

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева»

**На правах рукописи**



Панова Алла Анатольевна

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ  
ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Юхин И.А.

Рязань, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

		Стр
	ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1	АНАЛИЗ ВОПРОСА	8
1.1	Состояние промышленного садоводства в России и перспективы его развития	8
1.2	Требования к качеству производимой продукции	14
1.3	Анализ причин возникновения механических повреждений плодов и возможные пути их снижения	18
1.4	Анализ тары для транспортировки яблок	27
1.5	Выводы по главе 1	36
1.6	Задачи исследований	36
ГЛАВА 2	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК	37
2.1	Причины повреждения яблок, перевозимых контейнерным способом	37
2.2	Обоснование параметров контейнера для транспортировки яблок	54
2.3	Выводы по главе 2	61
ГЛАВА 3	ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	62
3.1	Программа лабораторных исследований	62
3.2	Объекты лабораторных исследований	62
3.3	Методики лабораторных исследований	62
3.4	Результаты лабораторных исследований	75
3.5	Выводы по главе 3	90
ГЛАВА 4	ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК	91

4.1	Хозяйственные испытания предложенного контейнера для транспортировки яблок	91
4.2	Технико-экономическое обоснование применения предложенного контейнера для транспортировки яблок	96
4.3	Выводы по главе 4	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	105
	ПРИЛОЖЕНИЯ	121

## ВВЕДЕНИЕ

Благодаря высокому содержанию витаминов и биологически активных веществ плоды имеют исключительно важное значение в питании человека. Однако потребность в них удовлетворяется в Российской Федерации далеко не полностью [75, 95].

Валовые сборы фруктов в Российской Федерации на протяжении последнего десятилетия неуклонно растут, но при этом аграрный сектор страны не может в полной мере удовлетворить все потребности населения [75], особенно в зимне-весенние периоды [50].

Ситуация осложняется тем, что не более 40% собранного урожая может быть переработано или потреблено в период уборки. Остальная продукция подлежит краткосрочному или длительному хранению, потери должны быть минимизированы [94].

Эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий, специализирующихся на выращивании яблок, напрямую зависит от сокращения их потерь на всех этапах производства, при оптимальном уровне финансовых и трудовых затрат является актуальным.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросами транспортировки яблок в различные периоды времени занимались: Аксенов А.Г., Белю Л.П., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Бычков В.В., Дорохов А.С., Заводнов В.С., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Пустовалов В.С., Ряднов А.И., Сибирёв А.В., Симдянкин А.А., Успенский И.А., Цымбал А.А., Четвертаков А.В., Фомин С.Д., Юхин И.А., M. O'Brien, R.P. Singh, L.L., Clay-pool и другие ученые.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 годы, а именно подраздела 1.1.5. Повышение эксплуатационных показателей транспортных и технологических машин при внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе раздела 1.1. «Повышение эффективности

эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» темы 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос.рег. 122020200038-8).

**Цель исследований** – снижение повреждений яблок при контейнерном способе их транспортировки.

**Задачи исследований:**

- 1) Обосновать рациональность использования предлагаемой транспортной тары для внутрихозяйственной транспортировки яблок;
- 2) Обосновать параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- 3) Уточнить экспериментальным путем параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- 4) Оценить экономический эффект применения предложенного контейнера для транспортировки яблок в АПК.

**Объект исследования** – контейнер для транспортировки яблок.

**Предмет исследования** – амплитудно-частотные характеристики колебаний яблок при их транспортировке в таре.

**Научную новизну работы составляют:**

- параметры конструкции контейнера для транспортировки яблок, защищенная патентом РФ на полезную модель № 217289 (приложение 1);
- допустимые значения амплитудно-частотных характеристик колебаний яблок в предложенном контейнере при их транспортировке.

**Теоретическую значимость работы составляют:**

- обоснованные параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок, позволяющие снизить повреждения яблок при их внутрихозяйственной транспортировке в АПК;
- теоретические зависимости амплитудно-частотных характеристик колебаний яблок от параметров предложенного контейнера.

### **Практическую значимость работы составляют:**

- теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- результаты технико-экономического обоснования использования предложенного контейнера для транспортировки яблок.

**Методология и методы исследования.** Методология включала в себя: формирование характеристики исследования; выстраивание логической структуры (формулировку объекта, предмета, цели, задач исследования, подбор методов исследований, подготовку результатов и формирование выводов); планирование схемы исследования (этапов, разделов и т.п.).

При написании диссертации были использованы качественные (сбор и анализ знаний из открытых источников информации) и количественные (сбор, измерение и анализ данных) методы исследований.

### **Положения, выносимые на защиту:**

- результаты анализа конструкций контейнеров для транспортировки яблок;
- теоретически обоснованные и экспериментально уточненные параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- результаты оценки целесообразности применения предложенного контейнера для транспортировки яблок при внутрихозяйственной транспортировке в АПК.

### **Достоверность результатов исследований.**

Результаты лабораторных и полевых испытаний были получены при помощи современного оборудования высокой точности (погрешность измерений менее 1%). Расхождение между результатами, полученными теоретически и экспериментально менее 3%.

Основные положения диссертации не противоречат результатам исследований отечественных и зарубежных ученых, опубликованным на отчетную дату в открытых источниках информации.

### **Реализация результатов исследования.** Предложенный контейнер

для транспортировки яблок проходил испытания в 2023-2024 гг. при вывозе урожая яблок из садов ООО «Авангард» Рязанской области Рязанского района (приложение 8).

**Вклад автора в решение поставленных задач состоит в:** обосновании параметров предложенного контейнера для транспортировки яблок; постановке и проведении лабораторных и полевых исследований; оценке экономического эффекта от использования предложенного контейнера для транспортировки яблок, написании научных статей и составлении патента РФ на полезную модель.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационного исследования были обсуждены на XXI Международной научно-технической конференции Рязанского института (филиала) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (Рязань, 2023), 22 Международной научно-технической конференции Московского политехнического университета (Рязань, 2024), научно-практических конференциях ФГБОУ ВО РГАТУ (2020 - 2024 гг.).

**Публикации.** По теме исследования опубликовано 13 печатных работ, в том числе: 2 – в изданиях рекомендованных ВАК РФ. Получен патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 4,56 печ. л., из которых 3,2 печ. л. принадлежит лично автору.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 105 наименований и приложений. Объем работы составляет 134 страницы и содержит 50 рисунков, 29 таблиц и 8 приложений.

## ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ВОПРОСА

### 1.1. Состояние промышленного садоводства в России и перспективы его развития

Садоводство в России - одно из приоритетных направлений развития сельского хозяйства РФ и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [94]. Общая статистика производства плодово-ягодных культур в стране приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Площади, валовой сбор и урожайность плодово-ягодных насаждений в Российской Федерации (по данным Росстата) [55]

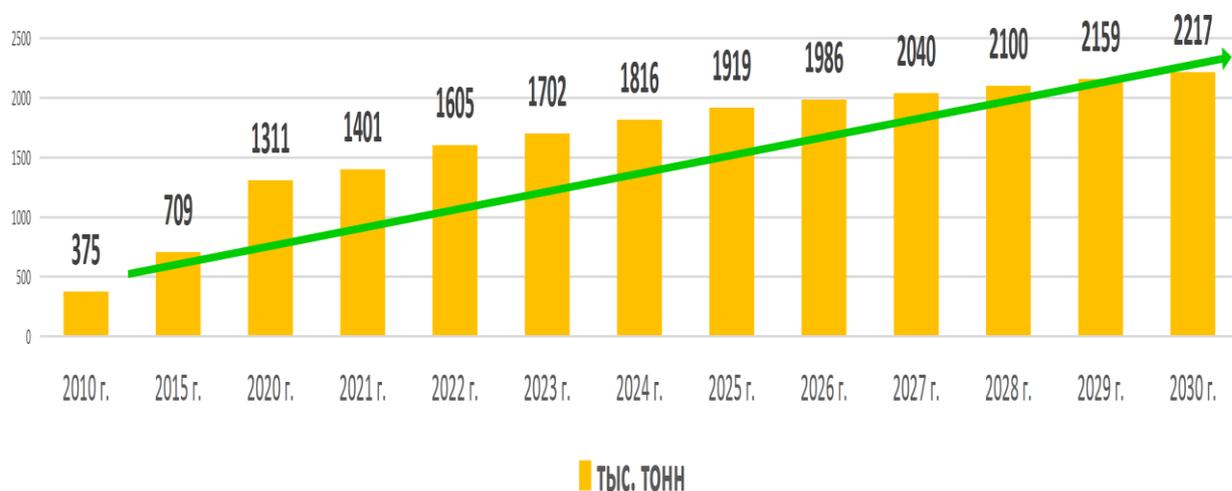
Показатель	Исследуемый период					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Хозяйства всех категорий</b>						
Всего насаждений, тыс. га	465,7	465,2	462,7	463,3	448,9	439,3
в том числе: в плодоносящем возрасте	364,3	358,9	356,6	357,7	352,6	348,2
Валовой сбор, тыс. ц	33369,7	35000,4	36617,8	40392,2	42440,1	41997,4
Урожайность, ц с 1 га	96,1	101,4	106,6	115,0	127,4	122,8
<b>Сельскохозяйственные организации</b>						
Всего насаждений, тыс. га	141,6	144,6	142,9	140,1	135,0	134,2
в том числе: в плодоносящем возрасте	85,4	86,2	85,9	85,4	87,4	87,6
Валовой сбор, тыс. ц	10463,1	9622,1	9923,9	12375,5	14991,3	16067,9
Урожайность, ц с 1 га	155,6	136,3	140,4	162,3	266,3	201,2

За исследуемый период времени (с 2018 по 2023 г.) можно отметить:

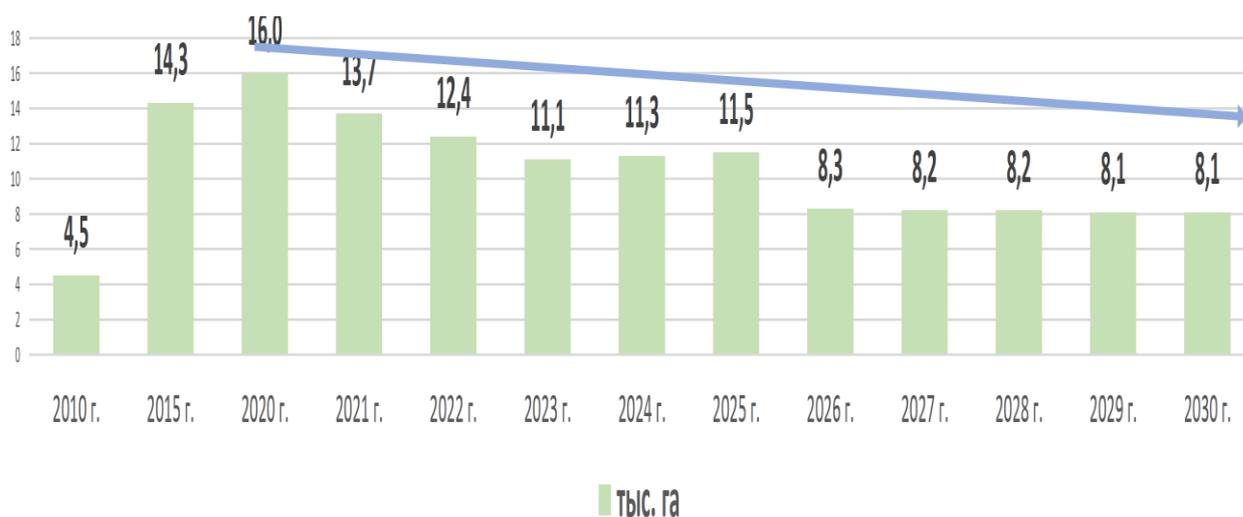
1. Идет сокращение площадей под насаждения. Если в 2018 данный показатель составлял 465,7 тыс. га, то в 2023 г. - 439,3 тыс. га, что составляет около 5,6%;

2. показатель валового сбора увеличивается. В 2018 г. он составил 33369,7 ц, то в 2023 - 41997,4 ц. (прирост составил более 25%).

По прогнозам Министерства сельского хозяйства РФ [50] до 2030 г. ожидается следующая картина (рис. 1.1).



а)



б)

а) валовой сбор плодов и ягод; б) площадь закладки мн. насаждений.

Рисунок 1.1 – Прогноз показателей отрасли промышленного садоводства РФ

Основное производство плодово-ягодных культур сосредоточено в следующих субъектах Российской Федерации (табл. 1.2): Краснодарский край – 41,6 тыс. га или 9,5 % от общего числа по стране; Республика Дагестан – 30,8 тыс. га или 7 %; Кабардино-Балкарская Республика – 26,3

тыс. га или 6 %; Воронежская область – 16,7 тыс. га или 3,8 %; Московская область - 16 тыс. га или 3,6 %; Республика Крым - 16 тыс. га или 3,6 %; Волгоградская область – 14,2 тыс. га или 3,2 %; Ростовская область - 14,2 тыс. га или 3,2 %; Белгородская область – 11,7 тыс. га или 2,7 %; Ставропольский край - 11,6 тыс. га или 2,6 %. Рязанская область в данном списке занимает 40 позицию.

На перечисленные выше 10 субъектов РФ приходится более 45% от общего количества площадей (под плодово-ягодные культуры) по стране.

Таблица 1.2 - Общая площадь плодово-ягодных насаждений (тыс. гектаров) всего в РФ и по отдельным регионам [55]

№	Субъект	Всего (по данным за 2023)	С/х организации	из них: малые предпр.	Хоз-ва насел.	КФХ и ИП
1	Краснодарский край	41,6	25,2	9,7	11,6	4,8
2	Республика Дагестан	30,8	7,4	3,6	21,8	1,6
3	Кабардино-Балкарская Республика	26,3	9,6	8,6	10,6	6,1
4	Воронежская область	16,7	8,9	2,6	6,7	1,1
5	Московская область	16,0	0,5	0,2	15,3	0,2
6	Республика Крым	16,0	8,8	4,8	3,7	3,5
7	Волгоградская область	14,2	5,9	1,2	8,0	0,3
8	Ростовская область	14,2	3,7	2,4	9,0	1,5
9	Белгородская область	11,7	4,2	3,7	4,8	2,7
10	Ставропольский край	11,6	6,3	2,9	4,7	0,6
...	...	...	...	...	...	...
40	Рязанская область	3,6	0,5	0,1	2,6	0,5
	<b>РФ</b>	<b>439,3</b>	<b>134,2</b>	<b>71,2</b>	<b>264,2</b>	<b>40,8</b>

Для оценки эффективности садоводства в рассмотренных субъектах РФ произведем анализ данных по валовому сбору (табл. 1.3).

Таблица 1.3 - Валовой сбор плодов и ягод (в центнерах) всего в РФ и по отдельным регионам [55]

№	Субъект	Всего (по данным за 2023)	С/х организации	из них: малые предпр.	Хоз-ва насел.	КФХ и ИП
1	Кабардино-Балкарская Республика	7859,0	3 452,8	3 084,7	2 712,2	1 694,0
2	Краснодарский край	6079,8	4 432,7	950,6	1 246,2	400,9
3	Республика Дагестан	2202,5	272,2	123,6	1 779,8	150,4
4	Республика Крым	1991,0	1 461,0	428,6	364,7	165,3
5	Волгоградская область	1923,2	1 038,4	51,8	875,1	9,7
6	Воронежская область	1449,9	781,6	60,1	585,3	82,9
7	Московская область	1352,8	26,9	5,7	1 324,1	1,8
8	Ставропольский край	1213,5	796,2	284,3	368,1	49,2
9	Липецкая область	1060,7	797,1	28,3	245,1	18,4
10	Ростовская область	951,0	156,1	70,1	771,8	23,1
...	...	...	...	...	...	...
41	Рязанская область	212,7	23,8	1,5	171,6	17,2
	<b>РФ</b>	<b>41997,4</b>	<b>16 067,9</b>	<b>6 706,5</b>	<b>22 922,1</b>	<b>3 007,4</b>

Как видим из представленных данных (табл. 1.3) рейтинг претерпел некоторые изменения: на первое место вышла Кабардино-Балкарская Республика – 7859 ц или 18,7 % от общего объема производимой продукции; Краснодарский край опустился на одну строку - 6079,8 ц или 14,5 %; тройку лидеров замыкает Республика Дагестан – 2202,5 ц или 5,2%. По величине валового сбора из рейтинга выбыла Белгородская область (ее место заняла Липецкая область). Рязанская область опустилась на 41 место – 212,7 ц или

0,5%.

Далее проведем детальный анализ валового сбора с плодово-ягодных культур (табл. 1.4), где преобладающую роль в статистике имеют семечковые растения – в первую очередь яблони и груши (более 50% от общего количества). На косточковые насаждения и ягодники приходится примерно по 15%. следовательно, основное внимание в дальнейших исследованиях следует уделять семечковым растениям.

Таблица 1.4 - Детализация валовых сборов с плодово-ягодных насаждений РФ (тыс. тонн) [55]

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Плодово-ягодные насаждения - всего	2676,1	3055,6	2682,6	3337,0	3500,0	3661,4	3985,5
в том числе:							
семечковые	1495,3	1725,9	1521,2	1997,5	2179,3	2341,6	2607,2
косточковые	502,7	624,0	509,1	615,6	597,1	601,7	641,1
орехоплодные	16,8	20,8	17,8	20,0	19,7	20,6	31,7
субтропические	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
цитрусовые	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ягодники	659,4	682,9	632,4	701,8	701,8	695,3	703,4

По данным Министерства сельского хозяйства РФ [55] в 2023 г. валовой сбор семечковых культур составил: в целом по стране – 28,97 млн. ц. Топ 10 регионов - Кабардино-Балкарская Республика – 7,37 млн. ц.; Краснодарский край – 5,03 млн. ц.; Республика Крым - 1,68 млн. ц.; Волгоградская область – 1,31 млн. ц.; Республика Дагестан – 1,2 млн. ц.; Воронежская область – 1,08 млн. ц.; Ставропольский край – 0,97 млн. ц.; Липецкая область – 0,88 млн. ц.; Московская область – 0,79 млн. ц.; Белгородская область – 0,7 млн. ц. (Рязанская область имеет показатель – 0,12 млн. ц.). В итоге на два субъекта РФ около половины всего объема.

Основную долю валового сбора урожая приносят сельскохозяйственные предприятия (рис. 1.2), а вклад КФХ и хозяйств ИП невелик.

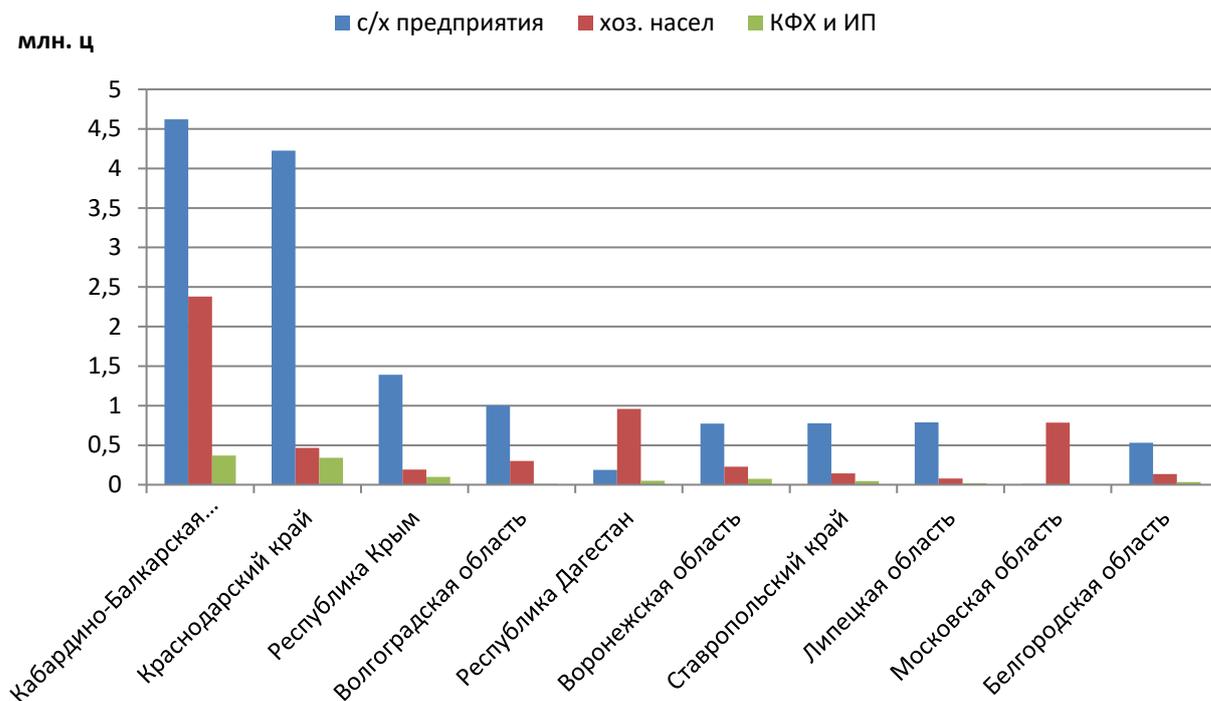


Рисунок 1.2 – Распределение валового сбора урожая по типам хозяйств [55]

«Всего в России насчитывается более 170 крупных садоводческих организаций (с площадью садов от 100 га и выше), выращивающих яблоки и прочие семечковые культуры. В десятку крупнейших компаний входят:

ЗАО «Центрально-Черноземная плодово-ягодная компания»  
(Воронежская область);

ЗАО «Совхоз Архипо-Осиповский» (Краснодарский край);

ЗАО «Сад-Гигант» (Краснодарский край);

ООО НПГ «Сады Придонья» (Саратовская область);

ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» (Липецкая область);

ОАО «Агроном» (Краснодарский край);

ООО «Агроном-сад» (Липецкая область);

ООО «Интеринвест» (Ставропольский край);

ЗАО «Данков-Агро» (Липецкая область);

АО «Крымская фруктовая компания» (Республика Крым)» [94].

Очевидно, что наибольшие объемы производства семечковых культур

присущи сельхозпредприятиям, обладающим не только внушительными возделываемыми территориями, но и дорогостоящей материально-технической базой [2, 28, 36, 46, 81, 86]. При этом есть субъекты РФ (например, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Дагестан или Московская область), где в хозяйствах населения были достигнуты внушительные результаты (в сравнении с данными по всей территории страны).

Стоит учитывать, что не весь объем собранного урожая дойдет до конечной точки (до потребителя либо до переработчика). Некоторая часть будет отсеяна после выбраковки на различных этапах производственного процесса (вследствие механических повреждений) [65, 67].

Для оценки фактического состояния производства яблок в промышленных масштабах необходимо более детально проанализировать существующую нормативно-правовую базу.

## **1.2. Требования к качеству производимой продукции**

Качественные характеристики яблок в зависимости от предназначения (для потребления или для переработки) определяются при помощи следующей нормативной документации:

- ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия [20];

- ГОСТ 27572-2017 Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия [18].

Стоит отметить, что на некоторые характеристики плодов сельскохозяйственному производителю повлиять практически невозможно (форма, окрас или наличие побурений), но на наличие механических повреждений вполне под силу.

На этапе сбора урожая неизбежны механические повреждения отдельных плодов. Если рассматривать такие плоды как яблоки, то критерии, характеризующие принадлежность к конкретному товарному сорту весьма

высоки. В таблице 1.5 приведена выдержка из ГОСТ 34314-2017 [20].

Таблица 1.5 – Характеристики товарного сорта яблок, реализуемых в свежем виде для потребления [20]

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта		
	высшего	первого	второго
Дефекты	Допускаются очень незначительные дефекты кожицы	Допускаются: - незначительный дефект формы; - незначительный дефект развития; - незначительные дефекты кожицы, не превышающие 2 см в длину для дефектов продолговатой формы и 1 см <sup>2</sup> общей площади поверхности для других дефектов, за исключением пятен парши ( <i>Venturia inaequalis</i> ), суммарная площадь которых не должна быть более 0,25 см <sup>2</sup>	Допускаются: - дефекты формы; - дефекты развития; - дефекты окраски; - <b>легкие повреждения площадью не более 1,5 см<sup>2</sup> с немного изменившейся окраской;</b> - дефекты кожицы, не превышающие 4 см в длину для дефектов продолговатой формы и 2,5 см <sup>2</sup> для других дефектов, за исключением пятен парши ( <i>Venturia inaequalis</i> ), суммарная площадь которых не должна быть более 1 см <sup>2</sup>
Массовая доля (количество) плодов, не соответствующих требованиям данного сорта, но соответствующих требованиям более низких сортов, %, не более:			
- для высш. сорта наличие яблок 1 и 2 сортов	5,0	-	-
- в том числе второго сорта	0,5	-	-
- для 1 сорта наличие яблок 2 сорта	-	10,0	-
- в том числе плодов, не отвечающих	-	1,0	-

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта		
	высшего	первого	второго
требованиям второго сорта			
- для 2 сорта наличие яблок, не соответствующих требованиям 2 сорта	-	-	10,0
Наличие сорной примеси, %	Не допускается		

Как видно из приведенных данных, наличие небольших механических повреждений (легкие повреждения площадью не более 1,5 см<sup>2</sup> с немного изменившейся окраской) в лучшем случае приводит к присвоению «второго сорта» (при этом стоимость продукта в среднем снижается на 30% от цены на яблоки «высшего сорта»), а в худшем – товар может быть использован лишь для переработки.

Плоды, предназначенные для переработки также должны соответствовать действующей в РФ нормативно-правовой документации [20]. Приведем выдержку из ГОСТ 27572-2017 в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристики товарного сорта яблок, предназначенных для переработки [18]

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта	
	первого	второго
Внешний вид	Плоды здоровые, целые, свежие, чистые, вполне развившиеся, типичной для данного помологического сорта формы и окраски, без повреждений сельскохозяйственными вредителями, без механических повреждений, без излишней внешней влажности, с плодоножкой и без нее	
Дефекты	Допускаются: слабое сетевидное побурение, не резко контрастирующее с	Допускаются: плоды не типичной для данного помологического сорта

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта	
	первого	второго
	окраской плода; повреждения (нажимы, градобоины), зарубцевавшиеся повреждения сельскохозяйственными вредителями (кроме плодовой и болезнями общей площадью не более 3 см <sup>2</sup> , в том числе не более трех пятен парши ( <i>Venturia inaequalis</i> ), каждое диаметром не более 0,3 см	формы и окраски; слабое стекловидное побурение, не резко контрастирующее с окраской плода; сильное шероховатое побурение; зарубцевавшиеся проколы; повреждения (нажимы, градобоины), зарубцевавшиеся повреждения сельскохозяйственными вредителями (кроме плодовой и болезнями общей площадью не более 1/4 поверхности плода, в том числе пятна парши ( <i>Venturia inaequalis</i> ) общей площадью не более 1/8 поверхности плода
Степень зрелости	Техническая, потребительская, плоды однородные по степени зрелости	
Размер плодов по наибольшему поперечному диаметру, см, не менее	6,0	Не нормируется
Массовая доля плодов, менее установленного размера, не более чем на 1 см, %, не более	10,0	Не нормируется
Массовая доля плодов, не соответствующих требованиям данного сорта, %, не более:	10,0	10,0
- соответствующих требованиям второго сорта	10,0	Не нормируется
- не удовлетворяющих	Не допускается	10,0

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта	
	первого	второго
требованиям второго сорта		
Массовая доля плодов со свежими проколами, %, не более	Не допускается	10,0
Массовая доля плодов с одним-двумя засохшими повреждениями плодояжкой, %, не более	2,0	10,0
Наличие яблок, загнивших, заплесневевших, раздавленных и подмороженных	Не допускается	

Проанализируем далее основные факторы, способствующие появлению механических повреждений на плодах семечковых культур, а также методы их устранения или локализации.

### **1.3. Анализ причин возникновения механических повреждений плодов и возможные пути их снижения**

«У плодов с механическими повреждениями процессы жизнедеятельности протекают активнее, чем у здоровых. Кроме того подобные травмы (в первую очередь повреждение оболочки плода) часто приводят к возникновению вторичных заболеваний» [98]. Следовательно, перед отправкой особенно на дальние расстояния в ворохе не должны присутствовать плоды с механическими повреждениями (и различными заболеваниями соответственно).

Замечание, рассмотренное выше, касается случаев, когда плоды получили травмы до этапа сбора урожая или непосредственно во время его. Механические повреждения также могут появляться на плодах, как в процессе транспортировки [6, 82, 84], так и при послеуборочных операциях

над ними [102].

«Основные причины возникновения механических повреждений на яблоках - статические, вибрационные и динамические нагрузки, возникающие в процессе выполнения как погрузочно-разгрузочных, так и транспортных работ [98, 99, 105]. Эти воздействия влияют не только на внешнюю целостность оболочки плода, приводя к таким травмам как трещины и проколы, но и нарушают внутреннюю его целостность» [98].

Основной причиной повреждения плодов непосредственно при транспортировке являются вибрационные воздействия, передаваемые от ТС непосредственно перевозимому грузу [24, 40].

Так в своей работе Заводнов В.С. [25] опубликовал результаты испытаний яблок и клубней картофеля на вибрационном стенде (рис. 1.3). Основываясь на полученных данных, были получены зависимости допустимой энергии колебаний от их амплитуды при выполнении транспортных работ (для контейнерного способа перевозки плодоовощной продукции [34, 41, 42, 77]).

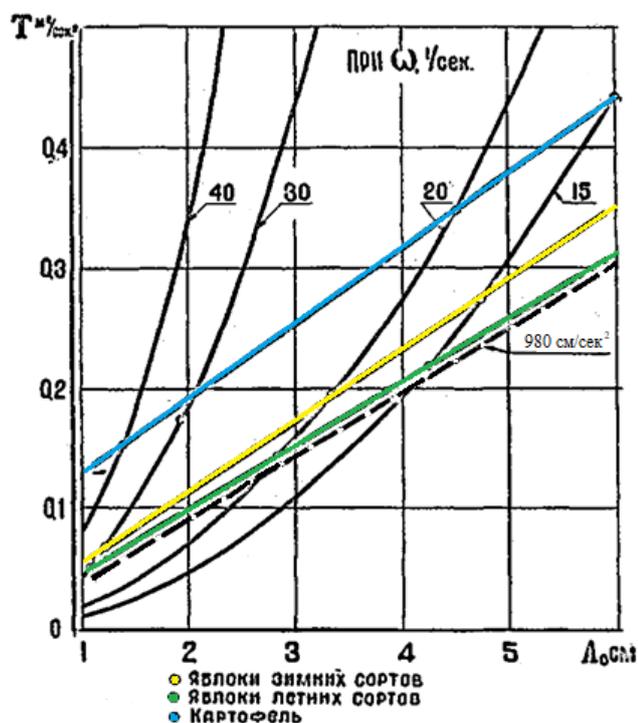


Рисунок 1.3 – График зависимости допустимой энергии колебаний от их амплитуды [25]

В данном случае возникают два отягчающих момента. В первых – при увеличении дальности и длительности транспортировки растет и вероятность получения плодами механических повреждений.

Экспериментально были установлены зависимости, характеризующие связь между способом транспортировки груза, расстоянием, на которое осуществляется транспортировка и долей плодов, получивших механические повреждения [79]. Некоторые результаты приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Величина потерь яблок (%) в зависимости от расстояния перевозки и способа транспортирования

Способ транспортирования	Расстояние перевозки		
	До 30 км	До 125 км	До 1000 км
Перевозка в контейнерах	10-15	До 5	до 1
Перевозка в ящиках	2	3-11	4-6
Перевозка насыпью	4-9	5,5-30	6-16

Стоит отметить, что в случаях транспортировки яблок в ящиках и насыпью с ростом маршрута следования увеличивается и количество поврежденных плодов. Для контейнерного способа ситуация меняется кардинальным способом [34, 37, 91, 77]. При перемещении груза на большие расстояния ворох плодов уплотняется, и следовательно отдельные яблоки в меньшей степени подвержены вибрационным воздействиям.

Во вторых – для транспортировки яблок в ящиках потребуется большее количество тары, чем для контейнерного способа. Известно, что плоды в контейнере получают повреждения неравномерно по всему объему, а локализовано [101].

Данный факт подтверждается исследованиями Заводнова В.С. [25], из которых следует, что наибольшее количество поврежденных плодов располагается в самом нижнем и самом верхнем слое в таре (рис. 1.4).

При этом величина плодов, имеющих механические повреждения от общего объема, будет сильно варьироваться в зависимости от выбранного

способа транспортировки (при транспортировке навалом в большую сторону, при тарном способе в меньшую). Если проанализировать общую статистику грузопотоков в сельском хозяйстве (по данным Юхина И.А. [98]), то картина будет следующей (табл. 1.8).

