

соответствует радиусу поворота транспортно-тракторного агрегата для приготовления силоса в вакуумированных контейнерах из воздухонепроницаемой пленки, которая равна 6,9 метра.

Список использованной литературы

1. Фортуна, В. И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ. / В. И. Фортуна, С. К. Миронюк. – М. : Агропромиздат, 1986. – 304 с.
2. Щитов, С. В. Повышение тягово-сцепных свойств мобильных энергетических средств в но-технологическом обеспечении АПК Дальневосточного федерального округа: монография / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Н. Н. Сенникова, Н. Ф. Двойнова. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2017. – 176 с.
3. Жумагалиев, Е. Р. Приготовление силоса путем вакуумирования зеленой массы в мягких контейнерах с использованием низкорамного прицепа [Электрон. ресурс] / Е. Р. Жумагалиев, Ж. М. Хазимов, К. М. Хазимов, Д. А. Шамуратов, Б. У. Сералы // Исследования, результаты. – Алматы. – 2024. – № 1(101). – С. 299–310. <https://doi.org/10.37884/1-2024/29>.
4. Сахаров, И. В. Справочник эксплуатация машинно-тракторного парка. / И. В. Сахаров. – Изд-во «Кайнар», Алма-Ата – 1969. – 387 с.
5. Кушнарв, А.Н. Результаты сравнительных экспериментальных исследований условий поворота тракторных поездов и соблюдения ширины транспортного коридора [Электрон. ресурс] / А. Н. Кушнарв, А. А. Шуравин, В. В. Леонов [и др.] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_320.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20213320>.

Summary. From the calculations it is clear that the accepted value of the width of the headland for the MTZ-80 + KSD-2 "Sterh" unit is 12 meters, which is quite consistent with the turning radius of the transport and tractor unit for preparing silage in vacuum containers made of airtight film, which is 6.9 meters.

УДК 631 158

Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;

Агейчик В.А., кандидат технических наук, доцент;

Еднач В.Н., кандидат технических наук, доцент;

Бобко Ю.В., студент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

К ВОПРОСУ ПОВРЕЖДЕНИЯ КОЖУРЫ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ УБОРКЕ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы причин механических повреждений кожуры клубней картофеля при уборке и послеуборочной обработке. Рассмотрены основные факторы, влияющие на целостность кожуры: взаимодействие с рабочими органами сельскохозяйственных машин, сортовые

особенности, влажность, а также технологические операции. На основе теоретических расчетов показано, что ключевым параметром для предотвращения повреждений является эффективная площадь контакта. Установлено, что для сохранения кожуры необходимо соблюдать технологические требования.

Abstract. The article discusses the causes of mechanical damage to the peel of potato tubers during harvesting and post-harvest processing. The main factors affecting the integrity of the peel are considered: interaction with the working bodies of agricultural machines, varietal characteristics, humidity, as well as technological operations. Based on theoretical calculations, it is shown that the key parameter for preventing damage is the effective contact area. It has been established that in order to preserve the peel, it is necessary to comply with technological requirements, such as aging tubers before storage and setting up equipment.

Ключевые слова: клубень, картофель, кожура, механические повреждения.

Key words: tuber, potato, peel, mechanical damage.

Одной из важнейших задач в производстве картофеля и овощей является не только повышение их урожайности, но и сохранность выращенного урожая. Наиболее актуально обостряется проблема в весенний период, когда клубни теряют товарный вид и вкусовые характеристики. Наряду с болезнями и разного рода нарушениями технологий хранения, вызывающими потери продукта, важную роль занимает естественная убыль. Под ней подразумевают уменьшение массы картофеля вследствие потерь сухих веществ на физиологические процессы: дыхание и испарение влаги [1]. Проведенные исследования [2] показали, что потери клубней с поврежденной кожурой до 1/2 их поверхности при хранении теряют до 10,4% своей первоначальной массы по сравнению с неповрежденными.

Целью исследования является анализ причин поверхностных повреждений и способы их предотвращения.

К причинам повреждений кожуры клубней картофеля можно отнести механические, вызванные взаимодействием с рабочими органами картофелеуборочных, транспортирующих, сортирующих машин, а также элементами почвы и другими клубнями. Второй наиболее распространенной причиной является сортовая особенность картофеля, так раннеспелые сорта имеют крайне непрочную кожуру, в то время как позднеспелые отличаются крепкой и прочной кожурой. Данные особенности отражены в межгосударственном стандарте ГОСТ 7176–2017 «Картофель продовольственный. Технические условия», согласно которому допускаются в товарной массе клубни картофеля с механическими повреждениями: для раннего картофеля допускаются клубни, частично непокрытые кожурой, для позднего картофеля – все клубни должны быть покрыты плотной кожурой [3].

