ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34

SAFETY OF FRUITS ON ON-FARM TRANSPORT

A. Simdiankin, I. A. Uspensky, L. P. Belyu, O. V. Filiushin

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», Ryazan, Russia

Received 17.01.2020

Submitted 28.04.2020

Summary

The article considers the issues of apple safety in box, in particular external appearance, humidity and temperature after simulating their transportation on a macadam road during spring-winter season. The results of the studies showed that there was a significant change in the appearance of apples in the experimental group in relation to the control group which does not allow them to be used for retail or wholesale sales after 3-4 days of storage.

Abstract

Introduction. Buyers of fruit and vegetable products are guided, first of all, by its appearance. It may not be an ideal fruit or vegetable in shape but it must be ripe and strong. The consumer prefers not to buy too large, glossy, smooth fruits and fruits with flaws. That is why retailers impose high requirements to the quality of the delivered goods which must still be stored in the warehouse for a fairly long period. **Object.** The "Idared" apple variety was chosen for experiments: it has large juicy fruits with dense flesh and it is quite resistant to damage. Besides it is well preserved during winter storage. **Materials and methods.** The apples (10 pieces each) were placed in two cardboard boxes and covered with glass to reduce the influence of humidity and temperature in the room where the experiments were conducted. The mass of apples was measured using the MW-1451 SR scale. Measuring the diameter of apples was carried out using a tapeline MEASURE R5U3K GOST 7502-98 with a tape length of 5 m and a grating period of 1 mm, accuracy class – 3. Humidity and temperature measurements were carried out using a thermohygrometer REXANT (Art. 70-0515). Vibration simulation was performed by moving the box in three planes with visual acceleration control using the software product "Vibration Meter 1.3.6 APK" installed on the iPhone 5 smartphone. The smartphone was placed directly on the apples during the process of simulating vibrations. The maximum acceleration value ($a_{max}=1.2 \text{ m/s}^2$) used to simulate the vibration process was determined by the authors earlier when conducting field test on roads with different surfaces. Statistical indicators were calculated and dependencies were built using MS Excel spreadsheets from the MS Office 2016 package. Tables from the site <http://chemstat.com.ru/> were used to find the Fisher's variance ratio and Student t-test. **Results and conclusion.** The results of measuring the mass and diameter of apples showed that the selected group of apples corresponds to the main indicators of the "Idared" variety. Measuring the temperature in empty boxes showed almost complete identity of the nature of its change over a period of more than 24 hours. Absolute temperature deviations by 0.80°C did not exceed the measurement error of the thermohygrometer. In this case, the relative humidity in empty boxes is significantly reduced by linear law within the range of 46 ... 39% for the box intended for the control group of apples, and 46...40% – for the box intended for the experimental group of apples. Based on the results of humidity measurements dependencies of its change for two groups of apples are constructed: the control group (which does not experience external shock-vibration effects) and the experimental group (which is subjected to vibrations typical for transportation in the car body in boxes). The obtained dependencies have a correlation coefficient not lower than $r_{xy}=0.9751$ and a low average approximation error not higher than $A=5.1\%$. It's allows to use them to predict changes in humidity of a whole spectrum of apple varieties with similar physical and mechanical characteristics. A significant change in the appearance of apples in the experimental group in relation to the control group was revealed – it does not allow them to be used for retail or wholesale sales after 3-4 days of storage. In addition, there were no significant changes in temperature for both groups for 10 days.

Key words: *apple external appearance, damage, humidity, regressional dependences, storage, temperature.*

Citation. Simdiankin A. A., Uspensky I. A., Belyu L. P., Filiushin O. V. Apples' damage after transportation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 346-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.243:634.11:565.16

