

УДК 664.8.03

Определение допустимых режимов уплотнения фруктов в таре при их товарной обработке

Коваленко А.В. kol-dun67@yandex.ru

ДонНУЕТ «Донецкий национальный университет экономики та торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». г.Донецьк, Україна

Иванова М.А. mtomz85@mail.ru; **Громцев А.С.** aleex_g@mail.ru

Университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Целью предлагаемой работы является разработка мероприятий по товарной обработке фруктов. Для решения этой цели нами предложены изучить следующие задачи: 1) исследование уровня кинетической энергии, при котором возникающие деформации плода снижают его товарный вид; 2) исследовалось влияние допустимой ударной нагрузки на фрукты от остаточной деформации. При упаковке насыпью плоды располагаются в ящике бессистемно, поэтому равновесие системы, образуемой плодами, является неустойчивым. Во время вибрационного воздействия на слой яблок в нём возникают переменные по направлению инерционные силы, которые в соответствующие фазы колебательного движения уменьшают силы связи плодов друг с другом. Достигнув определённой величины, инерционные силы нарушают равновесие сил в слое и вызывают тем самым смещение плодов друг с другом, совершая комплекс разнообразных движений, плоды под действием инерционных сил занимают сначала имеющееся, а затем и образующееся в результате смещений соседних плодов свободное пространство. Задача состоит в том, чтобы обеспечить сохранность плодов при транспортировке не хуже чем при ручной укладке, то интерес представляют те режимы вибрации, при которых достигается плотность упаковки, близкая к плотности при ручной укладке.

Ключевые слова: яблоки, соударение, уплотнение, деформация, хранение

Determination of permissible modes seal fruits and vegetables in containers at their commodity processing

Kovalenko A.V. kol-dun67@yandex.ru

DonNUET «Donetsk National University of Economics and Trade»
Donetsk, Ukraine

Ivanova M.A. mtomz85@mail.ru; **Gromtsev A.S.** aleex_g@mail.ru

University ITMO

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The aim of this paper is to develop activities in the commodity processing of fruits and vegetables. To address this goal, we proposed to study the following tasks: 1) study the level of kinetic energy, which deforms fruit and reduces their marketability; 2) study the effect of a permissible shock load on fruit from permanent deformation. When packing in bulk, fruit arranged haphazardly in a box. So the equilibrium of the system of fruits, is unstable. During vibration impact on the layer of apples, appears the force of inertia

variable in direction, which in the appropriate phase of the vibrational motion, will reduce the coupling strength of fruit with each other. Upon reaching a certain value, the inertial forces disturb the balance of forces in the layer and thus causing offset of fruits to each other. Performing a variety of complex movements, the fruit under the action of inertial forces occupy the first available space, and then, the space that appeared as a result of displacement of neighboring fruits. The challenge is to ensure the safety of fruits during transportation is not worse than after the manual stacking. But interest are those vibration modes at which the packing density is achieved as close as the density of manual stacking.

Keywords: apples, collision, compression, deformation, storage.

Фрукты расфасованные в тару насыпью располагаются бессистемно и занимают на 5-15% больше места, чем при их укладке вручную. Это, соответственно ведёт к повышению затрат на хранение и транспортировку.

С целью снижения затрат на транспортировку фруктов нами предлагается для уплотнения в таре изготовить виброплощадку.

Совместное периодическое действие инерционных сил и веса верхних плодов приводит к «расклиниванию» и опусканию плода в нижележащий слой, поэтому последовательное движение плодов происходит преимущественно вниз.

Свободное пространство может быть невелико в начальный момент, но достаточно для внедрения в него хотя бы части плода.

Уплотнение продолжается до тех пор, пока плоды не займут устойчивого положения и возросшее внутреннее сопротивление не компенсирует суммарного действия веса и инерционных сил.

При проведении опытов с яблоками сорта Симеренко плотность упаковки достигла 0,49 кг/дм³, что на 7% больше, чем при упаковке насыпью.

При таком способе уплотнения сразу возникает вопрос о повреждаемости плодов. Известно, что при ударе происходит очень быстрое превращение кинетической энергии ударяющего тела в потенциальную энергию деформации, поэтому при динамическом методе исследования механических свойств плодов за основу обычно принимают кинетическую энергию движущейся массы.

Цель данного исследования – определить уровень кинетической энергии, при котором возникающие деформации плода приводят к переходу его из одного товарного сорта в другой.

