

УДК 532.528. 4.3.1

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ УБОРКЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ПОДГОТОВКЕ К ХРАНЕНИЮ**

Безносюк Роман Владимирович  
кандидат технических наук,  
РИНЦ SPIN-код: 1616-3982  
E-mail: romario345830@yandex.ru  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Егорова Ирина Валентиновна  
аспирант  
РИНЦ SPIN-код: 9397-5470  
E-mail: [ejv.ira@mail.ru](mailto:ejv.ira@mail.ru)  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Костенко Михаил Юрьевич  
доктор технических наук, профессор  
РИНЦ SPIN-код: 2352-0690  
E-mail: [kostenko.mihail2016@yandex.ru](mailto:kostenko.mihail2016@yandex.ru)  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Рембалович Георгий Константинович  
Доктор технических наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 9656-2331  
E-mail: [rgk.rgatu@yandex.ru](mailto:rgk.rgatu@yandex.ru)  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Пиманов Андрей Евгеньевич  
аспирант  
E-mail: [a.pimanov@mail.ru](mailto:a.pimanov@mail.ru)  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Внедрение механизированных процессов в организацию уборки картофеля и других этапов его выращивания при современной тенденции увеличения объемов производства культуры в России все больше востребовано в хозяйствах. Механизация процессов производства при множестве положительных аспектов влечет за собой проблемы качества исходного продукта. Наиболее трудоемкими при выращивании картофеля считаются процессы уборки, в них же

UDC 532.528. 4.3.1

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

**STUDY OF THE DYNAMIC IMPACT ON POTATO TUBERS DURING HARVESTING, TRANSPORTATION AND PREPARATION FOR STORAGE**

Beznosyuk Roman Vladimirovich  
Cand.Tech.Sci.  
RSCI SPIN-code: 1616-3982  
E-mail: romario345830@yandex.ru  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Egorova Irina Valentinovna  
graduate student  
RSCI SPIN-code: 9397-5470  
E-mail: [ejv.ira@mail.ru](mailto:ejv.ira@mail.ru)  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Kostenko Mikhail Yuryevich  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
RSCI SPIN-code: 2352-0690  
E-mail: [kostenko.mihail2016@yandex.ru](mailto:kostenko.mihail2016@yandex.ru)  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Rembalovich Georgiy Konstantinovich  
Dr.Sci.Tech., Associate Professor  
RSCI SPIN-code: 9656-2331  
E-mail: [rgk.rgatu@yandex.ru](mailto:rgk.rgatu@yandex.ru)  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Pimanov Andrey Evgenievich  
graduate student  
E-mail: [a.pimanov@mail.ru](mailto:a.pimanov@mail.ru)  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

The introduction of mechanized processes in the organization of potato harvesting and other stages of its cultivation, given the current trend of increasing crop production volumes in Russia, is increasingly in demand on farms. The mechanization of production processes, with many positive aspects, entails problems with the quality of the initial product. Harvesting processes are considered the most labor-intensive when growing potatoes; they also involve the largest amount of equipment and various mechanisms.

задействовано наибольшее количество техники и различных механизмов. Уборочная кампания преследует цель закладки урожая с сохранением показателей качества продукции, минимизированием повреждений клубней механического характера, что в свою очередь будет способствовать повышению лежкости урожая картофеля. В процессе уборочно-транспортных операций клубень картофеля испытывает значительное количество динамических взаимодействий с элементами рабочих органов картофелеуборочных комбайнов, транспортных средств, картофелесортировального пункта и транспортеров-загрузчиков в хранилище, а также при перегрузке с одного вида оборудования на другой

The harvesting campaign aims to establish a harvest while maintaining product quality indicators, minimizing mechanical damage to tubers, which in turn will help increase the shelf life of the potato crop. During harvesting and transport operations, the potato tuber experiences a significant number of dynamic interactions with the elements of the working parts of potato harvesters, vehicles, potato sorting stations and loader conveyors in storage, as well as during reloading from one type of equipment to another

Ключевые слова: ДИНАМИЧЕСКИЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ДЕМПФИРУЮЩЕЕ  
УСТРОЙСТВО, РАДИОКЛУБЕНЬ

Keywords: DYNAMIC INTERACTIONS, DAMPING  
DEVICE, RADIO TUBE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-201-004>

## Введение

Внедрение механизированных процессов в организацию уборки картофеля и других этапов его выращивания при современной тенденции увеличения объемов производства культуры в России все больше востребовано в хозяйствах.