Как правило, нарушение целостности кожуры клубня происходит при взаимодействии подвижных и неподвижных элементов с достаточной си-

лой взаимодействия. Так усилие, необходимое для срыва кожуры картофеля, в среднем составляет 5–20 Н [4]. Его можно получить при работе уборочной техники на высоких скоростях, при перегрузке клубней с разных высот и падении на более твердую поверхность, при взаимодействии с рабочими органами, поверхность которых имеет большой коэффициент трения. Также необходимо учитывать влажность почвы и клубней, и наличия прочих примесей в массе. Так клубни в почве гораздо менее подвержены травмированию, чем чистые.

Ранние сорта картофеля имеют высокую стоимость, которая имеет прямую зависимость с периодом реализации, и поэтому зачастую производители в погоне за выгодой пренебрегают требованиями к вылежке клубней с целью упрочнения их кожуры. Поэтому для удаления тонкой и незрелой кожуры с раннеспелых сортов достаточно усилия в пределах от 5 до 12 Н.

При уборке позднеспелых сортов, предусмотрено удаление ботвы за две недели для формирования более плотной кожуры, что увеличивает прочность в интервале от 15 до 25 Н. Также обязательная вылежка клубней в течение 14 дней перед закладкой на хранение, что увеличивает прочность кожуры на 30 – 50%, а также для просушивания и дозревания, поскольку переувлажнённая кожа размягчается и критическое усилие снижается до 3–8 Н.

Установлено, что предельное значение напряжения составляет $\sigma_{пр} = 1,1$ МПа модуль упругости $E = 5$ МПа при относительной деформации $\epsilon = 0,22$ [5]. Толщина кожуры клубней варьируется в зависимости от сорта клубней от 50 мкм (ранние сорта) до 200 мкм (поздние) и напрямую влияет на устойчивость к повреждениям.

Исходя из анализа вышеприведённых исследований рассмотрим модель, при которой клубень картофеля получает контактные повреждения кожуры [7, 8, 9–15]. Основная сила, приводящая к нарушению целостности кожуры клубня, является сила трения и определяется по выражению

$$F_{тр} = \mu \cdot m \cdot g / (2 \cos \beta), \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения картофеля о материал поверхности ролика;

m – масса клубня, кг;

g – ускорение свободного падения, кг/м с²;

β – угол образованный между вертикалью и отрезком проведенным от центра клубня и точкой контакта клубня и роликом, градус.

Если в выражение (1) подставить реальные значения массы клубней до 50 грамм и коэффициентов трения до 0,4 повреждения клубней не происходит $F_{тр} \approx 0,11$ Н, а соответственно даже непрочная кожа раннеспелого картофеля не должна повреждаться.

Рассмотрим повреждения клубней картофеля при защемлении их между роликами. Для определения прочности кожуры клубней картофеля оп-

ределим контактное напряжение, возникающее при нахождении клубней между роликами

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot t / \delta, \quad (2)$$

где E – модуль упругости, МПа;

ε – относительная деформация;

t – толщина клубня, мм;

δ – деформация клубня, мм.

Таким образом если клубень толщиной 30 мм и его деформация составит 2,5 мм, относительная деформация составит 0,083, то при модуле упругости $E = 5$ МПа напряжение в клубне составит 0,415 МПа. При сравнении с предельно допустимым напряжением $\sigma_{\text{пр}} = 1,1$ МПа очевидно, что кожура картофеля повреждена не будет. Однако, если клубень деформировать на 7 мм при толщине в 30 мм, то кожура будет повреждена. Очевидно, что такая степень деформации возникает крайне редко, когда клубни сложной формы затягивает в зазор между роликами или другими рабочими органами.

Используя теорию Герца и учитывая цилиндрическую форму роликов и клубня получена зависимость между толщиной кожуры и контактным напряжением

$$\sigma = E \cdot \delta / h = m \cdot g / (2A h \cdot \cos \beta), \quad (3)$$

где A – эффективная площадь контакта, мм²;

h – толщина кожуры, мм.

Для определения зависимости изменения величины контактного напряжения от толщины кожуры клубня ограничимся условиями влажностью 60–75 % и температурой +15°C (рис. 1).

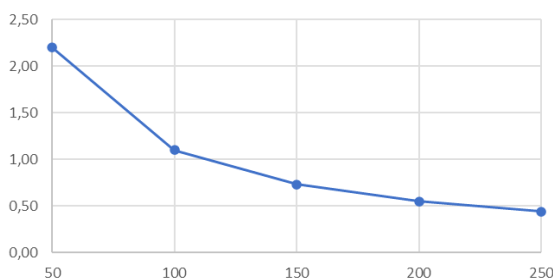


Рисунок 1 – Зависимость изменения величины контактного напряжения (МПа) от толщины кожуры клубня (мм).

Таким образом, из выражения (3) очевидно, что основной причиной повреждений может являться не сила давления со стороны клубня на поверхность и степень его деформации, а эффективная площадь контакта. Контактное напряжение σ обратно пропорционально толщине кожуры h

при постоянной нагрузке. Увеличение толщины кожуры на 50 % снижает напряжение на 33 %. Так при тех же условиях для сохранения прочности кожуры эффективная площадь контакта должна быть более 245 мм².