Соппротивление яблок воздействию ударных нагрузок изучено с помощью специального прибора (рис. 1). Он состоит из основания 11, стойки 12, корпуса 4 с подшипником качения, сидящим на оси 3, стержня 13 и шкалы 7, закреплённой на основании кронштейном 9. На один конец стержня навинчивают два груза 1 и 2 для приближённой и точной балансировки его. На другом конце стержня имеется указатель 8. На расстоянии $\frac{2}{3}$ длины стержня от центра вращения укреплен держатель ударной части 5.

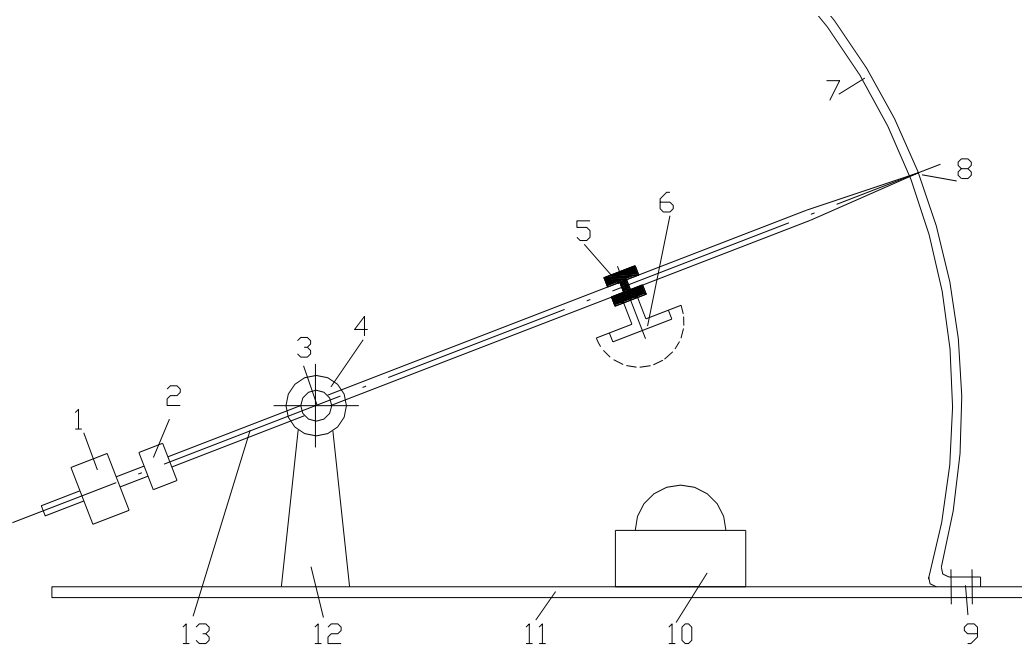


Рис. 1. Схема прибора для определения сопротивления плодов ударным нагрузкам.

1, 2 - грузы; 3 - ось; 4 - корпус с подшипником качения; 5 - держатель ударной части; 6 - ударная часть; 7 - шкала; 8 - указатель; 9 - кронштейн; 10 - подставка; 11 - основание; 12 - стойка; 13 - стержень.

При работе с прибором половину плода помещают в подставку 10. В держателе закрепляют ударную часть 6 (половину яблока исследуемого сорта, деревянный брусок и т.д.). Держатель следует ввернуть в стержень настолько, чтобы при соприкосновении соударяемых тел указатель 8 находился на нулевом делении шкалы. Затем ударную часть снимают и грузами 1 и 2 производят балансировку стержня, а ударную часть вновь закрепляют в держателе, отклоняют вместе со стержнем по шкале на определённый угол и отпускают без начальной скорости. Стержень вращается, и ударная часть соударяется с плодом.

При проведении опытов было отмечено, что после соударения ударная часть отклоняется от нулевого деления на угол, не равный первоначальному углу отклонения, т.е. наблюдается не вполне упругий удар.

Показателем, характеризующим упругие свойства соударяемых тел, является коэффициент восстановления $k_в$.

При ударе о неподвижную поверхность:

$$k_в = \frac{u}{v}, \quad (1)$$

где v и u – скорость ударной части соответственно в начале и конце удара.

Если расстояние от ударной части соответственно в начале и конце удара.

Если расстояние от ударной части до оси вращения принять за l_g , то

$$v = l_g \cdot \omega; u = l_g \cdot \omega_1;$$

где ω и ω_1 – угловая скорость стержня соответственно в начале и конце удара.