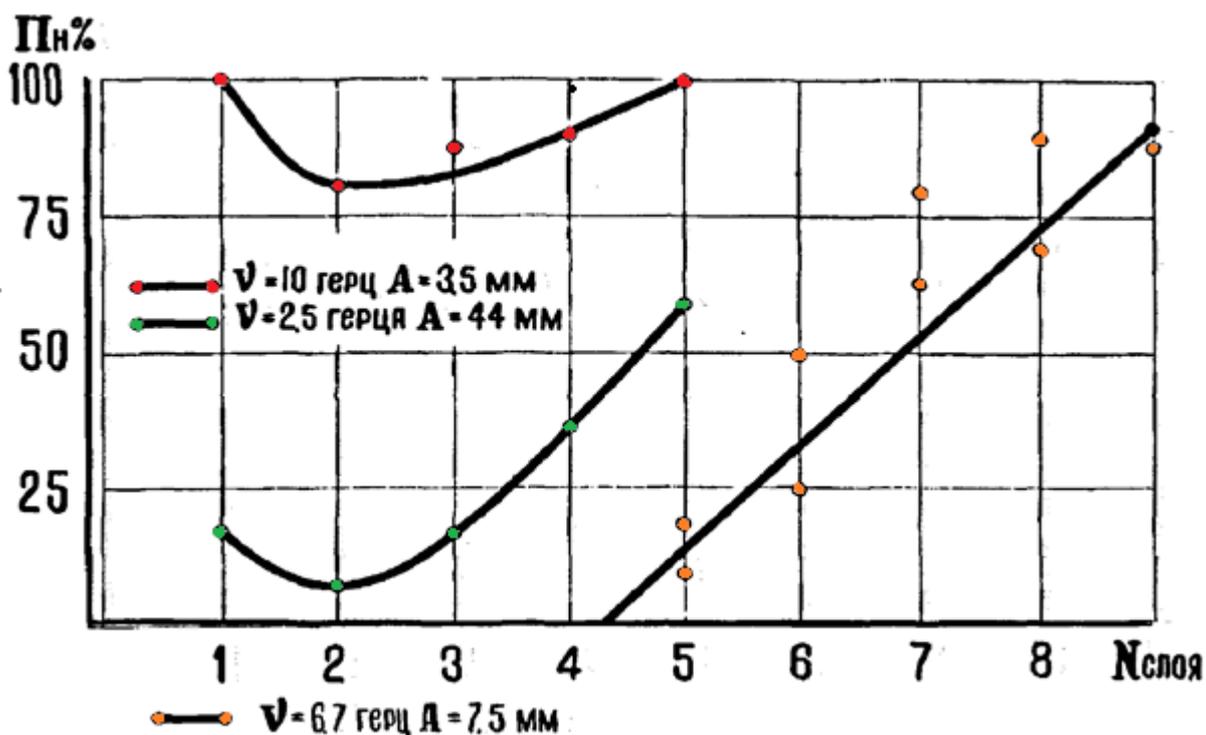


Рисунок 1.4 – Доля повреждений плодов в зависимости от слоя в таре

Таблица 1.8 – Распределение объёмов грузоперевозок в сельском хозяйстве по видам [98]

Способ перевозки	Ко всему объёму перевозок, %
Навалом или насыпью	76
В том числе в специализированных кузовах	28
В различной таре, пакетами, кипами, тюками	14
В том числе в специализированных кузовах	8
Мелкими партиями (масса единовременной отправки до 2 т)	4
Наливом в цистернах	6

Стоит отметить, что доминирующую позицию здесь будет занимать

транспортировка грузов навалом /насыпью. Причина тому кроется не только в низкой себестоимости при относительно высоких показателях качества, но и из-за характеристик самого груза (на рис. 1.5 показано, что подавляющее большинство продукции растениеводства при транспортировке не требует бережного обращения, исключение лишь такие группы как «овощи», «картофель», «сахарная свекла»). Но если возможен выбор, как в примере с картофелем, то более эффективным окажется именно тарный способ перевозки груза [56].

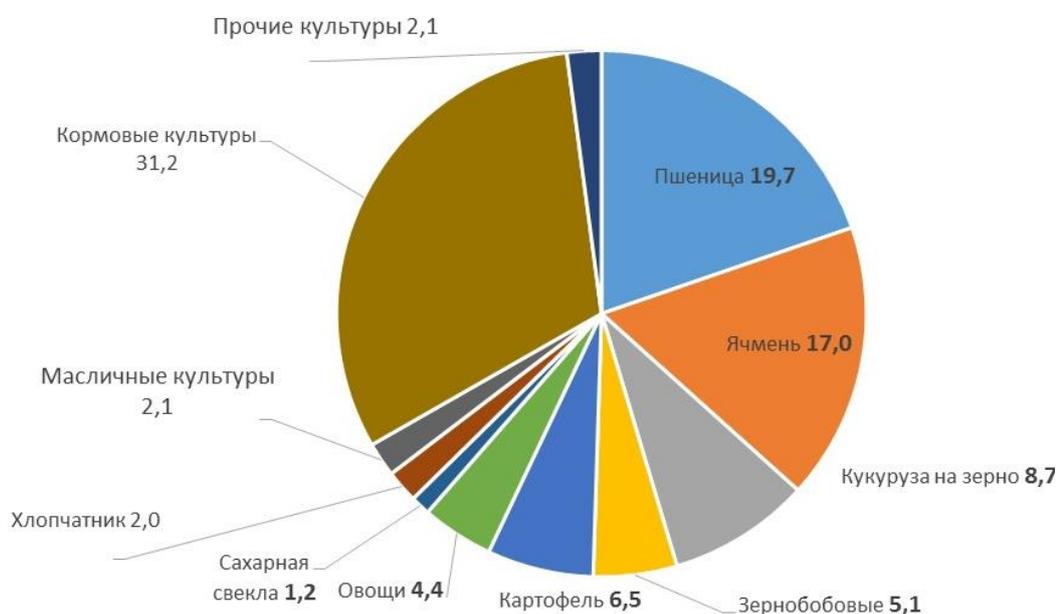


Рисунок 1.5 – Распределение объемов производства сельскохозяйственных культур (в процентном соотношении) [50]

По мнению Раюшкиной А.А. [79] около 30 - 40% потерь плодоовощной продукции вызвано укладкой в одну тару плодов разной спелости, а так же больных или с механическими повреждениями.

Немаловажную роль в процессе бережной транспортировки плодоовощной продукции играют погрузочно-разгрузочные работы. Если рассматривать вариант с перемещением груза навалом, то ключевым фактором будет перепад высот (высота между подающим устройством и дном ТС / верхним слоем уже уложенных плодов) при загрузке плодов в

транспортное средство или выгрузке плодов из него.

Рассмотрим результаты исследования Саврасовой Н.Р. [83] по определению максимально допустимого перепада высот при погрузочно-разгрузочных работах. В их основу легла задача Генриха Герца о контакте двух упругих тел с искривлёнными поверхностями [103].

При решении задачи Герца нас будут интересовать 2 частных случая:

- падение плодов на плоскую поверхность;
- падение плодов на ранее уложенные.

Для первого случая закономерно будет следующее равенство [90]:

$$\sigma_{\max} = 0,62 \cdot \left( 40\rho \cdot (\vartheta_{\text{нач}}^2 + 2g \cdot h) \cdot \left( \frac{2E_1 \cdot E_2}{\pi \cdot (E_1 + E_2)} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}} \quad (1.1)$$

где:  $\sigma_{\max}$  – максимальное контактное напряжение, Па;

$\rho$  – плотность плода, кг/м<sup>3</sup>;

$\vartheta_{\text{нач}}$  – начальная скорость падения плода, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – перепад высот, м;

$E_1$  – модуль упругости поверхности, на которую падает плод, МПа;

$E_2$  – модуль упругости плода, МПа.

Для второго случая формула примет вид [90]:

$$\sigma_{\max} = 0,62 \cdot \left( 320\rho \cdot (\vartheta_{\text{нач}}^2 + 2g \cdot h) \cdot \left( \frac{2E_1 \cdot E_2}{\pi \cdot (E_1 + E_2)} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}} \quad (1.2)$$

В данном случае  $E_1 = E_2$  – модуль упругости плода, МПа.

Подставив значения параметров выполнения погрузочно-разгрузочных работ ( $\vartheta_{\text{нач}}^2$ ) и характеристики плодов ( $\rho$ ,  $\sigma_{\max}$  и  $E_2$  [88, 97]) можно выразить предельное значение  $h$  для исследуемого сорта яблок.

Описанные выше факторы являются основополагающими причинами повреждений плодов при осуществлении уборочно-транспортных работ в период сбора урожая. При этом степень их влияние на общий показатель (общие потери плодов) может варьироваться. Рассмотрим наиболее распространение примеры.

Как уже отмечалось ранее, в процессе движения транспортного средства плодоовощная продукция, перевозимая на нем, будет испытывать на себе воздействия вибрационных нагрузок. И здесь, по мнению Пустовалова В.С. будут выделяться [88] два ключевых момента:

- величины амплитуды и частоты колебаний груза;
- продолжительность воздействия вибрационных нагрузок на плодоовощную продукцию.

Проведенные ранее исследования гласят [13], что с ростом скорости движения транспортного средства увеличиваются и амплитудно-частотные характеристики колебаний перевозимых плодов [8, 30, 45, 71]. Следовательно, данный параметр будет иметь свои верхние границы и не позволит решить один из выше описанных моментов (касательно продолжительности маршрута перевозки, а следовательно и продолжительности воздействий вибрации на груз).

Кроме этого на амплитудно-частотные характеристики вибрационных воздействий на груз сильно зависят от качества дорожного покрытия [32, 39]. Так при движении транспортного средства по маршруту от места плодовых насаждений до дорог общего пользования (с асфальтобетонным дорожным покрытием) колебания кузова будут завышены – а, следовательно, и груз будет испытывать большие нагрузки.

В случаях, когда доставка осуществляется по дорогам общего пользования, так же нередки моменты повышения колебаний кузова. Из-за дорожного полотна, которое может находиться в неудовлетворительном состоянии – трещины и выбоины будут приводить к раскачиванию транспортного средства.

Во вторых – дорога общего пользования это место, по которому может перемещаться большое количество ТС. Разгон или резкое торможение участников дорожного движения вызывает резкий рост ускорений, а при превышении допустимых величин и повреждению перевозимых плодов.

Снижению влияния приведенных причин могут послужить некоторые характеристики самого транспортного средства [100]. И речь в первую очередь пойдет о конструкции подвески транспортного средства. Если мы будем говорить о тракторных прицепах и полуприцепах (а данный вид транспорта достаточно часто используется при транспортировках в АПК [73, 98, 101]) – то это будет рессорная подвеска, эксплуатационные характеристики которой оставляют желать лучшего. Другое дело, когда доставка будет осуществляться на грузовых автомобилях типа фургон и здесь за плавность хода будут отвечать не только амортизирующие устройства, но и стабилизирующие. Поэтому рациональный выбор типа транспортного средства может обеспечить высокое качество выполнения транспортных работ [38].

Аналогичным образом можно рассмотреть еще ряд факторов способных повлиять на качество транспортных работ [38], как в положительную сторону, так и в отрицательную. Например, техническое состояние самого транспортного средства (подвески, тормозной системы, тягово-сцепных устройств и т.д.).

Рассмотрев факторы и влияющие на них условия, следующим этапом исследований является анализ мер по снижению повреждений плодоовощной продукции на всех этапах производства [85]. Для этого проведем анализ результатов научной деятельности других ученых [80].

В своем диссертационном исследовании Раюшкина А.А. [79] привела блок-схему, содержащую перечень этапов производственного процесса и возможные пути снижения повреждения плодоовощной продукции (рис. 1.6).

Некоторые позиции требуют значительных финансовых вливаний (закупка машин для механизированного сбора урожая, строительство складов для временного хранения урожая [6], организация пунктов послеуборочной доработки плодов непосредственно на плантациях и т.д.),

другие более тщательного подхода к организации производства (организация транспортных цепочек по доставке собранного урожая конечному потребителю с минимальным количеством звеньев, например поле-магазин), третьи – достаточно просты в реализации (предварительная сортировка урожая перед ее затариваем [64], использование специализированной малообъемной транспортной тары и т.д.).

Повреждения плодовоовощной продукции	Пути снижения повреждений плодовоовощной продукции
Повреждения в процессе уборки	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Подбор уборочной и сортировальной техники</li> <li>✓ Квалификация работников</li> </ul>
Повреждения при складировании и хранении на поле до вывоза	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Своевременная отгрузка</li> <li>✓ Предварительная подготовка груза к перевозке и дальнейшему хранению</li> <li>✓ Строительство пунктов приема продукции, возможности ее товарной доработки прямо на плантациях (сортировка, очистка от примесей и др.)</li> </ul>
Повреждения при выполнении погрузочно-разгрузочных работ	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Укрупнение грузовых модулей – пакеты, контейнеры, бестарные перевозки</li> <li>✓ Выбор погрузочно-разгрузочных средств</li> <li>✓ Хранение на месте его выращивания с последующей отгрузкой по мере надобности в места потребления</li> <li>✓ Доставка плодов и овощей с мест их заготовки в торговую сеть города по схеме «поле-магазин»</li> <li>✓ Строительство овощехранилищ или специальных устройств на местах сбора урожая</li> <li>✓ Строительство пунктов приема продукции, возможности ее товарной доработки прямо на плантациях (сортировка, очистка от примесей и др.)</li> <li>✓ Строительство дорог с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием</li> </ul>
Повреждения при транспортировании	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Выбор рациональных маршрутов движения</li> <li>✓ Увеличение средней скорости транспортировки;</li> <li>✓ Выбор режимов движения</li> <li>✓ Подбор автотранспортного средства</li> <li>✓ Применение специальной тары и упаковки (контейнеризация)</li> <li>✓ Определение способа укладки транспортной тары, штабелирования и ярности расположения плодов</li> </ul>

Рисунок 1.6 - Основные пути снижения потерь плодовоовощной продукции

«Потери плодов при транспортировке зависят от ряда критериев: начальные условия выращивания и сбора урожая, вида тары и упаковки продукции, способа выполнения погрузочно-разгрузочных работ, вида транспорта и режима движения и т. д.» [98].

При этом критерии взаимосвязаны между собой: при использовании тары небольшой вместимости отпадает необходимость использования погрузочно-разгрузочных устройств; использование контейнеров и ящиков в отличие от сетчатых мешков либо перевозки груза навалом [104] позволяет существенно повысить скорость движения ТС; в ящичных поддонах плоды испытывают более высокие статические, динамические и циклические нагрузки (особенно плоды, расположенные на дне тары), чем в ящиках или небольших контейнерах, а, следовательно, в большей степени подвержены повреждениям и т.д.

Одним из возможных вариантов по решению проблемы сохранения качества и снижение потерь плодовоовощной продукции при ее доставке от поля до потребителя [3, 87] является разработка транспортной тары [29, 43, 66].

#### **1.4. Анализ тары для транспортировки яблок**

Для каждого вида пищевых продуктов в соответствии с действующей нормативной документацией и с учетом места ее производства и потребления применяется соответствующие виды тары.

В сельском хозяйстве для транспортировки плодовоовощной продукции применяется тара трех основных категорий:

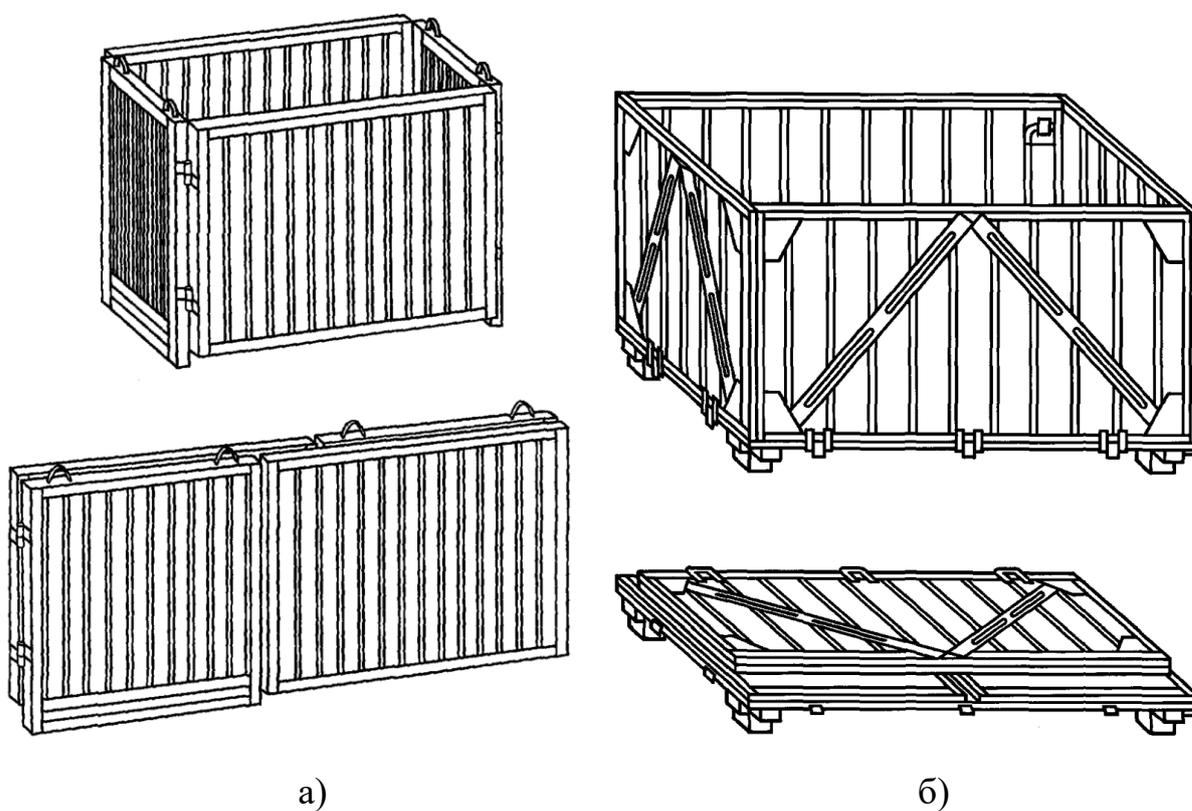
1. Поддоны ящичные специализированные (в соответствии с ГОСТ 21133-87 [17]).
2. Ящики деревянные проволочкоармированные для овощей и фруктов (в соответствии с ГОСТ 20463-75 [16]).
3. Ящики деревянные многооборотные для овощей и фруктов (в соответствии с ГОСТ 17812-2022 [15]).

#### 4. Прочая тара, не регламентируемая ГОСТом.

Тара должна обеспечивать надежную защиту перевозимых плодов от неблагоприятных воздействий внешней среды, сохранять надлежащий их внешний вид и препятствовать появлению механических повреждений.

Тара должна иметь унифицированные размеры и отвечать оптимальным показателям оборачиваемости в конкретных условиях ее эксплуатации.

Ящичный поддон (рис. 1.7) – тара с металлическим каркасом, деревянными решетчатыми стенками и дном (возможно исполнение, как с крышкой, так и без нее).



а – поддон ящичный, складной; б – поддон ящичный, разборный.

Рисунок 1.7 – Общий вид ящичного поддона

Ящичные поддоны - вместительная тара для плодоовощной продукции (табл. 1.9) (масса самого поддона варьируется в диапазоне от 75 до 153 кг) и для ее применения в обязательном порядке потребуются технические приспособления, например погрузочно-разгрузочные устройства.

Таблица 1.9 – Технические характеристики ящичных поддонов по ГОСТ 21133-87 [17]

Номер поддона	Габаритные размеры, мм			Внутренние размеры, мм			Объем внутр., м <sup>3</sup>	Макс. масса груза в ящике, кг
	дл.	шир.	выс.	дл.	шир.	выс.		
1	1240	835	750	1192	787	575	0,54	375
2	1240	835	910	1180	775	740	0,68	525
3	1240	835	880	1145	755	750	0,65	520
4	1240	835	900	1194	798	725	0,68	530
5	1240	860	930	1190	800	740	0,71	485
6	1270	900	1300	1212	828	1115	1,12	797
7	1240	835	1110	1150	740	935	0,80	585
8	1240	835	720	1150	740	580	0,50	375

Применение ящичных поддонов целесообразно в средних крупных сельскохозяйственных предприятиях, оснащенных широким спектром специализированной техники [81].

Еще одна разновидность тары для транспортировки плодоовощной продукции являются ящики деревянные проволокоармированные (рис. 1.8). Их вместимость составляет от 25 до 35 кг (табл. 1.10), и следовательно, погрузочно-разгрузочные работы будут осуществляться вручную одним рабочим.

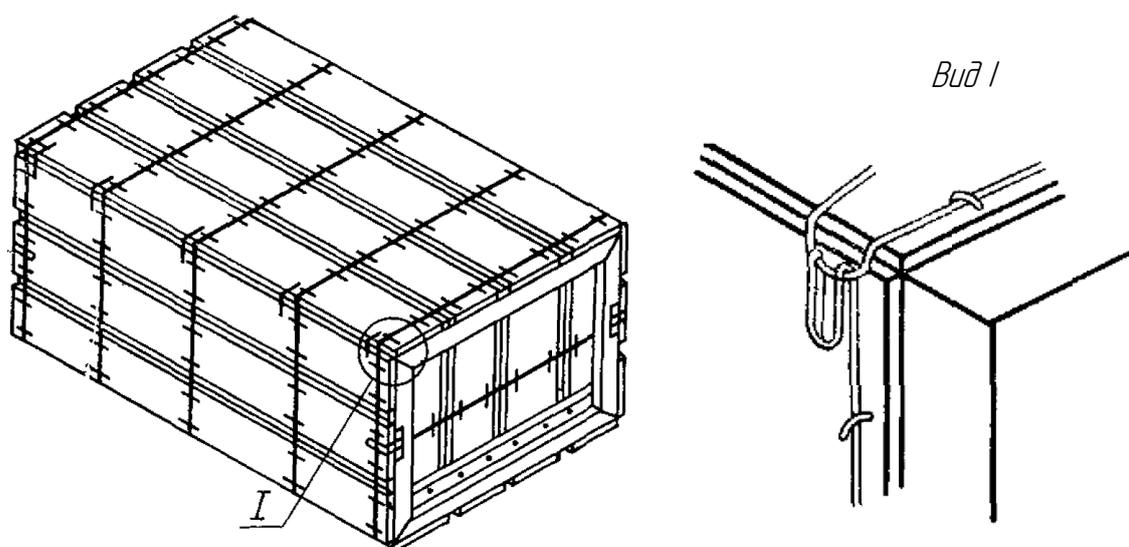
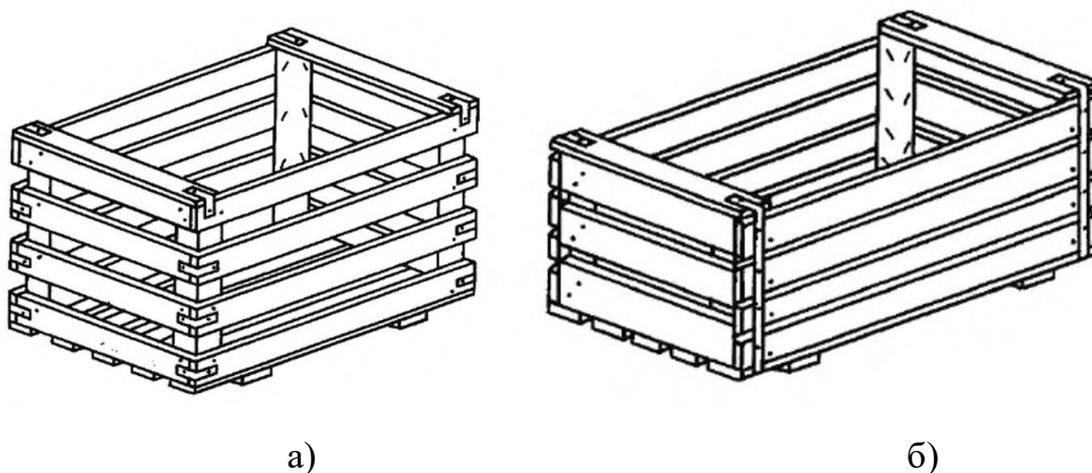


Рисунок 1.8 – Общий вид ящика деревянного проволокоармированного

Таблица 1.10 – Технические характеристики ящика деревянного проволочкоармированного по ГОСТ 20463-75 [16]

Номер ящика	Предельн. масса груза, кг	Внутренние размеры, мм			Вместим, м <sup>3</sup>
		Длина	Ширина	Высота	
2	25	340	380	266	0,034
3	35	540	380	266	0,055

Ящики деревянные многооборотные – конструкция, выполненная из деревянных планок толщиной 9-13 мм, скрепленных между собой при помощи металлических скоб (рис. 1.9).



а – ящик с вентилируемыми боковыми стенками; б – ящики без дополнительной вентиляции.

Рисунок 1.9 – Общий вид деревянного ящика

Реализация ящиков представлено четырьмя вариантами, параметры которых приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Внутренние размеры ящиков по ГОСТ 17812-2022 [15]

Номер ящика	Внутренние размеры, мм			Вместимость, м <sup>3</sup>	Макс. масса груза в ящике, кг
	Длина	Ширина	Высота		
21	570	380	380	0,0796	30
22	475	285	245	0,0325	18
23	475	285	190	0,0257	15
24	475	285	126	0,0168	10

Данный вид тары является широко распространенным ввиду своей низкой себестоимости производства и простоты изготовления.

Для снижения повреждения плодов в процессе транспортировки между плодами и деревянными поверхностями ящика могут быть использованы прокладочные материалы, например, гофрокартон (рис.1.10).



Рисунок 1.10 – Пример использования деревянного ящика

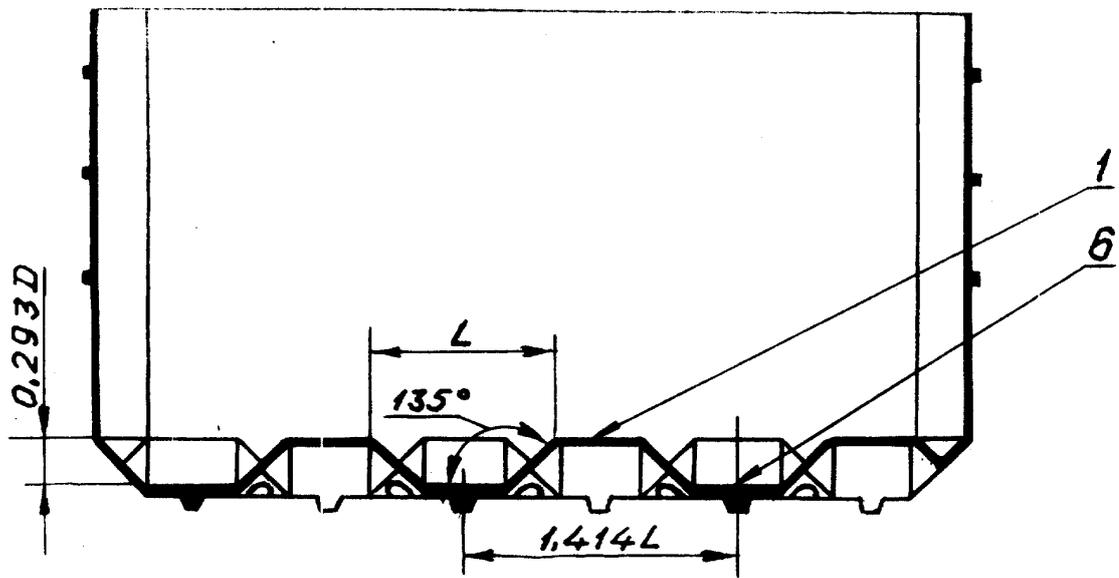
Кроме специализированной транспортной тары для яблок могут быть использованы универсальные пластиковые ящики различных форм и размеров (рис. 1.11).



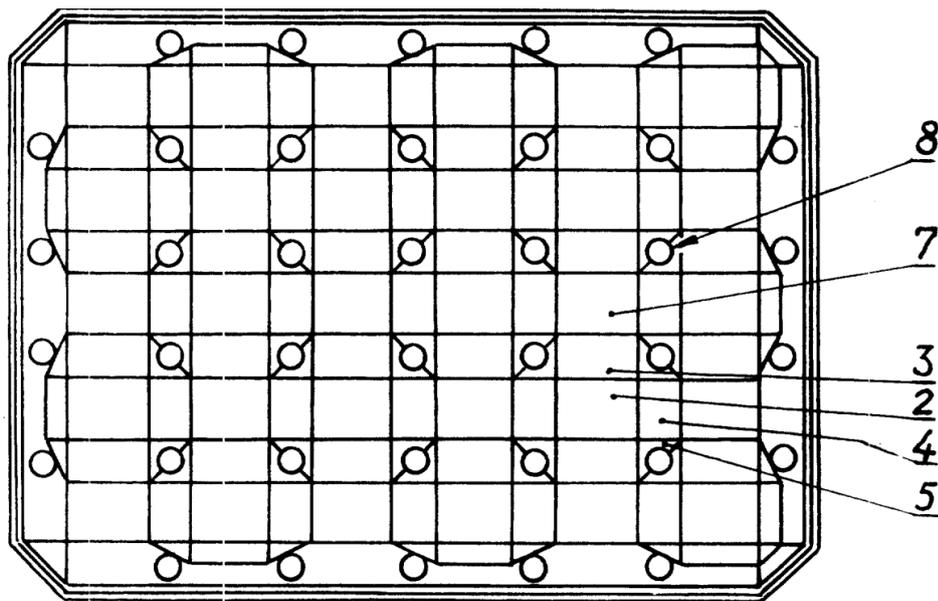
Рисунок 1.11 – Универсальные пластмассовые ящики

При всем разнообразии тары для транспортировки яблок их объединяет один существенный недостаток – возможность их травмирования (в первую очередь для плодов расположенных у самого дна тары). Данный недостаток в разной степени был локализован в различных научных изысканиях отечественных ученых [44, 61]. Рассмотрим далее наиболее перспективные из них.

Бирючевским Н.Д. разработан ящик для фруктов (патент на изобретение №2102298 [62]) общий вид которого приведен на рис. 1.12.



а)



б)

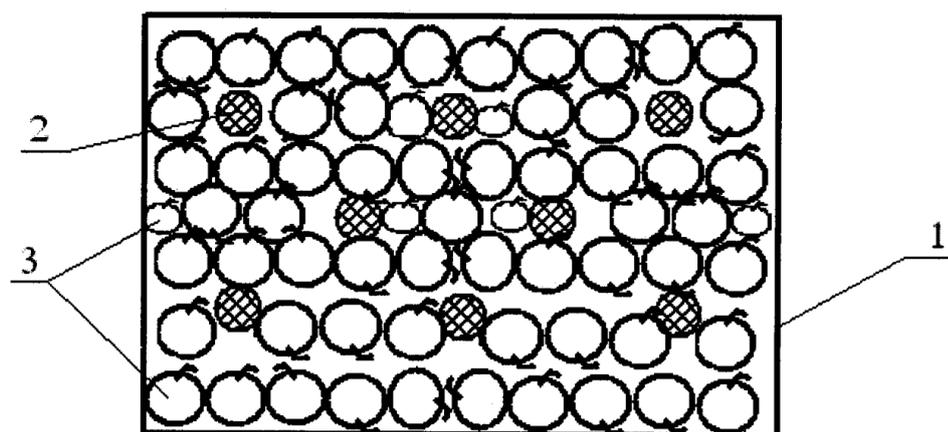
а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 - пустотелые девятигранные выступы;  
 2 -прямоугольные верхние грани выступов 1; 3 - наклонные прямоугольные  
 грани выступов 1; 4 – наклонные квадратные грани выступов 1;  
 5 – наклонные треугольные грани выступов 1; 6 - пятигранные ячейки;  
 7 -прямоугольные основания ячеек 6; отверстия 8.

Рисунок 1.12 – Схема ящика для фруктов  
 (патент на изобретение №2102298 [62])

«Конструкция разработанного ящика позволяет автоматически формировать слой плодов с квадратной симметрией, где каждый плод будет опираться на четыре нижележащих плода (так же возможны варианты, когда плод опирается на три нижележащих плода и стенку или на два плода и две стенки)» [62]. Это позволяет ускорить процесс ручной укладки плодов, а также повышает их сохранность во время транспортировки.

При этом транспортировки яблок в данном контейнере не решает главной проблемы – механических повреждений плодов (особенно в нижнем слое контейнера) вызванных вибрацией при их перевозке транспортом [105].

Известно устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции [13, 63], разработанное Юхиным И.А., Симдянкиным А.А. и др. (рис. 1.13)



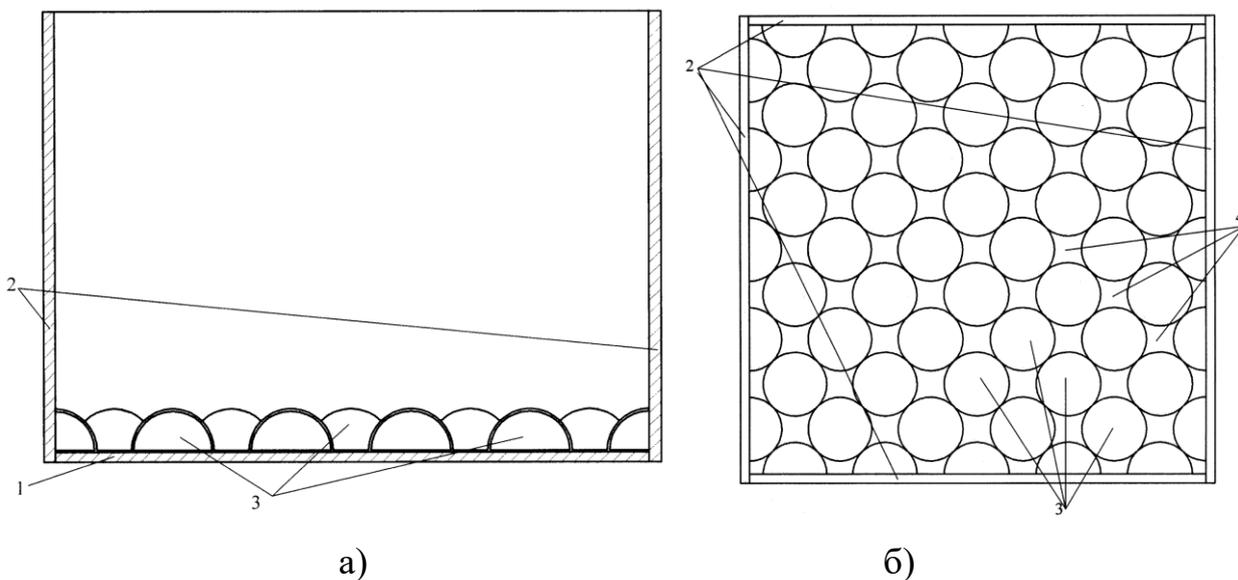
1 - контейнер; 2 - вертикальные гибкие стойки; 3 - плодоовощная продукция (плоды).

Рисунок 1.13 – Схема устройства для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции [13] (патент на изобретение №2636569 [63])

Предлагаемая конструкция транспортной тары призвана снизить повреждения перевозимых в ней плодов за счет уменьшения их горизонтальных колебаний.

Так же учеными ФГБОУ ВО РГАТУ разработана конструкция

контейнера для транспортировки плодоовощной продукции [68] схема которой приведена на рисунке 1.14.



а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – дно; 2 – стенки контейнера; 3 – упругие выступы; 4 – ячейки, образованные четырьмя рядом расположенными выступами 3.

Рисунок 1.14 – Схема контейнера для транспортировки плодоовощной продукции (патент на полезную модель № 166384 [68])

Данная конструкция контейнера с дном, покрытым демпфирующим материалом (упругими выступами), разработано с целью снижения повреждения плодов (в первую очередь расположенных на самом дне контейнера) вызванных динамическими и циклическими нагрузками.