Механизация процессов производства при множестве положительных аспектов влечет за собой проблемы качества исходного продукта. Наиболее трудоемкими при выращивании картофеля считаются процессы уборки, в них же задействовано наибольшее количество техники и различных механизмов.

Уборочная кампания преследует цель закладки урожая с сохранением показателей качества продукции, минимизированием повреждений клубней механического характера, что в свою очередь будет способствовать повышению лежкости урожая картофеля.

Согласно агротехническим требованиям, предъявляемым к комбайновой уборке, она состоит из последовательных этапов:

- удаление ботвы растений;

<http://ej.kubagro.ru/2024/07/pdf/04.pdf>

- выкапывание клубней с отделением почвы, остатков ботвы, различных примесей;
- выгрузка в кузова машин и транспортировка к местам приемки;
- приемка, укладывание в бурты, контейнеры и последующее хранение.[1]

При сборе урожая наибольшее число повреждений ткани клубней получают при прохождении по рабочим органам сепарирующих элементов картофелеуборочных машин, загрузке их в транспортные средства, транспортировке к местам выгрузки, при прохождении по системе транспортеров в хранилищах.[2]

В процессе уборочно-транспортных операций клубень картофеля испытывает значительное количество динамических взаимодействий с элементами рабочих органов картофелеуборочных комбайнов, транспортных средств, картофелесортировального пункта и транспортеров-загрузчиков в хранилище, а также при перегрузке с одного вида оборудования на другой.

Основываясь на выше сказанном, было проведено исследование динамического воздействия на клубни картофеля при уборке, транспортировке и подготовке к хранению.

Цель исследования – установить участки и величины динамического взаимодействия клубней картофеля с рабочими элементами уборочных комплексов.

#### **Объекты исследования.**

Экспериментальные исследования проходили в ООО «Авангард», расположенном в Рязанском районе Рязанской области. Для проведения опыта использовали транспортное средство КамАЗ 5320.

В автомобильном кузове устанавливали демпфирующее устройство (надувное) (рис. 1) с размерами, соответствующими размерам днища кузова автомобиля. Подготовку размещенного в кузове надувного

демпфирующего устройства осуществляли путем предварительного нагнетания воздуха насосом, подключенным через запорную арматуру. Контроль давления внутри демпфирующей подушки контролировали с помощью подключенного последовательно к насосу манометра.

### **Материалы и методы исследования**

На этапе выгрузки картофеля автомобиль подъезжал к картофелеуборочному комбайну Grimme SE 150-60 (рис. 2, 3), где осуществлялась его загрузка клубнями картофеля из накопительного бункера комбайна.



Рисунок 1. Демпфирующее устройство в кузове  
автомобиля КамАЗ 5320

По мере загрузки клубнями кузова транспортного средства и увеличения давления внутри демпфирующей подушки под внешним воздействием срабатывал встроенный клапан и стравливался воздух. Вследствие снижения объема воздуха (частично) внутри демпфирующей поверхности, картофельные клубни принимают стабильное положение,

попадая на дно кузова, толщина подушки уменьшается. Большую устойчивость клубням картофеля придают неровности демпфирующей подушки с оставшимся внутри воздухом.



Рисунок 2. Выгрузка клубней картофеля из картофелеуборочного комбайна Grimme SE 150-60 в кузов транспортного средства

Контроль взаимодействия клубней картофеля оценивали с помощью радиоклубня, размещенного предварительно в бункере картофелеуборочного комбайна.



Рисунок 3. Процесс загрузки клубнями картофеля транспортного средства с надувным демпфирующим устройством

После заполнения транспортного средства контроль результата взаимодействия радиоклубня с элементами кузова и другими клубнями картофеля также производили на следующих этапах транспортировки и последующей сортировки (рис. 4, 5, 6, 7).

Оценку повреждений клубней картофеля производили путем контроля отобранных проб картофеля из кузова транспортного средства.



