

УДК 635.21:631.563

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТСКОКА КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ ОТ РЕМНЯ ГАСИТЕЛЯ ПРИ ЗАГРУЗКЕ В КОНТЕЙНЕР**

Колошеин Дмитрий Владимирович  
к.т.н., доцент кафедры  
РИНЦ SPIN-код: 4912-0628  
[dkoloshein@mail.ru](mailto:dkoloshein@mail.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Борычев Сергей Николаевич  
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
РИНЦ SPIN-код: 9426-9897  
[89066486088@mail.ru](mailto:89066486088@mail.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Попов Андрей Сергеевич  
к.т.н., доцент кафедры  
РИНЦ SPIN-код: 1662-5333  
[popov1975.popoff@yandex.ru](mailto:popov1975.popoff@yandex.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Костенко Михаил Юрьевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 2352-0690  
[kostenko.mihail2016@yandex.ru](mailto:kostenko.mihail2016@yandex.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Маслова Лилия Александровна  
старший преподаватель  
[maslovala@bk.ru](mailto:maslovala@bk.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Власов Герман Сергеевич  
магистр  
[vlasov-german@bk.ru](mailto:vlasov-german@bk.ru)  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Проведено исследование влияния ремней гасителей на снижение механических повреждений картофеля при его загрузке в контейнер. Модель позволила выявить неблагоприятную зону распределения повреждений, указывая, что ремни гасители значительно снижают уровень повреждений по сравнению с полным их

UDC 635.21:631.563

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

**STUDY OF THE PROCESS OF BOUNCE OF A POTATO TUBER FROM A DAMPING BELT WHEN LOADING INTO A CONTAINER**

Koloshein Dmitry Vladimirovich  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department  
RSCI SPIN-code: 4912-0628  
[dkoloshein@mail.ru](mailto:dkoloshein@mail.ru)  
FSBEI HE RGATU  
390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

Borychev Sergey Nikolaevich  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department  
RSCI SPIN-code: 9426-9897  
[89066486088@mail.ru](mailto:89066486088@mail.ru)  
FSBEI HE RGATU  
390044, Russia, Ryazan, ul.Kostycheva, 1

Popov Andrey Sergeevich  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department  
RSCI SPIN-code: 1662-5333  
[popov1975.popoff@yandex.ru](mailto:popov1975.popoff@yandex.ru)  
FSBEI HE RGATU  
390044, Russia, Ryazan, ul.Kostycheva, 1

Kostenko Mikhail Yuryevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 2352-0690  
[kostenko.mihail2016@yandex.ru](mailto:kostenko.mihail2016@yandex.ru)  
FGBOU VO RGATU  
390044, Russia Ryazan, ul.Kostycheva, 1

Maslova Lilia Alexandrovna  
senior lecturer  
[maslovala@bk.ru](mailto:maslovala@bk.ru)  
FGBOU VO RGATU  
390044, Russia Ryazan, ul.Kostycheva, 1

Vlasov German Sergeevich  
Master  
[vlasov-german@bk.ru](mailto:vlasov-german@bk.ru)  
FGBOU VO RGATU  
390044, Russia Ryazan, ul.Kostycheva, 1

A study was conducted on the effect of shock absorber belts on reducing mechanical damage to potatoes when loading them into a container. The model allowed us to identify an unfavorable damage distribution zone, indicating that shock absorber belts significantly reduce the level of damage compared to their complete absence. This is especially important for seed potatoes,

отсутствием. Это особенно важно для семенного картофеля, так как уменьшение механических повреждений напрямую связано с улучшением качества сельскохозяйственной продукции в период посадки. Анализ имитационной модели показал, что установка ремней гасителей на контейнер снижает механические повреждения клубней картофеля в 2 раза. Дальнейший анализ результатов имитационного моделирования выявил, что конструкция ремней гасителей и зазоры между ними существенно влияют на распределение клубней по поверхности контейнера. В рамках исследований проанализированы различные варианты ширины ремней и зазоров. Выявлено, что более широкие ремни более эффективно распределяют нагрузку и снижают амплитуду отскока за счёт увеличения площади контакта. Одновременно, оптимальная ширина зазоров между ремнями минимизирует контакт клубней с твёрдой поверхностью контейнера, снижая риск повреждений. Особое внимание стоит уделить адаптации ремней гасителей под разные сорта картофеля и условия загрузки. Это позволит расширить возможности их использования и повысить экономическую эффективность разработки. Например, для сортов с более тонкой кожурой могут быть разработаны специальные материалы и конструкции ремней гасителей, которые предотвратят механические повреждения. Таким образом, использование оптимизированных ремней гасителей может значительно увеличить рентабельность и конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции, снижая уровень потерь клубней картофеля, как при хранении, так и при уборке