Для решения проблемы – повреждения плодов при транспортировке, расположенных в самом верхнем слое контейнера была разработана конструкция устройства для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции (рис. 1.15) [69].

Покрытая демпфирующим материалом подпружиненная крышка устройства при транспортировке прижимала верхний слой плодов в контейнере, препятствуя их перемещению, а так же при движении и наезде транспортного средства на неровности (выбоины, ямы, выпуклости на дорожном полотне и т.д.) на маршруте следования к пункту назначения.



зарекомендовавших себя технических решений.

### **1.5. Выводы по главе 1**

1. Установлено, наибольшее количество механических повреждений плоды получают при выполнении транспортных работ, особенно при перевозке урожая навалом.

2. Наиболее эффективным, в плане обеспечения снижения повреждений яблок при их промышленном производстве, является тарный способ транспортировки свежесобранного урожая.

3. Проведенный анализ конструкций серийно выпускаемой транспортной тары показал ее неэффективность (по показателю снижения повреждений яблок) при их транспортировке.

### **1.6. Задачи исследований**

Исходя из поставленной цели диссертационного исследования и опираясь на результаты анализа проведенного в первой главе были сформулированы задачи:

- 1) Обосновать рациональность использования предлагаемой транспортной тары для внутрихозяйственной транспортировки яблок;
- 2) Обосновать параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- 3) Уточнить экспериментальным путем параметры предложенного контейнера для транспортировки яблок;
- 4) Оценить экономический эффект применения предложенного контейнера для транспортировки яблок в АПК.

## ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК

### 2.1. Причины повреждения яблок, перевозимых контейнерным способом

В процессе транспортировки контейнерным способом яблоки могут быть подвержены трем видам нагрузок:

1. Статическим;
2. Динамическим;
3. Вибрации.

Для снижения повреждений плодов необходимо установить безопасные границы параметров транспортного процесса.

#### 2.1.1. Допустимые величины статических нагрузок, действующих на яблоки в контейнере

В диссертационном исследовании Четвертаков А.В. установил эмпирическую зависимость между прикладываемой нагрузкой (в Н) и площадью контакта (в см<sup>2</sup>) как [95]:

$$P = k_n \cdot S_n + P_0 \quad (2.1)$$

где:  $S_n$  - площадь нажима, см<sup>2</sup>;

$k_n$  - эмпирический коэффициент ( $k_n = 35 \dots 48$ ), Н/см<sup>2</sup>;

$P_0$  - нагрузка, при которой на плодах не остается следов нажима ( $P_0 = 1$  Н).

Четвертаков А.В. установил, «что допустимая нагрузка  $P_{доп}$  при сжатии яблок друг с другом для исследуемых сортов с достаточной точностью принята равной 50 Н, а при сжатии с плоской жесткой поверхностью - 55 Н» [95].

Определим максимальную высоту столба яблок, уложенных в транспортную тару:

$$P = g \cdot \sum m_i \leq P_{\text{доп}} \quad (2.2)$$

где:  $m_i$  – масса  $i$  – го яблока, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$P_{\text{доп}}$  – допустимая нагрузка,  $\text{Н}$  ( $\frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2}$ ).

Общую массу столба яблок можно представить как:

$$\sum m_i = m_{\text{ср}} \cdot i \quad (2.3)$$

где:  $m_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение массы яблока выбранного сорта, кг;

$i$  – количество плодов в столбе, ед.

Подставим выражение (2.3) в (2.2) и выразим из него  $i$ :

$$i \leq \frac{P_{\text{доп}}}{g \cdot m_{\text{ср}}} \quad (2.4)$$

где:  $m_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение массы яблока выбранного сорта, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$P_{\text{доп}}$  – допустимая нагрузка,  $\text{Н}$ .

На основании результатов лабораторных исследований установлена эмпирическая закономерность между средней массой плода (в кг) и его диаметром (в мм) [95]:

$$m_{\text{ср}} = A \cdot d_{\text{ср}}^n \cdot 10^{-3} \quad (2.5)$$

где:  $A$  – эмпирический коэффициент,  $\frac{1}{\text{мм}^n}$  (табл. 2.1);

$n$  – эмпирический коэффициент (табл. 2.1);

$d_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение диаметра плода некоторого сорта яблок, мм.

Подставим выражение (2.5) в (2.4), при этом величина  $i$  должна быть целым числом:

$$i \leq \frac{P_{\text{доп}}}{g \cdot (A \cdot d_{\text{ср}}^n \cdot 10^{-3})} \quad (2.6)$$

где:  $A \cdot d_{\text{ср}}^n \cdot 10^{-3}$  – эмпирическая зависимость, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{м}{с^2}$ ;

$P_{доп}$  – допустимая нагрузка,  $H$ .

Для примера величина параметра  $i$  для сорта «Антоновка обыкновенная» равняется 42 – 52 ед., для «Кандиль Синап»  $i$  находится в пределах 48-82 ед., для «Ренет Симиренко»  $i$  примерно равен 48 ед. [5, 10].

Таблица 2.1 – Значения эмпирических коэффициентов  $A$  и  $n$  некоторых сортов яблок [95]

Сорт	$A$	$n$
Антоновка обыкновенная	0,00037	3,0
Пепин шафранный	0,00157	2,66
Джонатан	0,00182	2,66
Кальвиль снежный	0,000582	2,92
Бойкен	0,000328	3,04
Ренет шампанский	0,00026	3,07
Кандиль Синап	0,000075	3,35
Ренет Симиренко	0,00026	3,13

Стоит учитывать, что у большинства сортов яблок величина диаметра и высоты плода различная (а в некоторых случаях существенно).

Взаимосвязь диаметра и высоты яблока конкретного сорта выражается через коэффициент формы плода:

$$k_{\phi} = \frac{d_{ср}}{h_{ср}} \quad (2.7)$$

где:  $d_{ср}$  – средневзвешенное значение диаметра плода, м;

$h_{ср}$  – средневзвешенное значение высоты плода, м.

В работе Вылгина А.В. [10] установлены коэффициенты формы плодов следующих сортов:

Антоновка обыкновенная - 1,24;

Пепин шафранный - 1,09;

Ренет Черненко - 1,26;

Победитель - 1,21;

Северный синап - 0,9.

Тогда максимально допустимая высота столба яблок не должна превышать 2,4 м и более. Данные значения получены путем перемножения допустимых значений  $i$  на средние размеры плодов ( $d_{\text{ср}}$  или  $h_{\text{ср}}$  с учетом  $k_{\phi}$ ).

На практике имеем, что данный показатель недостижим при использовании транспортной тары изготовленной в соответствии с ГОСТами [15, 16, 17].

### **2.1.2. Допустимые величины динамических нагрузок, действующих на яблоки в контейнере**

В исследованиях Четвертакова А.В. было установлено, «что зависимость площади ушибов от величины кинетической энергии соударения может быть представлена эмпирической формулой вида:

$$T = (k \cdot S_y^2 + T_0) \cdot 10^{-3} \quad (2.8) [95]$$

где:  $S_y$  - площадь ушиба на плоде,  $\text{см}^2$ ;

$k$  - коэффициент пропорциональности ( $k = 4,6 \dots 4,8$ ),  $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^4}$ ;

$T_0 = 3,0 \dots 5,4$ , Дж ( $\text{Н} \cdot \text{м} = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}{\text{с}^2}$ ).

Допустимая кинетическая энергия соударения яблок  $T_{\text{доп}}$  друг с другом составляет в среднем для сорта «Кандиль Орловский» 0,09 Дж, для сорта «Пепин шафранный» 0,102 Дж, а при соударении их со стальной пластиной соответственно 0,074 Дж и 0,086 Дж соответственно» [95].

Воспользовавшись допустимым значением кинетической энергии соударения яблок  $T$ , была определена безопасная высота падения плода [95]:

$$h \leq \frac{T_{\text{доп}}}{m_i \cdot g} \quad (2.9)$$

где:  $T_{\text{доп}}$  – допустимое значение кинетической энергии при соударении

яблоко, Дж;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{м}{с^2}$ ;

$m_i$  – масса яблока некоторого сорта, кг.

Для примера построен график зависимости допустимой высоты падения яблок  $h$  от массы  $m$  сорта «Кандиль Орловский» (рис. 2.1).

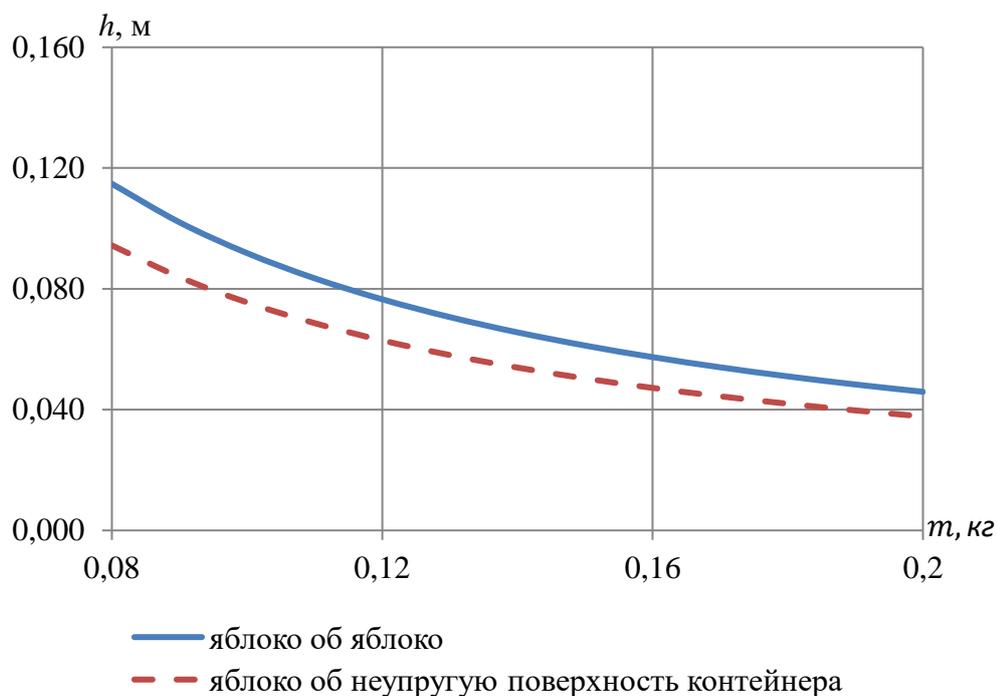


Рисунок 2.1 – Зависимость допустимой высоты падения яблок  $h$  от их массы  $m$  при соударении для яблок сорта «Кандиль Орловский»

Полученные величины допустимых высот падения указаны для единичных плодов. При транспортировке урожая в контейнере яблоки уложены, следовательно, на самый нижний плод будет оказывать давление масса всего столба. Продемонстрируем соответствующие расчеты на графике (рис. 2.2).

Из данных графика (рис. 2.2) следует, что минимальная высота подскока соответствует нижнему слою плодов в контейнере и варьируется в диапазоне от 7 до 14 мм. Для верхнего (в данном случае 7 слоя) данный показатель равен от 59 до 117 мм.

С одной стороны допустимая величина подскока яблок верхнего слоя в

разы больше чем нижнего, но и для наступления данного события требуются менее серьезные причины (внешняя сила, приложенная к одному яблоку и к столбу яблок, будет существенно различаться).

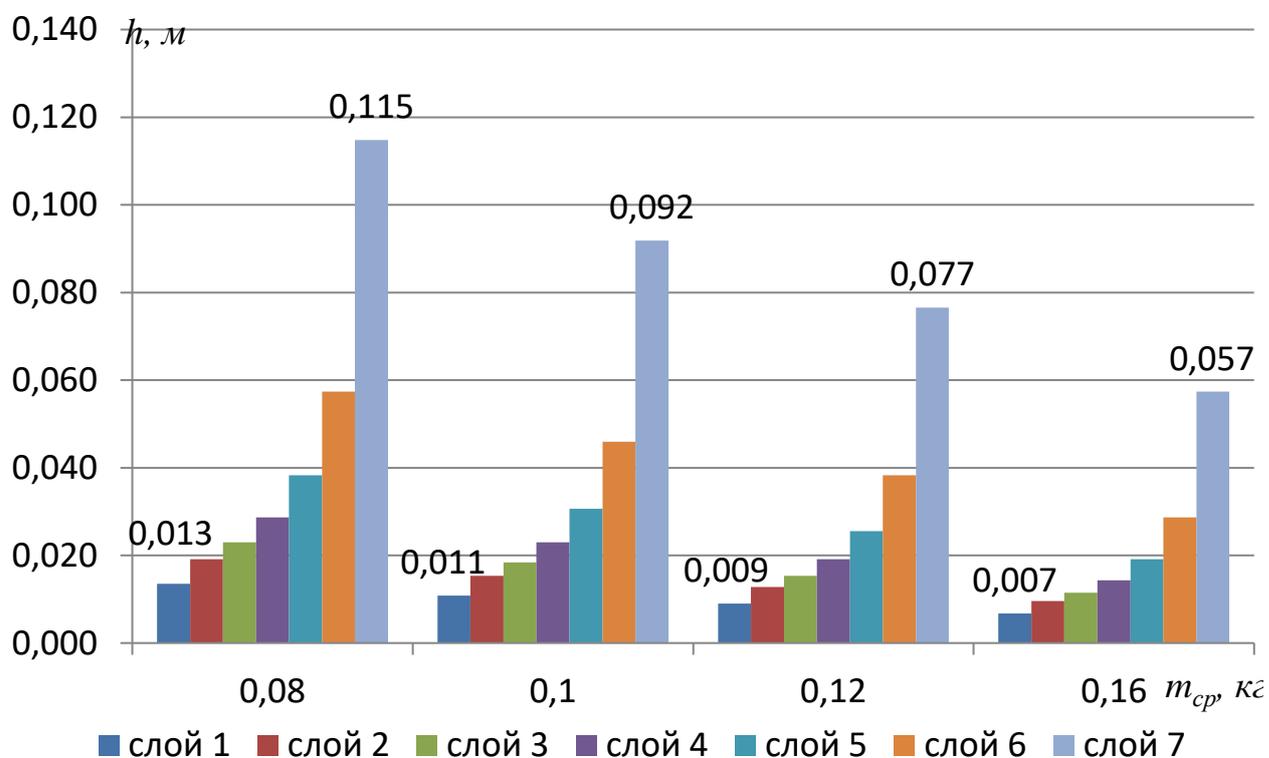


Рисунок 2.2 – Зависимость допустимой высоты подскока столба яблок  $h_{cm}$  от средней массы  $m_{cp}$  яблок сорта «Кандиль Орловский» (в различных слоях)

В дальнейших расчетах необходимо учитывать величины допустимых высот подскока как для самого нижнего, так и для самого высокого слоя плодов в контейнере.

### 2.1.3. Допустимые параметры вибрации, действующей на яблоки в контейнере

«Под допустимыми параметрами колебаний груза в контейнере подразумевается такое сочетание амплитуды и частоты, при котором плоды не получают механические повреждения в допустимых пределах» [76] и не теряют товарные качества (яблоки согласно принятой нормативной документации [20] переходят от класса высший сорт к первому, от первого

ко второму).

Для определения нагрузки, действующей на каждый плод нижнего слоя в контейнере (нагрузка в данном случае будет максимальной), выделим из всей массы вертикальный столб из расположенных друг над другом яблок [26].

Формулу для определения динамической реакции  $N_B$  в нижнем слое яблок, уложенных в контейнер, запишем как [26, 76, 95]:

$$N_B = g \cdot \sum m_i + \sum m_i \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1) \quad (2.10) [76]$$

где: « $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{M}{c^2}$ ;

$\sum m_i$  – масса столба плодов, кг;

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\alpha_1$  - угол сдвига фаз между внешней силой и вынужденными колебаниями, рад;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $c^{-1}$ .

$\sum m_i \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1)$  - сила инерции столба плодов,  $H$ ;» [76]

$g \cdot \sum m_i$  - вес столба плодов,  $H$ . Пример схемы для расчета показан на рис. 2.3.

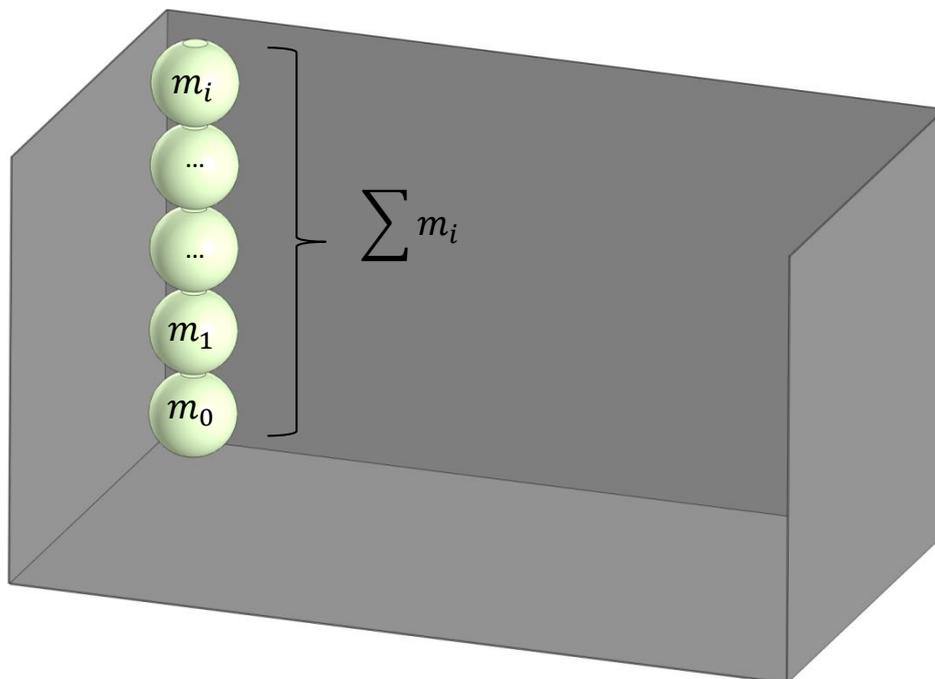


Рисунок 2.3 – Схема расчета веса столба яблок в транспортной таре

«Возникающие в процессе уплотнения нагрузки могут привести к образованию на плоде повреждения, снижающего его товарный сорт. Величина повреждения будет находиться в допустимых пределах при соблюдении условия» [76]:

$$N_{\text{в}} \leq N_{\text{доп}} \quad (2.11) [76]$$

где:  $N_{\text{в}}$  - динамическая реакция в нижнем слое плодов в контейнере,  $H$ ;  
 $N_{\text{доп}}$  - допустимое значение динамической реакции, на нижний слой плодов в контейнере  $H$ .

«Запишем формулу (2.10) через амплитудное значение ускорения и подставим ее в (2.11):

$$g \cdot \sum m_i + \sum m_i \cdot A_b \cdot \omega^2 \leq N_{\text{доп}} \quad (2.12) [76]$$

где:  $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{m}{c^2}$ ;

$\sum m_i$  - масса столба плодов, кг;

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$N_{\text{доп}}$  - допустимое значение динамической реакции, в нижнем слое плодов в контейнере  $H$ ;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $c^{-1}$ » [76].

Рассчитаем динамическую реакцию  $N_{\text{в}}$  при различных значениях частоты вертикальных колебаний  $f$  (где  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ) и амплитуды  $A_b$  для яблок сорта «Кандиль Орловский» (табл. 2.2) [76].

Таблица 2.2 – Результаты расчета динамической реакции  $N_{\text{в}}$ ,  $H$

$f, \text{Гц}$	$A_b$ = 0,0005 м	$A_b$ = 0,001 м	$A_b$ = 0,0015 м	$A_b$ = 0,002 м	$A_b$ = 0,0025 м	$A_b$ = 0,003 м
10	13,7	16,0	18,3	20,6	22,9	25,2
20	20,6	29,7	38,9	48,1	57,3	66,4
30	32,0	52,7	73,3	94,0	114,6	135,2
40	48,1	84,8	121,5	158,2	194,9	231,6
50	68,7	126,1	183,4	240,7	298,1	355,4

«При этом, исходя из размеров контейнера и средних размеров плодов, сила тяжести столба яблок определяется по формуле [76]:

$$g \cdot \sum m_i = g \cdot \left(\frac{H_k}{d_{cp}}\right) \cdot m_{cp} \quad (2.13) [76]$$

где:  $d_{cp}$  – средневзвешенное значение диаметра яблока, м.  $d_{cp} = 0,065$  м;

$g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>;

$m_{cp}$  – средневзвешенное значение массы яблока некоторого сорта, кг.  
 $m_{cp} = 0,126$  кг;

$H_k$  - внутренняя высота контейнера, м» [76].

При этом выражение  $\left(\frac{H_k}{d_{cp}}\right)$  принимается как целое число, путем отбрасывания десятых и сотых долей при вычислениях.

Согласно произведенным расчетам для яблок сорта «Кандиль Орловский»  $g \cdot \sum m_i = 11,4$  Н.

Используя данные таблицы 2.2 построим соответствующие графики зависимости  $N_B$  от  $f$  для различных значений  $A_B$  (рис. 2.4).

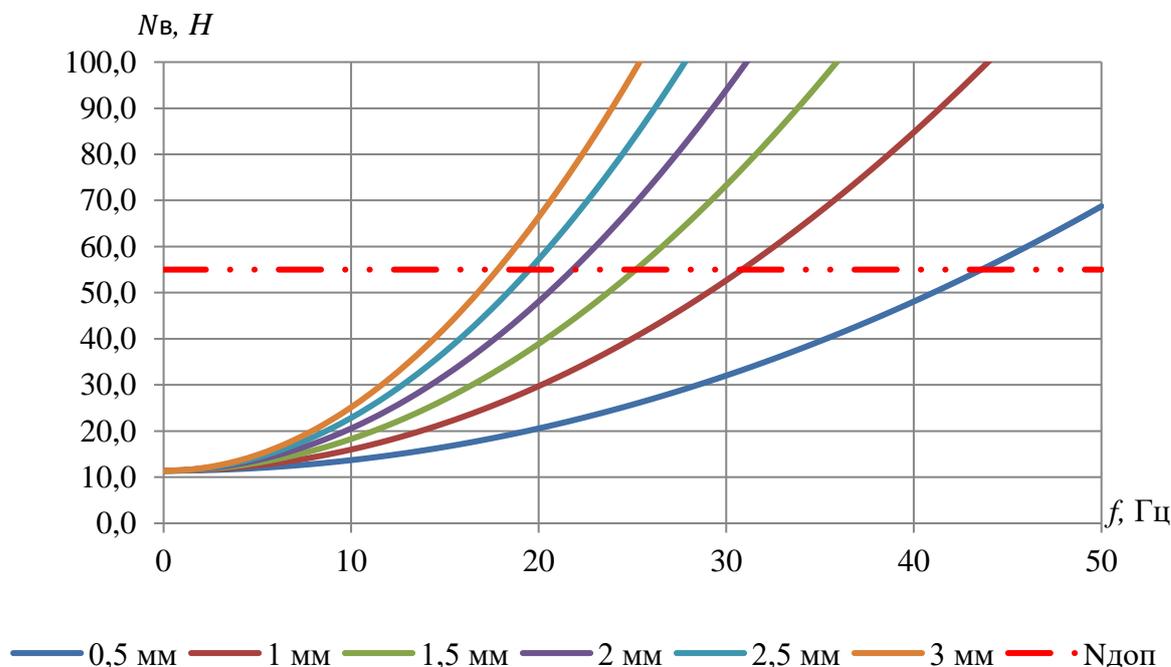


Рисунок 2.4 – График зависимости динамической реакции  $N_B$  от частоты вертикальных колебаний  $f$  для яблок сорта «Кандиль Орловский»

Анализируя график на рис. 2.4 видим, что предел допустимого значения  $N_{\text{доп}}$  наступает:

- для  $A_{\text{в}} = 0,5$  мм – при  $f = 43$  Гц;
- для  $A_{\text{в}} = 1$  мм – при  $f = 30$  Гц;
- для  $A_{\text{в}} = 1,5$  мм – при  $f = 25$  Гц;
- для  $A_{\text{в}} = 2$  мм – при  $f = 21$  Гц;
- для  $A_{\text{в}} = 2,5$  мм – при  $f = 19$  Гц;
- для  $A_{\text{в}} = 3$  мм – при  $f = 17$  Гц.

Сочетание указанных выше амплитуд и частот определяет режимы колебаний, при которых плоды не теряют свои классификационные признаки принадлежности к определенным сортам товарной продукции (яблоки, потребляемые в свежем виде) [20].

Стоит отметить, что ускорение плодов при допустимых параметрах колебаний для каждого сорта яблок примерно одинаково. Так, для сорта «Кандиль Орловский» справедливо равенство:

$$A_{\text{в}} \cdot (2\pi \cdot f)^2 \leq 3,6g \quad (2.14)$$

где:  $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$A_{\text{в}}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ ;

$f$  - частота вертикальных колебаний нижнего слоя плодов в контейнере,  $\text{с}^{-1}$ .

Используя формулу (2.14) найдем допустимое значение частоты вертикальных колебаний нижнего слоя плодов в контейнере для яблок сорта «Кандиль Орловский»:

$$f_{\text{доп}} \leq \frac{\sqrt{\frac{3,6 \cdot g}{A_{\text{в}}}}}{2 \cdot \pi} \quad (2.15)$$

где:  $A_{\text{в}}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ ;

$g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>.

Выведем все постоянные величины в коэффициент  $\kappa_{\text{доп}}$  и подставим в него значения  $g$  и  $\pi$ :

$$\kappa_{\text{доп}} = \frac{\sqrt{3,6 \cdot g}}{2 \cdot \pi} \approx 0,95 \quad (2.16)$$

где:  $\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ ;

$g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>.

Тогда выражение (2.15) с учетом (2.16) примет вид:

$$f_{\text{доп}} \leq \kappa_{\text{доп}} \sqrt{\frac{1}{A_{\text{в}}}} \approx 0,95 \sqrt{\frac{1}{A_b}} \quad (2.17)$$

где:  $\kappa_{\text{доп}}$  – коэффициент,  $\frac{\sqrt{M}}{c}$ ;

$A_{\text{в}}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м.

Рассмотрим динамические нагрузки, которые испытывают плоды, расположенные в верхнем слое контейнера (нагрузки носят ударный характер) и произведем их оценку по формуле [95]:

$$T = (1 - k_1^2) \cdot \frac{2m_{\text{ср}} \cdot M}{m_{\text{ср}} + M} \cdot A_b^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2(\omega t - \alpha_1) \quad (2.18)$$

где:  $m_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение массы яблока  $i$  – го сорта, кг;

$k_1$  - коэффициент восстановления, характеризующий упругие свойства плодов при соударении друг с другом [76];

$M$  - масса плодов и контейнера, кг [76];

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\alpha_1$  - угол сдвига фаз между внешней силой и вынужденными колебаниями, рад;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы, с<sup>-1</sup>.

Размер повреждения плодов будет находиться в допустимых пределах, если величина кинетической энергии их соударений не превышает допустимое значение  $T_{\text{доп}}$ , Дж  $\left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}\right)$ .

$$(1 - k_1^2) \cdot \frac{2m_{\text{ср}} \cdot M}{m_{\text{ср}} + M} \cdot A_b^2 \cdot \omega^2 \leq T_{\text{доп}} \quad (2.19)$$

где: « $m_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение массы яблока  $i$  – го сорта, кг;  
 $k_1$  - коэффициент восстановления, характеризующий упругие свойства плодов при соударении друг с другом;

$M$  - масса плодов и контейнера, кг;

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$T_{\text{доп}}$  – допустимая кинетическая энергия соударения плодов, Дж;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $\text{с}^{-1}$ » [76].

В своей работе А.В. Четвертаков [95] определил, что коэффициент  $k_1$  находится в диапазоне от 0,32 до 0,34 для подавляющего большинства сортов яблок, выращиваемых на территории РФ.

Тогда, задаваясь значениями  $A_b$  и  $\omega$  по формуле (2.19) определим кинетическую энергию соударения (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты расчета кинетической энергии  $T$ , Дж · 10<sup>-3</sup> (для верхнего слоя плодов в контейнере)

$f, \text{Гц}$	$A_b$ = 0,0005 м	$A_b$ = 0,001 м	$A_b$ = 0,0015 м	$A_b$ = 0,002 м	$A_b$ = 0,0025 м	$A_b$ = 0,003 м
10	0,2	0,9	1,7	3,6	5,6	8,0
20	0,9	3,6	6,9	14,3	22,3	32,1
30	2,0	8,0	15,5	32,1	50,2	72,2
40	3,6	14,3	27,5	57,1	89,2	128,4
50	5,6	22,3	43,0	89,2	139,3	200,7

Используя данные таблицы 2.3 построим соответствующие графики зависимости  $T$  от  $f$  для различных значений  $A_b$  (рис. 2.5).

На исследуемом диапазоне частот  $f$  от 0 до 50 Гц предел допустимого значения  $T_{\text{доп}}$  наступает:

- для  $A_b = 2,5$  мм – при  $f = 40$  Гц;

- для  $A_b = 3$  мм – при  $f = 33$  Гц.

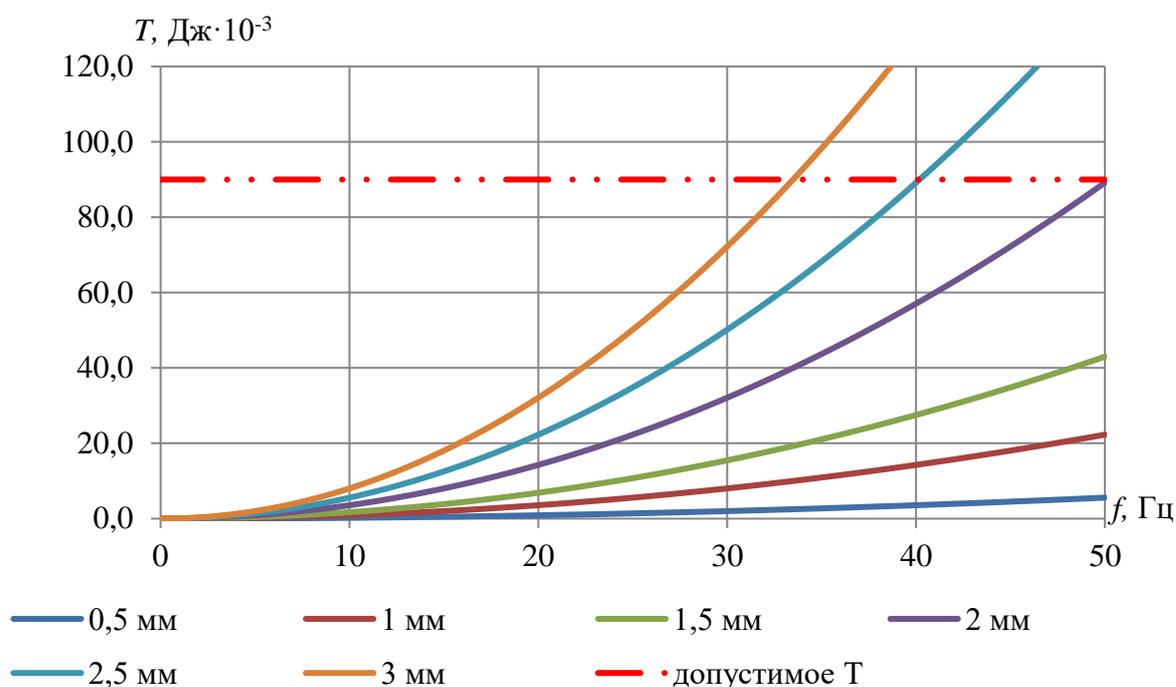


Рисунок 2.5 – График зависимости кинетической энергии  $T$  от частоты вертикальных колебаний верхнего слоя плодов в контейнере  $f$  яблок сорта «Кандиль Орловский»

«Ускорение плодов при допустимых параметрах колебаний для яблок сорта «Кандиль Орловский» расположенных в верхнем слое контейнера можно представить следующим образом:

$$A_b \cdot (2\pi \cdot f)^2 \leq 14,6 g \quad (2.20) [76]$$

где:  $A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>;

$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ ;

$f$  - частота вертикальных колебаний верхнего слоя плодов в контейнере, с<sup>-1</sup>» [76].

Выведем все постоянные величины в коэффициент  $K_{\text{доп}} \left(\frac{\sqrt{M}}{c}\right)$  и подставим в него значения  $g$  и  $\pi$ :

$$K_{\text{доп}} = \frac{\sqrt{14,6 \cdot g}}{2 \cdot \pi} \approx 1,9 \quad (2.21)$$

где:  $g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>;

$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ .

Допустимое значение частоты вертикальных колебаний плодов, расположенных в верхнем слое контейнера для сорта «Кандиль Орловский» найдем как:

$$f_{\text{доп}} \leq K_{\text{доп}} \sqrt{\frac{1}{A_b}} \approx 1,9 \sqrt{\frac{1}{A_b}} \quad (2.22)$$

где:  $A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$K_{\text{доп}}$  - коэффициент,  $\frac{\sqrt{\text{м}}}{\text{с}}$ .

Исходя из полученных выше результатов расчета видно, что при одинаковых значениях  $A_b$  допустимая частота колебаний выше для плодов, расположенных в верхнем слое контейнера, чем в нижнем.

«Для определения допустимых параметров горизонтальных колебаний плодов произведем следующие расчеты (для нижнего слоя плодов в контейнере):

$$N_{\Gamma} = \sqrt{(g \cdot \sum m_i)^2 + (\sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1))^2} \quad (2.23) [76]$$

где:  $\sum m_j$  - масса слоя плодов, который совершает горизонтальные колебания, кг (рис. 2.6);

$\sum m_i$  - масса столба плодов, кг;

$\alpha_1$  - угол сдвига фаз между внешней силой и вынужденными колебаниями, рад;

$A_{\square}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $\text{с}^{-1}$ ;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

$\sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1)$  - сила инерции слоя плодов, который совершает горизонтальные колебания,  $H$ .

$g \cdot \sum m_i$  - вес столба плодов, расположенного над нижним слоем яблок в контейнере,  $H$ » [76].

$$\sum m_j = m_{\text{ср}} \cdot \left( \frac{H_2}{d_{\text{ср}}} \right) \quad (2.24) [76]$$

где:  $H_2$  - внутренняя ширина контейнера, в направлении которой совершаются горизонтальные колебания, м [76].