Рисунок 4. Контроль положения радиоклубня в бункере картофелеуборочного комбайна



Рисунок 5. Контроль величины взаимодействия радиоклубня с клубнями картофеля на этапе транспортировки



Рисунок 6. Контроль величины взаимодействия радиоклубня с элементами сортировочного комплекса на этапе послеуборочной доработки



Рисунок 7. Движение радиоклубня по рабочим элементам  
сортировочного комплекса

### Результаты исследования

Картофелеуборочный комбайн оказывает разнообразное динамическое воздействие на клубни картофеля в процессе сепарации почвы, выделении примесей, переходе с одного рабочего органа на другой, накопления в бункере и выгрузке. Исследование динамических воздействий по рабочим органам картофелеуборочного комбайна представлено на рисунке 8.

На графике видно несколько зон воздействия рабочих органов на клубень. На основном сепарирующем элеваторе наблюдается значительное количество соударений с незначительными усилиями до 50Н. Это обусловлено наличием почвенной прослойки между рабочими органами и клубнем. В процессе очистки клубней от комков и растительных остатков на пальчиковой горке органа выносной сепарации наблюдается значительное количество динамических взаимодействий в процессе передвижения клубня. Величина воздействия увеличивается до 70Н. Транспортировка клубней картофеля на верхний ярус картофелеуборочного комбайна сопряжена со значительными динамическими воздействиями, так как в процессе перегрузки клубень многократно ударяется об элементы ковшового элеватора. Величина воздействия находится в пределах 50Н - 70Н. Наиболее значительные динамические нагрузки клубень испытывает при поступлении в накопительный бункер, особенно в период падения клубня на металлическое дно накопительного бункера.