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, РЕМНИ ГАСИТЕЛИ, УБОРКА, УРОВЕНЬ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ОТСКОК, КОНТЕЙНЕР, МОДЕЛИРОВАНИЕ

since a decrease in mechanical damage is directly related to an improvement in the quality of agricultural products during the planting period. Analysis of the simulation model showed that installing shock absorber belts on a container reduces mechanical damage to potato tubers by up to 20%. Further analysis of the simulation results revealed that the design of shock absorber belts and the gaps between them significantly affect the distribution of tubers over the container surface. As part of the research, various options for belt width and gaps were analyzed. It was found that wider belts more effectively distribute the load and reduce the rebound amplitude by increasing the contact area. At the same time, the optimal width of the gaps between the belts minimizes the contact of tubers with the hard surface of the container, reducing the risk of damage. Particular attention should be paid to the adaptation of damper belts to different potato varieties and loading conditions. This will expand the possibilities of their use and increase the cost-effectiveness of the development. For example, for varieties with thinner skin, special materials and designs of damper belts can be developed that will prevent mechanical damage. Thus, the use of optimized damper belts can significantly increase the profitability and competitiveness of agricultural products, reducing the level of losses of potato tubers, both during storage and harvesting

Keywords: POTATOS, BELTS, EHTINGOISHERS, MEMBERSHIP, LEVEL OF MECHANICAL DAMAGE, REBOND, CONTAINER, MODELING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-022>

**Введение.** В 2024 году посевные площади выращивания картофеля в промышленном секторе составили 279,8 тыс. га, что на 10,8 % меньше по сравнению с 2023 годом. Уменьшение посевных площадей привело к снижению сборов картофеля, что в свою очередь отразилось на динамике цен. Картофель за год подорожал в РФ почти в полтора раза. На рост цен влияет и погодный фактор. При этом сохраняется высокая вероятность, что урожайность картофеля по итогам 2024 года будет на много ниже по

<http://ej.kubagro.ru/2024/09/pdf/22.pdf>

сравнению с 2023 годом. Снижение урожайности картофеля повышает и требования к его хранению, а значит необходимо совершенствовать технологические особенности уборки и перевозки.

Опираясь на имеющиеся результаты исследований в этой области, нами проведено теоретическое моделирование загрузки картофеля в контейнер при уборке.

**Цель исследований.** Снижение уровня механических повреждений клубней картофеля при загрузке в контейнер [1, 2].

#### **Методика исследований.**

Имитационное моделирование загрузки картофеля в контейнер проводилось с учетом имеющихся результатов исследования В.Г. Жукова, Н.Р. Андреева, Н. Р. Саврасова и других. При этом исследования процесса отскока клубня картофеля и выбора соответствующих методов выполнялось в соответствии с ГОСТами, касающихся технологий обработки и транспортировки сельскохозяйственной продукции.

#### **Результаты исследований.**

С целью снижения уровня повреждений картофеля при загрузке в контейнеры используются различные типы ремней гасителей. Такая конструкция помогает распределить динамическую нагрузку и уменьшить ударные силы, воздействующие на клубни при их столкновении с поверхностью контейнера. Смоделируем загрузку клубней картофеля в контейнер с учетом разработанной конструкции ремней гасителей [1, 2] и без них (рисунок 1, 2).

Построение модели (рисунок 1) создавалось как два отдельных набора точек для отображения случаев без ремней гасителей и с ними. Имитационная модель учитывает основные параметры:

- размеры контейнера, м;
- высота падения, м;
- масса клубней картофеля, кг;

- стандартное отклонение распределения массы, определяющее разброс массы клубня.