$d_{cp}$  – средневзвешенное значение диаметра яблока, м;

$m_{cp}$  – средневзвешенное значение массы яблока некоторого сорта, кг.

При этом выражение  $\left(\frac{H_k}{d_{cp}}\right)$  принимается как целое число, путем отбрасывания десятых и сотых долей при вычислениях.

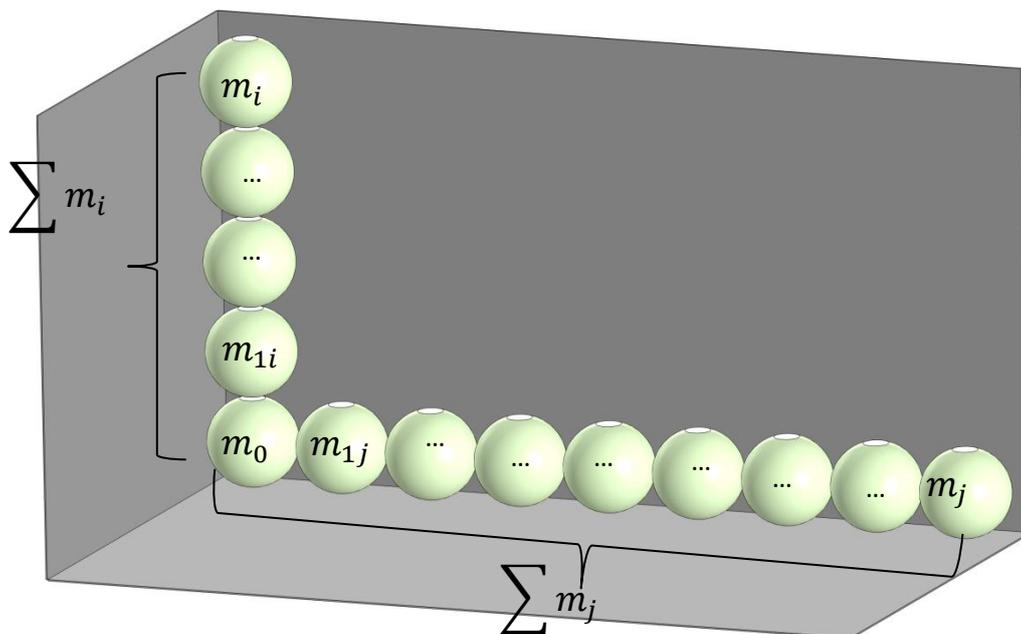


Рисунок 2.6 – Схема расчета веса столба яблок и силы инерции плодов, лежащих рядом в контейнере

«Величина повреждения плодов будет находиться в допустимых пределах при соблюдении условия:

$$N_{\Gamma} \leq N_{\text{доп}} \quad (2.25) [76]$$

где:  $N_{\Gamma}$  - динамическая реакция в слое плодов,  $H$ ;

$N_{\text{доп}}$  – допустимое значение динамической реакции в слое плодов в контейнере  $H$ » [76].

При амплитудном значении ускорения условие (2.23) имеет вид:

$$\sqrt{(g \cdot \sum m_i)^2 + (\sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1))^2} \leq N_{\text{доп}} \quad (2.26)$$

где:  $\sum m_j$  - масса слоя плодов, который совершает горизонтальные

колебания, кг (рис.2.6);

$\sum m_i$  – масса столба плодов, кг;

$\alpha_1$  - угол сдвига фаз между внешней силой и вынужденными колебаниями, рад;

$A_{\text{в}}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $\text{с}^{-1}$ ;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$N_{\text{доп}}$  – допустимое значение динамической реакции в слое плодов в контейнере  $H$ .

Для некоторых значений  $A_{\text{в}}$  (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм) и  $\omega$  (от 0 до 50 Гц) по формуле (2.23) были определены величины динамических реакций  $N_{\text{г}}$  (табл. 2.4) [26].

Таблица 2.4 – Результаты расчета динамической реакции  $N_{\text{г}}$ ,  $H$  (для нижнего слоя плодов в контейнере) [26]

$f, \text{Гц}$	$A_{\text{в}} = 0,0005 \text{ м}$	$A_{\text{в}} = 0,001 \text{ м}$	$A_{\text{в}} = 0,0015 \text{ м}$	$A_{\text{в}} = 0,002 \text{ м}$	$A_{\text{в}} = 0,0025 \text{ м}$	$A_{\text{в}} = 0,003 \text{ м}$
10	11,7	12,7	14,1	15,9	17,9	20,1
20	15,9	24,8	35,0	45,6	56,3	67,1
30	27,3	50,9	75,3	99,9	124,6	149,3
40	45,6	88,9	132,8	176,8	220,8	264,9
50	69,9	138,3	207,1	275,9	344,8	413,7

Используя данные таблицы 2.4 построим соответствующие графики зависимости  $N_{\text{г}}$  от  $f$  для различных значений  $A_{\text{в}}$  (рис. 2.7).

Анализируя график на рис. 2.7 видим, что предел допустимого значения  $N_{\text{доп}}$  наступает:

- для  $A_{\text{в}} = 0,5 \text{ мм}$  – при  $f = 44 \text{ Гц}$ ;

- для  $A_{\text{в}} = 1 \text{ мм}$  – при  $f = 31 \text{ Гц}$ ;

- для  $A_{\sigma} = 1,5$  мм – при  $f = 25$  Гц;
- для  $A_{\sigma} = 2$  мм – при  $f = 22$  Гц;
- для  $A_{\sigma} = 2,5$  мм – при  $f = 19$  Гц;
- для  $A_{\sigma} = 3$  мм – при  $f = 18$  Гц.

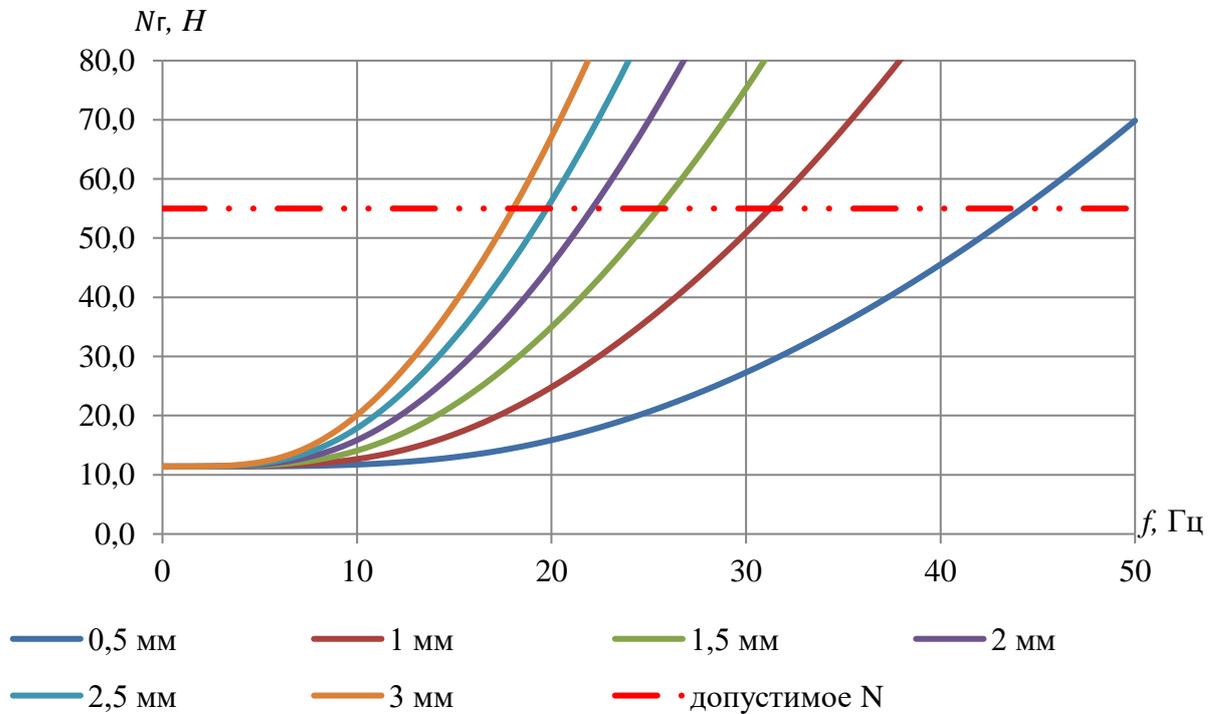


Рисунок 2.7 – График зависимости динамической реакции  $N_r$  от частоты вертикальных колебаний нижнего слоя плодов в контейнере  $f$  яблок сорта «Кандиль Орловский»

Для яблок сорта «Кандиль Орловский», характерна следующая зависимость:

$$A_b \cdot (2\pi \cdot f)^2 \leq 3,8g \quad (2.27) [76]$$

где:  $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{m}{c^2}$ ;

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ ;

$f$  - частота вертикальных колебаний нижнего слоя плодов в контейнере,  $c^{-1}$ .

Преобразовав выражение (2.25) получим следующую зависимость для яблок сорта «Кандиль Орловский»:

$$f_{\text{доп}} \leq \frac{\sqrt{3,8 \cdot g}}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{A_b}} \approx 0,97 \sqrt{\frac{1}{A_b}} \quad (2.28)$$

где:  $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$A_b$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

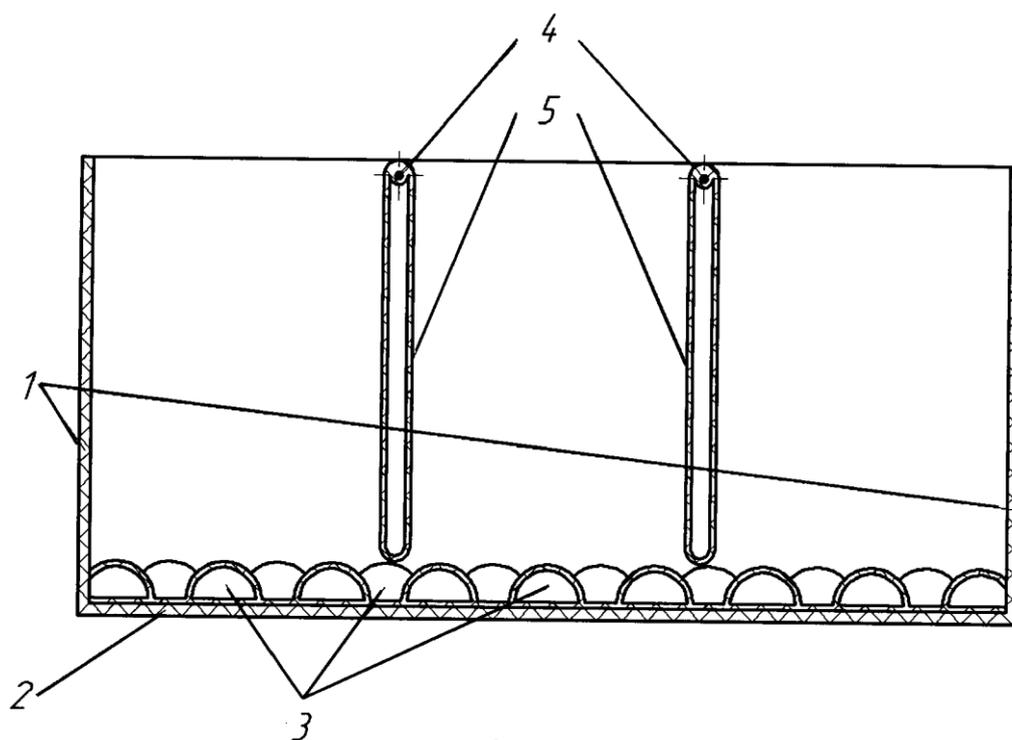
$\pi$  - математическая константа.  $\pi = 3,14$ .

Из результатов расчета значений допустимых частот колебаний плодов в контейнере (вертикальных для самого нижнего и самого верхнего и горизонтальных для самого нижнего), следует, что наибольший интерес представляют амплитудно-частотные характеристики нижнего слоя.

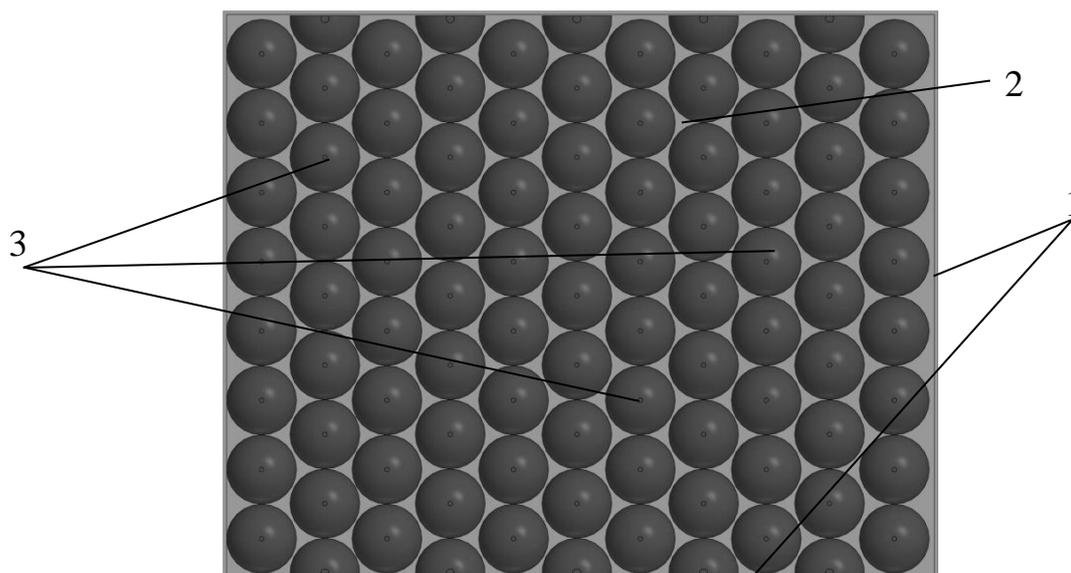
## **2.2. Обоснование параметров контейнера для транспортировки яблок**

На основании выполненного анализа данных из открытых источников информации [51, 52, 54] был установлен перечень причин приводящих к повреждению свежих яблок в процессе их транспортировки. Изучив существующие разновидности транспортной тары и перспективные технические решения [60], находящиеся на стадии НИОКР, предложено техническое решение, способное их минимизировать (рис. 2.8) [57, 58, 70].

Контейнер для транспортировки яблок содержит стенки и дно, на котором имеются расположенные в шахматном порядке выступы, образующие с плоскостью дна ячейки, причем выступы имеют форму полусферы и выполнены полыми из демпфирующего материала [31] и заполнены газом, а внутри контейнера на осях, которые закреплены на торцевых стенках, установлены поперечные перегородки, причем поперечные перегородки по форме соответствуют поперечному сечению контейнера и выполнены из эластичного материала. Перегородки внутри полые и заполнены газом [13].



а)



б)

а – вид сбоку; б – вид дна сверху.

1 – стенки контейнера; 2- дно контейнера; 3 – полые выступы заполненные газом; 4 – оси; 5 – поперечные перегородки.

Рисунок 2.8 – Схема предложенного экспериментального контейнера [70]

Предложенная конструкция контейнера для транспортировки яблок способствует снижению повреждений плодов в процессе их

внутрихозяйственной транспортировки двумя путями:

- во-первых – за счет компенсации вертикальных колебаний плодов в контейнере;

- во-вторых – за счет компенсации горизонтальных колебаний плодов в контейнере.

Располагаясь на дне контейнера каждый плод нижнего слоя, опирается на три полых выступа заполненных газом согласно схеме на рис. 2.9.

Сделаем допущение, что каждый полый выступ контейнера является упругим элементом, характеризуемым модулем Юнга  $E$ .

При воздействии внешней нагрузки (в нашем случае сжимающей силы  $F_{сж}$ ) полый выступ контейнера подвергается упругой деформации (рис. 2.10).

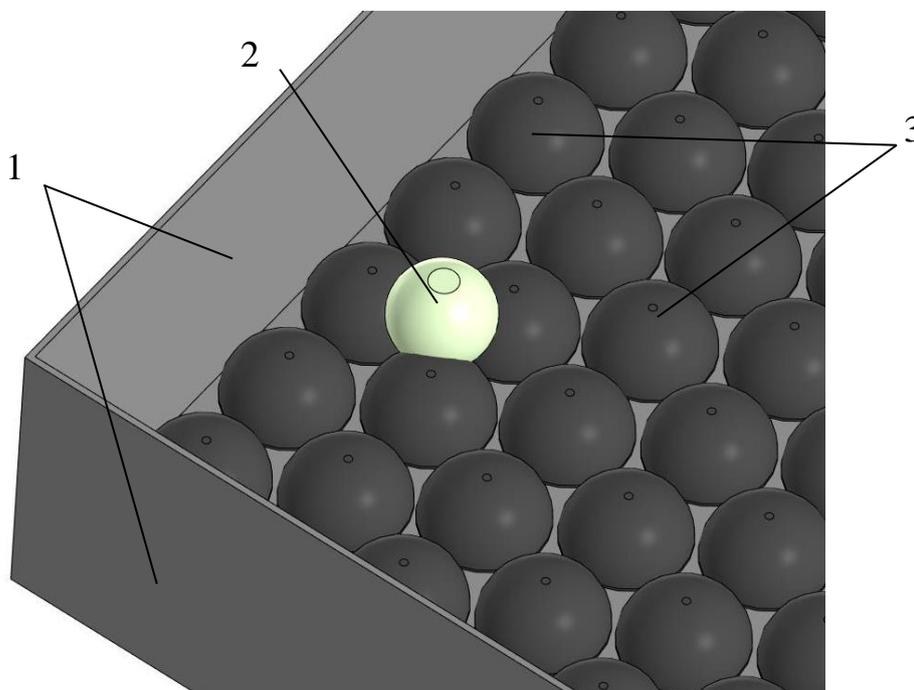
Запишем  $F_{сж}$  как:

$$F_{сж} = z \cdot \Delta t \quad (2.29)$$

где:  $\Delta t$  – величина деформации, м;

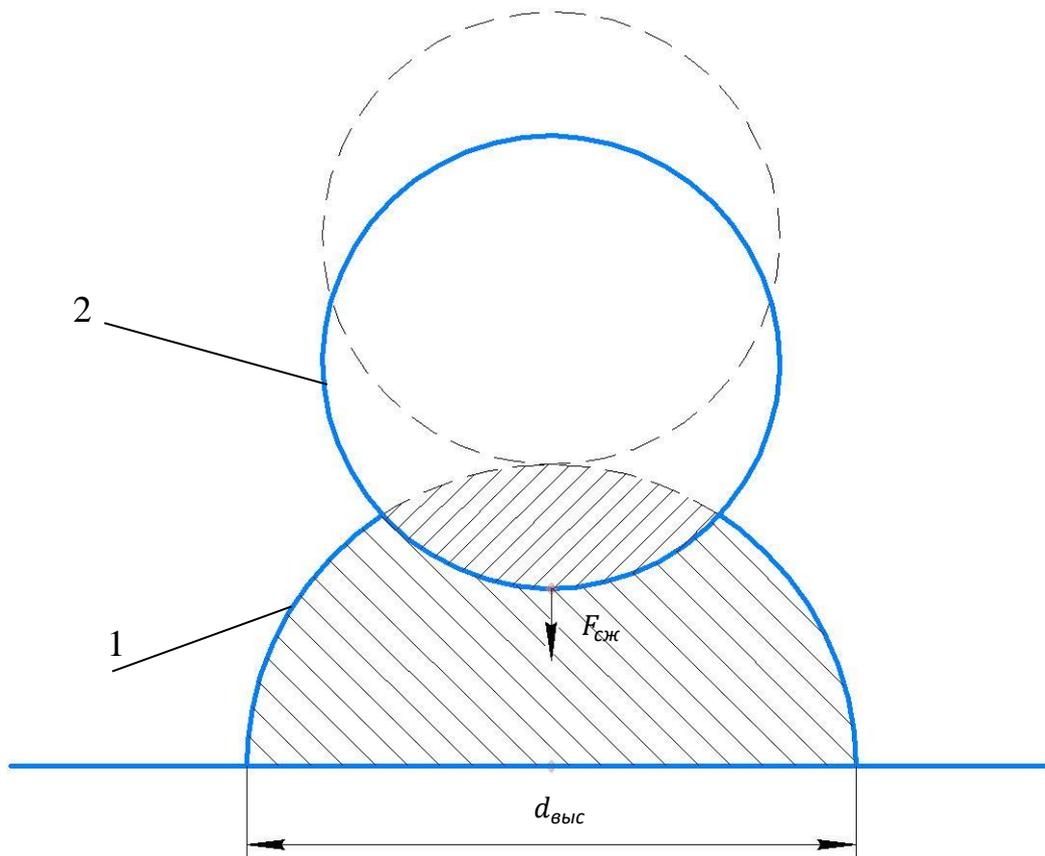
$F_{сж}$  – сила сжатия, Н;

$z$  – показатель жесткости выступа,  $\frac{Н}{м}$ .



1 – стенки контейнера; 2- плод; 3 – полые выступы заполненные газом.

Рисунок 2.9 – Схема расположения яблок на дне контейнера [1]



-----первоначальный контур тела и положения плода; 1 – полый выступ контейнера; 2 – плод.

Рисунок 2.10 – Схема расположения яблок на дне контейнера

Величина  $\Delta t$  возрастает с увеличением  $F_{сж}$  до определенного момента:

$$\frac{F_{сж}}{z} = \Delta t \leq [\Delta t] \quad (2.30)$$

где:  $[\Delta t]$  – предельное значение величины деформации полого выступа контейнера, м. Показатель  $[\Delta t]$  определяется экспериментальным путем и зависит от  $d_{выс}$  и  $F_{сж}$  ( $[\Delta t] = f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж}), м$ );

$\Delta t$  - величина деформации полого выступа контейнера, м;

$z$  – показатель жесткости выступа,  $\frac{Н}{м}$ . Показатель  $z$  определяется экспериментальным путем и зависит от  $d_{выс}$  ( $z = f_z(d_{выс}), \frac{Н}{м}$ );

$F_{сж}$  – сила сжатия, Н.

Выразим  $F_{сж}$  из выражения (2.29):

$$F_{сж} \leq f_z(d_{выс}) \cdot f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж}) \quad (2.31)$$

где:  $f_z(d_{выс})$  - функция, характеризующая корреляцию между величиной показателя жесткости полого выступа контейнера и его диаметром,  $\frac{H}{M}$ ;

$f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж})$  - функция, характеризующая корреляцию между величиной деформации полого выступа контейнера от его диаметра и воздействующего на него усилия, м.

Так как столб плодов оказывает воздействие на 3 полых выступа контейнера, но при этом на каждый выступ в равной степени давят 6 столбов, то усилие, действующее на каждое из них, будет находиться по формуле:

$$F_{сж} = 2 \cdot g \cdot \sum m_i \quad (2.32)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{M}{с^2}$ ;

$\sum m_i$  – масса столба плодов в контейнере, кг.

Тогда  $F_{сж}$  найдем как:

$$F_{сж} = 2 \cdot g \cdot \sum m_i \leq f_z(d_{выс}) \cdot f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж}) \quad (2.33)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{M}{с^2}$ ;

$\sum m_i$  – масса столба плодов в контейнере, кг;

$f_z(d_{выс})$  - функция, характеризующая корреляцию между величиной показателя жесткости полого выступа контейнера и его диаметром,  $\frac{H}{M}$ ;

$f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж})$  - функция, характеризующая корреляцию между величиной деформации полого выступа контейнера от его диаметра и воздействующего на него усилия, м.

Из (2.31) выразим  $\sum m_i$  как:

$$\sum m_i \leq \frac{f_z(d_{выс}) \cdot f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж})}{2 \cdot g} \quad (2.34)$$

Преобразуем формулу (2.12) с учетом (2.32) и получим следующее выражение:

$$\frac{f_z(d_{выс}) \cdot f_{\Delta t}(d_{выс}; F_{сж})}{2 \cdot g} \cdot (g + A_b \cdot \omega^2) \leq N_{доп} \quad (2.35)$$

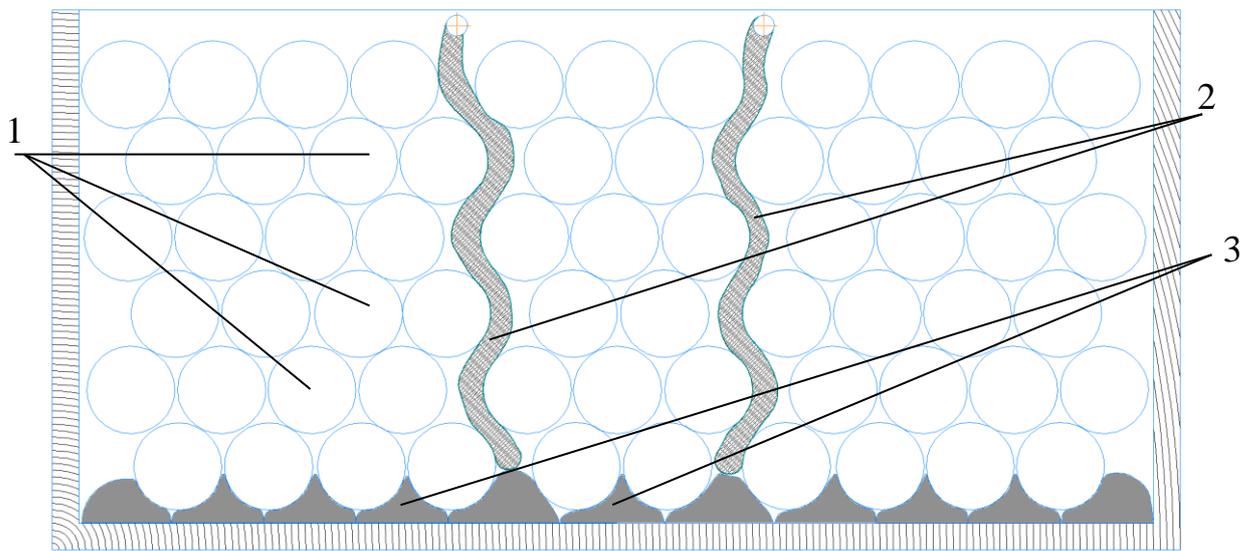
Выразим амплитудно-частотные характеристики из выражения (2.35):

$$A_b \cdot \omega^2 \leq \frac{N_{\text{доп}} \cdot 2 \cdot g}{f_z(d_{\text{выс}}) \cdot f_{\Delta t}(d_{\text{выс}}; F_{\text{сж}})} - g \quad (2.36)$$

Согласно формуле (2.14) допустимая величина  $A_b \cdot \omega^2$  для плодов в нижнем слое контейнера не должна превышать  $4,4g$ . Подставив данные в формулу (2.36) получим  $A_b \cdot \omega^2 = A_{b_i} \cdot (2\pi \cdot f_i)^2 \leq 6,39g$ .

Произведем расчет величины динамической реакции в слое плодов (нижнем)  $N_r$  для контейнера оснащенного поперечными перегородками.

Предложенный контейнер с плодами будет иметь следующий вид (рис. 2.11).



1 – плоды; 2 – поперечные перегородки; 3 – выступы из упругого материала.

Рисунок 2.11 – Схема предложенного контейнера, заполненного плодами (разрез, вид сбоку)

С учетом поперечных перегородок формула (2.23) примет вид:

$$N_r = \sqrt{(g \cdot \sum m_i)^2 + (\sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1) - n \cdot F_{\text{упр.пер}})^2} \quad (2.37)$$

где:  $\sum m_j$  - масса слоя плодов, который совершает горизонтальные колебания, кг;

$\sum m_i$  - масса столба плодов, кг;

$\alpha_1$  - угол сдвига фаз между внешней силой и вынужденными колебаниями, рад;

$A_{\square}$  - амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\omega$  - угловая частота возмущающей силы,  $c^{-1}$ ;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{m}{c^2}$ .

$\sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1)$  - сила инерции слоя плодов, который совершает горизонтальные колебания,  $H$ .

$g \cdot \sum m_i$  - вес столба плодов, расположенного над нижним слоем яблок в контейнере,  $H$ ;

$n$  – количество поперечных перегородок,  $ед$ ;

$F_{упр.пер}$  – сила упругости поперечных перегородок,  $H$ .

Согласно закону Гука:

$$F_{упр.пер} = k \cdot \Delta t \quad (2.38) [13]$$

где:  $k$  – показатель жесткости поперечной перегородки,  $\frac{H}{m}$ ;

$\Delta t$  – величина деформации поперечной перегородки,  $m$ .

Величину деформации найдем как:

$$\Delta t = \frac{V_{пер.нач}}{d_{пер} \cdot h_{пер}} - \frac{V_{пер.кон}}{d_{пер} \cdot h_{пер}} \quad (2.39) [13]$$

где:  $V_{пер.нач}$  – первоначальный объем поперечной перегородки,  $m^3$ ;

$d_{пер}$  – длина перегородки,  $m$ ;

$h_{пер}$  – ширина перегородки,  $m$ ;

$V_{пер.кон}$  – объем поперечной перегородки после деформации,  $m^3$ .

$$V_{пер.кон} = V_{пер.нач} - n_{кл} \cdot V_{сек.кл} \quad (2.40) [13]$$

где:  $n_{кл}$  – количество плодов воздействующих на поперечную перегородку,  $ед$ ;

$V_{пер.нач}$  – первоначальный объем поперечной перегородки,  $m^3$ ;

$V_{сек.кл}$  – объем вдавливаемый в поперечную перегородку плодами,  $m^3$ .

$$V_{пер.нач} = d_{пер} \cdot h_{пер} \cdot t_{пер} \quad (2.39)$$

где:  $d_{пер}$  – длина перегородки,  $m$ ;

$h_{пер}$  – ширина перегородки,  $m$ ;

$t_{пер}$  – толщина перегородки,  $m$ .

$$V_{\text{сек.кл}} = \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{cp}}}{2}\right)^3 \quad (2.40)$$

где:  $d_{\text{cp}}$  – средневзвешенное значение диаметра плода, м.

Заменим  $N_2$  на  $N_{\text{доп}}$  и преобразуем выражение (2.35) в неравенство:

$$N_{\text{доп}} \geq \sqrt{(g \cdot \sum m_i)^2 + \left( \sum m_j \cdot A_b \cdot \omega^2 - n \cdot \left( k \cdot \left( t_{\text{пер}} - \frac{(d_{\text{пер}} \cdot h_{\text{пер}} \cdot t_{\text{пер}} - n_{\text{кл}} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{cp}}}{2}\right)^3)}{d_{\text{пер}} \cdot h_{\text{пер}}} \right) \right) \right)^2} \quad (2.41)$$

Производя соответствующие преобразования и используя исходные данные ( $N_{\text{доп}} = 55 \text{ Н}$ ;  $\sum m_{\text{я}} \approx 1,134 \text{ кг}$ ;  $\sum m_{\text{я}} \approx 1,4 \text{ кг}$ ;  $d_{\text{cp}} = 65 \text{ мм}$ ; внутренние размеры контейнера  $0,57 \times 0,38 \times 0,266$  и т.д.) получили следующую зависимость:  $A_b \cdot \omega^2 = A_b \cdot (2\pi \cdot f)^2 \leq 6,9g$  (при использовании одной поперечной перегородки  $A_b \cdot \omega^2 \leq 4,7g$ ). Для контейнера в серийном исполнении (без поперечных перегородок) данное неравенство имело вид  $A_b \cdot (2\pi \cdot f)^2 \leq 3,8g$ .

### 2.3. Выводы по главе 2

1. Установлено, что плоды яблок, расположенные в нижнем слое контейнера, получают механические повреждения при более низких значениях амплитудно-частотных характеристик вибрации, чем в верхнем.

2. Предельные значения амплитудно-частотных характеристик вибрации плодов в серийной транспортной таре для нижнего слоя плодов в контейнере составляют  $f_{\text{доп}} \leq 1,05 \sqrt{\frac{1}{A_b}}$ , для предложенного контейнера они

составляют  $f_{\text{доп}} \leq 1,31 \sqrt{\frac{1}{A_{\text{я}}}}$ .

## ГЛАВА 3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Программа лабораторных исследований

Программа лабораторных исследований включала следующие этапы:

1. Определение упругих характеристик выступов контейнера для транспортировки яблок.
2. Определение геометрических параметров контейнера для транспортировки яблок.
3. Определение характеристик поперечной перегородки контейнера для транспортировки яблок.
4. Определение характеристик вибрационных воздействий на перевозимые в контейнере яблоки.

Лабораторные исследования были проведены при использовании материально-технической базы ФГБОУ ВО РГАТУ. Характеристики вибрационных воздействий на перевозимые яблоки определяли в соответствии с ГОСТ 33063-2014 [19].

### 3.2. Объекты лабораторных исследований

Упругие выступы контейнера для транспортировки яблок, имеющие различные радиусы кривизны  $r_1$ .

Поперечная перегородка контейнера для транспортировки яблок.

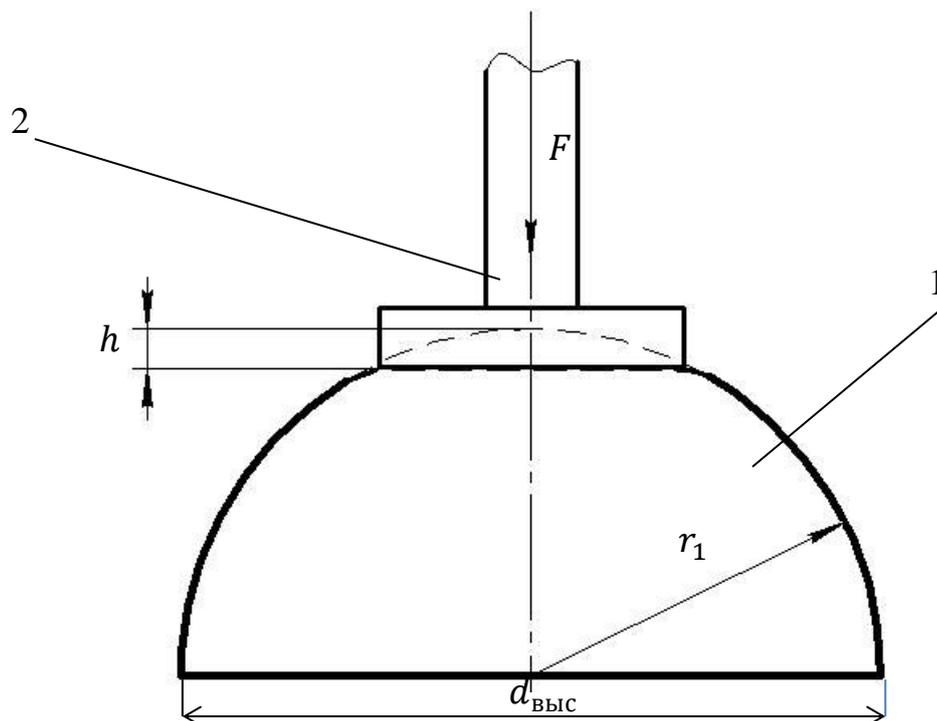
Вибрационные воздействия, возникающие при транспортировке плодов в серийном и предложенном контейнере.