Список использованной литературы

1. Российский Сельскохозяйственный центр. Естественная и фактическая убыль плодоовощной продукции при хранении [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosselhocenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/sibirskiy/respublika-tyva/estestvennaya-i-fakticheskaya-u11byl-plodoovoshchnoy-produktsii-pri-khranении> – (дата доступа: 01.03.2025).
2. Колчин, Н. Н. Как снизить повреждение клубней в машинных технологиях / Н. Н. Колчин, А. Г. Пономарев, С. Н. Петухов // Картофель и овощи. – 2019. – №3. – С. 14–16.
3. ГОСТ 7176-2017 Картофель продовольственный. Технические условия.
4. Еднач, В. Н. Повышение качества калибрования картофеля поверхностью с изменяющейся скоростью вращения роликов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Еднач Валерий Николаевич ; БГАТУ. – Минск, 2018 – 145 л.
5. Жуков, В. Г. Деформационно-прочностные свойства картофеля различающейся степени жесткости / В. Г. Жуков, Н. Р. Андрев, А. А. Михайленко, Д.В. Безруков // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 101–103.
6. К вопросу определения рабочих параметров роликовых сортировальных поверхностей / Ю. М. Урамовский [и др.] // Агропанорама. – 2013. – N 3. – С. 6–8.
7. Исследование сил трения клубней картофеля о рабочие органы картофелеуборочных и сортировальных машин / В. Н. Еднач [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д. А. Чудакову, В. А. Скотникову, Минск, 28–30 ноября 2013 г. – Минск: БГАТУ. – 2013. – С. 364–365.
8. Совершенствование технических средств для посадки клубней картофеля / В.А. Агейчик, В.Н. Еднач, Н.Н. Романюк, С.М. Лакутя // Материалы I Национал. науч.-практич. конф. с международным участием «Инновации природообустройства и защиты окружающей среды», 23–24 января 2019года / отв. редактор А.В. Русинов. – Саратов : ООО Издательство «КУБиК», 2019. – С.459–462.
9. Оригинальное устройство для сортировки клубнеплодов / В.Н. Еднач, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик, С.М. Лакутя // Материалы I Национал. науч.-практич. конф. с международным участием «Инновации природообустройства и защиты окружающей среды», 23–24 января 2019года / отв. редактор А.В. Русинов. – Саратов : ООО Издательство «КУБиК», 2019. – С. 507–511.
10. Модернизация технического средства для сортировки клубнеплодов / Н.Н. Романюк [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практич. конф. Белагро-2019 «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК», 6-7 июня 2019 года / редкол. : Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 245–249.
11. К вопросу разработки устройства для сортировки картофеля / Н.Н.Романюк, В.Н.Еднач, В.А.Агейчик, С.М.Лакутя // Инженерія природокористування. – Харків, 2019. – №15. – С. 97–102.

12. Романюк, Н. Н. Исследование скорости перемещения сортируемого материала по калибрующей поверхности [Электронный ресурс] = Investigation of the speed of movement of the sorted material on the calibration surface / Н. Н. Романюк, В. Н. Еднач, М. Б. Гарба // Наука и образование. – 2021. – Т. 4. – N 4.

13. Хартанович, А. М. К вопросу повышения качества очистки вороха корнеплодов от остатков почвы и ботвы / А. М. Хартанович, К. В. Гильдюк ; науч. рук. Н. Н. Романюк, В. Н. Еднач // Техсервис-2022 : материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 12–13 мая 2022 г. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 190–192.

14. Романюк, Н. Н. Средства механизации для уборки послеуборочной доработки картофеля [Электронный ресурс] = Mechanization tools for harvesting and post-harvesting potatoes / Н. Н. Романюк, В. Н. Еднач, В. Н. Основин // Наука и образование. – 2021. – Т. 4. – N 4.

15. Development of the Design and Justification of the Parameters of the Distribution Head of the Pneumatic Fertilizer Seeder = Разработка конструкции и обоснование параметров распределительной головки пневматической сеялки для внесения удобрений / V. N. Ednach [etc.] // II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies : AIP Conference Proceedings, 22 June 2022. – 2022. – Vol. 2467. – P. 030009-1-030009-7.

Summary. The main cause of damage to potato tubers may not be the force of pressure from the tuber on the surface and the degree of its deformation, but the effective contact area. Contact stress σ is inversely proportional to the peel thickness h under constant load. Increasing the peel thickness by 50 % reduces the stress by 33 %. So, under the same conditions, to maintain the strength of the peel, the effective contact area should be more than 245 mm².

УДК 631 158

Еднач В.Н., кандидат технических наук, доцент;
Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;
Агейчик В.А., кандидат технических наук, доцент;
Стрига М.В., студент

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЯ НА КОМБАЙНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛИРУЕМОЙ СПИРАЛЬНОЙ ВАЛЬЦОВОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье рассматривается конструкция очистителя клубней картофеля на картофелеуборочном комбайне, использование которой позволит повысить качество очистки картофеля от остатков почвы и ботвы.

Abstract. The article discusses the design of a potato tuber cleaner on a potato harvester, the use of which will improve the quality of potato cleaning from soil residues and tops.