СОХРАННОСТЬ ПЛОДОВ НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

А. А. Симдянкин, доктор технических наук, профессор

И. А. Успенский, доктор технических наук, профессор

Л. П. Белю, аспирант

О. В. Филюшин, соискатель

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»,
Рязань, Россия*

Дата поступления в редакцию 17.01.2020

Дата принятия к печати 28.04.2020

Актуальность. Покупатели плодоовощной продукции при выборе товара руководствуются, в первую очередь, его внешним видом. Это может быть не идеальный по форме фрукт или овощ, но обязательно спелый и крепкий. Слишком крупные, глянцевые, ровные и без изъянов, как и плоды с изъянами, потребитель предпочитает не покупать. Именно поэтому ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе. **Объект.** Выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении. **Материалы и методы.** Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где проводились эксперименты, на показания оборудования. Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR. Измерения диаметра плодов осуществлялись с помощью рулетки Р5УЗК ГОСТ 7502-98 с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3. Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515). Имитация вибраций осуществлялась перемещением коробки в трех плоскостях с визуальным контролем ускорений с помощью программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 APK», установленного на смартфон iPhone 5. В процессе имитации вибраций смартфон был размещен непосредственно на плодах. Максимальная величина ускорения ($a_{max}=1,2 \text{ м/с}^2$), использованная при имитации процесса вибраций, была определена авторами ранее при проведении натурных исследований на дорогах с различным покрытием. Расчет статистических показателей и построение зависимостей осуществлялось с помощью электронных таблиц MS Excel из пакета MS Office 2016. Для нахождения критериев Фишера и Стьюдента были использованы таблицы с сайта <http://chemstat.com.ru/>. **Результаты и выводы.** Результаты измерения массы и диаметра плодов показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред». Измерение температуры в пустых ящиках показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более, чем 24 часа. Абсолютные отклонения температуры на $0,8^\circ\text{C}$ не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46-39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46-40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов. По результатам замеров влажности построены зависимости ее изменения для двух групп плодов: контрольной (не испытывающей внешнего ударно-вибрационного воздействия) и экспериментальной – подвергнутой вибрациям, характерным для перевозки в кузове автомобиля в ящиках. Полученные зависимости имеют коэффициент корреляции не ниже $r_{xy}=0,9751$ и невысокую среднюю ошибку аппроксимации – не выше

$A=5,1\%$, что позволяет использовать их для прогнозирования изменения влажности целого спектра сортов плодов с аналогичными физико-механическими характеристиками. Выявлено существенное изменение внешнего вида плодов в экспериментальной группе по отношению к контрольной, не позволяющее уже после 3-4 дней хранения использовать их для реализации через розничную или оптовую торговлю. Кроме того, зафиксировано отсутствие существенных изменений температуры для обеих групп в течение 10 суток.

Ключевые слова: перевозка плодов, сохранность плодов, хранение плодов, товарный вид плодов, транспортировка плодоовощной продукции.

Цитирование. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Повреждаемость плодов в результате транспортировки. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 346-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Хорошо известно, что покупатель плодоовощной продукции при выборе товара руководствуется, в первую очередь, внешним видом – это может быть не идеальный по форме фрукт или овощ, но обязательно спелый и крепкий. Слишком крупные – нехарактерные для этого вида продукции плоды – глянцевые и ровные без изъянов, равно как и плоды с изъянами внешней кожицы, покупатель предпочитает отложить в сторону. Именно поэтому ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе. Например, X5 Retail Group – в рамках существующих стандартов – в своем каталоге качества предъявляет следующие требования к плодоовощной продукции:

- отсутствие ухудшающих товарный вид механических повреждений;
- отсутствие налетов плесени и других признаков заболеваний;
- отсутствие земли, грязи, листьев, следов удобрений;
- отсутствие повреждений вредителями;
- отсутствие аномальной внешней влажности;
- отсутствие посторонних запахов и/или привкусов и др.

Для плодов в вышеуказанном каталоге установлены следующие требования к состоянию плодов: они должны перенести транспортировку и погрузочно-разгрузочные работы, которые могут вызвать недопустимые «внешние» дефекты, такие как сухие повреждения кожицы или нажимы более чем на 30 % поверхности плодов. Не допускаются также такие дефекты, как потемневшие нажимы (>10 мм диаметром) с охватом более 30 % поверхности и проникающими в мякоть плода механическими повреждениями.

В свою очередь «Оливье Супермаркет», повторяя некоторые позиции X5 Retail Group, устанавливает дополнительные требования относительно сохранности плодов: плоды не должны иметь повреждений кожицы и мякоть не должна иметь признаков старения.

В мире проблемам сохранности плодоовощной продукции посвящено очень большое количество исследований [2, 3, 5, 6], но все они теряют свою актуальность, если перевозчик не выполняет требования по «бережному» перемещению их из пункта «А» в пункт «Б».