### 3.3. Методики лабораторных исследований

#### 3.3.1. Определение упругих характеристик выступов контейнера для транспортировки яблок

Для определения упругих характеристик испытуемого образца (выступа контейнера) воспользуемся классической задачей механики контактного взаимодействия – задачей Г. Герца [103].

В общем виде анализ взаимодействия плоской площадки зонда и сферической поверхности испытуемого образца (рис. 3.1).



1- упругий выступ контейнера; 2 – зонд.

Рисунок 3.1 - Связь между радиусом контактной площадки  $a$  и глубиной проникновения  $h$  в деформированном состоянии

Решение задачи Герца имеет следующий вид [103]:

$$F = \frac{E^* \cdot a^3}{R} = E^* \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot R^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

где:  $a$  – радиус контактной площадки, м;

$F$  – сдвигающее усилие, Н;

$E^*$  - приведенный модуль упругости, Па  $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right)$ .

$R$  – приведенный радиус кривизны двух соприкасающихся тел, м;

$h$  - глубиной проникновения, м.

Приведенный модуль упругости рассчитается по формуле [27, 35]:

$$E^* = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} \quad (3.2)$$

где:  $E_1$  - модуль упругости выступа контейнера, Па.

$E_2$  - модуль упругости зонда (сталь), Па. Для стали  $E_2 = 1,95 - 2,06 \cdot$

$10^{11}$  Па [89].

Приведенный радиус кривизны находим из соотношения [103]:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad (3.3)$$

где:  $r_1$  – радиус кривизны упругого выступа, м;

$r_2$  – радиус кривизны зонда, м. В рассматриваемом примере  $r_2 = \infty$ , следовательно,  $\frac{1}{r_2} \rightarrow 0$ . Тогда  $R = r_1$ . При этом  $r_1 = d_{\text{выс}}/2$ .

Подставив выражения (3.2) и (3.3) в (3.1) получили:

$$F = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{d_{\text{выс}}}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

Выразим из выражения (3.4)  $E_1$ :

$$E_1 = \frac{F \cdot E_2}{\left(2 \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{d_{\text{выс}}}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot E_2 - F\right)} \quad (3.5)$$

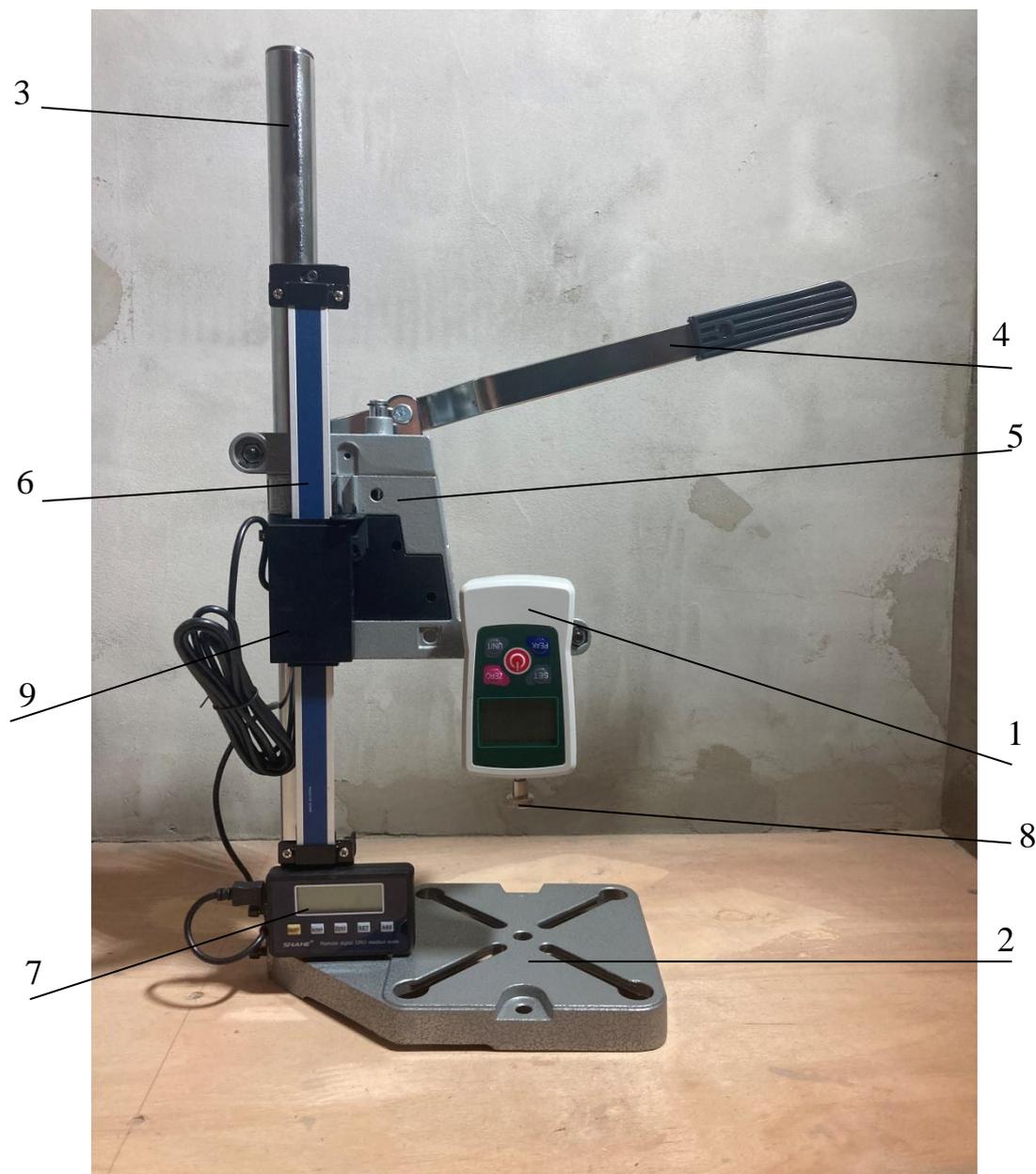
Для установления величины модуля упругости выступа контейнера  $E_1$  необходимо провести эксперимент, в котором будут определены глубина проникновения  $h$  и сдвливающее усилие  $F$ .

Пример макета для определения характеристик упругих выступов предложенного контейнера приведен на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Макет для определения модуля упругости одного выступа на дне контейнера

Для определения параметров упругих характеристик выступов контейнера для транспортировки яблок (сдавливающего усилия  $F$  и характерного для него глубины проникновения  $h$  в деформированном состоянии) была разработана экспериментальная установка (рис. 3.3).



1 – динамометр сжатия-растяжения (электронный); 2- основание; 3 – стойка;  
4 - рычаг; 5 - механизм привода динамометра; 6 - электронная измерительная  
линейка; 7 – выносной дисплей; 8 – зонд; 9 – датчик электронной  
измерительной линейки.

Рисунок 3.3 – Общий вид экспериментальной установки

В нем применены электронные измерительные приборы [48]:

- измерительная линейка SHANE 0-200 (табл. 3.1);
- динамометр сжатия-растяжения AMF-500 (табл. 3.2).

Таблица 3.1 - Технические характеристики электронной измерительной линейки [48]

Внешний вид	Характеристики
 <p>The image shows a digital depth gauge with a blue frame and a black digital display unit. The display shows the number '100.58'. A black cable is connected to the top of the gauge.</p>	<p>Модель: SHANE 0-200</p> <p>Тип: линейка измерительная</p> <p>Тип нанесения разметки: электронный</p> <p>Длина разметки: 200 мм</p> <p>Цена деления: 0.01 мм</p> <p>Материал: алюминий</p> <p>Погрешность: 10 мкм</p> <p>Диапазон измерений: 0-200 мм</p>

Таблица 3.2 - Технические характеристики электронного динамометра сжатия-растяжения [48]

Внешний вид	Характеристики
 <p>The image shows a digital force gauge in its black carrying case. The gauge has a white body with a green display screen and several buttons. The case is open, showing the gauge and some accessories like a battery and a small tool.</p>	<p>Модель: AMF-500</p> <p>Материал: ABS + Сталь</p> <p>Макс. нагрузка: 500N/ 50kg</p> <p>Разрешение: 0.1N/ 0.01кг</p> <p>Датчик: Внутренний датчик</p> <p>Точность: +/-1%</p> <p>Источник питания: 2 * AAA батарея</p> <p>Рабочая температура: 5 ~ 35 °C</p> <p>Размер: 175 г</p> <p>Вес предмета: 105 * 60 * 31 мм</p>

Принцип работы установки следующий:

1. На основании 2 установки размещают испытываемый образец;
2. Зонд 8 динамометра 1 подводят вплотную к испытываемому образцу.

Для этого механизм привода 5 динамометра 1 перемещают по стойке 3.

3. На выносном дисплее 7 электронной измерительной линейки 6 устанавливают нулевое значение.

4. Включают динамометр 1 и устанавливают режим определения пикового значения усилия сжатия.

5. Ручкой 4 приводят в действие механизм привода 5 динамометра 1. Рабочий орган динамометра воздействует на испытываемый образец. Показания усилия отображаются на дисплее динамометра 1.

6. Полученные данные усилия (параметр  $F$ ) заносятся в журнал регистрации.

7. При перемещении механизм привода 5 динамометра 1 перемещается и датчик 9 электронной измерительной линейки 6. Показания измерений отображаются на выносном дисплее 7.

8. Полученные данные сжатия испытываемого образца (параметр  $h$ ) заносятся в журнал регистрации.

Замеры диаметров упругих выступов контейнера осуществлялись при помощи штангенциркуля ШЦЦ-I-150 0,01 в соответствии с ГОСТ 166-89 [14].

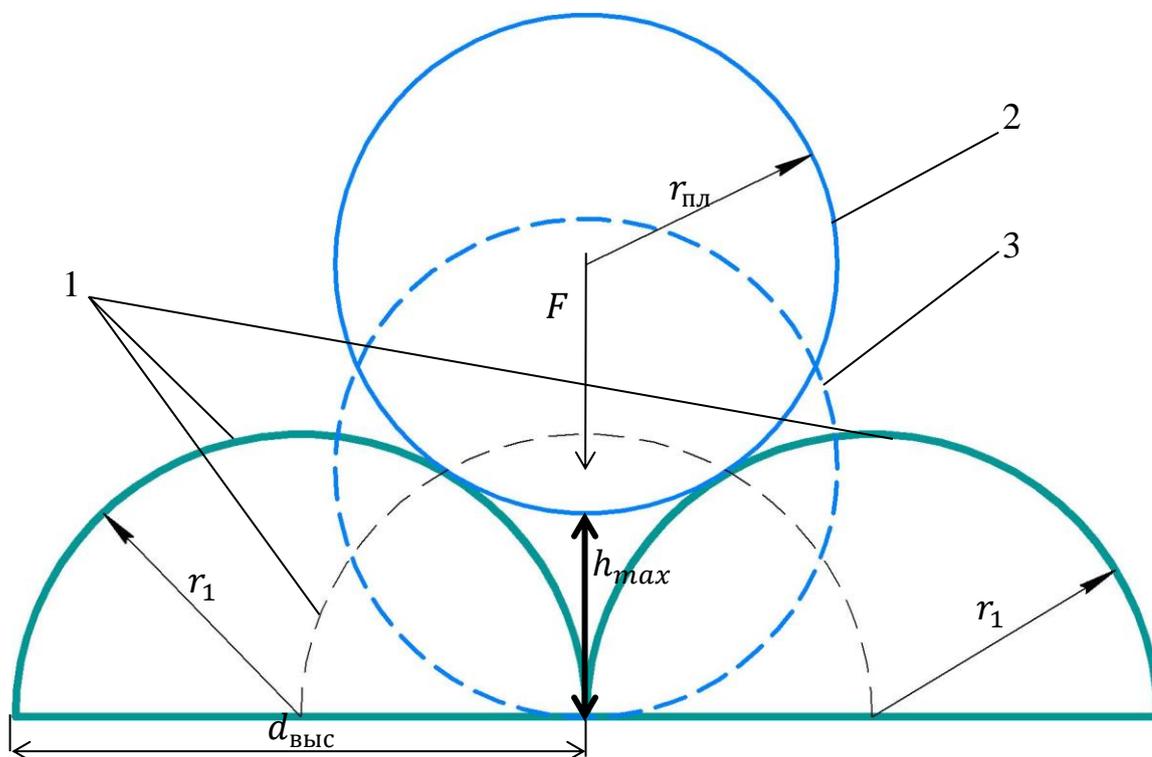
### **3.3.2. Методика обоснования геометрических параметров контейнера для транспортировки яблок**

В предложенном контейнере плоды, расположенные в нижнем слое будут опираться на три ближайших упругих выступа согласно схеме, представленной на рисунке 3.4.

Ключевым моментом в данном случае является соблюдение условия, что  $h \leq h_{max}$ .

Из задачи Г. Герца следует [103], что на величину  $h$  будут оказывать

влияние такие характеристики как вес столба яблок в контейнере  $F$ ; радиус кривизны плода  $r_{пл}$  и радиусов кривизны упругих выступов на дне контейнера  $r_1$  (где  $r_1 = d_{выс}/2$ ).



1 – выступы контейнера; 2 – плод; 3 – проекция плода при деформации выступов контейнера;  $r_1$  – радиус кривизны выступа;  $r_{пл}$  – радиус кривизны плода;  $h_{max}$  – максимальная глубина проникновения;  $d_{выс}$  – диаметр выступа;  $F$  – сжимающее усилие.

Рисунок 3.4 – Схема деформации упругих выступов контейнера

Так как сжимающее усилие (вес столба яблок в контейнере)  $F$  зависит от внутренней высоты контейнера  $H_k$  и радиуса кривизны плода  $r_{пл}$  ( $r_{пл}$  определяет количество яблок в вертикальном столбе контейнера), то независимыми факторами, влияющими на результирующий показатель, были выбраны:  $x_1$  – сжимающее усилие,  $H$ ;  $x_2$  – диаметр упругого выступа, м.

Их влияние на результирующий показатель, а именно глубину проникновения  $h$  будет определена при помощи корреляционно-регрессионного анализа [96].

Количество плодов в столбе  $\sum m_i$  найдем как:

$$\sum m_i = m_{\text{ср}} \cdot \frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{пл}}} \quad (3.6)$$

где:  $m_{\text{ср}}$  – средневзвешенная масса плода, кг;

$H_{\text{к}}$  – внутренняя высота контейнера, м;

$d_{\text{пл}}$  – средневзвешенное значение диаметра плода, м.

При этом значение отношения  $\frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{пл}}}$  принимается целым и без округлений.

Сила  $F$  будет рассчитываться как:

$$F = m_{\text{ср}} \cdot \frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{пл}}} \cdot g = \rho \cdot V_{\text{пл}} \cdot \frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{пл}}} \cdot g = \rho \cdot \left( \frac{4}{3} \pi \cdot \left( \frac{d_{\text{пл}}}{2} \right)^3 \right) \cdot \frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{пл}}} \cdot g \quad (3.7)$$

где:  $\rho$  – плотность плода, кг/м<sup>3</sup>.  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>;

$m_{\text{ср}}$  – средневзвешенная масса плода, кг;

$H_{\text{к}}$  – внутренняя высота контейнера, м;

$d_{\text{пл}}$  – средневзвешенное значение диаметра плода, м;

$g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>.  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>;

$\pi$  – математическая константа.  $\pi = 3,14$ .

Для построения уравнения регрессии потребуется выразить из выражения (3.7) внутреннюю высоту контейнера  $H_{\text{к}}$  (фактор  $x_1$ ):

$$H_{\text{к}} = \frac{24F}{4\rho \cdot g \cdot \pi \cdot d_{\text{пл}}^2} \quad (3.8)$$

Для испытаний будет использована установка, изображенная на рис.

3.3. Пример макета для испытаний приведен на рис. 3.5.

Замеры диаметра плодов и упругих выступов контейнера осуществляли по методике, приведенной в разделе 3.3.1 [14].

Измерение массы плодов проводили при помощи электронных весов SF-400 с погрешностью  $\pm 1$  г в соответствии с ГОСТ Р 53228-2008 [22].

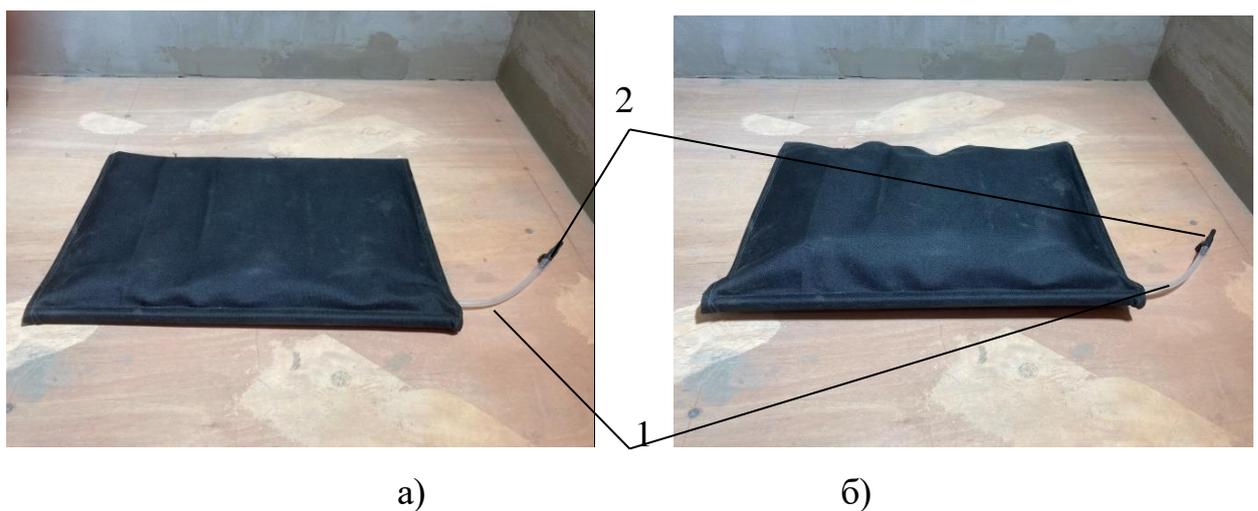
Показания глубины проникновения  $h$  регистрировали при помощи электронной измерительной линейки экспериментальной установки (раздел 3.3.1).



Рисунок 3.5 – Макет дна контейнера с упругими выступами

### 3.3.3. Методика определения характеристик поперечной перегородки контейнера для транспортировки яблок

Поперечная перегородка контейнера для транспортировки яблок предназначена для снижения амплитуды горизонтальных колебаний плодов за счет увеличения за счет увеличения своего объема после нагнетания избыточного давления (рис. 3.6).



а – в сдутом состоянии; б – в надутом состоянии; 1 – шланг подкачки;  
2 - штуцер с запорным устройством.

Рисунок 3.6 – Общий вид поперечной перегородки

Основной характеристикой поперечной перегородки является показатель жесткости  $k$  [72]:

$$k = \frac{F_{\text{пер}}}{\Delta t} \quad (3.9)$$

$F_{\text{пер}}$  - сжимающее усилие, Н.

$\Delta t$  – величина деформации, м.

При воздействии на поперечную перегородку, ее длина и ширина не меняют своих значений, а изменению подвержена толщина, причем это изменение будет иметь местное значение. Выразим величину деформации  $\Delta t$  через изменение объема поперечной перегородки:

$$\Delta t = \frac{V_{\text{пер.нач}} - V_{\text{пер.кон}}}{d_{\text{пер}} \cdot h_{\text{пер}}} \quad (3.10)$$

где:  $V_{\text{пер.нач}}$  – первоначальный объем поперечной перегородки, м<sup>3</sup>;

$d_{\text{пер}}$  – длина перегородки, м;

$h_{\text{пер}}$  – ширина перегородки, м;

$V_{\text{пер.кон}}$  – объем поперечной перегородки после деформации, м<sup>3</sup>.

Объем поперечной перегородки после деформации найдем как:

$$V_{\text{пер.кон}} = V_{\text{пер.нач}} - \Delta V \quad (3.11)$$

где:  $\Delta V$  – объем сегмента вдавливаемого в поперечную перегородку тела, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{пер.нач}}$  – первоначальный объем поперечной перегородки, м<sup>3</sup>.

Объем сегмента (в эксперименте – зонда электронного динамометра имеющего форму полусферы) найдем как:

$$\Delta V = \pi h^2 \left( r_{\text{зон}} - \frac{1}{3} h \right) \quad (3.12)$$

где:  $r_{\text{зон}}$  – радиус кривизны зонда прибора, м.  $r_{\text{зон}} = 0,01$  м.

$h$  - глубина проникновения, м.

Тогда  $\Delta t$  с учетом выражений (3.11) и (3.12) примет вид:

$$\Delta t = \frac{\pi h^2 \left( r_{\text{зон}} - \frac{1}{3} h \right)}{d_{\text{пер}} \cdot h_{\text{пер}}} \quad (3.13)$$

где:  $r_{\text{зон}}$  – радиус кривизны зонда прибора, м;

$d_{\text{пер}}$  – длина перегородки, м;

$h_{\text{пер}}$  – ширина перегородки, м;

$h$  – глубина проникновения, м.

Окончательно жесткость поперечной перегородки  $k$  найдем как:

$$k = \frac{F_{\text{пер}} \cdot d_{\text{пер}} \cdot h_{\text{пер}}}{\pi h^2 \left( r_{\text{зон}} - \frac{1}{3}h \right)} \quad (3.14)$$

Для определения сжимающего усилия  $F_{\text{пер}}$  и глубины проникновения  $h$  в рамках лабораторного исследования, будет использоваться экспериментальная установка (принцип работы описан в подразделе 3.3.1, но рассматривать будем контакт плоской поверхности (поперечной перегородки контейнера) с зондом динамометра сжатия-растяжения в форме полусферы (радиус кривизны равен 10 мм). Параметры  $d_{\text{пер}}$ ,  $h_{\text{пер}}$  неизменны в ходе эксперимента.

Замеры геометрических параметров поперечной перегородки осуществляли при помощи штангенциркуля ШЦЦ-I-150 0,01 в соответствии с ГОСТом [14] и металлической рулетки 2м x13мм [21].

Для контроля нагнетаемого давления в поперечной перегородке применялся манометр PG-03, а замеры производились в соответствии с ГОСТ Р 8.905-2015 [23].

### **3.3.4. Методика определения характеристик вибрационных воздействий на яблоки в предложенном контейнере**

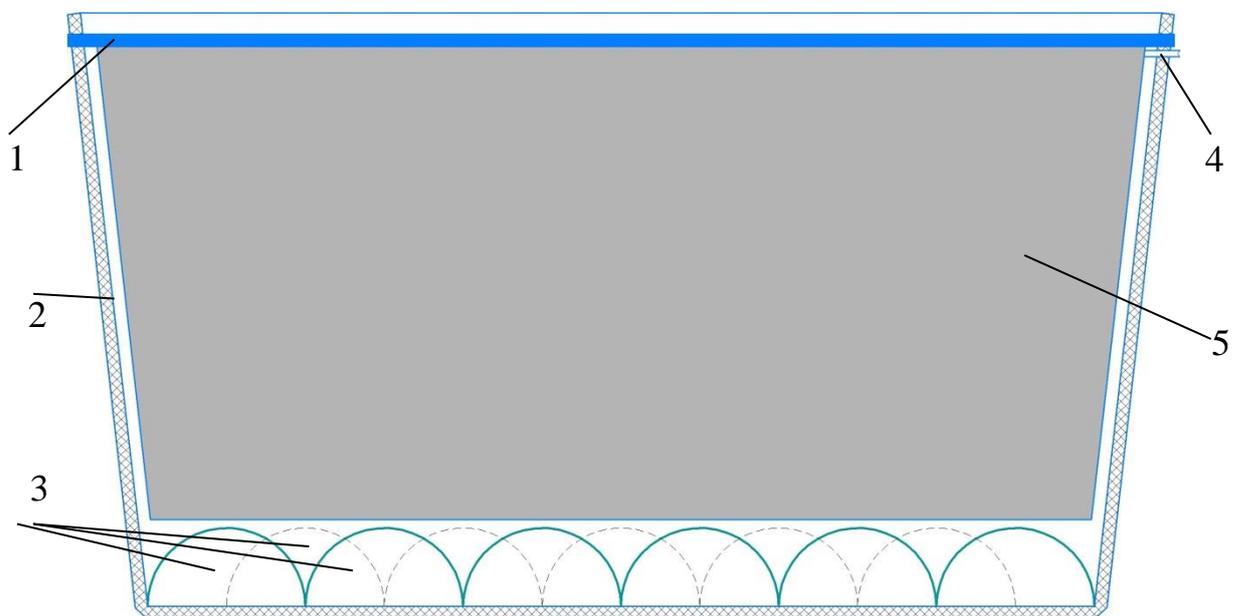
Для определения характеристик вибрационных воздействий на груз использовалась транспортная тара двух типов: серийная и предложенный на ее основе контейнер. Общий вид предложенной тары и принципиальная схема (разрез) представлены на рис. 3.7-3.8.

Серийная тара и предложенный контейнер заполнялись свежесобранными плодами без видимых механических повреждений и заболеваний.



1 – стенки контейнера; 2 – поперечная перегородка; 3 – упругие выступы на дне контейнера; 4 – приспособление для создания избыточного давления в поперечной перегородке.

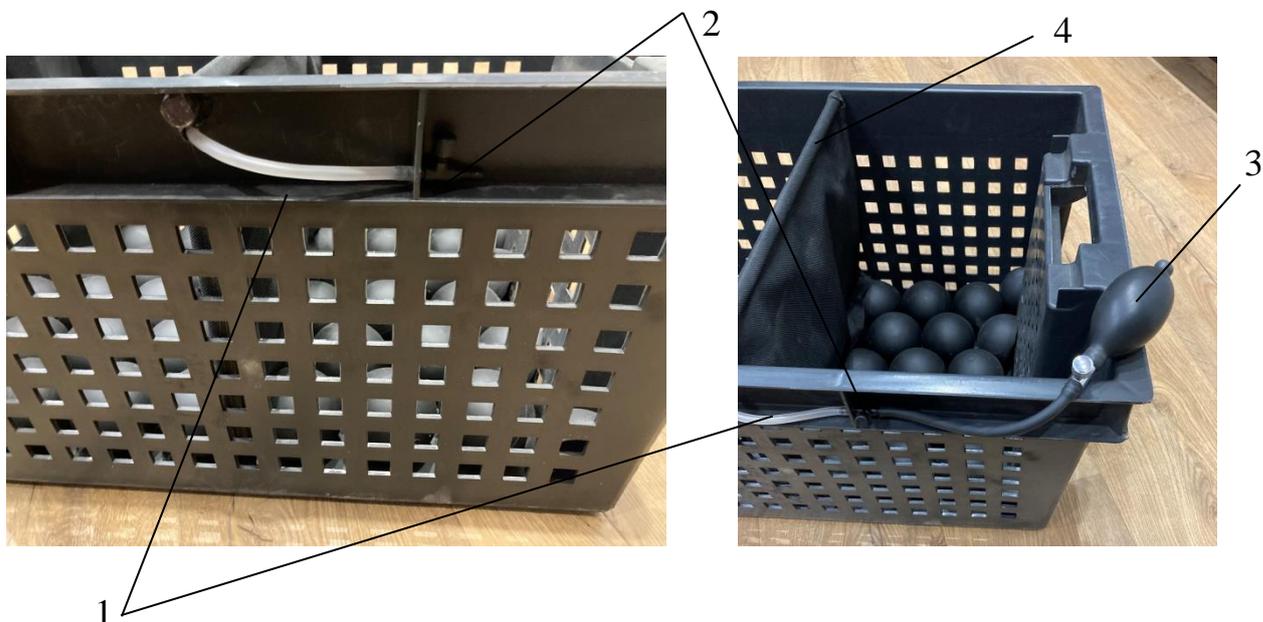
Рисунок 3.8 – Предложенный контейнер для транспортировки яблок [70]



1 – ось поперечной перегородки; 2 – стенки контейнера; 3 – упругие выступы; 4 – шланг накачки поперечной перегородки; 5 – поперечная перегородка.

Рисунок 3.7 – Поперечный разрез предложенного контейнера для транспортировки яблок

Для того чтобы создать необходимое уплотнение в ворохе яблок уложенных в предложенный контейнер необходимо произвести «накачку» поперечной перегородки – создать в ней требуемое избыточное давление. В конструкции предложенного контейнера предусмотрено приспособление (рис. 3.9).



1 – шланг подкачки; 2 – штуцер с запорным устройством; 3 – ручной насос подкачки; 4 – поперечная перегородка.

Рисунок 3.9 – Приспособление для создания избыточного давления в поперечной перегородке предложенного контейнера

В транспортное средство устанавливали несколько заполненных контейнеров:

- в легковой автомобиль LADA KALINA универсал два контейнера: один серийный другой предложенный;

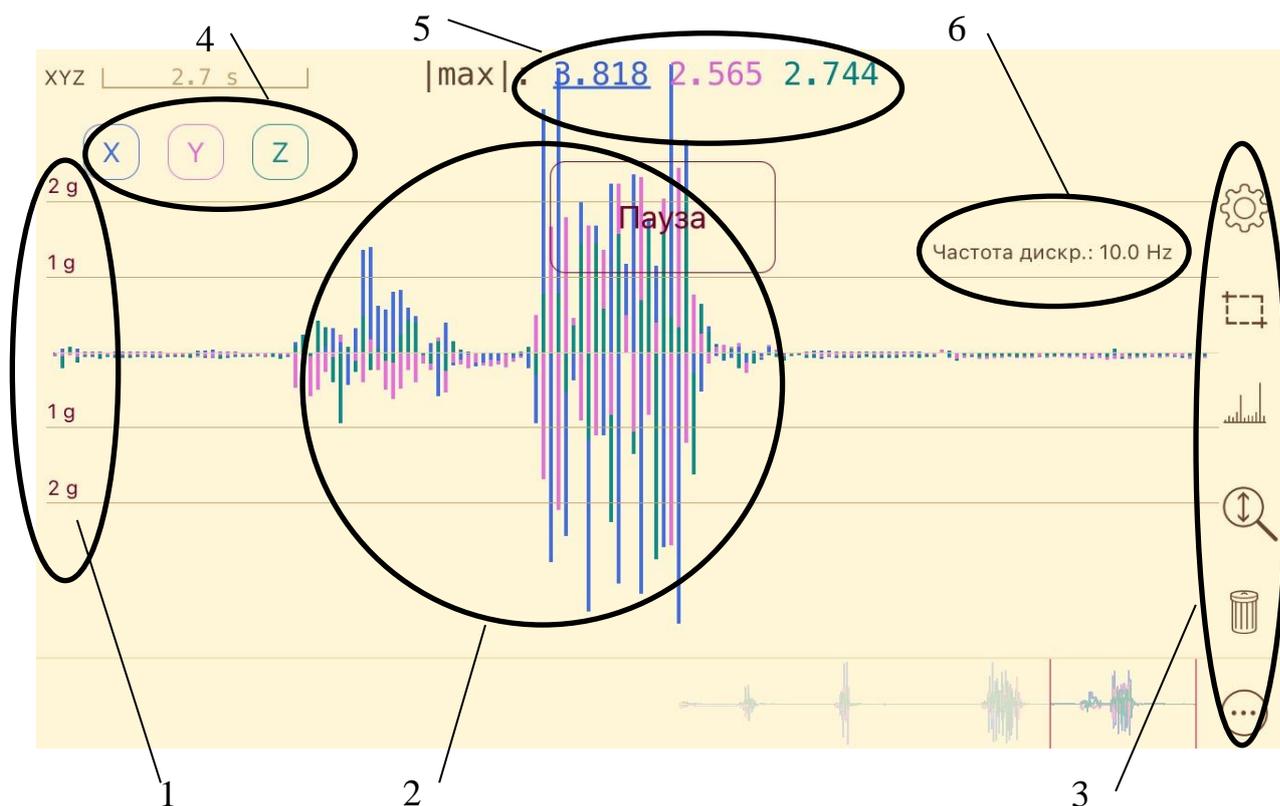
- в грузовой автомобиль Ford Transit четыре контейнера: два серийных и два предложенных нами.

Для регистрации характеристик вибрационных воздействий на перевозимый груз применялся программно-аппаратный комплекс «Анализ вибрации».

Регистрирующее устройство размещалось в толще вороха плодов

каждого контейнера. Данные замеров заносились на запоминающее устройство с возможностью последующего экспорта на персональный компьютер. Устройство для отображения результатов в режиме реального времени имеет вид (рис. 3.10).

Полученные в ходе эксперимента данные экспортировались на ПК для последующей обработки.



1 – вертикальная ось ( $g$ ,  $m/c^2$ ); 2 - поле визуализации данных;

3 – функциональные кнопки; 4 – координатные плоскости (x – вертикальные колебания; y – горизонтальные колебания; z – поперечные колебания);

5 – пиковые значения; 6 – единица деления горизонтальной оси (Гц).

Рисунок 3.10 – Устройство для отображения результатов замеров

### 3.4. Результаты лабораторных исследований

#### 3.4.1. Результаты определение упругих характеристик выступов предложенного контейнера для транспортировки яблок

При определении характеристик упругих выступов предложенного контейнера для транспортировки яблок сделано допущение, что радиус

кривизны  $r_1$  (упругого выступа) больше радиуса кривизны плода  $r_{пл}$ .

Согласно действующей нормативной документации [20] наибольший поперечный диаметр плода должен быть не менее 60 мм.

