет условию $F_{\text{таб}} > F_{\text{рас}}$, следовательно, теоретическая зависимость (1) адекватна экспериментальным исследованиям.

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных исследований и теоретические зависимости изменения скорости движения клубней удлиненной формы, определенные по выражению (1).

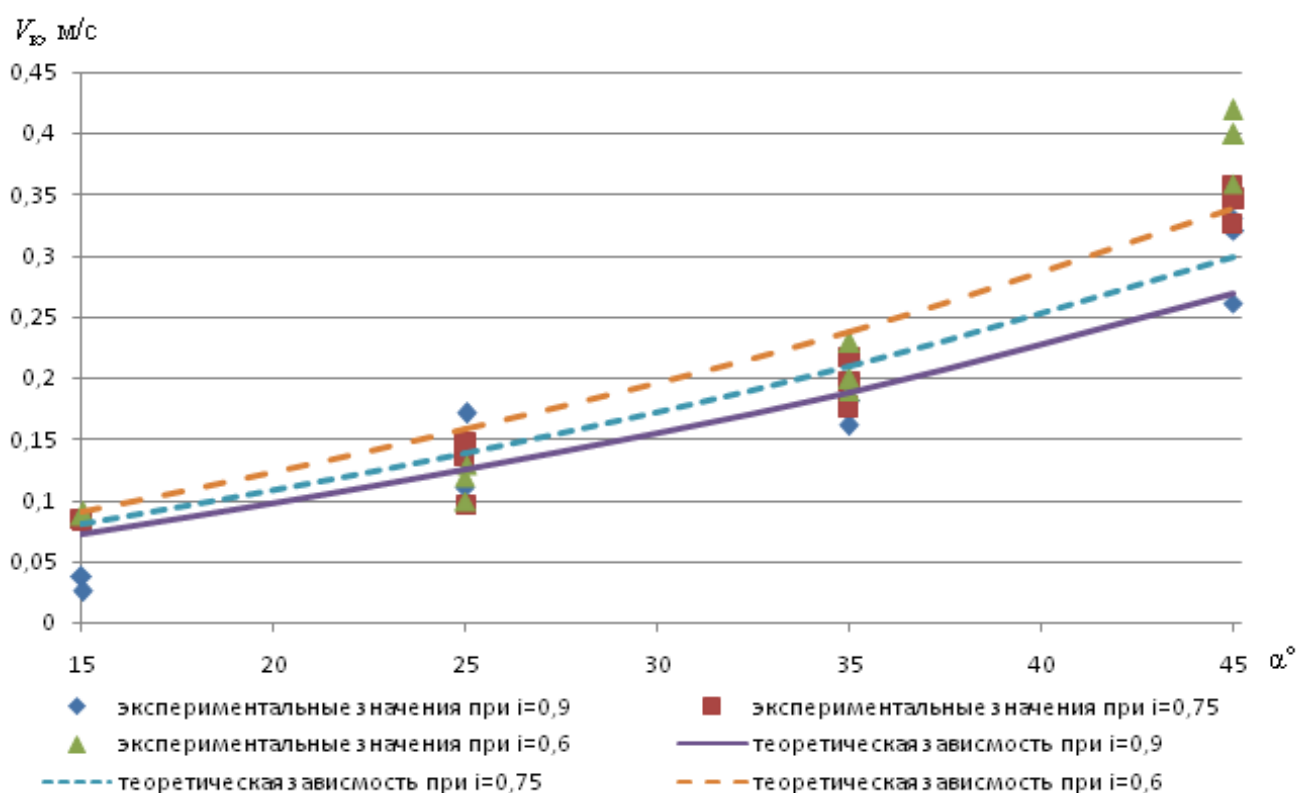


Рисунок 3 – Зависимость изменения скорости движения клубней удлиненной формы от угла наклона калибрующей поверхности

Данные экспериментальных исследований показали, что скорость движения клубней при угле наклона поверхности в 15° составляла менее 0,05

м/с, а при угле наклона в 45° достигала 0,42 м/с. Очевидно, что увеличение скорости плоских клубней как, и округлых, связано с составляющей силы тяжести действующей вдоль роликов, однако скорости движения плоских и округлых клубней отличаются более, чем в два раза. Это связано с влиянием коэффициентов трения скольжения и качения, а также защемлением клубней между роликами. Теоретические зависимости показали более значимое влияние передаточного отношения на скорость движения клубней плоской формы, большие значения скорости соответствуют большему передаточному отношению, с ростом угла наклона калибровочной поверхности наблюдался рост расхождения между кривыми теоретических зависимостей, что также подтверждалось экспериментальными исследованиями.

Прослеживается закономерности влияния коэффициента формы клубня и передаточного отношения между роликами. Полученные теоретические зависимости подтвердили результаты экспериментальных данных.

Из проведенных опытов видно, что производительность калибрующей поверхности, образованной продольно расположенными роликами, при работе с округлыми клубнями будет выше, чем с плоскими. Однако необходимо учитывать, что даже при калибровке одного сорта картофеля, в котором преобладают клубни определенной формы, всегда будут присутствовать клубни других форм. Поскольку пары роликов, образующие калибрующую поверхность, представляют собой ручки, то наименьшая скорость движения клубня будет определять скорость всего ручья.

Сравнивая результаты экспериментальных исследований движения клубней округлой и удлиненной формы по калибровочной поверхности в зависимости от угла ее наклона видно, что в процессе работы поверхности, образованной гладкими роликами, скорость клубней неравномерна и нестабильна. Наличие на роликах спирали предотвратит ускорения и замедления движущихся клубней, что приведет к увеличению точности калибрования и стабилизирует производительность машины. Кроме того,

для предотвращения повреждения клубней спиралью необходимо использовать чередование гладких роликов и роликов со спиралью.

Список литературы:

1. Адлер Ю.П. Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 283 с.
2. К вопросу определения рабочих параметров роликовых сортировальных поверхностей / Ю.М. Урамовский [и др.] // Агропанорама. 2013. № 3. С. 6-8.
3. Колчин Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. М.: Машиностроение, 1982. 268 с.
4. Повышение эффективности предпродажной подготовки картофеля / В.Н. Еднач [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник. Минск, 2013. Вып. 4. Т. 1. С. 181-187.
5. Устройство для сортировки плодов: пат. 13671 Респ. Беларусь. № а 20080703 / Рапинчук А.Л. [и др.]; заявл. 02.06.2008; опубл. 30.10.2010. Бюл. № 5. 5 с.

UDC 631.362.3: 633.491

INVESTIGATION OF THE SPEED OF MOVEMENT OF THE SORTED MATERIAL ON THE CALIBRATION SURFACE

Nikolay N. Romanyuk¹

Candidate of Technical Sciences, Rector

Valery N. Ednach¹

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department

valeryednatch@yandex.by

Dr. Muhammad Bello Garba²

Candidate of Technical Sciences, Director
¹Belarusian State Agrarian Technical University
Minsk, Belarus

²Center for Entrepreneurship Development and Innovation, Shehu Shagari
College of Education
Socota State, Nigeria

Annotation. The article discusses the performance of the working surfaces of calibrating machines, as well as the results of experimental studies of the speed of tuber movement from the angle of inclination of the calibrating surface.

Key words: potato, calibration, experiment, laboratory installation, sizing surface, shape factor.

Статья поступила в редакцию 28.10.2021; одобрена после рецензирования 30.11.2021; принята к публикации 10.12.2021.

The article was submitted 28.10.2021; approved after reviewing 30.11.2021; accepted for publication 10.12.2021.