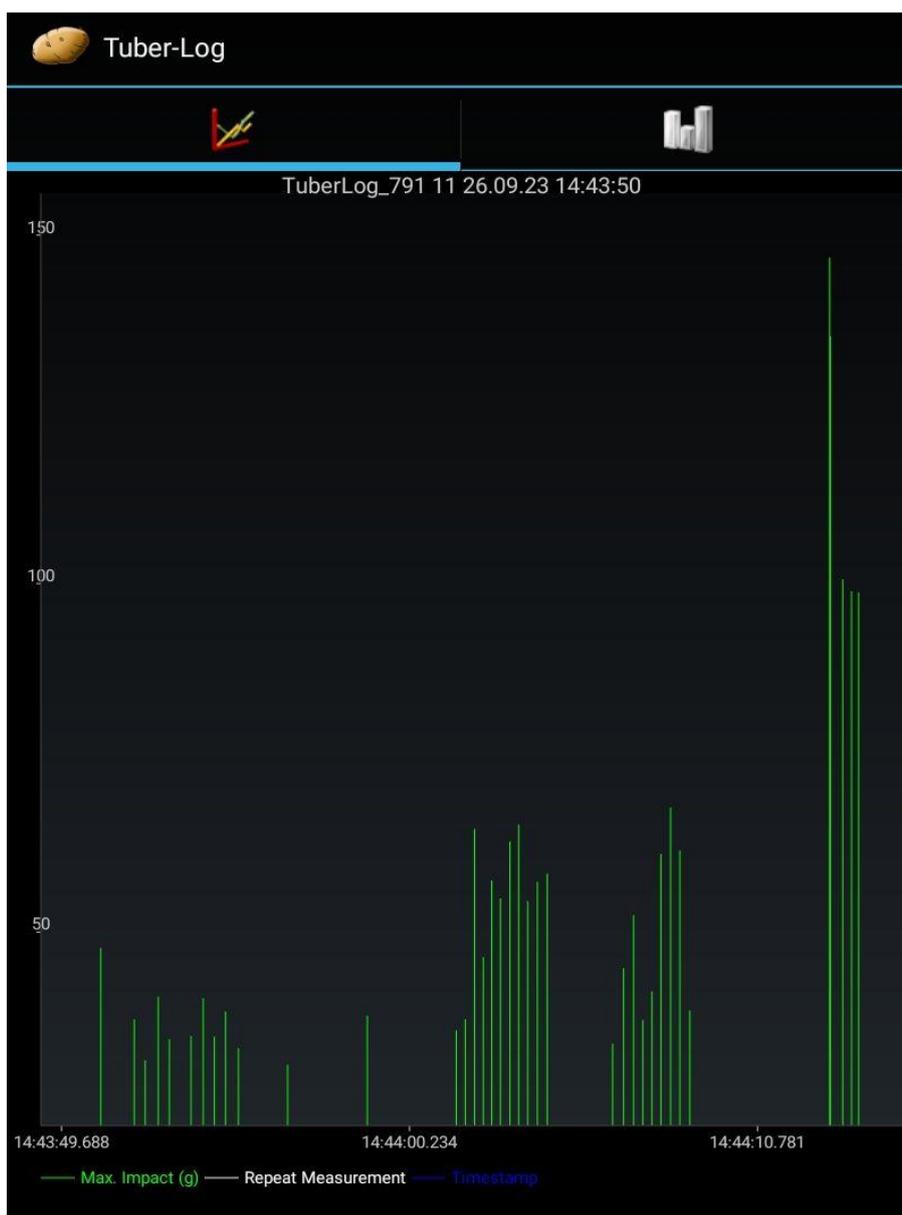


Рисунок 8. График динамического воздействия рабочих органов картофелеуборочного комбайна Grimme SE 150-60 на радиоклубень «Tuber-Log»

Величина воздействия достигает значений свыше 150Н. Так же динамическое взаимодействие наблюдается с другими клубнями при их падении сверху. Величина воздействия достигает значений 100Н. Анализируя структуру величины ударного воздействия (рис. 9) установлено, что наибольшее количество ударов находится в пределах 30Н – 75Н (86 взаимодействий). Данный диапазон динамического

взаимодействия клубней картофеля с различными рабочими элементами картофелеуборочного комбайна соответствует усилиям обдира кожуры клубней. Максимальное значение ударной нагрузки находится в пределах 75Н – 150Н (13 взаимодействий) встречается относительно редко. Однако данный вид динамического взаимодействия приводит к повреждениям клубней картофеля: трещины, потемнение более 5 мм и вырыв мякоти.

Следует отметить, что на заключительных этапах обработки клубней их количество на рабочих органах возрастает и при взаимодействии друг с другом возникают наиболее массовые повреждения (потемнение мякоти и обдир кожуры).