Воспользовавшись результатами исследований ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» [53] была составлена таблица характеристик плодов наиболее известных сортов яблок в РФ (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Размерно-массовые характеристики плодов яблонь

Название	Средний диаметр, м	Средняя масса, кг
Белый налив	0,063	0,11
Грушовка Московская	0,06	0,090
Антоновка обыкновенная	0,066	0,11
Симиренко (Семеринка)	0,073	0,175
Коробовка	0,06	0,09
Кандиль Орловский	0,065	0,125

На основе проведенного анализа было принято решение об изготовлении упругих выступов предложенного контейнера для транспортировки яблок трех размеров:

- упругие выступы диаметром 60 мм;
- упругие выступы диаметром 70 мм;
- упругие выступы диаметром 75 мм.

Процесс замеров деформации упругого элемента и необходимого для этого усилия приведен на рисунке 3.11. результаты занесены в таблицу 3.4.

После выполнения соответствующих расчетов были получены следующие результаты:

- упругие выступы диаметром 60 мм -  $E_{60} = 104211,8$  Па;
- упругие выступы диаметром 70 мм -  $E_{70} = 75061,22$  Па;
- упругие выступы диаметром 75 мм -  $E_{75} = 67950,29$  Па.



Рисунок 3.11 – Процесс измерения деформации упругого выступа предложенного контейнера

Таблица 3.4 – Результаты замеров

$d_{\text{выс}}, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$F, \text{ Н}$
0,06	0,0112	36,1
0,07	0,0118	36
0,075	0,0098	35,9

Полученные значения модуля упругости существенно меньше, чем, если бы упругие выступы были изготовлены из цельного каучука ( $E_{\text{кауч}} = 0,2 - 8 \text{ МПа}$ ) [9], но объяснение тому кроется в структуре самого выступа (он полый и заполнен газом).

### 3.4.2. Результаты обоснования геометрических параметров предложенного контейнера для транспортировки яблок

При проведении второго этапа исследований независимые факторы принимали следующие значения:

Сжимающее усилие ( $x_1$ ) - от 12 до 20 Н.

Диаметр упругого выступа ( $x_2$ ) - 0,06 м; 0,07 м; 0,075 м.

Схема снятия замеров приведена на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – Схема проведения второго этапа эксперимента

Результаты замеров занесены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты эксперимента

$y$ , м	$x_1$ , Н	$x_2$ , м
0,0102	12	0,06
0,0137	12	0,07
0,0165	12	0,075
0,0123	16	0,06
0,0166	16	0,07
0,0199	16	0,075
0,0143	20	0,06
0,0193	20	0,07
0,0231	20	0,075

После обработки результатов было получено уравнение регрессии (линейное):

$$y = -0,02837 + 0,000679x_1 + 0,4933x_2 \quad (3.15)$$

Оценки качества полученного уравнения регрессии необходимо произвести ряд расчетов. В первую очередь необходимо установить характер связи между  $x_1$  и  $y$ ; между  $x_2$  и  $y$ ; а также отсутствие связи между  $x_1$  и  $x_2$ . Для этого рассчитывали парные коэффициенты корреляции.

$r_{yx_1} = 0,579$  – коэффициент корреляции свидетельствует об умеренной линейной связи между  $x_1$  и  $y$ .

$r_{yx_2} = 0,803$  – коэффициент корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_2$  и  $y$ .

$r_{x_1x_2} = 0$  – коэффициент корреляции свидетельствует о низкой линейной связи между  $x_1$  и  $x_2$ .

Оценка достоверности (% отклонения реальных результатов от данных полученных при помощи уравнения регрессии) полученного уравнения регрессии производится путем расчета средней ошибки аппроксимации:

$A = 3,36\%$  - отклонения находятся в пределах нормы.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии оценивали при помощи критерия Стьюдента:

$t_0 = 10,408 > t_{кр} = 2,969$  – значимость коэффициента  $a_0$  подтверждается;

$t_1 = 9,803 > t_{кр} = 2,969$  – значимость коэффициента  $a_1$  подтверждается;

$t_2 = 13,596 > t_{кр} = 2,969$  – значимость коэффициента  $a_2$  подтверждается;

Оценку общего качества уравнения множественной регрессии производили при помощи F-критерия Фишера. Для этого рассчитывали коэффициент множественной детерминации:

$R^2 = 0,9791$  – изменение  $y$  на 97,91% связано с влиянием факторов  $x_1$

и  $x_2$ .

Затем производили расчет F-критерия Фишера и сравнивали его с критическим значением:

$F_{\text{расч}} = 140,467 > F_{\text{крит}} = 5,1433$  - уравнение регрессии статистически надежно.

Воспользовавшись уравнением (3.9) был построен график (рис. 3.13).

$$y = -0,02837 + 0,000679x_1 + 0,4933x_2 \quad (3.16)$$

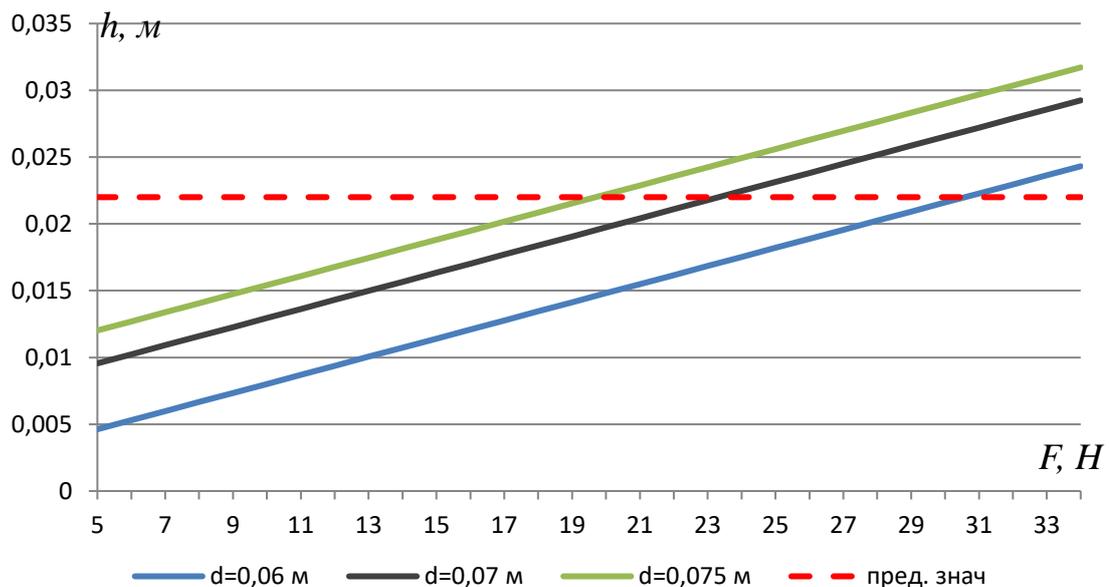


Рисунок 3.13 – График зависимости глубины проникновения  $h$  от сжимающего усилия  $F$

Проанализировав данные [59], было установлено, что предельная величина глубины проникновения  $h$  достигается при следующих условиях:

- для упругих выступов контейнера  $d_{\text{выс}} = 60$  мм  $F_{60} \approx 30,6$  Н;
- для упругих выступов контейнера  $d_{\text{выс}} = 70$  мм  $F_{70} \approx 23,3$  Н;
- для упругих выступов контейнера  $d_{\text{выс}} = 75$  мм  $F_{75} \approx 19,7$  Н.

Рассматриваемое предельное состояние (предельное значение глубины проникновения) достигается при воздействии столба плодов в контейнере на 1 из его выступов.

Согласно схеме размещения (см. 2 главу) 1 столб яблок воздействует на 3 выступа, при этом с 1 выступом одновременно контактирует 6 столбов.

Следовательно, для дальнейших расчетов необходимо принимать сжимающую силу как  $0,5F_i$ . Воспользовавшись формулой (3.8) были получены следующие результаты (для среднего  $d_{пл} = 0,065$  м):

- для упругих выступов контейнера  $d_{выс} = 60$  мм  $H_k \leq 0,83$  м;
- для упругих выступов контейнера  $d_{выс} = 70$  мм  $H_k \leq 0,63$  м;
- для упругих выступов контейнера  $d_{выс} = 75$  мм  $H_k \leq 0,53$  м.

### 3.4.3. Результаты определения характеристик поперечной перегородки предложенного контейнера для транспортировки яблок

Общий вид образца для 3 этапа исследований приведен на рис. 3.14.



Рисунок 3.14 – Поперечная перегородка предложенного контейнера с устройством для нагнетания воздуха

Пример снятия необходимых замеров приведен на рис. 3.15.

В качестве  $y$  выступал показатель жесткости поперечной перегородки  $k$ , в качестве  $x$  – давление внутри поперечной перегородки. При этом на манометре показания отображались в  $psi$  (Фунт-сила на квадратный дюйм) и переводились в Па ( $1 psi \approx 6894,76$  Па).



Рисунок 3.15 – Процесс снятия показаний при испытаниях поперечной перегородки

Учитывая, что  $k$  может быть определено лишь расчетным путем (для этого в ходе эксперимента производили замеры глубины проникновения и сдавливающего усилия), то в таблицу 3.6 заносили его итоговое значение без промежуточных вычислений.

Таблица 3.6 - Результаты 3 этапа эксперимента

$y$ , Н/м	$x$ , <i>psi</i>	$x$ , Па
209,4	5	34473,79
262,1	7	48263,3
320,5	10	68947,57
341,3	12	82737,09
387,7	15	103421,4
399,7	17	117210,9
411	20	137895,2
474,4	22	151684,7
525,1	25	172368,9

После обработки результатов эксперимента было получено уравнение регрессии (степенное) [7, 11, 12]:

$$y = 0,882x^{0,526} \quad (3.17)$$

Для определения качества полученного уравнения регрессии был произведен дисперсионный анализ. Были рассчитаны показатели:

- коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9732$  - точность подбора уравнения регрессии - высокая.

- средняя ошибка аппроксимации  $A = 2,91\%$  - расхождение между данными полученными теоретическим (при помощи полученного уравнения регрессии) путем и экспериментально менее 3%.

Качество уравнения регрессии проверено при помощи F-критерия ( $F_{расч} = 76438,2651 \geq F_{табл} = 5,5914$ ).

Воспользовавшись полученным уравнением регрессии, был построен график зависимости жесткости поперечной перегородки  $k$  от давления внутри нее  $P_{пер}$  (рис. 3.16).

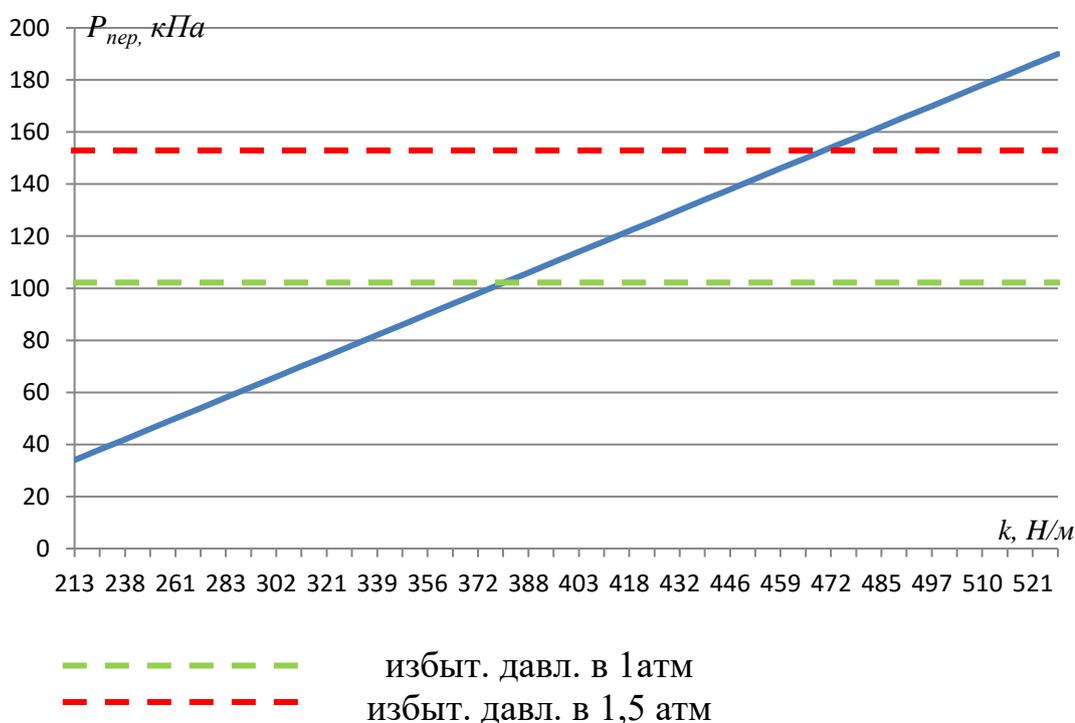


Рисунок 3.16 – График зависимости жесткости поперечной перегородки  $k$  от давления внутри нее  $P_{пер}$

Для обеспечения надежного уплотнения плодов в контейнере и предотвращения их колебаний в горизонтальной плоскости достаточно создать в поперечной перегородке избыточное давление в диапазоне от 1 до 1,5 атм ( $k = 350 - 470$  Н/м).

#### 3.4.4. Результаты определения характеристик вибрационных воздействий на яблоки в предложенном контейнере

Яблоки, уложенные в контейнеры (один серийный и один предложенный) были загружены в багажник транспортного средства LADA KALINA универсал (рис. 3.17). Датчики регистрирующего устройства (описанные в п. 3.3.4) располагались в нижнем слое плодов в таре.



Рисунок 3.17 – Расположение контейнеров с яблоками в кузове транспортного средства LADA KALINA универсал

Транспортное средство передвигалось:

- по дорогам без твердого дорожного покрытия со скоростью 30 км/ч;
- по дорогам с асфальтобетонным покрытием со скоростью 55 и 85 км/ч.

Участки маршрута были выбраны без существенных изъянов (в случае грунтовой дороги – без ям, глубиной более 7 см; для дорог с твердым

покрытием – без выбоин, просадок и проломов длиной 15 см и более, глубиной более 5 см).

Для определения вибрационных воздействий на яблоки применялся программно-аппаратный комплекс (DIGMA Optima 7 E200 с предустановленным программным обеспечением), позволявший регистрировать показания виброускорений в трех направлениях:

- по оси x – вертикальные колебания;
- по оси y – продольно-угловые колебания;
- по оси z – поперечно-угловые колебания;

Результаты замеров (выдержки из общего массива данных) приведены в приложениях 2-7.

Учитывая конструкцию задней подвески LADA KALINA универсал (полунезависимая, с винтовыми цилиндрическими пружинами и гидравлическими телескопическими амортизаторами двустороннего действия) [49], то основное направление действий колебаний будет по оси x – вертикальные колебания. По осям y и z виброускорения колебаний не превышали 1g.

На основании полученных данных были построены диаграммы, представленные на рис. 3.18-3.20. Ввиду малых значений показания по осям y и z были опущены. Для большей наглядности диаграммы виброускорений колебаний плодов в серийном контейнере и прототипе были вынесены на одну область построения.

В общем виде величина виброускорений имеет сравнительно невысокие значения (рис. 3.18), за исключением отдельных случаев (выделенных на рисунке эллипсами). Наиболее опасными являются, зоны, где происходит резкая смена направления действий ускорений (амплитуда ускорений будет максимальной и может превышать допустимые пределы). В данных точках маршрута колеса транспортного средства наезжали на неровности на дорогах.

На диаграмме отчетливо видно, что показатели виброускорений в предложенном контейнере ниже, чем у серийной тары: наибольшая разница в

местах резких и высокоамплитудных скачков, наименьшая при штатном режиме.

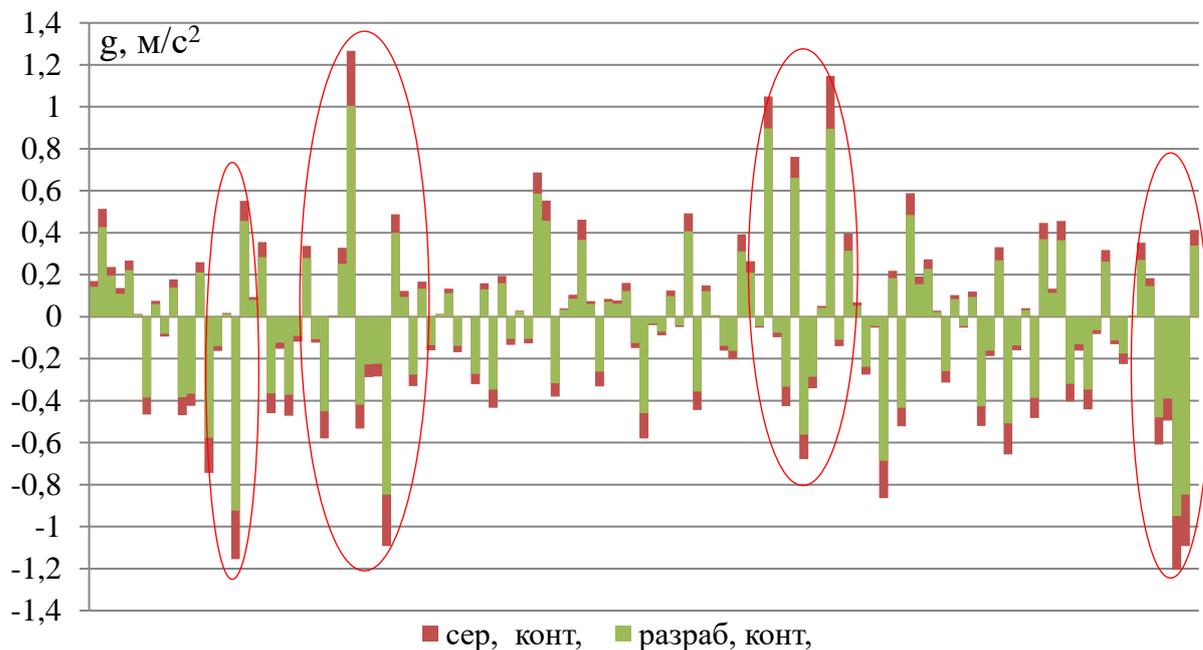


Рисунок 3.18 – Величина виброускорений колебаний груза при движении транспортного средства по грунтовой дороге при скорости 30 км/ч

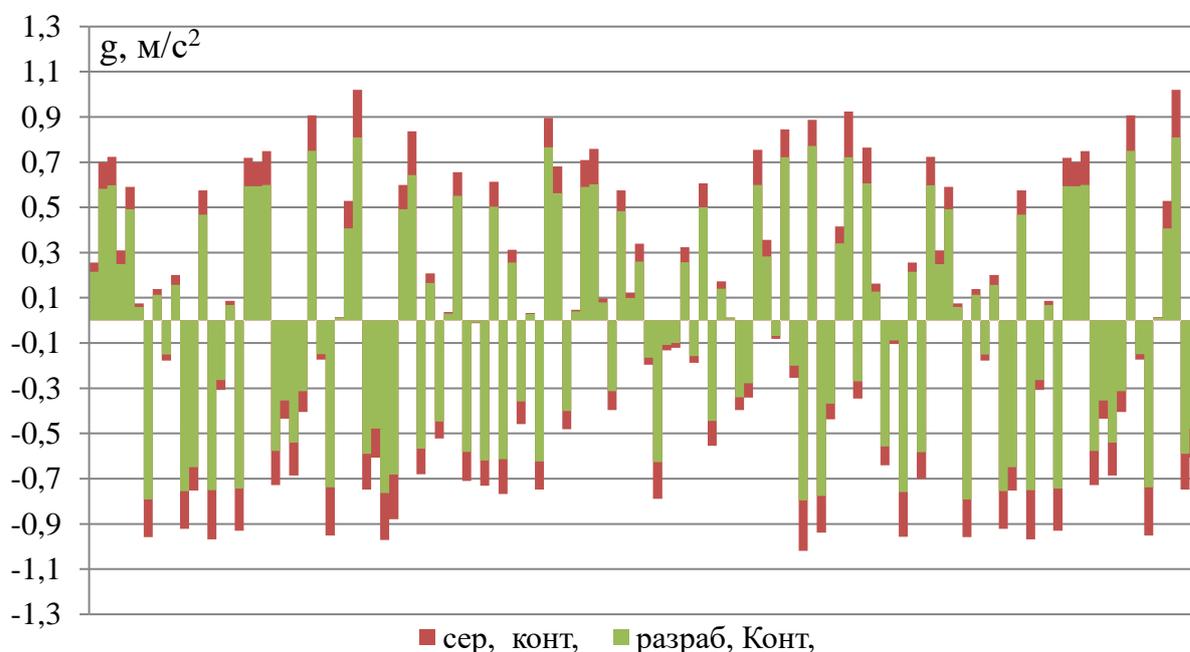


Рисунок 3.19 – Величина виброускорений колебаний груза при движении транспортного средства по дороге с асфальтобетонным покрытием при скорости 55 км/ч



Рисунок 3.20 – Величина виброускорений колебаний груза при движении транспортного средства по дороге с асфальтобетонным покрытием при скорости 85 км/ч

На диаграмме рис. 3.19 также видно, что величина виброускорений груза, перевозимого в предложенном контейнере существенно ниже, чем в серийном. При этом удовлетворительное качество дорожного покрытия и спокойный стиль вождения ТС (без резких разгонов и торможений) обеспечивали благоприятные условия для выполнения транспортных работ на небольшие расстояния [76].

Если сравнить диаграмму на рис. 3.19 и 3.20 то существенным отличием будет лишь диапазон величин виброускорений: при скорости 55 км/ч он ниже, при 85 км/ч он выше. При этом в обоих случаях амплитудное значение исследуемого параметра для предложенного контейнера (столбцы отмеченные зеленым цветом) не превышало 1,7 g. Следовательно, даже при резкой смене направления действия виброускорения плоды в контейнере будут находиться в приемлемых условиях [4, 95].

Уменьшение амплитудных значений виброускорений колебаний плодов в предложенном контейнере позволит снизить их повреждения при

транспортировке груза в сравнение с серийной тарой при аналогичных условиях.

Аналогичным образом были проведены испытания контейнеров на транспортном средстве Ford Transit при его движении по грунтовой дороге со скоростью 30 км/ч и дороге с асфальтобетонным покрытием со средней скоростью 55 км/ч. Результаты приведены на диаграммах рис. 3.21 и 3.22.

Диаграмма, характеризующая колебания груза в кузове Ford Transit при движении по грунтовой дороге со скоростью 30 км/ч менее выражена, чем у транспортного средства LADA KALINA универсал при схожих условиях (рис. 3.18), но при наезде на неровность амплитуда виброускорений намного выше.

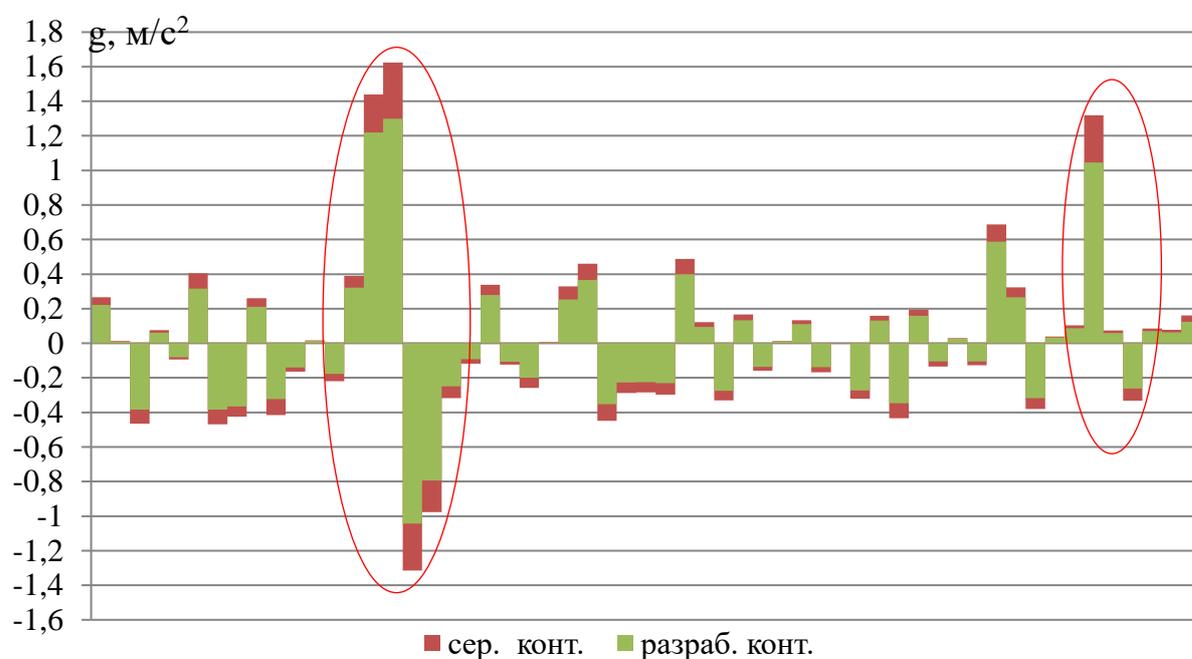


Рисунок 3.21 – Величина виброускорений колебаний груза при движении транспортного средства Ford Transit по грунтовой дороге при скорости 30 км/ч

Амплитуда виброускорений в пиковых значениях (рис. 3.21) хоть и не способна вызвать механическое повреждение плода, но при высокой частоте их повторений способно привести к столь негативному результату.

При использовании предложенного контейнера в сравнении с серийной

моделью снижение величины виброускорений составляло от 13 до 23% при транспортировке в кузове транспортного средства LADA KALINA универсал.

При анализе процесса транспортировки груза на транспортном средстве Ford Transit при скорости 55 км/ч показатели виброускорений периодически выходят за рамки безопасных пределов (рис. 3.22) – свыше 2,5-3g. Следовательно, при сохранении данных условий продолжительное время плоды в серийной таре непременно получают механические повреждения (особенно в нижнем слое контейнера).

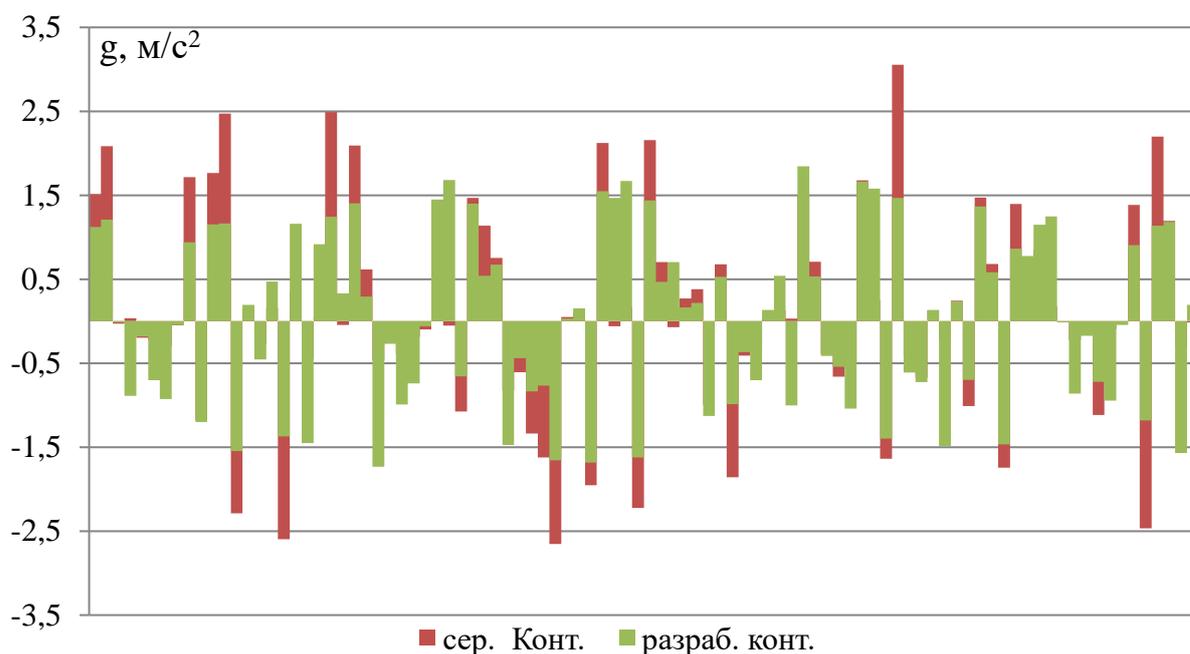


Рисунок 3.22 – Величина виброускорений колебаний груза при движении транспортного средства Ford Transit по дороге с асфальтобетонным покрытием при скорости 55 км/ч

Предложенный контейнер в свою очередь обеспечил, условия, при которых плоды будут испытывать меньшие нагрузки (согласно диаграмме на рис. 3.22 величина виброускорений не превышала 1,7g).

Разница в показаниях виброускорений, полученных в ходе эксперимента у плодов перевозимых в серийной таре и предложенном контейнере составляла от 20 до 44% при транспортировке в кузове транспортного средства Ford Transit.

### 3.5. Выводы по главе 3

1. Установлено экспериментальным путем, что модуль упругости выступов на дне предложенного контейнера диаметром 60 мм равен 104211,8 Па; упругих выступов диаметром 70 мм - 75061,22 Па; упругих выступов диаметром 75 мм - 67950,29 Па.

2. Установлено, что при высоте контейнера  $H_k \leq 0,53$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 75$  мм, при  $0,54 \leq H_k \leq 0,63$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 70$  мм и при  $H_k \geq 0,64$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 60$  мм;

3. Получено уравнение регрессии степенного вида зависимости жесткости поперечной перегородки контейнера от величины нагнетаемого в ней давления, благодаря которому установлено, что для обеспечения надежного уплотнения плодов в контейнере и предотвращения их колебаний в горизонтальной плоскости достаточная ее жесткость должна находиться в пределах  $k = 350 - 470$  Н/м.

4. В ходе эксперимента установлено, что применение предложенного контейнера позволит снизить виброускорения плодов транспортируемых в нем на 13 до 23% при использовании транспортного средства LADA KALINA универсал и на 20 до 44% при применении транспортного средства Ford Transit.

## ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК

### 4.1. Хозяйственные испытания предложенного контейнера для транспортировки яблок

#### 4.1.1. Программа исследований

Хозяйственные испытания предложенного контейнера для транспортировки яблок проходили в ООО «АВАНГАРД» Рязанской области Рязанского района (приложение 8).

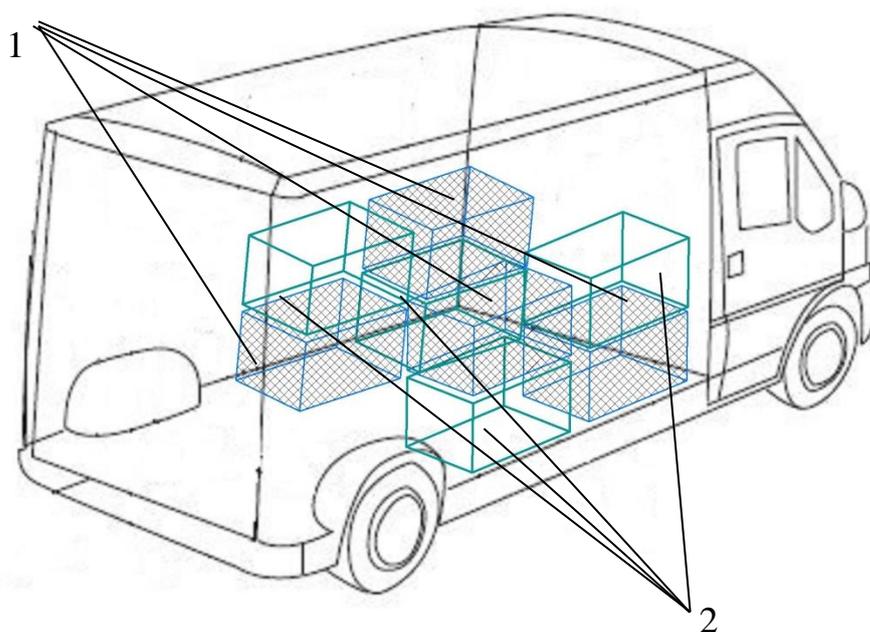
Для испытаний был подготовлен комплект серийных и предложенных контейнеров. В тару укладывали, заблаговременно проверенные на наличие механических повреждений плоды. В качестве объекта исследований выступали плоды яблони «Кандиль Орловский». Общие характеристики сорта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики яблони «Кандиль Орловский»

	<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
1	Страна	Россия
2	Зона морозостойкости (зимостойкость)	4 (до -35°C)
3	Устойчивость к болезням	Средняя
4	Высота взрослого растения	300 см
5	Период цветения	Май
6	Размер плода	Средний
7	Цвет ягод/плодов	Зеленый, Красный
8	Сроки созревания	Среднее
9	Хранение плодов (степень лежкости плода)	Высокая (свыше 3 месяцев)

Заполненные плодами контейнеры доставляли из сада на склад при помощи транспортных средств. Схема заполнения кузова транспортного

средства приведена на рис.4.1.



1 – разработанные контейнеры; 2 – серийные контейнеры.

Рисунок 4.1 – Схема размещения серийных и предложенных контейнеров в кузове транспортного средства

Маршрут перевозки груза составлял 5,5 км из которых 1,2 км – дорога без твердого покрытия (грунтовая дорога). В результате этого менялась и скорость транспортного средства: 4,3 км она составляла 68-75 км/ч (для дороги с асфальтобетонным покрытием общего пользования) и 25-28 км/ч на оставшемся участке.

По приезду на склад транспортное средство аккуратно разгружали вручную, в одну сторону устанавливая серийные контейнеры в другую предложенные. После этого осуществляли отбор проб в соответствии с ГОСТ 34314-2017 [20].

#### **4.1.2. Методика исследований**

В каждом контейнере (как серийного, так и предложенного) из разных мест отбирают точечные пробы массой не менее 10 % свежих яблок (в нашем случае не менее 1,8 кг).

Изъятые плоды из серийных контейнеров объединяли в одну объединенную пробу, из предложенного контейнера в другую.

В обеих пробах производили измерения диаметров и высот всех плодов для определения средних значений данных показателей (обобщенный показатель двух проб). Замеры выполняли при помощи штангенциркуля ШЦЦ-I-150 с погрешностью 0,01 мм в соответствии с ГОСТ 166-89 [14].