Проблемы сохранности грузов для перевозчиков плодоовощной продукции во многом определяются требованиями к логистике [11, 14] и процессу перевозки [9, 12, 13], а также погрузки – разгрузки [10]. Поэтому неудивительно, что работы многих специалистов посвящены оценке ударно-вибрационного воздействия при транспортировке [1, 4, 8] и оценке уже полученного продукцией ущерба в результате перевозки [7].

Цель исследования – оценка внешних повреждений плодов, изменения темпера-

туры и влажности в закрытой таре после имитации перевозки по щебеночной дороге в весенне-зимний период.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов был выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении. Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где эксперименты проводились, на показания оборудования.

Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR:

- минимальная взвешиваемая масса, г – 1;
- максимальная масса, г – 5000;
- погрешность, г ± 2 .

Измерения диаметра плодов осуществлялось с помощью рулетки Р5УЗК ГОСТ 7502-98 с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3.

Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термомогигрометра REXANT (Арт. 70-0515):

- диапазон рабочих температур встроенного датчика, $^{\circ}\text{C}$ -10...+50;
- погрешность встроенного датчика, $^{\circ}\text{C}$ ± 2 ;
- диапазон рабочих температур внешнего датчика, $^{\circ}\text{C}$ -50...+70;
- погрешность внешнего датчика, $^{\circ}\text{C}$ ± 3 ;
- диапазон относительной влажности, % 20...90;
- погрешность измерения относительной влажности, % ± 3 .

Имитация вибраций осуществлялась перемещением коробки в трех плоскостях с визуальным контролем ускорений с помощью программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 APK», установленного на смартфон iPhone 5. В процессе имитации вибраций смартфон был размещен непосредственно на плодах. Максимальная величина ускорения ($a_{\text{max}}=1,2 \text{ м/с}^2$), использованная при имитации процесса вибраций, была определена авторами ранее при проведении натурных исследований на дорогах с различным покрытием.

Расчет статистических показателей и построение зависимостей осуществлялось с помощью электронных таблиц MS Excel из пакета MS Office 2016.

Для нахождения критериев Фишера и Стьюдента были использованы таблицы с сайта <http://chemstat.com.ru/>.

Результаты и обсуждение. Результаты измерения массы и диаметра плодов (рисунок 1) показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред».

Измерение температуры в пустых ящиках, закрытых сверху стеклом, показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более, чем 24 часа (рисунок 2).

Рисунок 1 – Результаты измерения масс (а) и диаметров (б) плодов

Figure 1 – Results of measuring the mass (a) and diameter (b) of apples

Рисунок 2 – Результаты измерения температуры в пустых ящиках:

1 – предназначен для контрольной группы; 2 – для экспериментальной группы

Figure 2 – Results of temperature measurement in empty boxes:

1 – for the control group; 2 – for the experimental group

Абсолютные отклонения температуры на $0,8^{\circ}\text{C}$ не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46...39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46...40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов.

Далее, двадцать плодов были разделены на две группы, одна из которых подверглась воздействию ударно-вибрационных нагрузок с ускорением, не превышающим $1,2 \text{ м/с}^2$ (экспериментальная группа). При этом контроль значений ускорения осуществлялся путем фиксации показаний программным обеспечением «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК».

Измерения температуры в заполненных плодами коробках экспериментальной и контрольной групп, проводимые в течение более чем 120 часов, показали также несущественные колебания величины в пределах $0,7^{\circ}\text{C}$ (рисунок 3). Такое малое изменение температуры в пустых и заполненных коробках, вероятно, определяется колебаниями температуры в помещении, где проводились эксперименты.

Рисунок 3 – Результаты измерения температуры в наполненных плодами ящиках:
1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Figure 3 – Results of temperature measurement in boxes filled with apples: 1-control group;
2-experimental group

Результаты измерения относительной влажности в заполненных плодами коробках – экспериментальной и контрольной – приведены на рисунке 4. Повышение влажности для экспериментальной группы плодов можно объяснить повреждениями их кожуры и мякоти, что вызывает повышенное сокоотделение. Изменение относительной влажности в коробках может быть хорошо описано нижеприведенными логарифмическими зависимостями.