Полученный результат моделирования показывает уровень механических повреждений картофеля, где каждая категория данных отображается своим цветом (без ремней гасителей и с ремнями гасителями) (рисунок 1). Цветовое кодирование помогает визуально оценить эффективность использования ремней гасителей в снижении повреждений.

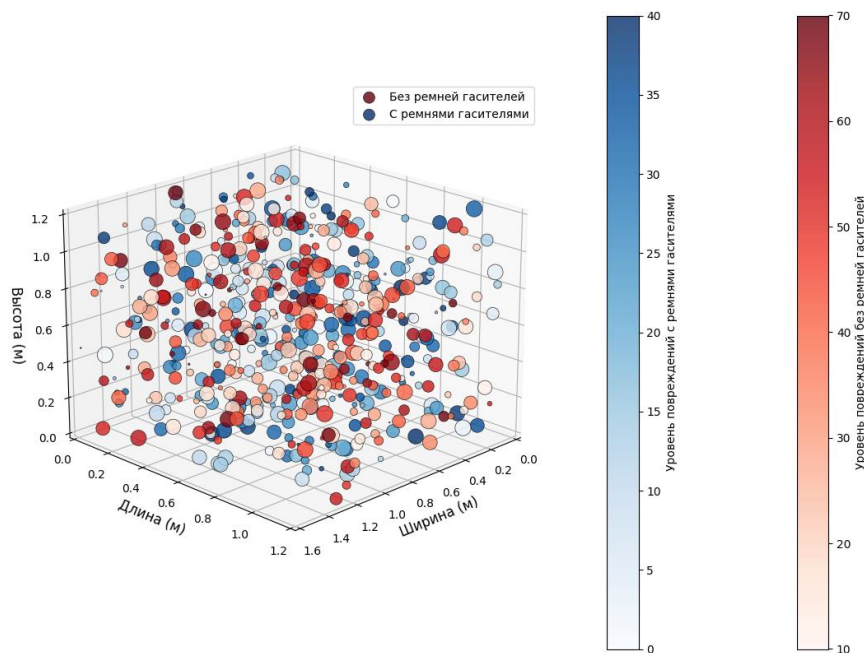


Рисунок 1 - Сравнительный анализ механических повреждений клубней картофеля без учета ремня гасителя и с ремнем гасителем

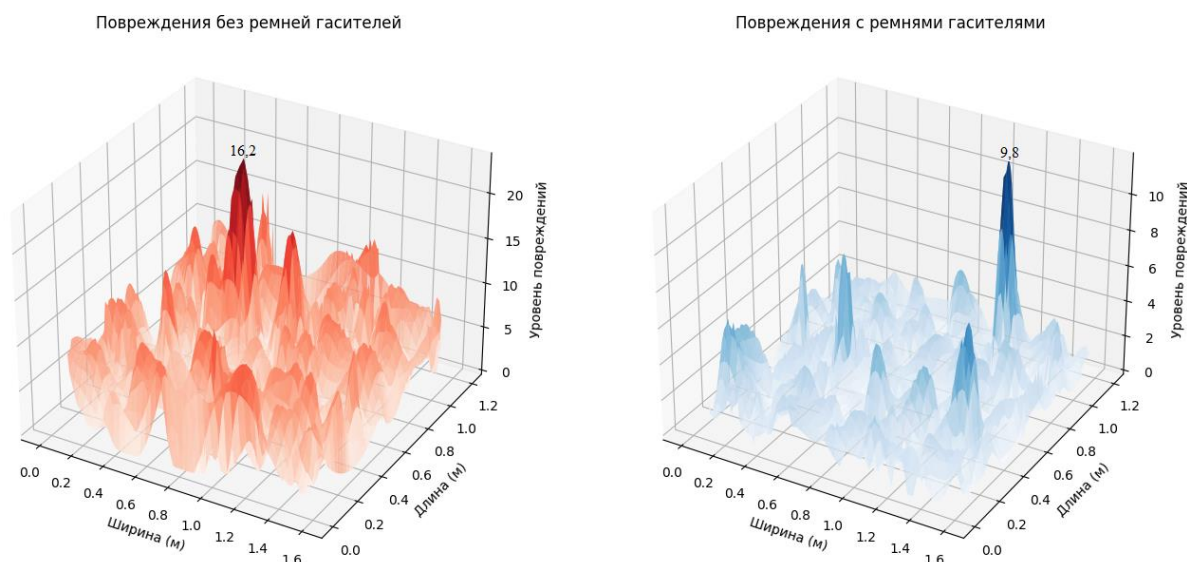


Рисунок 2 – Уровень механических повреждений клубней картофеля без ремней гасителей и с ремнями гасителями