Принадлежность плодов к конкретному товарному сорту определяли в соответствии с ГОСТ 34314-2017 [20]. Для эксперимента наибольший интерес представляли механические повреждения. В таблице 4.2 и 4.3 приведены выдержки из требований к плодам согласно действующей нормативной документации [20, 33].

Таблица 4.2 – Требования к свежим яблокам в соответствии с ГОСТ 34314-2017 [20]

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарного сорта		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
Механические повреждения	Не допускаются	Не допускаются	Допускаются легкие повреждения площадью не более 1,5 см <sup>2</sup> с немного изменившейся окраской

Таблица 4.3 – Требования к свежим яблокам в соответствии с Международным стандартом на пищевые продукты CXS 299-2010 [33]

Допуски по дефектам	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт
ушибы с незначительным изменением окраски	0,5 см <sup>2</sup>	1 см <sup>2</sup>	1,5 см <sup>2</sup>

В каждой объединенной пробе плоды разделяли на две группы: на целые и с повреждениями более 1-1,5 см<sup>2</sup>. После этого каждую получившуюся группу взвешивали (взвешивали каждый плод по отдельности для последующего определения параметра «средняя масса плода») при

помощи электронных весов SF-400 с погрешностью  $\pm 1$  г в соответствии с ГОСТ Р 53228-2008 [22].

Массовую долю плодов с механическими повреждениями в каждой объединенной пробе вычисляли по формуле:

$$K = \frac{m_i}{M} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

где:  $m_i$  - масса фракции плодов с механическими повреждениями, кг;

$M$  - общая масса плодов в объединенной пробе, кг.

Всего для определения массовой доли плодов с механическими повреждениями при их транспортировке в серийной и предложенной таре было выполнено 10 ездов. Каждый раз в транспортном средстве среди прочих контейнеров с яблоками была размещена и контрольная тара (по 4 серийных и 4 предложенных контейнера, заполненных в соответствии с вышеописанной методикой).

Полученные результаты заносили в итоговые таблицы для последующего анализа.

#### 4.1.3. Результаты исследований

Полученные в ходе измерений данные яблок сорта «Кандиль Орловский» приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты расчетов усредненных параметров яблок сорта «Кандиль Орловский»

<b>Среднее значение диаметра плода, м</b>	<b>Среднее значение высоты плода, м</b>	<b>Среднее значение массы плода, кг</b>
0,0649	0,0672	0,126

Результаты расчетов по определению массовой доли плодов с механическими повреждениями сведены в таблицу 4.5. Общий вид яблок с ушибами показан на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Плоды с механическими повреждениями, возникшими при их транспортировке контейнерным способом

Таблица 4.5 – Результаты расчетов массовой доли плодов с механическими повреждениями (%) при их транспортировке серийным и предложенным контейнерами

<b>№ опыта</b>	<b>Серийная тара</b>	<b>Предложенный контейнер</b>
1	3,6	1,5
2	4	2,6
3	3,6	2,4
4	3,3	2,5
5	4,8	2,4
6	4,8	2,1
7	4,8	1,8
8	3,6	2,5
9	3,3	2,3
10	4	1,7

В итоге было установлено, что доля плодов с механическими повреждениями, транспортировка которых осуществлялась в серийной таре, находилась в диапазоне от 3,1 до 4,8%. Предложенный контейнер позволил выполнить доставку груза с меньшими показателями механических

повреждений плодов – от 1,5 до 2,7 %.

После обработки полученных данных был произведен расчет среднего показателя (среднего значения массовой доли плодов с механическими повреждениями) для каждого вида тары. Для серийного контейнера он составил 3,98% (коэффициент вариации 14,6% - совокупность однородная), для предложенного нами - 2,18% (коэффициент вариации 16,77 % - совокупность однородная).

#### **4.2. Техничко-экономическое обоснование применения предложенного контейнера для транспортировки яблок**

Техничко-экономическое обоснование целесообразности применения разработки производили путем сравнения совокупных затрат денежных средств при транспортировке яблок в серийной и предложенной таре [26].

«Для начала определяли величину прямых эксплуатационных затрат денежных средств, в расчете на 1 тонну перевезенного груза для обоих вариантов:

$$Z_{\text{экс}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{гсм}} + Z_{\text{р}} + A + \Phi \quad (4.2) [13]$$

где:  $Z_{\text{от}}$  - затраты на оплату труда водителю и разнорабочему, руб./т;

$Z_{\text{гсм}}$  – затраты на горюче-смазочные материалы, руб./т;

$Z_{\text{р}}$  - затраты на ремонт и техническое обслуживание основных средств, руб./т. В виду малого объема работ (для транспортировки 1 тонны груза требуется одна ездка протяжённостью 11 км) принимали  $Z_{\text{р}} = 0$ ;

A - затраты средств на амортизацию основных средств, руб./т;

$\Phi$  – дополнительные финансовые издержки. В дальнейших расчетах принимали  $\Phi = 0$ » [13].

При этом стоит отметить, что такие показатели как  $Z_{\text{от}}$  и  $Z_{\text{гсм}}$  будут идентичными как для варианта с серийными, так и для варианта с предложенными контейнерами (ввиду незначительного изменения параметров предложенного контейнера).

Технические характеристики контейнеров приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Характеристики тары

Параметр	Серийный контейнер	Предложенный контейнер
Габаритные размеры, м	0,6x0,4x0,27	
Масса контейнера, кг	1,5	1,65
Вместимость контейнера, м <sup>3</sup>	0,057	≈ 0,057*
Вместимость контейнера, кг	≈ 18	≈ 18

Примечание: \* - выступы на дне контейнера не снижают его полезный объем при транспортировке яблок

В дальнейших расчетах будем использовать данные: в кузове транспортного средства располагается 120 контейнеров, объем перевозимой продукции равняется 2,16 т.

«Затраты на оплату труда водителю и разнорабочему за 1 езду вычисляли по формуле:

$$Z_{от} = \sum(\lambda_{ki} \cdot t_i \cdot \tau_k) \cdot (1 + K_3) \quad (4.3) [13]$$

где:  $\lambda_k$  - количество обслуживающего персонала  $k$ -й квалификации, чел. Для транспортировки груза потребуется 1 водитель категории С и один разнорабочий.

$t_i$  - время на выполнение  $i$ -той операции, ч. Время на погрузочно-разгрузочные операции составляло 40 мин или 0,67 ч. Время работы водителя составляет 0,77 ч (из которых 0,67 часа время на погрузочно-разгрузочные работы).

$\tau_k$  - часовая оплата труда рабочего, руб./чел.–ч. Для водителя категории С по Рязанской области она составляет  $\tau_k = 437,5$  руб/ч, для разнорабочего  $\tau_k = 250$  руб/ч.

$K_3$  - коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений работодателя за работника» [13]. В соответствии с налоговым законодательством РФ [92, 93]  $K_3 = 0,302$ .

Для обоих случаев  $Z_{от} = 304,08$  руб/т.

Затраты на горюче-смазочные материалы вычисляли по формуле в соответствии с распоряжением Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р [78]:

Для грузовых автомобилей расход топлива при выполнении транспортных работ рассчитывается по формуле:

$$Q_H = 0,01 \cdot (H_{san} \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot D) \quad (4.4)$$

где:  $S$  – длина маршрута (туда и обратно), км.  $S = 11$  км;

$H_{san}$  - норма расхода топлива транспортного средства без груза, л/100 км.

Для транспортировки использовали Ford Transit 470 (промтоварный фургон).

$H_{san} = 10,5$  л/100 км;

$H_w$  - норма расхода топлив на транспортную работу, л/100т · км.  $H_w = 2$  л /100 км;

$W$  - объем транспортной работы, т · км.

$D$  - поправочный коэффициент согласно распоряжением Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р [78], %.  $D = 15\%$ .

Объем транспортной работы найдем как:

$$W = G_{гр} \cdot S_{гр} \quad (4.5)$$

где:  $G_{гр}$  - масса груза, т. Учитывая вместимость контейнеров и их собственный вес имеем  $G_{гр} = 2,34$  т при использовании серийной тары и  $G_{гр} = 2,36$  т при использовании предложенного контейнера;

$S_{гр}$  - пробег с грузом, км.  $S_{гр} = 5,5$  км.

Для серийной тары  $W = 12,87$  т · км, для предложенной  $W = 12,98$  т · км.

В обоих случаях  $Q_H \approx 1,63$  л или в перерасчете на 1 т перевезённого груза  $Q_{нт} \approx 0,75$  л/т

$$Z_{\text{гсм}} = Q_{\text{нт}} \cdot C_{\text{т}} \quad (4.6)$$

где:  $Q_{\text{нт}}$  - норма расхода топлива при транспортировке 1 т плодов, л/т.

$C_{\text{т}}$  - цена 1 кг топлива, руб./л. Согласно информации с официального сайта Единой информационной системы в сфере закупок [47] цена 1 литра дизельного топлива составляла 46,42 рублей;

Окончательно получили  $Z_{\text{гсм}} = 35,03$  руб/т.

Затраты средств на амортизацию при транспортировке 2,16 т яблок (объем груза в 120 контейнерах, перевозимых за 1 езду) определяли линейным способом (для транспортного средства и тары) по формуле:

$$A = \sum(AC_i \cdot N_{ai} \cdot n_i) \quad (4.7)$$

$AC_i$  – первоначальная стоимость  $i$ -го объекта, руб.  $AC_{\text{тс}} = 5800$  тыс. руб. Стоимость серийного контейнера  $AC_{\text{к.сер}} = 512$  руб, предложенного  $AC_{\text{к.раз}} = 694$  руб;

$n_i$  – количество объектов, ед. Для транспортного средства  $n_{\text{тс}} = 1$ , для тары  $n_2 = 120$ .

$N_{ai}$  – норма амортизации для  $i$ -го объекта, %.

Норма амортизации на 1 год рассчитывается по формуле:

$$N_a = 100\%/C_{\text{пи}} \quad (4.8)$$

где:  $C_{\text{пи}}$  – срок полезного использования, г.

Грузовой автомобиль Ford Transit 470 в соответствии с постановлением Правительства РФ № 1 от 01.01.02 г. [74] относится к третьей группе (имущество со сроком полезного использования свыше 3 лет до 5 лет включительно).

Контейнера согласно классификации [74] относятся к седьмой группе (имущество со сроком полезного использования свыше 15 лет до 20 лет включительно).

При расчете амортизационных отчислений учитывали объем транспортной работы автомобиля (количество ездов за смену и количество рабочих смен в году). Результаты занесены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты расчета затрат средств на амортизацию в расчете на 1 тонну перевезенного груза

<b>Серийный контейнер</b>	<b>Предложенный контейнер</b>
152,33 руб/т	154,18 руб/т

Полученные результаты расчета прямых эксплуатационных затрат денежных средств, приходящиеся на транспортировку 1 тонны груза сведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты расчета прямых эксплуатационных затрат денежных средств

<b>Серийный контейнер</b>	<b>Предложенный контейнер</b>
491,44 руб/т	493,29 руб/т

Совокупные затраты денежных средств на транспортировку 1 тонны груза определяли по формуле:

$$Z_{\text{сов}} = Z_{\text{экс}} + I_{\text{п}} + I_{\text{повр}} + I_{\text{сем}} + I_{\text{ок}} \quad (4.9)$$

где:  $I_{\text{п}}$  - издержки денежных средств от потерь груза, руб./т. Для проведенных исследований  $I_{\text{п}} = 0$ ;

$I_{\text{повр}}$  - издержки денежных средств от повреждения плодов, руб./т;

$I_{\text{сем}}$  - издержки денежных средств от нерационального использования посевного материала (семян), руб./т.  $I_{\text{сем}} = 0$ ;

$I_{\text{ок}}$  - издержки денежных средств на охрану окружающей среды, руб./га.  $I_{\text{ок}} = 0$ .

Издержки денежных средств от повреждения плодов определяли по формуле:

$$I_{\text{повр}} = 0,01U_{\text{я}} \cdot X_{\text{д}}(C_{\text{вс}} - C_{\text{д}}) \quad (4.10)$$

где:  $U_{\text{я}}$  – исследуемый объем перевозимой продукции, т/га.  $U_{\text{я}} = 1$  т;

$X_{\text{д}}$  - повреждение плодов, %. При использовании серийной тары  $X_{\text{д}} =$

3,98% для предложенной  $X_d = 2,18\%$ ;

$C_{вс}$  - рыночная цена яблок высшего сорта, руб./т.  $C_{вс} = 47000$  руб./т [47];

$C_d$  - рыночная цена яблок 2 сорта, руб./т.  $C_{сх} = 28500$  руб./т [47].

Для серийной транспортной тары:

$$I_{повр} = 0,01 \cdot 1 \cdot 3,98 \cdot (47000 - 28500) = 736 \text{ руб./т}$$

Для предложенной транспортной тары:

$$I_{повр} = 0,01 \cdot 1 \cdot 2,18 \cdot (47000 - 28500) = 403,3 \text{ руб./т}$$

Совокупные затраты денежных средств на транспортировку 1 тонны груза определяли по формуле:

Для серийной транспортной тары:

$$Z_{сов} = 1227,44 \text{ руб/т}$$

Для предложенной транспортной тары:

$$Z_{сов} = 896,59 \text{ руб/т}$$

Совокупные затраты денежных средств за 1 езду рассчитывали по формуле:

$$Z_{сов}^Г = Z_{сов} \cdot F^Г \quad (4.11)$$

где:  $F^Г$  – объем перевозимого груза за 1 езду.  $F^Г = 2,16$  т.

Тогда совокупные затраты денежных средств за 1 езду:

Для серийной транспортной тары:

$$Z_{сов}^Г = 2651,27 \text{ руб/т}$$

Для предложенной транспортной тары:

$$Z_{сов}^Г = 1936,63 \text{ руб/т}$$

Экономия совокупных затрат денежных средств за 1 езду определяли по формуле:

$$\Delta_{Г} = Z_{сов.б}^Г - Z_{сов.м}^Г \quad (4.12)$$

где:  $Z_{сов.б}^Г$  - совокупные затраты денежных средств за 1 езду при использовании серийной тары, руб.;

$Z_{сов.м}^Г$  - совокупные затраты денежных средств за 1 езду при

использовании предложенной тары, руб.

Получили:

$$\mathcal{E}_r = 2651,27 - 1936,63 = 714,64 \text{ руб.}$$

Снижение себестоимости выполнения 1 ездки определяли по формуле:

$$\text{СЕБ} = \left| \frac{z_{\text{сов.б}}^r - z_{\text{сов.м}}^r}{z_{\text{сов.м}}^r} \right| \cdot 100 \quad (4.13)$$

Получили:

$$\text{СЕБ} = \left| \frac{2651,27 - 1936,63}{1936,63} \right| \cdot 100 = 36,9 \%$$

Проведенные выше расчеты подтвердили целесообразность использования предложенного контейнера для внутрихозяйственной транспортировки яблок в АПК.

#### **4.3. Выводы по главе 4**

1. Установлено, что при использовании в транспортном процессе предлагаемого контейнера величина повреждений яблок сорта «Кандиль Орловский» снизилась на 17,43% по сравнению с аналогичной серийной тарой.

2. При использовании предлагаемого контейнера снижение себестоимости выполнения 1 ездки (перевозки 2,16 т груза на автомобиле Ford Transit 470) составило 36,9%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что наиболее эффективным, в плане обеспечения снижения повреждений яблок при их производстве в АПК, является тарный способ транспортировки свежесобранного урожая.

2. Теоретически установлено, что плоды яблок, расположенные в нижнем слое контейнера, получают механические повреждения при более низких значениях амплитудно-частотных характеристик вибрации, чем в верхнем. Предельные значения амплитудно-частотных характеристик вибрации плодов в серийной транспортной таре для нижнего слоя плодов в контейнере

составляют  $f_{\text{доп}} \leq 1,05 \sqrt{\frac{1}{A_b}}$ , а для предложенного контейнера они составляют

$$f_{\text{доп}} \leq 1,31 \sqrt{\frac{1}{A_b}}.$$

3. Экспериментально установлено, что: модуль упругости выступов на дне контейнера диаметром 60 мм равен 104211,8 Па; упругих выступов диаметром 70 мм - 75061,22 Па; упругих выступов диаметром 75 мм - 67950,29 Па; при высоте контейнера  $H_k \leq 0,53$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 75$  мм, при  $0,54 \leq H_k \leq 0,63$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 70$  мм и при  $H_k \geq 0,64$  м рекомендуемый диаметр упругих выступов должен составлять  $d_{\text{выс}} = 60$  мм; применение предложенного контейнера позволит снизить виброускорения плодов перевозимых в нем на 13% до 44% при использовании различных видов транспортных средств.

4. При использовании предлагаемого контейнера снижение себестоимости выполнения 1 ездки (перевозки 2,16 т груза на автомобиле Ford Transit 470) составило 36,9%, а величина повреждений яблок сорта «Кандиль Орловский» снизилась на 17,43% по сравнению с аналогичной серийной тарой.

### **Рекомендации производству.**

Транспортировку яблок следует производить с использованием контейнеров, позволяющих снизить повреждения яблок, что позволит уменьшить их потери и увеличить сроки хранения продукции.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы.**

Необходимо продолжить исследования в области совершенствования конструкции транспортной тары для небольших садоводческих хозяйств с целью дальнейшей минимизации транспортных издержек от повреждений перевозимой продукции при её доставке к местам хранения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 3D-моделирование средств, снижающих травмируемость плодоовощной продукции при транспортировке / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Юхин, И. Н. Кирюшин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 159-163. – EDN QLTTQM.
2. Аксенов, А. Г. Состояние технического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации / А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев // Картофель и овощи. – 2021. – № 8. – С. 3-8. – DOI 10.25630/PAV.2021.85.47.001. – EDN LOHULJ.
3. Анализ проблем транспортировки сельскохозяйственной продукции / И. А. Успенский, Л. П. Белю, И. А. Юхин, О. В. Филюшин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 147-154. – DOI 10.36508/RSATU.2024.38.68.020. – EDN CNORRX.
4. Антоненко М.В. Совершенствование транспортировки яблок в АПК: специальность 4.3.1. - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Антоненко Максим Владимирович. – Рязань, 2024. – 154 с.
5. Антонов, Н. М. Результаты исследований размерно-массовых показателей плодов яблок / Н. М. Антонов, Ю. В. Искуснов, Н. И. Лебедь // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 143-149. – EDN PУBNEH.
6. Белю, Л. П. Транспортировка и хранение свежих плодов и

овощей / Л. П. Белю, Д. А. Федяшов, А. С. Дорогов // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 28 февраля 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 145-152. – EDN JATHJR.

7. Берикашвили, В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы: учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Юрайт, 2022. - 164 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/493106> (дата обращения: 24.02.2022).

8. Воздействие колебаний плодоовощной продукции на ее повреждения / И. А. Успенский, Л. П. Белю, А. С. Сивиркина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 155-162. – DOI 10.36508/RSATU.2024.98.54.021. – EDN IXADSM.

9. Волькенштейн М. В. Биофизика: Учеб. руководство, 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 592 с. - ISBN 5-02-013835-5

10. Вылгин, А. В. Физико-механические свойства плодов яблок / А. В. Вылгин // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 30. – EDN HDELST.

11. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. — 11-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2022. - 406 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488572>

12. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - Москва : Юрайт, 2022. - 479 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488573>

13. Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля :

специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с. – EDN SQQTJG.

14. ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия. Введен в действие 01.01.1991. – 11 с.

15. ГОСТ 17812-2022 Ящики деревянные многооборотные для овощей и фруктов. Технические условия. Введен в действие 01.03.2023. – 15 с.

16. ГОСТ 20463-75. Ящики деревянные проволокоармированные для овощей и фруктов. Технические условия. Введен в действие 01.01.1976. – 15 с.

17. ГОСТ 21133-87 Поддоны ящичные специализированные для картофеля, овощей, фруктов и бахчевых культур. Технические условия. Введен в действие 01.01.1989. – 11 с.

18. ГОСТ 27572-2017 Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия. Введен в действие 01.07.2018. – 16 с.

19. ГОСТ 33063-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов. Введен в действие 01.12.2015. – 54 с.

20. ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия. Введен в действие 01.07.2018. – 33 с.

21. ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия. Введен в действие 01.07.2000. – 11 с.

22. ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания. Введен в действие 01.01.2010. – 149 с.

23. ГОСТ Р 8.905-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Манометры показывающие. Рабочие средства измерений. Метрологические требования и методы испытаний. Введен в

действие 01.08.2016. – 23 с.

24. Динамика шагающего передвижения экспериментального транспортного средства / А. С. Мясников, С. Д. Фомин, Н. С. Воробьева, В. В. Жога // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 3(75). – С. 430-440. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-03-49. – EDN JCXQVL.

25. Заводнов В.С. Исследование физико-механических свойств овощей и фруктов и условий их перевозки в сельском хозяйстве: дис. канд. техн. наук: 05.00.00 / В.С. Заводнов. - Москва, 1967. - 194 с.

26. Захаров, С. С. Снижение экономических затрат при перевозке грузов на автотранспорте / С. С. Захаров, А. А. Панова, С. В. Колупаев // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина , Рязань, 13 декабря 2021 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 276-280. – EDN DKAYGU.

27. Иванов А.С. Конструируем машины. Шаг за шагом. В 2-х частях // А.С. Иванов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – Ч.1. – 328 с.

28. Измайлов, А. Ю. Современные технологии и техника для сельского хозяйства - тенденции выставки AGRITECHNIKA 2019 / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, А. С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 6. – С. 28-40. – DOI 10.31992/0321-4443-2020-6-28-40.

29. Инновационные достижения агроинженерных научных учреждений в условиях развития цифровых систем в сельском хозяйстве / Я. П. Лобачевский, Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 5(323). – С. 2-9. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-5-2-8. – EDN IZLBHP.

30. Исследование алгоритма динамического расчета для уменьшения

факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящие к порче перевозимой плодоовощной продукции / И. А. Успенский, М. В. Антоненко, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 3(67). – С. 487-497. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-03-55. – EDN TJAKRY.

31. Исследование границ эффективности применения отдельных средств виброзащиты плодоовощной продукции / И. А. Юхин, А. А. Панова, С. В. Стрыгин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 187-192. – DOI 10.36508/RSATU.2023.92.12.026. – EDN SMYOIY.

32. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием / Л. П. Белю, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3(71). – С. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV.

33. Кодекс Алиментариус. Стандарт на яблоки CXS 299-2010. – 7 с.

34. Контейнерно-транспортная технология уборки, хранения и реализации селекционного картофеля первой полевой репродукции / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 1. – С. 72-76. – DOI 10.31857/S2500208224010168. – EDN WHOUAK.

35. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теория упругости. – М.: Наука, 1987. – 246 с.

36. Лобачевский, Я. П. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации / Я. П. Лобачевский, А. С. Дорохов, А. В. Сибирев // Овощи России. – 2023. – № 5. – С. 5-17. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-5-5-17. – EDN CYLUBG.

37. Лупов, Н. Д. Организация транспортных процессов с регламентированными характеристиками / Н. Д. Лупов, А. А. Панова, М. А.

Рязанцев // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 216-222. – EDN NTEKCR.

38. Метод комплексной оценки качества выполнения технологических операций энергоресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 12-16. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-12-16. – EDN UIBVIU.

39. Мясников, А. С. Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве / А. С. Мясников, С. Д. Фомин, А. А. Ярунов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3(71). – С. 635-652. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-63. – EDN ZQKUVW.

40. Мясников, А. С. Сравнительный анализ результатов полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства / А. С. Мясников, С. Д. Фомин, Д. С. Гапич // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 1(73). – С. 392-403. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-01-44. – EDN FEYQNZ.

41. Мясников, А. С. Численное Моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК / А. С. Мясников, С. Д. Фомин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 1(69). – С. 575-587. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-63. – EDN XSPTDR.

42. Мясников, А. С. Энергозатраты на передвижение комбинированным способом экспериментального транспортного средства по

деформируемой поверхности / А. С. Мясников, С. Д. Фомин, Д. С. Гапич // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 2(74). – С. 383-393. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-45. – EDN PUSHVS.

43. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства / Я. П. Лобачевский, Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 4(310). – С. 2-5. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-4-2-5. – EDN KIGZDF.

44. Обзор разработок в области сохранения качества яблок при перевозке контейнерным способом / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 133. – С. 1280-1299. – DOI 10.21515/1990-4665-133-113. – EDN YPGXMM.

45. Определение оптимальной транспортной скорости груженого тракторного прицепа 2ПТС-4 / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Мачнев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2(66). – С. 396-404. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-02-49. – EDN DYFJWY.

46. Определение показателей уровня техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 15-18. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-2-15-18. – EDN QIKEFA.

47. Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок. - Режим доступа: <https://zakupki.gov.ru/>

48. Официальный сайт интернет-магазина ВсеИнструменты.ру. - Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/>

49. Официальный сайт компании по продажам автомобилей LADA. -

Режим доступа: <https://official-lada.ru>

50. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. - Режим доступа: <https://mcx.gov.ru>.

51. Официальный сайт Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>.

52. Официальный сайт Российской государственной библиотеки. - Режим доступа: <https://www.rsl.ru>.

53. Официальный сайт Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур». - Режим доступа: <https://vniispk.ru>.

54. Официальный сайт Федерального института промышленной собственности. - Режим доступа: <https://www1.fips.ru>

55. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. - Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>

56. Оценка эффективности технологического процесса машинно-тракторного агрегата для уборки овощных культур и картофеля / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 112-116. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp112-116. – EDN CPNAUF.

57. Панова, А. А. Контейнерные перевозки сельскохозяйственных грузов / А. А. Панова, И. А. Юхин // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 398-404. – EDN GBIXDY.

58. Панова, А. А. Модернизация тары для транспортировки плодоовощной продукции / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Юхин // Инновационный вектор развития отечественного АПК : Материалы III Национальной научно-практической конференции с международным

участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 23 ноября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 365-371. – EDN AJLIOS.

59. Панова, А. А. Применение вычислительного эксперимента на базе T-Flex PLM для оценки травмируемость плодоовощной продукции / А. А. Панова // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Сборник тезисов 22 Международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина , Рязань, 17–19 апреля 2024 года. – Рязань: Московский политехнический университет, 2024. – С. 442-443. – EDN PENZTQ.

60. Панова, А. А. Разработка демпфирующих накладок, снижающих, травмируемость плодоовощной продукции при транспортировке контейнерным способом / А. А. Панова // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвящённой 35-летию полета орбитального корабля-ракеты многоразовой транспортной космической системы "Буран", Рязань, 12–14 апреля 2023 года / Под редакцией А.Н. Паршина. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Московский политехнический университет", 2023. – С. 422-424. – EDN HSRWAJ.

61. Панова, А. А. Эскизное проектирование тары для транспортировки плодоовощной продукции / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Юхин // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры, Рязань, 27 октября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 253-258. – EDN UTJOBQ.

62. Патент № 2102298 С1 Российская Федерация, МПК В65D 85/34. ящик для фруктов : № 5033160/13 : заявл. 19.03.1992 : опубл. 20.01.1998 / Н. Д. Бирючевский. – EDN WTDVZE.

63. Патент № 2636569 С Российская Федерация, МПК В65D 85/34, В65D 81/05. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции : № 2016120142 : заявл. 24.05.2016 : опубл. 23.11.2017 / И. А. Юхин, А. А. Голиков, А. А. Симдянкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN BUSFGU.

64. Патент № 2751604 С1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08, В07С 5/04. Способ автоматического управления процессом сортирования клубней картофеля, корней и плодов овощей : № 2020131378 : заявл. 23.09.2020 : опубл. 15.07.2021 / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". – EDN XQMDWF.

65. Патент № 2754027 С1 Российская Федерация, МПК G01N 3/32, G01N 33/02. Устройство для оценки повреждаемости клубнеплодов : № 2020136522 : заявл. 06.11.2020 : опубл. 25.08.2021 / В. Н. Зернов, С. Н. Петухов, А. Г. Аксенов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". – EDN BQFIAG.

66. Патент № 2764947 С1 Российская Федерация, МПК F26В 9/06. Контейнер для транспортировки, сушки и хранения семян : № 2021120575 : заявл. 13.07.2021 : опубл. 24.01.2022 / А. Ю. Измайлов, М. Л. Крюков, М. В. Иванов, К. А. Степанов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – EDN GCAAUV.

67. Патент № 2822741 С1 Российская Федерация, МПК G01N 3/40, А23N 15/00. Многофункциональный стенд для исследования прочности плодов помидоров : № 2024104970 : заявл. 27.02.2024 : опубл. 12.07.2024 / И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева, А. В. Дяшкин [и др.] ; заявитель Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет". – EDN GXXSLW.

68. Патент на полезную модель № 166384 U1 Российская Федерация, МПК В65D 85/34. Контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2016115317/12 : заявл. 19.04.2016 : опубл. 20.11.2016 / В. А. Шафоростов, И. А. Юхин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN IBXDTL.

69. Патент на полезную модель № 176885 U1 Российская Федерация, МПК В65D 85/00. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции : № 2017126554 : заявл. 24.07.2017 : опубл. 31.01.2018 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, С. А. Креков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN IZBAAR.

70. Патент на полезную модель № 217289 U1 Российская Федерация, МПК В65D 81/03, В65D 85/34. контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2022131488 : заявл. 01.12.2022 : опубл. 24.03.2023 / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN JAWTSS.

71. Перспективы исследования колебательных движений автомобиля, влияющих на сохранность плодоовощной продукции, перевозимой в контейнерах / И. А. Успенский, М. В. Антоненко, Н. В. Лимаренко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 154-162. – DOI 10.36508/RSATU.2023.25.94.020. – EDN RBXFAW.

72. Писаренко Г. С., Цветок А. Л., Уманский Е. С. Сопротивление материалов. Учебник / Под ред. Г. С. Писаренко — М.: Высшая школа, 1993. — 655 с.

73. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDN KBXECР.

74. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 18.11.2022) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы"

75. Продовольственная безопасность России и экономические механизмы ее обеспечения / Н. С. Шайтура, Н. В. Останкова, Л.П. Белю [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 7. – С. 209-216. – EDN RMYVTG.

76. Пустовалов, В. С. Совершенствование технологического процесса вывозки яблок из сада и обоснование параметров вибрационной установки для уплотнения их в контейнерах : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пустовалов Валерий Степанович. – Мичуринск, 1984. – 197 с. – EDN NPOJKN.

77. Развитие контейнерных перевозок сельскохозяйственной продукции / А. В. Ерохин, А. А. Панова, А. А. Усольцев, М. Н. Цацина // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 104-109. – EDN BFHVEM.

78. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) "О введении в действие методических рекомендаций "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте"

79. Раюшкина, А. А. Повышение сохранности плодоовощной продукции при ее доставке потребителям автомобильным транспортом : специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Раюшкина Алевтина Анатольевна. – Волгоград, 2004. – 200 с. – EDN NMTMRV.

80. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 3(297). – С. 2-9. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-3-2-9. – EDN FXGGHZ.

81. Результаты оценки производительности технических средств на уборке сельскохозяйственных культур / А. И. Ряднов, В. Н. Руденко, Д. С. Павловский, А. В. Федоров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 2(74). – С. 346-358. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-41. – EDN PJTDNL.

82. Рязанцев, М. А. Особенности транспортировки грузов различных типов / М. А. Рязанцев, И. А. Юхин, А. А. Панова // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 234-240. – EDN LMHPZA.

83. Саврасова Н.Р. Анализ контактного динамического взаимодействия клубня картофеля с поверхностью / Н.Р. Саврасова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. - т. 12. - №1(2). – С. 493-498.

84. Симдянкин, А. А. Оценка повреждаемости яблок в таре при их

перевозке по дорогам с различным покрытием / А. А. Симдянкин, Л. П. Белю // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 4(48). – С. 113-121. – DOI 10.36508/RSATU.2020.48.4.016.

85. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А. А. Усольцев, А. А. Панова, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 106-111. – DOI 10.36508/RSATU.2021.50.53.015. – EDN HCRLII.

86. Современные технические средства для работы в садах / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 134. – С. 1006-1017. – DOI 10.21515/1990-4665-134-082. – EDN YNWXPP.

87. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Л. П. Белю, О. В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2(58). – С. 346-356. – DOI 10.32786/2071-9485-2020- 02-34.

88. Степанова, Е. Г. Реологические свойства яблок при различных способах их обработки / Е. Г. Степанова, В. А. Причко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 5-6(252-253). – С. 72-73. – EDN QCPFFL.

89. Таблицы физических величин. Справочник / под ред. И.К. Кикоина. - М.: Атомиздат, 1976. - 1008 с.

90. Успенский И.А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство / Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. // Техника и оборудование для села. – 2019. - № 10 (268). – С. 26-29.

91. Успенский, И. А. Повышение эффективности перевозок уплотнением груза в контейнере / И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Шафоростов // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 6-7. – EDN XODZNZ.

92. Федеральный закон N 146-ФЗ от 31 июля 1998 г. «Налогового кодекса Российской Федерации: часть первая» // Собрание законодательства Российской Федерации от 3 августа 1998 г. N 31 ст. 3824.

93. Федеральный закон № 117-ФЗ от 5 августа 2000 г. «Налогового кодекса Российской Федерации: часть вторая» // Собрание законодательства Российской Федерации от 7 августа 2000 г. N 32 ст. 3340.

94. Хорт, Д. О. Цифровые технологические и технические решения для интенсивного садоводства : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Хорт Дмитрий Олегович, 2022. – 452 с. – EDN QLANDP.

95. Четвертаков, А. В. Технологические процессы и средства механизации транспортировки и товарной обработки плодов: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Четвертаков Анатолий Васильевич. – Москва, 1994. – 61 с. – EDN ZLROOD.

96. Шаныгин, С. И. Корреляционный и регрессионный анализ : учебник для вузов / С. И. Шаныгин ; ответственный редактор В. В. Ковалев. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 70 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18393-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/534917>

97. Шумская, Н. Н. Обзор реологических свойств яблок обработанных с использованием электроактивированных водных растворов / Н. Н. Шумская, Д. В. Клименко // Инновационные технологии в науке и

образовании (Конференция "ИТНО 2023") : сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции, с. Дивноморское, 04–10 сентября 2023 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. – С. 402-406. – DOI 10.23947/itse.2023.402-406. – EDN CNOWAN. – модуль плода

98. Юхин, И. А. Снижение повреждений картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках стабилизацией транспортных средств : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Юхин Иван Александрович. – Рязань, 2016. – 388 с. – EDN OSFULF.