Для контрольной группы:

$$\varphi_{\text{конт}} = 4,8602 \cdot \ln(t) + 30,021, \quad (1)$$

где t – время, мин.

Для экспериментальной группы (обозначения те же):

$$\varphi_{\text{эксп}} = 5,1255 \cdot \ln(t) + 42,092. \quad (2)$$

Оценка регрессионных уравнений осуществлялась с применением критерия Фишера и показала их адекватность описываемому процессу. Средние ошибки аппроксимации для уравнений не превысили значений 5,1 % – для контрольной группы и 2,9 % – для экспериментальной.

Интересным фактом является колебательный характер разности относительных влажностей контрольной и экспериментальной групп (рисунок 5). Эта зависимость – с некоторой временной задержкой – хорошо коррелирует с изменением температуры в коробках, заполненных плодами (рисунок 3).

Рисунок 4 – Изменение влажности в ящиках с плодами:
1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Figure 4 – Changing the humidity in apple boxes: 1 – control group; 2 – experimental group

Рисунок 5 – Разность относительной влажности в ящиках с экспериментальной и контрольной группами плодов (точки – экспериментальные данные, линия – аппроксимирующая кривая)

Figure 5 – The difference in relative humidity in boxes with experimental (points) and control (approximating curve) groups of apples

Внешний вид плодов в коробках – экспериментальная и контрольная группы после 120 часов эксперимента – показан на рисунке 6. В экспериментальной группе хорошо видны повреждения кожуры, затрагивающие мякоть плода, существенно ухудшающие товарный вид.

Рисунок 6 – Внешний вид плодов в ящиках после 5 суток замеров температуры и влажности:
а – контрольная группа; б – экспериментальная группа

Figure 6 – Appearance of apples in boxes after 5 days of temperature and humidity measurements:
a – control group; b – experimental group

Выводы. Таким образом, по результатам экспериментальных исследований можно констатировать следующее:

- даже достаточно плотная укладка в таре плодов устойчивого к повреждениям сорта не гарантирует сохранности плодов при наличии колебательных нагрузок, причем при сравнительно невысоких значениях ускорения;
- температура в коробках с плодами определяется температурой внешнего помещения, где эти коробки располагаются;
- влажность в коробках с плодами существенно возрастает при их повреждении – на 11-17 % по отношению к контрольной группе – и способствует ускорению процессов гниения плодов;
- потеря товарного вида плодов происходит уже на 3-4 день после ударно-вибрационного воздействия, при этом уже нельзя вести речь об их последующем хранении.

Эти выводы накладывают существенные ограничения на перевозку плодов в таре по дорогам с неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия. Вероятно, для таких дорог должна применяться специализированная тара, гасящая знакопеременные нагрузки и не допускающая соударения плодов друг с другом и со стенками тары.

Библиографический список

1. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 22826. P. 49-55.
2. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of 'Golden delicious' and 'York' apple fruit / Teixeira G.H. de Almeida, V. Meakem, C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, S. R. Whitehead // Environmental and Experimental Botany. 2020. Volume 173. Article 104005.
3. Cuticular wax composition changes of 10 apple cultivars during postharvest storage / Y. Chai, A. Li, S. C. Wai, C. Song, Q. Lin // Food Chemistry. 2020. Volume 32415. Article 126903.
4. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Postharvest Biology and Technology. 2018. Vol. 146. P. 79-89.

5. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes / P. K. Piyush Kumar Jha, S. Chevallier, E. Xanthakis, V. Jury, A. Le-Bail // *Food Chemistry*. 2020. Volume 30930. Article 125594.

6. Effect of vibration on storage quality and ethylene biosynthesis-related enzyme genes expression in harvested apple fruit / F. Lu, F. Xu, Z. Li, Y. Liu, L. Zhang // *Scientia Horticulturae*. 2019. Volume 24930. P. 1-6.

7. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit / F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 30315. Article 125424.

8. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 154. P. 1-9.

9. Opara Umezuruike L., Fadiji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package // *Scientia Horticulturae*. 2018. Volume 2273. P. 154-161.

10. Scheffler Otto C., Coetzee Corné J., Opara Umezuruike L. A discrete element model (DEM) for predicting apple damage during handling // *Biosystems Engineering*. 2018. Vol. 172. P. 29-48.