Тогда

$$k = \frac{l_g \cdot \omega_1}{l_g \cdot \omega} = \frac{\omega_1}{\omega}. \quad (2)$$

Для определения угловых скоростей воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии движущейся материальной точки, согласно которой:

$$T - T_0 = \sum A$$

где T_0 и T – кинетическая энергия движущейся материальной точки соответственно в начале и конце движения;

$\sum A$ – сумма работ сил, приложенных к материальной точке на пройденном ею пути.

В нашем случае стержень начинает поворачиваться без начальной скорости, а работу создаёт только сила тяжести ударной части. Получим

$$\frac{1}{2} \cdot I_0 \cdot \omega^2 = m_1 \cdot g \cdot l_g (1 - \cos \varphi) = 2 \cdot m_1 \cdot g \cdot l_g \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2};$$

$$\frac{1}{2} \cdot I_0 \cdot \omega_1^2 = m_1 \cdot g \cdot l_g (1 - \cos \varphi_1) = 2 \cdot m_1 \cdot g \cdot l_g \cdot \sin^2 \frac{\varphi_1}{2};$$

где I_0 – момент инерции ударной части относительно оси вращения;

m_1 – масса ударной части;

φ , φ_1 – угол отклонения ударной части соответственно до и после удара.

Произведя необходимые преобразования, получим:

$$\omega = \sqrt{\frac{4 \cdot m_1 \cdot g \cdot l_g \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2}}{I_0}}; \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot m_1 \cdot g \cdot l_g \cdot \sin^2 \frac{\varphi_1}{2}}{I_0}};$$

Подставив полученные значения ω и ω_1 в формулу (2), найдём:

$$k_{\sigma} = \frac{\sin \frac{\varphi_1}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$

По этому методу для определения коэффициентов восстановления при соударении яблок исследуемых сортов с различными поверхностями провели серию опытов с начальными угловыми отклонениями 30 и 45°. Углы отклонений фиксировали по шкале прибора. За величину коэффициента в каждом варианте принято среднее из полученных значений (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты восстановления яблок при соударении с различными поверхностями

Соударяемые тела	Коэффициент восстановления			
	айдаре д	симеренк о	монтуа н	спарта н
Яблоко – деревянная поверхность	0,1755	0,232	0,215	0,1855
Яблоко – яблоко	0,170	0,1585	0,1755	0,1855

Как видим, большее значение коэффициента восстановления получены при соударении плода с деревянной поверхностью. Следовательно, в этом случае наблюдается меньшая потеря кинетической энергии на остаточную деформацию плода. При соударении яблока с яблоком удар оказывается менее упругим (в связи с сезонностью).

Нами рассмотрено влияние допустимой ударной нагрузки при её воздействии на фрукты, зависимость остаточной деформации и площади нажимов на плодах от числа циклов соударений.

Для определения энергии, затрачиваемой на образование ушиба площадью 1 см², образцы продукта подвергались ударному воздействию стальной пластиной при различных уровнях энергии.

Запас кинетической энергии в момент удара определяли по формуле:

$$T = \frac{m_1 \cdot v^2}{2}$$

где m_1 – масса ударной части;

v – скорость ударной части в момент удара.

Поскольку $v = \sqrt{2gH_n}$, где H_n – высота падения, то $T = m_1 g H_n$

Изменением массы ударной части и высоты падения были достигнуты уровни кинетической энергии $3,4 \cdot 10^{-2} - 38,2 \cdot 10^{-2}$ Дж.

После соударения спустя два дня, когда ушибы на плодах стали отчётливо видны, измеряли их диаметры и определяли площадь. По полученным результатам построены графики зависимости площади ушиба от величины кинетической энергии соударения (рис. 2).

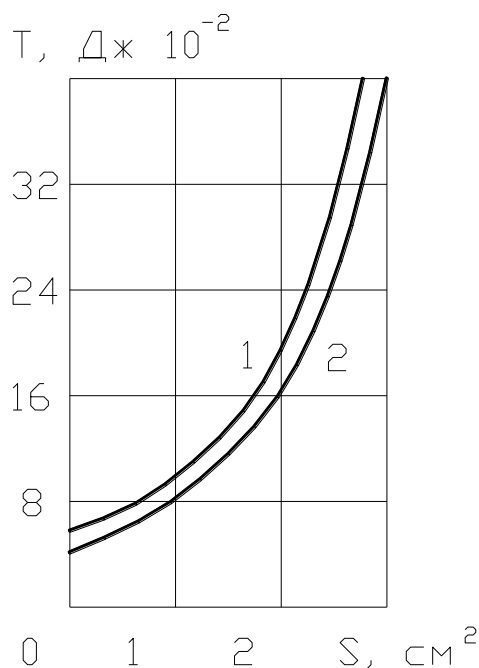


Рис. 2. Зависимость площади ушибов от кинетической энергии соударения на яблоках

Как видно, эта зависимость выражена криво, близкой к квадратичной параболе, и может быть представлена соотношением вида:

$$T = (k \cdot S^2 - T_0)10^{-2} \quad (3)$$

где T – кинетическая энергия соударения;

S – площадь ушиба на плоде;

k – коэффициент пропорциональности;

T_0 – кинетическая энергия соударения, при которой на плоде не остаётся следов ушиба.