Полученные поверхности отличаются в цветовой гамме и прозрачности, что подчеркивает различия в уровнях механических повреждений клубней. Имитационная модель позволила, уточнить, что установка ремней гасителей на контейнер снижает механические повреждения клубней картофеля в 2 раза, что показано на рисунке 2.

Снижение уровня механических повреждений клубней в первую очередь зависит от изменения скорости падения картофеля после его отскока от ремней гасителей. Известно, что способность ремней гасителей снижать скорость, зависит от материала конструкции. Введем в имитационную модель коэффициент восстановления  $e$  – скорости, показывающий какая часть скорости сохранится после удара клубня картофеля об амортизирующую поверхность ( $0 < e < 1$ ). Для дальнейших исследований добавим в модель значение средней массы клубня. В дальнейшем воспользуемся известной формулой по определению кинетической энергии:

$$E_k = \frac{1}{2} m_{\text{ср}} v^2, \tag{1}$$

где,  $m_{\text{ср}}$  – среднее значение массы клубня, кг;

$v$  – скорость клубня в момент удара об поверхность контейнера, м/с,

При ударе клубня об ремень гаситель часть энергии падения поглощается, поэтому:

$$E_{\text{после удара}} = eE_k, \quad (2)$$

$$v_{\text{после удара}} = \sqrt{\frac{E_{\text{после}}}{m_{\text{ср}}}}, \quad (3)$$

Построим график (рисунок 3). Величина провиса ремня гасителя на рисунке составляет до 10 см.