99. Causes of fruit bruising on transport trucks / O'Brien M., Claypool L.L., ect. – Hilgardia, 1963. - №6. - vol. 35. - p. 113-124.

100. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex/ N.V. Byshov et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 341. - 012145.

101. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S N Borychev et al 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. - 965. - 012048.

102. O'Brian M. Bulk handling and transportation of fruits and vegetables / M. O'Brian // Proc. Internat. Horticult. Congress. Tell-Aviv, 1972. - pp.405-411.

103. Popov V.L. Contact Mechanics and Friction / Popov V.L. // Physical Principles and Applications, Springer-Verlag, 2010. - 362 p.

104. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / Kostenko M.Y., Rembalovich G.K., Simdyankin A.A. and other // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - 2018. - Т. 13. - № 10. - pp. 3502-3508.

105. Vibrating characteristics of fruits as related, to in transit injury / O'Brien M., I.P. Gentry, Gibsons R.C., ect. // Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers/ - 1965. - vol. 8(2). – pp. 241-243

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

**№ 217289**

**КОНТЕЙНЕР ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПЛОДООВОЩНОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)*

Авторы: *Панова Алла Анатольевна (RU), Стрыгин Сергей Васильевич (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU), Шемякин Александр Владимирович (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU), Байбобоев Набижон Гуломович (UZ), Голиков Алексей Анатольевич (RU), Безносюк Роман Владимирович (RU), Кирюшин Илья Николаевич (RU)*

Заявка № 2022131488

Приоритет полезной модели 01 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации 24 марта 2023 г.

Срок действия исключительного права  
на полезную модель истекает 01 декабря 2032 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

**217 289** (13) **U1**

(51) МПК  
*B65D 81/03* (2006.01)  
*B65D 85/34* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*B65D 81/03 (2023.01); B65D 85/34 (2023.01)*

(21)(22) Заявка: 2022131488, 01.12.2022  
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 01.12.2022  
 Дата регистрации:  
 24.03.2023  
 Приоритет(ы):  
 (22) Дата подачи заявки: 01.12.2022  
 (45) Опубликовано: 24.03.2023 Бюл. № 9  
 Адрес для переписки:  
 390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО  
 РГАТУ, Безносюк Р.В.

(72) Автор(ы):  
 Панова Алла Анатольевна (RU),  
 Стрыгин Сергей Васильевич (RU),  
 Успенский Иван Алексеевич (RU),  
 Юхин Иван Александрович (RU),  
 Шемякин Александр Владимирович (RU),  
 Борычев Сергей Николаевич (RU),  
 Байбобоев Набижон Гуломович (UZ),  
 Голиков Алексей Анатольевич (RU),  
 Безносюк Роман Владимирович (RU),  
 Кирюшин Илья Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
 Федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Рязанский государственный  
 агротехнологический университет имени  
 П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: RU 166384 U1, 20.11.2016. KR  
 101164004 B1, 18.07.2012. CN 109229897 A,  
 18.01.2019. CN 107380750 A, 24.11.2017. DE  
 29613599 U1, 26.09.1996.

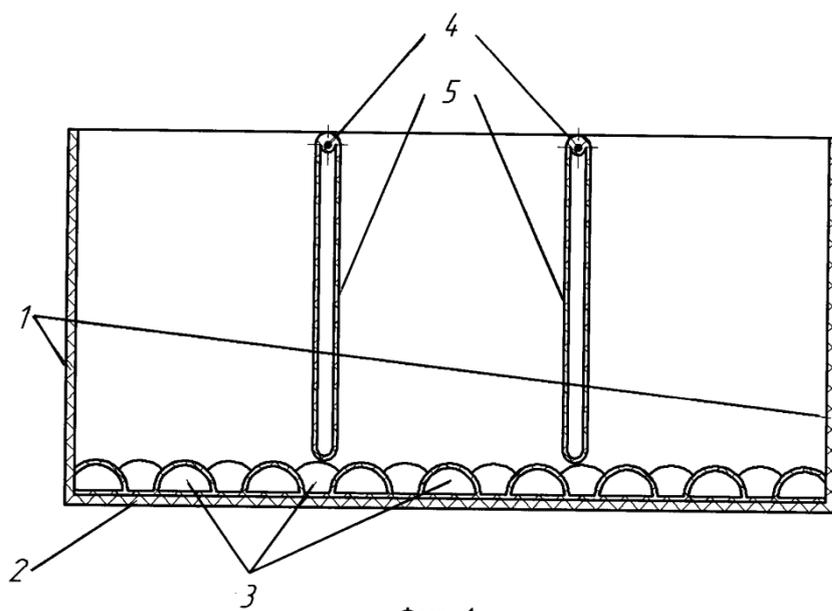
(54) КОНТЕЙНЕР ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

(57) Реферат:  
 Полезная модель относится к пищевым  
 технологиям и может быть использована при  
 транспортировке плодоовощной продукции в  
 свежем виде. Контейнер для перевозки  
 плодоовощной продукции включает стенки и дно,  
 на котором имеются расположенные в  
 шахматном порядке выступы, образующие с  
 плоскостью дна ячейки, причем выступы имеют  
 форму полусферы и выполнены полыми из  
 демпфирующего материала и заполнены газом,

а внутри контейнера на осях, которые закреплены  
 на торцевых стенках, установлены поперечные  
 перегородки, которые по форме соответствуют  
 поперечному сечению контейнера и выполнены  
 из эластичного материала, причем перегородки  
 внутри полые и заполнены газом. Эффективность  
 предлагаемой полезной модели заключается в  
 снижении травмируемости перевозимой  
 плодоовощной продукции.

RU 217289 U1

RU 217289 U1



Фиг. 1

RU 217289 U1

RU 217289 U1

RU 217 289 U1

Полезная модель относится к пищевым технологиям и может быть использована при транспортировке плодоовощной продукции в свежем виде.

Известно устройство (см. патент RU 191227, МПК В65D 8/14, опубл. 30.07.2019) для транспортировки корнеклубнеплодов прямоугольной формы с открытым верхом, включающее основание, пару торцевых стенок, боковину и откидной борт, в верхней своей части шарнирно соединенный с торцевыми стенками, а в верхней части имеющий возможность фиксации с торцевыми стенками при помощи фиксаторов, закрепленную на торцевых стенках оси поперечную перегородку, выполненную из полых трубок из упругого материала, обладающих возможностью вращения вокруг оси поперечной перегородки и имеющих разную длину, причем она уменьшается от центра поперечной перегородки к торцевым стенкам симметрично.

Недостатком известного устройства является травмируемость перевозимой плодоовощной продукции, расположенной в нижнем слое, при взаимодействии с дном контейнера.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является контейнер для перевозки плодоовощной продукции (см. патент RU 166384, МПК В65D 85/34, опубл. 20.11.2016), который включает дно и стенки, на дне которого имеются расположенные в шахматном порядке выступы, образующие с плоскостью дна ячейки, имеющие форму полусферы, выполненные из демпфирующего материала, причем выступы полые и заполнены газом.

Недостатком известного устройства является травмируемость перевозимой плодоовощной продукции, расположенной в верхних слоях за счет взаимодействия ее друг с другом и стенками контейнера при транспортировке.

Основными принципиальными отличиями предлагаемого контейнера для перевозки плодоовощной продукции от существующих аналогов являются следующие:

1) поперечные перегородки по форме соответствуют поперечному сечению контейнера, что позволяет исключить взаимодействие плодов и движение их слоев, расположенных непосредственно у стенок и дна контейнера;

2) поперечные перегородки выполнены из эластичного материала, что позволяет в процессе заполнения контейнера при послойной загрузке плодов зафиксировать их положение за счет плотного прилегания к поперечной перегородке;

3) поперечные перегородки полые и заполнены газом, что позволяет снизить повреждение отдельных некалиброванных плодов при загрузке, а также в процессе транспортировки компенсировать динамическое воздействие соседних плодов, исключая их травмируемость.

Предлагаемая полезная модель направлена на снижение травмируемости перевозимой плодоовощной продукции.

Техническим результатом полезной модели является снижение динамических воздействий на плодоовощную продукцию, расположенную по всему объему контейнера.

Указанный технический результат достигается за счет того, что контейнер для перевозки плодоовощной продукции включает стенки и дно, на котором имеются расположенные в шахматном порядке выступы, образующие с плоскостью дна ячейки, причем выступы имеют форму полусферы и выполнены полыми из демпфирующего материала и заполнены газом, а внутри контейнера на осях, которые закреплены на торцевых стенках, установлены поперечные перегородки, которые по форме соответствуют поперечному сечению контейнера и выполнены из эластичного материала, причем перегородки внутри полые и заполнены газом.

Предлагаемое устройство поясняется фигурами:

Стр.: 3

RU 217 289 U1

фиг. 1 - контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сбоку);  
фиг. 2 - контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сверху);  
фиг. 3 - заполненный контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сбоку);  
фиг. 4 - заполненный контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сверху).

5     Контейнер для перевозки плодоовощной продукции содержит стенки 1 и дно 2, на котором имеются расположенные в шахматном порядке выступы 3, образующие с плоскостью дна ячейки, имеющие форму полусферы, выполненные из демпфирующего материала, причем выступы полые и заполнены газом, а внутри контейнера на осях 4, которые закреплены на торцевых стенках, установлены поперечные перегородки 5,  
10     которые по форме соответствуют поперечному сечению контейнера и выполнены из эластичного материала, причем перегородки внутри полые и заполнены газом.

При загрузке в контейнер плодоовощной продукции 6 происходит на начальном этапе ее взаимодействие с расположенными в шахматном порядке выступами имеющими форму полусферы и под действием веса плодоовощной продукции происходит деформация выступов. Далее послойно загружается плодоовощная продукция, причем происходит ее взаимодействие с поперечными перегородками. В процессе загрузки  
15     плодоовощная продукция, располагаясь с разных сторон от поперечных перегородок, сжимает и фиксирует их положение в контейнере. Причем из-за разной геометрической формы плодоовощной продукции и соответственно воздействия на поперечные  
20     перегородки происходит их деформация. При транспортировке плодоовощной продукции в контейнере происходит изменение положения контейнера, что заставляет перемещаться перевозимую плодоовощную продукцию относительно друг друга. При этом наиболее подвержены перемещению верхние слои загруженной плодоовощной  
25     продукции. Так как в контейнере поперечные перегородки фиксируются нижними слоями плодоовощной продукции и разбивают загруженный объем контейнера на секции, то перемещение верхних слоев плодоовощной продукции ограничено, что исключает их травмируемость.

Эффективность предлагаемой полезной модели заключается в снижении травмируемости перевозимой плодоовощной продукции.

30

#### (57) Формула полезной модели

Контейнер для перевозки плодоовощной продукции, включающий стенки и дно, на котором имеются расположенные в шахматном порядке выступы, образующие с  
35     плоскостью дна ячейки, причем выступы имеют форму полусферы и выполнены полыми из демпфирующего материала и заполнены газом, а внутри контейнера на осях, которые закреплены на торцевых стенках, установлены поперечные перегородки, отличающийся тем, что поперечные перегородки по форме соответствуют поперечному сечению  
40     контейнера и выполнены из эластичного материала, причем перегородки внутри полые и заполнены газом.

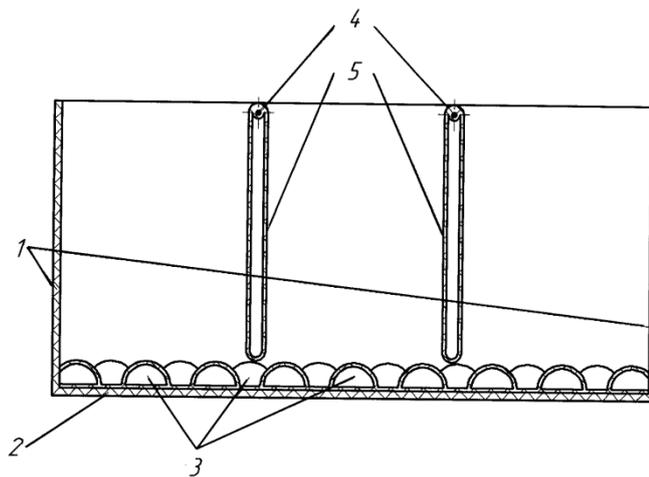
45

45

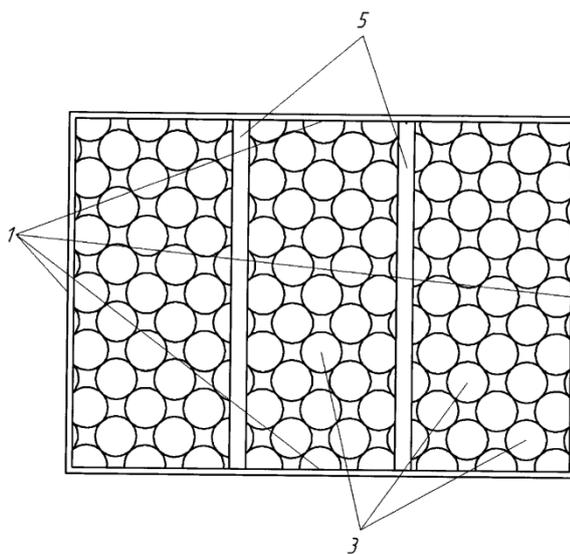
RU 217 289 U1

1

Фигура 1. Контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сбоку)



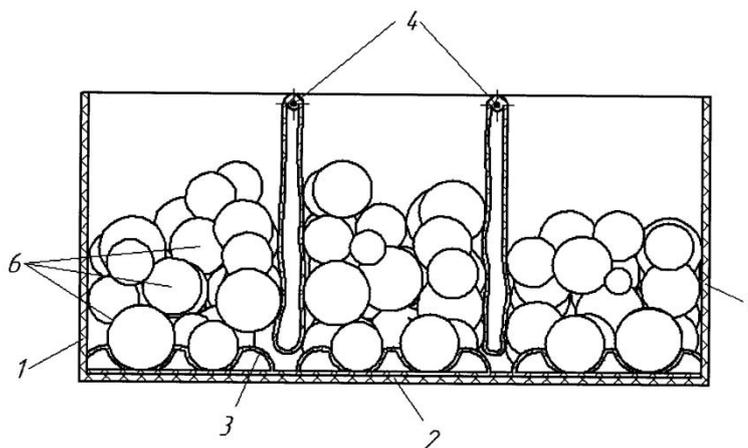
Фигура 2. Контейнер для перевозки плодоовощной продукции (вид сверху)



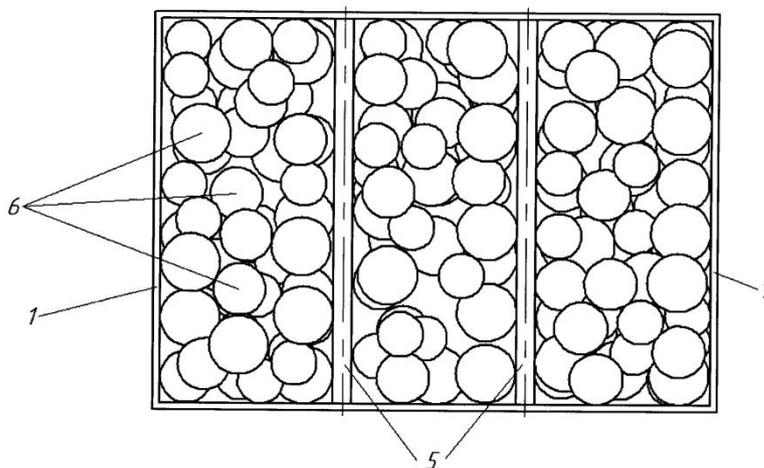
2

RU 217 289 U1

Фигура 3. Заполненный контейнер для перевозки плодоовощной продукции  
(вид сбоку)



Фигура 4. Заполненный контейнер для перевозки плодоовощной продукции



Выдержка из массива данных «Серийный контейнер – легковой автомобиль -  
грунтовая дорога - скорости 30 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer  
Axis: XYZ  
Size: 3155  
Y-axis: g  
Sampling rate: 5.000 Hz

#####  
X;Y;Z

#####  
-0.6527709961;-0.3070373535;-0.6686401367  
-0.5919342041;-0.1923065186;-0.8291473389  
-0.6379394531;-0.2587280273;-0.8133087158  
-0.8654327393;-0.5848083496;-0.3487548828  
-1.1952362061;-0.1155395508;-0.1418304443  
-0.9838714600;-0.3625488281;-0.1385040283  
-1.1369476318;-0.3279266357;-0.1717376709  
-0.9368286133;-0.3867187500;-0.4088287354  
-1.0314331055;-0.2113494873;-0.1740722656  
-0.8698120117;-0.1322479248;-0.1206054688  
-0.8632812500;-0.0731811523;-0.2719879150  
-0.9392700195;-0.1095733643;-0.2705078125  
-0.9876556396;-0.1476287842;-0.3787994385  
-0.9862823486;-0.1702117920;-0.2102355957  
-1.0693054199;-0.2106475830;-0.3804626465  
-0.7411804199;-0.1650238037;-0.1527099609  
-1.0120849609;-0.1824188232;-0.0663299561  
-1.5324707031;-0.1997222900;-0.3232879639  
-0.9765319824;-0.1086883545;-0.1216888428  
-0.9577331543;-0.0835266113;-0.0427703857  
-1.0751647949;-0.0854492188;-0.0131378174  
-0.8998260498;-0.1688079834;0.2099914551  
-0.7482299805;-0.1905670166;-0.0198059082  
-0.8296813965;-0.0407562256;-0.4605560303  
-1.4554138184;0.3248291016;-0.2810668945  
0.0861053467;0.1901245117;-0.5974121094  
-0.8269348145;0.2822418213;-0.4098358154  
-1.0069122314;0.1054077148;-0.5166320801  
-0.9074707031;0.4151458740;-0.3618621826  
-1.1149139404;0.5265502930;-0.3509521484  
-0.7857513428;1.0714721680;-0.1936950684  
-0.9093933105;0.5131988525;-0.2471466064  
-0.8725891113;0.5478973389;-0.2928314209  
-0.7604827881;0.3130645752;-0.1223297119  
-0.7827453613;0.5287017822;-0.3166503906  
-0.8811645508;0.4913635254;-0.2172088623  
-0.1410522461;0.1013793945;0.0729522705  
-0.5700073242;0.7434692383;0.1504058838  
-1.1628570557;0.0292205811;0.0169830322  
-0.8845977783;0.4672393799;0.2722778320  
1.2413055420;0.2624816895;0.9414520264  
0.8958282471;0.4390258789;-0.1400299072  
-0.9940338135;0.2920532227;-0.0474090576  
-0.9909973145;0.1183471680;0.0204772949

Выдержка из массива данных «Предложенный контейнер – легковой автомобиль - грунтовая дорога - скорости 30 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer  
 Axis: XYZ  
 Size: 3155  
 Y-axis: g  
 Sampling rate: 5.000 Hz

#####  
 X;Y;Z  
 #####

-0.4045013428;0.0704498291;0.0462799072  
 -0.5043792725;0.0697784424;0.0581512451  
 -0.6997100830;0.0566253662;0.0497131348  
 -0.7847106934;0.0704956055;0.0692138672  
 -0.6984283447;0.0484161377;0.0473022461  
 -0.5052490234;0.0722045898;0.0514984131  
 0.3103607178;0.0677947998;0.0501556396  
 -0.6844970703;0.0671081543;0.0503997803  
 -0.6898376465;0.0638885498;0.0651550293  
 -0.5863739014;0.0543365479;0.0529022217  
 -0.0161895752;0.0695648193;0.0514068604  
 0.7995422363;0.0664672852;0.0494384766  
 -0.0227813721;0.0652313232;0.0587005615  
 -0.5768981934;0.0633239746;0.0618286133  
 -0.4896392822;0.0577392578;0.0540313721  
 -0.0121154785;0.0701446533;0.0498352051  
 -0.4964752197;0.0679779053;0.0427856445  
 0.0355529785;0.0717773438;0.0619812012  
 -0.3662322998;0.0690612793;0.0570068359  
 -0.5870758057;0.0646209717;0.0593872070  
 -0.0079498291;0.0631713867;0.0552673340  
 -0.0026855469;0.0681610107;0.0454864502  
 -0.0064239502;0.0727996826;0.0547332764  
 -0.4829254150;0.0659790039;0.0616607666  
 -0.5668273926;0.0595245361;0.0061187744  
 -0.1120147705;0.0654602051;0.0299530029  
 -0.5751892090;0.0653686523;0.0749359131  
 0.0102233887;0.0682525635;0.0432586670  
 -0.2838867188;0.0739898682;0.0575561523  
 -0.5953308105;0.0647735596;0.0597534180  
 -0.7987640381;0.0665740967;0.0650787354  
 -0.5958190918;0.0621948242;0.0463409424  
 0.6220489502;0.0710449219;0.0524291992  
 -0.6887847900;0.0711059570;0.0545349121  
 -0.7776306152;0.0621490479;0.0552215576  
 -0.0042724609;0.0663146973;0.0635223389  
 -0.7898834229;0.0626068115;0.0460205078  
 0.4181732178;0.0749359131;0.0593109131  
 0.0059051514;0.0674438477;0.0491638184  
 -0.4754486084;0.0684814453;0.0598907471  
 -0.5958953857;0.0631561279;0.0632476807  
 -0.7988250732;0.0621337891;0.0499267578  
 -0.3174102783;0.0759582520;0.0532379150

Выдержка из массива данных «Серийный контейнер – легковой автомобиль –  
дорога с асфальтобетонным покрытием - скорости 55 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer

Axis: XYZ

Size: 4096

Y-axis: g

Sampling rate: 5.000 Hz

# #

X;Y;Z

# #

-0.4885864258;-0.1681518555;0.0338439941  
 -0.4951477051;-0.1676483154;0.0278472900  
 -0.4922180176;-0.1714477539;0.0284576416  
 -0.0003509521;-0.1622161865;0.0209655762  
 0.2859771729;-0.1652374268;0.0429229736  
 0.2664154053;-0.1627044678;0.0336456299  
 -0.6847564697;-0.1708374023;0.0289154053  
 -0.8787750244;-0.1661834717;0.0274200439  
 -1.0014343262;-0.1666412354;0.0275421143  
 -1.1116424561;-0.1691589355;0.0381622314  
 -0.9657440186;-0.1715698242;0.0287780762  
 -0.9596557617;-0.1797790527;0.0218658447  
 -0.9815216064;-0.1784667969;0.0303192139  
 -0.9948883057;-0.1861877441;0.0072326660  
 -0.9811553955;-0.1548156738;0.0817565918  
 -0.9678039551;-0.1792449951;0.0179901123  
 -0.9872131348;-0.1873474121;0.0233764648  
 1.0101165771;-0.1984558105;0.0371398926  
 0.9446563721;-0.2144317627;0.0349884033  
 0.8833312988;-0.2447662354;0.0386199951  
 -0.0015258789;-0.2658691406;-0.0005493164  
 -0.0312805176;-0.2257537842;0.0254974365  
 -0.9919891357;-0.2375488281;0.0395660400  
 -0.9478912354;-0.2693328857;0.0056610107  
 -0.9417266846;-0.2866058350;0.0206146240  
 -0.9789581299;-0.3016357422;0.0303649902  
 -0.9728393555;-0.2807464600;0.0451965332  
 -0.7716064453;-0.1911163330;-0.0259094238  
 -0.9587554932;-0.2923431396;0.0517730713  
 -0.9576110840;-0.3154602051;0.0409851074  
 -0.9092407227;-0.3182678223;0.0405578613  
 0.9315490723;-0.3291168213;0.0046539307  
 0.9469909668;-0.3155212402;0.0248718262  
 0.9746246338;-0.3404388428;0.0584259033  
 -0.9969329834;-0.3271026611;0.0237731934  
 -0.9588775635;-0.2933197021;0.0998077393  
 -0.9616394043;-0.3296661377;0.0529937744  
 -0.9151763916;-0.3290252686;0.1168823242  
 -0.9859008789;-0.3123626709;0.1149597168  
 -0.0280242920;-0.2386322021;0.1577606201  
 -0.0083557129;-0.2782897949;0.1192169189  
 0.3432678223;-0.3522338867;0.1245880127  
 0.4635620117;-0.3285064697;0.1877136230

Выдержка из массива данных «Предложенный контейнер – легковой автомобиль – дорога с асфальтобетонным покрытием - скорости 55 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer  
 Axis: XYZ  
 Size: 4096  
 Y-axis: g  
 Sampling rate: 5.000 Hz

#####  
 X;Y;Z  
 #####

-0.1832000732;-0.0972442627;0.0443572998  
 -0.1818267822;-0.1255035400;0.0026245117  
 -0.2994201660;-0.0910491943;0.0045318604  
 -0.2537963867;-0.1001892090;0.0617065430  
 -0.5965057373;-0.1301422119;0.0185852051  
 -0.0985107422;-0.1779327393;-0.0319519043  
 -0.0331115723;-0.1045532227;0.1548767090  
 0.3264831543;-0.0873870850;0.0607147217  
 0.3106292725;-0.0964508057;0.0147094727  
 0.7066290283;-0.1347656250;-0.0618743896  
 0.5367340088;-0.1815338135;-0.0312042236  
 -0.6544525146;-0.1303710938;0.0213165283  
 -0.6939727783;-0.1143341064;0.0530090332  
 -0.4407348633;-0.1173553467;0.0383758545  
 -0.4323425293;-0.1048278809;0.0597381592  
 -0.0310058594;-0.1655273438;0.0882415771  
 0.0068511963;-0.1312103271;0.0465545654  
 0.2794677734;-0.1551666260;0.0330505371  
 0.6524841309;-0.1241302490;-0.0697784424  
 0.3217071533;-0.1040496826;-0.0032348633  
 0.2788208008;-0.1246948242;0.0329437256  
 0.0006103516;-0.1410675049;-0.0027770996  
 0.1033477783;-0.1491546631;0.0102386475  
 -0.7181060791;-0.0594024658;0.1231842041  
 -0.0256347656;-0.1243743896;0.0609130859  
 -0.0708007812;-0.1674957275;-0.0004272461  
 -0.5309692383;-0.0835113525;-0.0410614014  
 -0.1315155029;-0.1546783447;0.0845642090  
 -0.5143218994;-0.0901184082;0.0053253174  
 -0.5544982910;-0.0794067383;0.0147094727  
 -0.4536376953;-0.1006927490;0.0150299072  
 -0.2695343018;-0.1444854736;0.0383605957  
 0.1276947021;-0.1412506104;0.0847930908  
 0.3665832520;-0.1118011475;-0.0278930664  
 0.5865203857;-0.1447296143;0.0300292969  
 -0.2517669678;-0.1089935303;0.0217437744  
 -0.0509338379;-0.1567230225;0.0148010254  
 -0.0771331787;-0.1381683350;0.0392303467  
 -0.0655975342;-0.1104583740;0.1309509277  
 -0.8951568604;-0.0998992920;0.0130920410  
 -0.1717559814;-0.0961761475;0.0046386719  
 -0.1102020264;-0.0912322998;0.0019836426

Выдержка из массива данных «Серийный контейнер – легковой автомобиль –  
дорога с асфальтобетонным покрытием - скорости 85 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer  
Axis: XYZ  
Size: 3590  
Y-axis: g  
Sampling rate: 5.000 Hz

#####  
X;Y;Z  
#####

-0.2059478760;-0.1547241211;0.0233612061  
-0.9015655518;-0.0900115967;-0.0379791260  
-0.9463653564;-0.1323547363;-0.0084533691  
-1.7113830566;-0.1419372559;-0.0506134033  
-2.0495910645;-0.1394348145;0.0131072998  
-2.4836822510;-0.1000366211;0.0374298096  
-1.9328308105;-0.1268768311;0.0033264160  
-1.1257171631;-0.1838684082;-0.0538787842  
-0.9102935791;-0.1426239014;0.0000000000  
-0.5913482666;-0.1366882324;0.0265502930  
-0.5934234619;-0.1643066406;0.0727081299  
-0.0875488281;-0.1727600098;0.0361022949  
1.0372009277;-0.1655426025;0.0747528076  
1.9523773193;-0.1592102051;0.0526275635  
1.9426727295;-0.1457214355;0.0789489746  
0.8202178955;-0.1782836914;0.0070343018  
0.6909820557;-0.1649169922;0.0624694824  
-1.0504150391;-0.2048492432;0.0550384521  
-0.9531402588;-0.1717681885;0.0671997070  
-1.1674499512;-0.2142181396;0.0829620361  
-0.8719024658;-0.1379241943;0.0865936279  
-0.8624114990;-0.1248016357;-0.0479431152  
1.8735839844;-0.2387847900;0.0195007324  
1.9286041260;-0.1759948730;0.0813446045  
2.1763702393;-0.1892242432;0.0747680664  
1.0087432861;-0.1718444824;-0.0086669922  
0.9947509766;-0.2055358887;-0.0036621094  
0.3894653320;-0.1627807617;0.0209197998  
-1.0225219727;-0.1900787354;0.0557861328  
-0.9524688721;-0.1381225586;0.0560913086  
-1.0326843262;-0.1899719238;0.0355987549  
-0.9989318848;-0.1606597900;0.0991821289  
-1.0135803223;-0.1735076904;0.1312866211  
-1.7014648438;-0.1219940186;0.0888366699  
-1.9957641602;-0.1146545410;0.0754241943  
-1.9913787842;-0.1168212891;0.0442199707  
-0.9165344238;-0.1105499268;-0.0195159912  
-1.0142059326;-0.1217346191;0.0426025391  
-0.9671173096;-0.0971679688;-0.0193634033  
-1.0163726807;-0.0616149902;0.0303802490  
-1.0359039307;-0.0485534668;0.0755920410  
-1.0123901367;-0.0565490723;-0.0315704346

Выдержка из массива данных «Предложенный контейнер – легковой автомобиль – дорога с асфальтобетонным покрытием - скорости 55 км/ч»

Source: Inbuilt accelerometer  
 Axis: XYZ  
 Size: 3590  
 Y-axis: g  
 Sampling rate: 5.000 Hz

#####  
 X;Y;Z  
 #####

-0.8649291992;-0.0815124512;-0.0422821045  
 -0.6579742432;0.0385131836;-0.1119995117  
 -1.2131347656;-0.1179962158;0.2749176025  
 -1.0398712158;-0.0638122559;-0.0345153809  
 -1.0180816650;-0.0836639404;0.0803680420  
 -0.9143066406;-0.0513305664;0.0603485107  
 -0.9718780518;-0.0414581299;0.1167907715  
 -1.0488891602;-0.0722808838;0.0520019531  
 -1.0023193359;-0.0413208008;0.0656585693  
 -1.1038970947;-0.0985107422;0.0055084229  
 -1.1085662842;-0.0868377686;0.0727081299  
 -1.0536193848;-0.0845794678;0.0403289795  
 -0.8758544922;-0.0195007324;0.0503082275  
 0.9479217529;-0.0578155518;0.0841522217  
 0.9840393066;-0.0743865967;0.1064147949  
 1.0390167236;-0.1013793945;0.0852203369  
 1.2663146973;-0.1327667236;0.0541839600  
 1.5536651611;-0.1420288086;0.0286407471  
 1.0172119141;-0.1191253662;0.0576934814  
 -0.2461975098;-0.0597534180;0.1119079590  
 -0.2314880371;-0.0504150391;0.1242370605  
 -0.9449157715;-0.0712432861;0.0680694580  
 -0.9532165527;-0.0816192627;0.0884704590  
 -1.0067596436;-0.0802764893;-0.0245971680  
 -1.6579071045;-0.1059722900;0.1255187988  
 -0.8734436035;-0.0433654785;0.0682373047  
 -1.1106109619;-0.0599975586;0.0709686279  
 -0.9919891357;-0.0536041260;0.0663299561  
 -0.3236145020;-0.0499725342;0.0796203613  
 0.5920501709;-0.0111236572;0.0701599121  
 0.6805145264;-0.0587921143;-0.0007171631  
 0.2039642334;-0.1126251221;0.0356292725  
 -1.0069885254;-0.0572662354;-0.0942382812  
 -1.0174865723;-0.0567626953;-0.0440979004  
 -1.1566009521;-0.0929565430;-0.0554656982  
 -0.8580932617;-0.0310974121;0.0531311035  
 -0.8560943604;-0.1082458496;0.0484161377  
 -0.2379211426;-0.1092376709;0.0248413086  
 0.0889587402;-0.1702270508;0.0661315918  
 0.0804901123;-0.1540069580;-0.0106964111  
 0.0788726807;-0.1432189941;0.0605163574

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполнительный директор ООО «Авангард»

Рязанского района Рязанской области

Красников И.Г.



27 декабря 2024 года

внедрения контейнера для транспортировки яблок в ООО «Авангард»  
Рязанской области, Рязанского района, д. Хирино

Комиссия в составе: представителей общества с ограниченной ответственностью «Авангард» - исполнительного директора Красникова Ивана Гавриловича, главного инженера Липатова Николая Васильевича и представителей ФГБОУ ВО РГАТУ – заведующего кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики доктора технических наук, профессора Юхина Ивана Александровича, аспиранта кафедры Пановой Аллы Анатольевны, составила настоящий акт о том, что предложенный контейнер для транспортировки яблок проходил экспериментальное внедрение в 2024 году в ООО «Авангард» Рязанской области, Рязанского района, д. Хирино.

В результате исследований было выявлено, что предложенный контейнер для транспортировки яблок снижает повреждения яблок сорта «Кандиль Орловский» на 17,43% по сравнению с серийной тарой, а снижение себестоимости выполнения 1 ездки на грузовом автомобиле составляет 36,9%.

Подписи:

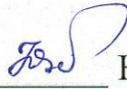
Исполнительный директор ООО «Авангард»

 Красников И.Г.

Главный инженер ООО «Авангард»

 Липатов Н.В.

Заведующий кафедрой автотракторной техники  
и теплоэнергетики ФГБОУ ВО РГАТУ,  
д.т.н., профессор

 Юхин И.А.

аспирант кафедры автотракторной техники  
и теплоэнергетики ФГБОУ ВО РГАТУ

 Панова А.А.