Значения k и T_0 для каждого вида продукта и варианта соударения тел определены графическим способом (табл. 2)

Таблица 2. Значение членов, входящих в эмпирическую формулу (3)

Соударяемые тела	Симеренко		Спартан	
	k	T_0	k	T_0
Яблоко-сталь	4,2	2,7	4,3	3,9
Яблоко-яблоко	4,2	4,3	5,1	5,5

Из графиков и после подсчёта по формуле (3) находим значения допустимой кинетической энергии соударения плодов друг с другом: для сорта Симеренко $7,8 \cdot 10^{-2}$ Дж, для сорта Спартан $10,2 \cdot 10^{-2}$ Дж, а при соударении их со стальной пластиной соответственно $6,1 \cdot 10^{-2}$ Дж и $7,4 \cdot 10^{-2}$ Дж.

Полученные значения допустимой кинетической энергии соударения позволяют определить критическую высоту падения для плода любой массы

$$H_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{доп}}}{mg}$$

где $H_{\text{доп}}$ – допустимая высота падения, м;

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

m – масса плода, кг.

Например доля яблок сорта Симеренко, масса 130 г при падении на плоскую металлическую поверхность допустимая высота составляет 6,3 см, для яблок сорта Спартан массой 90 г – 8,5 см, при падении на яблоко того же сорта – соответственно 6,4 и 9,9 см.

Высота падения, при которой на яблоках указанной массы не останется ушиба, для сортов Симеренко и Спартана составляет соответственно 1,8 и 3,3 см при соударении с плоской металлической поверхностью; 3,1 и 4,8 см при соударении с яблоком того же сорта.

Эти данные хорошо согласуются с результатами других исследователей, занимающихся вопросами, связанными со сбрасыванием единичных плодов на различные поверхности.

Пользуясь формулами, можно по значению допустимой кинетической энергии для яблок различной массы определить также допустимую скорость соударения.

Список литературы

1. Четвертаков А.В., Брутер И.М., Бранд С.Б. Машины для товарной обработки плодов. М., «Машиностроение», 1977, 155 с.
2. Буряков А.И., Воронок Б.А. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений, почв и удобрений. –М.: Колос, 1970. –423с.
3. Потенциальная лёжкоспособность плодов и ее реализация при хранении: [Сборник статей] /АН МССР, Ин-т физиологии и биохимии растений. Кишинёв 1989, под общ. ред. Матиенко С.В.
4. Переработка и хранение пищевых продуктов М.: Высш. Школа, 1993.
5. Перевозки и подъёмно-транспортные средства в сельском хозяйстве. /Перевод с нем. и предисловие М.И. Серебряного –М: Колос, 1978.
6. Вибрационная техника в рыбной промышленности /[Гончаревич И.Ф., Декин К.Д., Асейнов С.А. и др.] Под ред. И.Ф.Гончаревича –М.: Агропромиздат, 1988.
7. Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Изучение режимов кавитационного разрушения пищевого сырья как элемента нанотехнологий. Известия СПбГУНПТ, №3, 2007, с.29-31.
8. Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Рабочий орган для восстановления кавитационного диспергатора. Патент РФ на изобретение №2339497, 2007.
9. Алексеев Г.В., Кондратов А.В., Верболоз Е.И. Модель кавитационного разрушения пищевого сырья. Хранение и переработка сельхозсырья, №11, 2007, с.56-59.
10. Мурашев С.В., Белова А.Ю., Вержук В.Г. Раннее прогнозирование потерь плодовой продукции при холодильном хранении.//Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1.
11. Юданова А.В. Оптимизация ресурсосберегающих процессов на уборке, товарной обработке и реализации пасленовых овощей.//Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2010. № 1. с. 170.
12. Фаталиев К.Г. Инновационные технологии в садах при возделывании, уборке и товарной обработке плодов.//Фаталиев К.Г., Агабейли Т.А., Алыев А.Д., Агабейли А.Т., Зейналов А.М. Труды международной научно-технической конференции "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". 2010. Т. 2. с. 236-241.