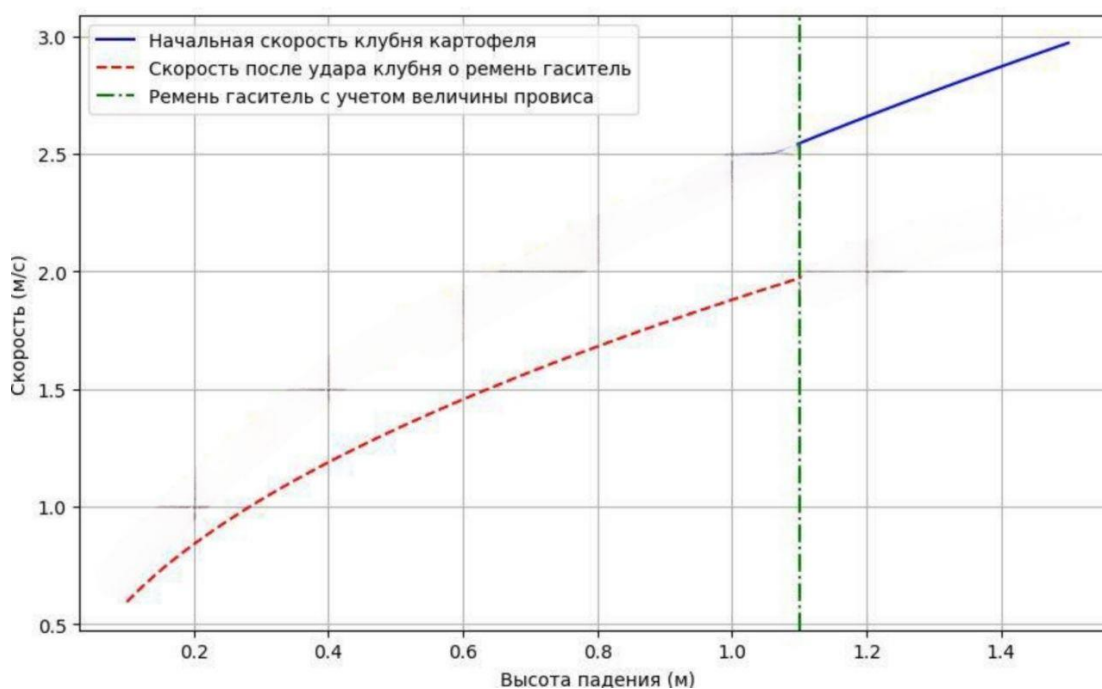


Рисунок 3 – Распределение скоростей падения клубня

Последующий анализ результатов имитационного моделирования выявил повышенный уровень механических повреждений (обозначено на рисунке 1 и 2) за счет отскока клубней от ремней гасителей. В результате отскока клубень перемещается на противоположную сторону контейнера и его повреждения зависят от нескольких факторов, таких как:

- скорость падения клубня в контейнер, м/с;



- материал и конструкция ремня;
- форма и размер клубней, см;
- угол падения, °

Опираясь на результаты исследований в этой области визуализируем распределение клубней картофеля после отскоков от ремней гасителей. Для этого введем осредненные исходные параметры в имитационную модель:

- ширина контейнера, м;
- длина контейнера, м;
- количество клубней, шт
- ширина ремней гасителей; м;
- зазор между ремнями гасителями; м;
- масса клубня, грамм;
- диаметр клубня, см.

Полученное визуализационное поле распределения клубней картофеля по поверхности контейнера (рисунок 4) зависит от конструкции ремней гасителей и зазоров между ними.