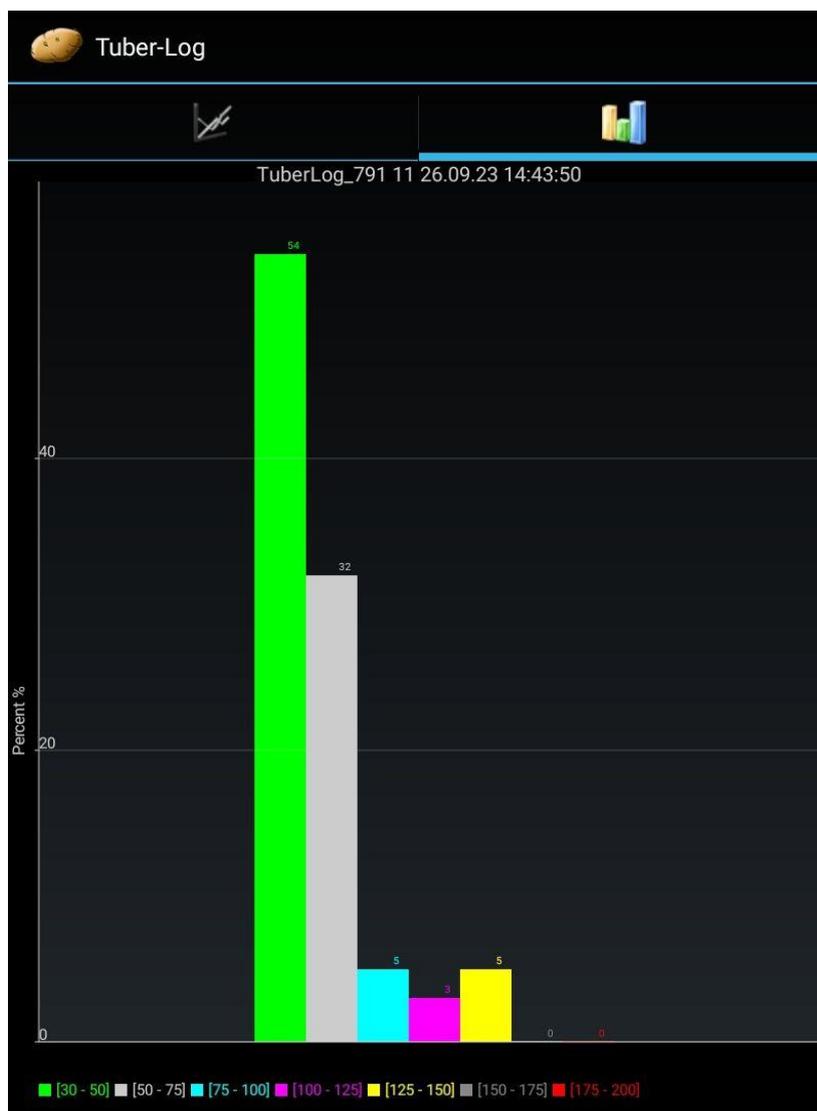


Рисунок 9. Структура взаимодействия рабочих органов картофелеуборочного комбайна Grimme SE 150-60 с радиоклубнем «Tuber-Log»

Так же значительные динамические воздействия возникают при перегрузке клубней картофеля из накопительного бункера в кузов транспортного средства. Наибольшая величина динамического воздействия на клубень наблюдается в начальный момент загрузки транспортного средства, когда клубни картофеля взаимодействуют с металлическим дном кузова. Величина воздействия достигает значений 420Н (рис. 10).

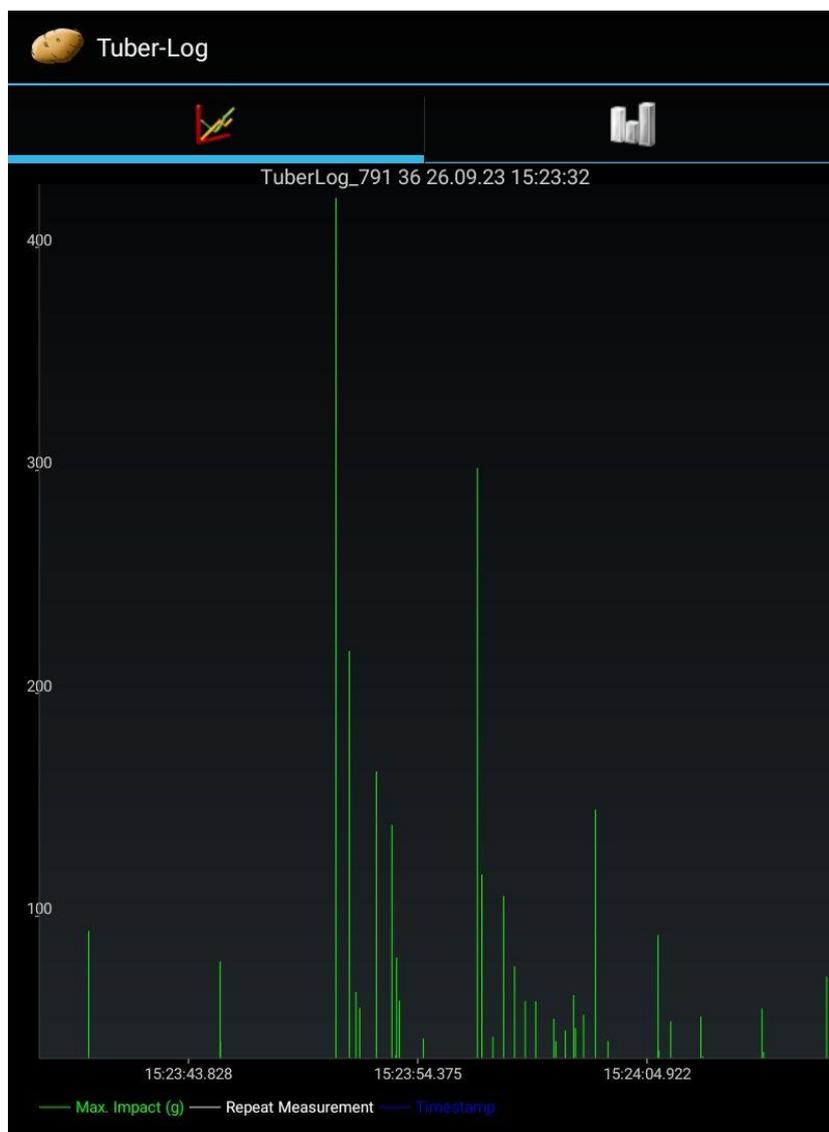


Рисунок 10. График динамического воздействия на радиоклубень «Tuber-Log» при перегрузке из накопительного бункера картофелеуборочного комбайна в транспортное средство.