13. Гудковский В.А., Кладь А.А., Кожина Л.В. Совершенствование комплексной системы качества плодов - основа повышения эффективности производства.//Достижения науки и техники в АПК. -2010. -№ 11. с. 28-31.

14. Основные итоги исследования по разработке и освоению инновационных технологий хранения плодов/В.А. Гудковский [и др.]//Ассоциация садоводов-питомниководов: сайт. -URL: <http://asprus.ru>.

15. Четвертаков А.В. Конструкционно-кинематические параметры калибровочной машины для плодов//Тракторы и сельхозмашины. -М., 2011, N10. С.34-36.

16. Характеристика ящиков, сумок, мешков из дерева, картона, полимерных материалов для упаковки свежих фруктов и овощей (Аргентина).//Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2004. № 4. с. 1166.

17. Исследование характера повреждений яблок четырех сортов при сортировке и упаковке на конвейерных линиях в зависимости от физико-механических свойств плодов. (Италия) Константинов В.Н. Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2003. № 1. С. 91.

18. Смирнова Г.П., Смирнов А.А., Буркацкая О.А. Сравнительный анализ развития малого предпринимательства в СЗФО РФ.: Lambert academic publishing. - 2011.

19. Smirnov A. Artificial intelligence: Concepts and Applicable Uses. Lambert Academic Publishing. - 2013.

20. Smirnov A., Abraham A., Vorobiev S. The potential effectiveness of the detection of pulsed signals in the non-uniform sampling.: IEEE. - 2013.

21. Smirnov A. Modeling improved POS tagger using HMM. - 2013.

22. Smirnov A. Creating utility – based agent using POMDP and MDP //Ledentsov Readings. – 2013. – С.697.

23. Пеленко В.В., Азаев Р.А., Зуев Н.А., Крысин А.Г. Анализ влияния конструктивных параметров базовой установочной пластины на энергоемкость процесса обвалки реберного мяса // Научный журнал НИУ ИТМО, 2011. - №2. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

24. Прокопенко А.В., Хутыз А.М., Степков В.М., Крысин А.Г., Пеленко В.В. Связь между диаграммой усталостного разрушения и кривой усталости // Научный журнал НИУ ИТМО, 2012. - №1. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

25. Зайцев А.В., Пеленко Ф.В. Моделирование течения вязкой жидкости в трубе // Научный журнал НИУ ИТМО, 2012. - №1. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

26. Пеленко В.В., Арет В.А., Дайнеко К.Э., Верболоз Е.И., Иваненко В.П., Пеленко Ф.В., Крысин А.Г. Особенности течения тонких пленок жидкости в условиях проскальзывания на обтекаемой поверхности // Научный журнал НИУ ИТМО, 2012. - №2. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

27. Пеленко В.В., Арет В.А., Верболоз Е.И., Мякишева А.А. Об устойчивости движения клубня в зоне оптической дефектации // Научный журнал НИУ ИТМО, 2013. - №1. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

28. Пеленко В.В., Дайнеко К.Э., Иваненко В.П., Крысин А.Г., Пеленко Ф.В., Кайка А.Х., Тарабановский Ф.Б. Учет сил поверхностного натяжения в математической модели тепло-массопереноса при сушке поверхностной влаги сухофруктов // Научный журнал НИУ ИТМО, 2013. - №2. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

29. Вороненко Б.А., Пеленко В.В., Поляков С.В. К вопросу об описании гидромеханического процесса осаждения твердых частиц в жидкой среде // Научный журнал НИУ ИТМО, 2013. - №2. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

30. Антуфьев В.Т., Бычихин О.В., Вороненко Б.А., Пеленко В.В. Количественная оценка давления на поверхность брикета замороженной рыбы при импульсном высоковольтном разряде // Научный журнал НИУ ИТМО, 2013. - №2. [электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

31. Пеленко В.В., Гусев Б.К., Ширшиков А.М. Формирование математической модели механизма привода утюга на базе удельных действий // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: КрасГАУ, 2012. - № 5.

32. Пеленко В.В., Гусев Б.К., Ширшиков А.М. Математическая модель динамики функционирования механизма привода утюга // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: КрасГАУ, 2012. - № 5.

33. Пеленко В.В., Гусев Б.К., Ширшиков А.М. Вычисление и анализ удельных действий, оценка ключевого действия // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: КрасГАУ, 2012. - № 6.

34. Пеленко В.В., Гусев Б.К., Ширшиков А.М. Экспериментальные исследования кинематических и динамических характеристик звеньев механизма привода утюга // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: КрасГАУ, 2012. - № 7.