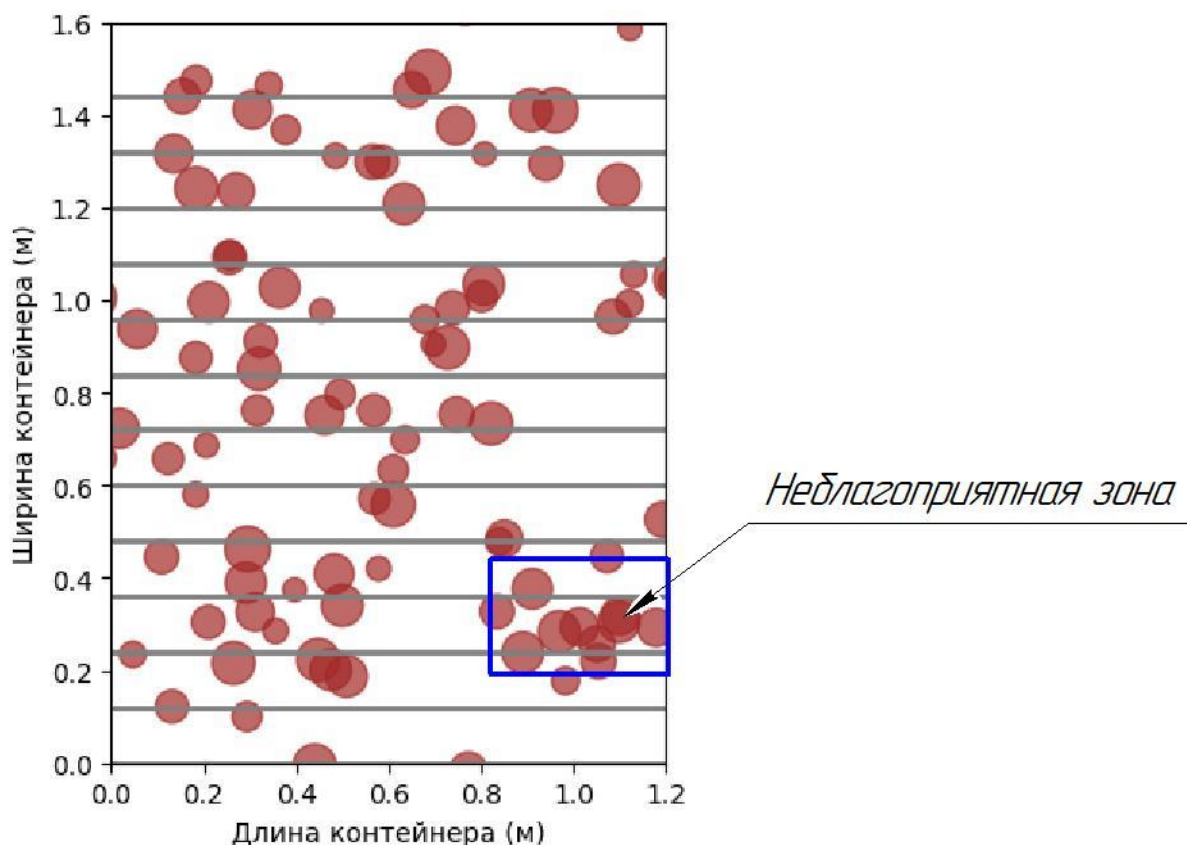
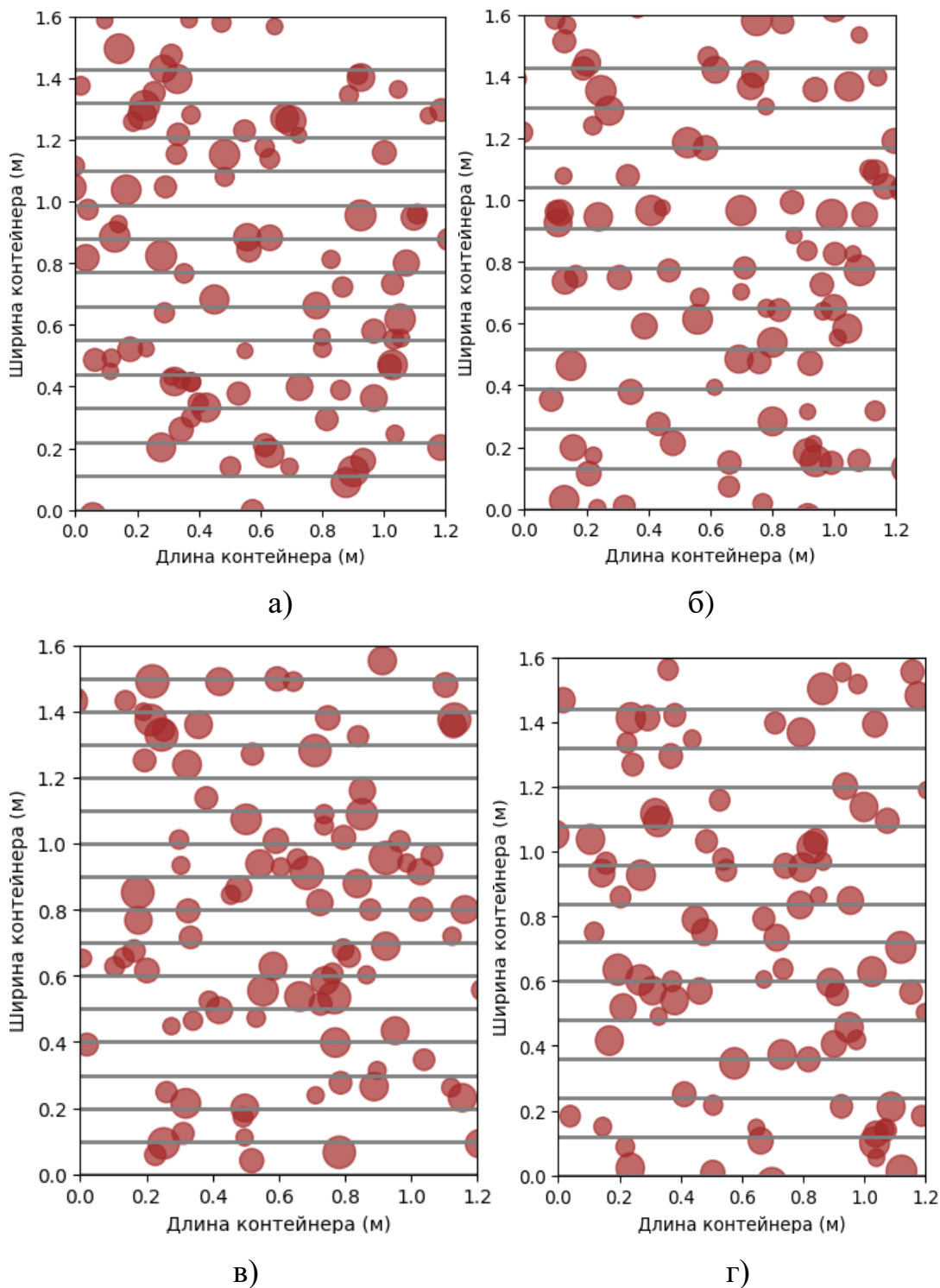