Клубень картофеля испытывает динамическое взаимодействие с другими клубнями при их падении сверху. По мере загрузки клубней в кузов транспортного средства наблюдается снижение динамического воздействия до 60Н.

Применение разработанного надувного демпфирующего устройства в кузове транспортного средства позволяет уменьшить величину динамического воздействия до 120Н (рис. 11).

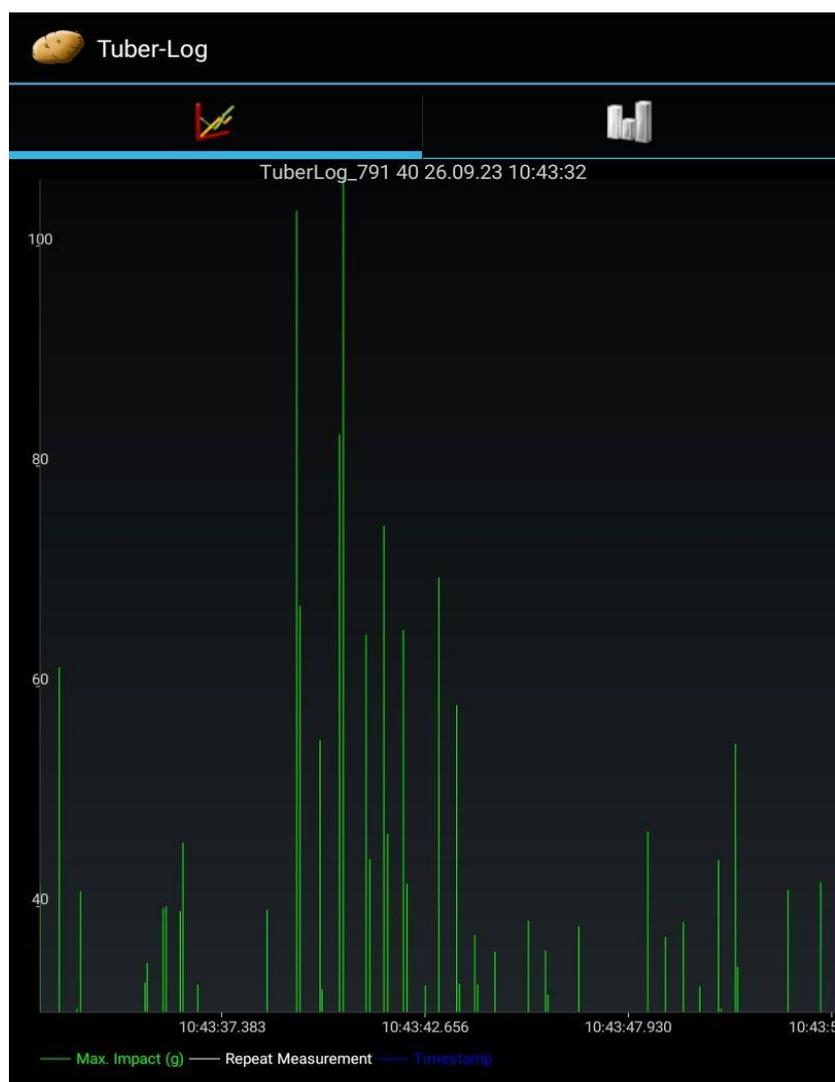


Рисунок 11. График динамического воздействия на радиоклубень «Tuber-Log» при перегрузке из накопительного бункера картофелеуборочного комбайна в транспортное средство с использованием надувного демпфирующего устройства.

Транспортировка клубней картофеля с помощью транспортных средств сопряжена с динамическими воздействиями. Однако в хозяйствах для снижения повреждений клубней картофеля для транспортировки либо предварительно выравнивают дороги с помощью специальной техники, либо вводят ограничения скоростного режима. Поэтому зачастую значительных динамических нагрузок на большинстве участках дорог не наблюдается.

Так же следует отметить, что соблюдение скоростного режима не всегда выполняется, а качество дорожного полотна (особенно на съездах с дорог с твердым асфальтовым покрытием, искусственных неровностей) не соответствует требованиям для эффективной перевозки.