11. Springael J., Paternoster A., Braet J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs) // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Volume 146. P. 136-144.

12. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, L. Chen, O. Chukwu, L. Opara Umezuruike // *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Volume 118. P. 111-119.

13. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, P. Pathare, L. Opara Umezuruike // *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Volume 111. P. 286-296.

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdiankin, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, I. A. Uspensky, I. K. Danilov // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. № 13(10). P. 3502-3508.

Conclusions. Thus, according to the results of experimental studies, we can state the following:

1. even a sufficiently tight packing of apples of a variety resistant to damage does not guarantee fruit safety in the presence of vibrational loads, moreover, at relatively low acceleration values;

2. the temperature in the boxes with apples is determined by the temperature of the external room where these boxes are located;

3. humidity in fruit boxes increases significantly when they are damaged - by 11 ... 17% in relation to the control group - and helps to accelerate the processes of rotting apples;

4. The loss of presentation of apples occurs already 3-4 days after shock-vibration exposure, while it is no longer possible to talk about their subsequent storage.

These findings impose significant restrictions on the transportation of apples in containers on roads with poor road conditions. Probably, for such roads, specialized containers should be used, which extinguish alternating loads, and do not allow the fruit to collide with each other and with the walls of the container

References

1. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples // *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 22826. P. 49-55.

2. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of 'Golden delicious' and 'York' apple fruit / Teixeira G.H. de Almeida, V. Meakem, C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, S. R. Whitehead // *Environmental and Experimental Botany*. 2020. Volume 173. Article 104005.

3. Cuticular wax composition changes of 10 apple cultivars during postharvest storage / Y. Chai, A. Li, S. C. Wai, C. Song, Q. Lin // Food Chemistry. 2020. Volume 32415. Article 126903.
4. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Postharvest Biology and Technology. 2018. Vol. 146. P. 79-89.
5. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes / P. K. Piyush Kumar Jha, S. Chevallier, E. Xanthakis, V. Jury, A. Le-Bail // Food Chemistry. 2020. Volume 30930. Article 125594.
6. Effect of vibration on storage quality and ethylene biosynthesis-related enzyme genes expression in harvested apple fruit / F. Lu, F. Xu, Z. Li, Y. Liu, L. Zhang // Scientia Horticulturae. 2019. Volume 24930. P. 1-6.
7. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit / F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li // Food Chemistry. 2020. Vol. 30315. Article 125424.
8. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 154. P. 1-9.
9. Opara Umezuruike L., Fadiji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package // Scientia Horticulturae. 2018. Volume 2273. P. 154-161.
10. Scheffler Otto C., Coetzee Corné J., Opara Umezuruike L. A discrete element model (DEM) for predicting apple damage during handling // Biosystems Engineering. 2018. Vol. 172. P. 29-48.
11. Springael J., Paternoster A., Braet J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs) // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Volume 146. P. 136-144.
12. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, L. Chen, O. Chukwu, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 118. P. 111-119.
13. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, P. Pathare, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 111. P. 286-296.
14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdiankin, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, I. A. Uspensky, I. K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13(10). P. 3502-3508

Authors Information

Simdyankin Arkady Anatolyevich, Professor, Department of Technical Operation of Transport, FSBEI HE Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva "(390044, Russia, Ryazan, Kostycheva St., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: seun2006@mail.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Head of the Department "Technical Operation of Transport" FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva "(390044, Russia, Ryazan, Kostycheva St., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Belyu Lyudmila Petrovna, post-graduate student of the Department of "Technical Operation of Transport" Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev "(390044, Russia, Ryazan, Kostychev St., 1). E-mail: mila2807@bk.ru

Filyushin Oleg Vladimirovich, applicant for the Department of "Technical Operation of Transport" Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev "(390044, Russia, Ryazan, Kostychev St., 1). E-mail: olegfil93@mail.ru

Информация об авторах

Симдянкин Аркадий Анатольевич, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г Рязань, ул Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор. E-mail: seun2006@mail.ru

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 2 (58), 2020

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор. E-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Белю Людмила Петровна, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1). E-mail: mila2807@bk.ru

Филюшин Олег Владимирович, соискатель кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1). E-mail: olegfil93@mail.ru