Рисунок 4 – Визуализационное поле распределения клубней картофеля по демфирующей поверхности контейнера за счет использования ремней гасителей

Добавим в модель различные варианты ширины ремней гасителей и зазоров между ними (рисунок 5). При этом введенные параметры контейнера, среднее значение массы и количество клубней остаются прежними.





а - ширина ремня гасителя – 6 см, зазор между ремнями – 5 см; б - ширина ремня гасителя – 7 см; зазор между ремнями – 6 см, в - ширина ремня гасителя – 5 см; зазор между ремнями – 5 см; г - ширина ремня гасителя – 8 см; зазор между ремнями – 5 см;  
 Рисунок 5 - Модель отскока клубня с учетом массы картофеля, ширины ремней гасителей и зазоров между ремнями

При рассмотрении полученных моделей в первую очередь стоит отметить параметр ширины ремней гасителей, играющий ключевую роль в распределении силы удара и последующем снижении уровня механических повреждений. Так более широкие ремни обеспечивают большую площадь контакта, при этом распределяя нагрузки на клубень картофеля по большой поверхности. В свою очередь широкие ремни более эффективно поглощают и распределяют кинетическую энергию при падении картофеля, снижая минимизируя амплитуду и силу отскока. Уменьшение ширины зазоров между ремнями снижают вероятность контакта картофеля с поверхностью контейнера. Увеличение зазоров между ремнями гасителями приводит к дополнительным механическим повреждениям картофеля, что отразится на последующем хранении сельскохозяйственной продукции. Нахождение оптимальной ширины зазоров между ремнями позволит устранять возможность значительного воздействия поверхности контейнера.

### **Выводы.**

Имитационная модель установки ремней гасителей на контейнер позволила определить неблагоприятную зону (обозначенную на рисунке 4) распределения уровня повреждаемости клубней, зависящую от зазора между ремнями гасителями и от их материала. В тоже время уровень повреждений клубней в результате соударения в 2 раза меньше, чем при отсутствии ремней (рисунок 1 и 2). Снижение уровня механических повреждений, что особенно актуально для семенного картофеля, улучшает качество хранимой сельскохозяйственной продукции.

Отскок клубня картофеля является прямым результатом взаимодействия картофеля с поверхностью ремня гасителя. Полностью устранить процесс отскока невозможно, его значение будет зависеть от нескольких факторов: массы картофеля, высоты и угла падения, а также материала и состояния ремня гасителя. В свою очередь можно

дополнительно, адаптировать ремни гасители под разные сорта картофеля и условия загрузки, что позволит расширить возможности их использования. В результате, внедрения подобных усовершенствований, возможно, повысить рентабельность и конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции.

### **Библиографический список**

1. Патент № 2732641 С2 Российская Федерация, МПК А01F 25/14, А01F 25/22, В65D 85/34. Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля: № 2019103119: заявл. 04.02.2019: опубл. 22.09.2020 / С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин, Л. А. Маслова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

2. Колошеин Д. В., Маслова Л. А. Теоретические исследования определения параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем-гасителем при загрузке в контейнер // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 4. С. 154-160.

### **References**

1. Patent № 2732641 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 25/14, A01F 25/22, B65D 85/34. Kontejner dlya hraneniya korneplodov i kartofelya: № 2019103119: zayavl. 04.02.2019: opubl. 22.09.2020 / S. N. Borychev, D. V. Koloshein, L. A. Maslova [i dr.]; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva".

2. Koloshein D. V., Maslova L. A. Teoreticheskie issledovaniya opredeleniya parametrov udarnogo vzaimodejstviya klubnya s remnem-gasitelem pri zagruzke v kontejner // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2022. T. 14. № 4. S. 154-160.