При этом максимальные динамические нагрузки взаимодействия клубней картофеля с элементами кузова транспортного средства не превышают 230Н. Применение надувного демпфирующего устройства в кузове транспортного средства позволяет ограничить величину динамического воздействия до величины не более 90Н.

При доработке, сортировке и загрузке картофеля в места хранения происходят динамические воздействия клубней с элементами приемного бункера и рабочими органами транспортеров (рис. 6, 7). Величина динамического воздействия при движении и перегрузки не превышает 110Н. В тоже время наблюдается интенсивное трение между клубнями картофеля и элементами рабочих органов, что зачастую вызывает обдир кожуры и нарушение ее целостности.

## **Выводы**

1. Разработано надувное демпфирующее устройство кузова транспортного средства для перевозки плодоовощной продукции, которое состоит из пневматического элемента, установленного в кузове транспортного средства и полностью закрывает дно кузова. Пневматический элемент снабжен воздушным насосом с клапаном и манометром, что позволяет регулировать давление нагнетаемого газа внутри через запорную арматуру.

2. Установлено, что высота отскока клубней картофеля определяется массой надувного демпфирующего устройства, расположенного в кузове транспортного средства. Дальнейшее увеличение массы надувного демпфирующего устройства не влияет на высоту отскока клубней. Поэтому для ограничения повреждений клубней картофеля, связанных с взаимодействием их с элементами кузова транспортного средства, необходимо регулировать величину упругости надувного демпфирующего устройства.

3. Установлено, что для исключения повреждения клубней картофеля в процессе транспортировки величина жесткости пневматической подушки надувного демпфирующего устройства должна составлять 300-350Н/мм.

4. Анализируя структуру величины ударного воздействия при уборке картофелеуборочным комбайном, установлено, что наибольшее количество ударов находится в пределах 30Н – 75Н (86 взаимодействий). Данный диапазон динамического взаимодействия клубней картофеля с различными рабочими элементами картофелеуборочного комбайна соответствует усилиям обдира кожуры клубней. Максимальное значение ударной нагрузки находится в пределах 75Н – 150Н (13 взаимодействий) встречается относительно редко. Однако данный вид динамического

взаимодействия приводит к повреждениям клубней картофеля: трещины, потемнение более 5мм и вырыв мякоти.

5. Транспортировка клубней картофеля сопряжена с динамическими воздействиями. При этом максимальные динамические нагрузки взаимодействия клубней картофеля с элементами кузова транспортного средства не превышают 230Н. Применение надувного демпфирующего устройства в кузове транспортного средства позволяет ограничить величину динамического воздействия до величины не более 90Н.

6. При доработке, сортировке и загрузке картофеля в места хранения происходят динамические воздействия клубней с элементами приемного бункера и рабочими органами транспортеров. Величина динамического воздействия при движении и перегрузке не превышает 110Н. В то же время наблюдается интенсивное трение между клубнями картофеля и элементами рабочих органов, что зачастую вызывает обдир кожуры и нарушение ее целостности.

#### **Библиографический список**

1.Бочкарев В.В., Кияшко Н.В., Обухов В.П. Уборка и хранение картофеля, корнеплодов и овощей: учебное пособие / ФГБОУ ВО Приморская ГСХА; - 2-е изд. перераб. и доп. - Уссурийск, 2015.- 132с

2.Крючков М.М., Виноградов Д.Б., Бышов Н.В., Лукьянова О.В., Ступин А.С., Соколов А.А., Потапова Л.В., Троц Н.М. Инновационные элементы агротехнологий возделывания картофеля в Нечерноземной зоне России/Монография. Рязань: изд-во Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, 2018.-150с.

#### **References**

1.Bochkarev V.V., Kijashko N.V., Obuhov V.P. Uborka i hranenie kartofelja, korneplodov i ovoshhej: uchebnoe posobie / FGBOU VO Primorskaja GSXA; - 2-e izd. pererab. i dop. - Ussurijsk, 2015.- 132s

2.Krjuchkov M.M., Vinogradov D.B., Byshov N.V., Luk'janova O.V., Stupin A.S., Sokolov A.A., Potapova L.V., Troc N.M. Innovacionnye jelementy agrotehnologij vzdelyvanija kartofelja v Nechernozemnoj zone Rossii/Monografija. Rjazan': izd-vo Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva, 2018.-150s.