

Открытое акционерное общество по производству
и переработке бумаги «Каравеево»



**Производство бумаги, картона
из макулатурного сырья.
Технология, оборудование, химия,
экология на производствах ЦБП**

***17-я Международная научно-
техническая конференция***

26 мая 2016г.



ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ГОФРОЯЩИКОВ ИЗ МАКУЛАТУРНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕРЕНИЯ

Ларина Е.Ю.¹, Казаков Я.В.¹, Лавров И.В.².

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова

²ООО «Сухонский КБК»

Потребительские свойства гофроящиков во многом определяются свойствами гофрированного картона и зависят, прежде всего, от вида и совокупности свойств исходных материалов.

Гофрированный картон, как элемент конструкции гофроящика, при эксплуатации часто подвергается воздействию изгибающих нагрузок. При изгибе в машинном и поперечном направлениях у плоских слоев на выпуклой стороне возникают усилия растяжения, а на вогнутой стороне – усилия сжатия. При изгибе в поперечном направлении усилия возникают также и в гофрированном слое. Таким образом, сопротивление сжатию готового гофроящика зависит от жесткости при изгибе гофрированного картона, которая в свою очередь зависит от жесткости при растяжении картона-лайнера, а также флютинга в поперечном направлении.

При оценке потребительских свойств тары из гофрированного картона, в основном речь идет о сопротивлении сжатию ящика – ВСТ (Box Compression Test) [1,5,6]. На величину ВСТ влияют следующие факторы:

- свойства исходных компонентов (картона лайнера и флютинга);
- тип и свойства гофрокартона, прежде всего тип гофра, толщина, сопротивление торцевому сжатию (ЕСТ) жесткость при изгибе;
- геометрические размеры ящиков и дефекты, возникающие при их изготовлении [1].

В процессе изготовления, транспортирования, погрузочно-разгрузочных работ и складирования на гофроящики действуют нагрузки, вызывающие в отдельных элементах гофроящиков напряжения и деформации, которые в предельном случае приводят к повреждению ящиков.

Наиболее часто встречаются нагрузки, возникающие при ударе, вибрации, статическом и динамическом сжатии.

В связи с этим появляется необходимость в достоверной оценке и прогнозировании эксплуатационных характеристик выпускаемых ящиков из гофрированного картона для возможности гарантировать потребителю прочностные свойства ящиков [6,7].

Определение сопротивления сжатию гофроящиков производится согласно ISO 12048 (ГОСТ 18211, TAPPI T804, FEFCO No.50) на испытательных прессах. При этом выполняется измерение нагрузки, при которой тара разрушается, теряет свою устойчивость или при которой деформация тары превышает предельное значение. Образец тары без продукции устанавливается по одной из трех осей между плитами пресса, скорость сближения которых 10 мм/мин. Началом отсчета деформации является достижение нагрузки 220 Н. За результат принимается максимальное значение сжимающей нагрузки, регистрируемое датчиком пресса, и смещение при максимальной нагрузке [2].

Принцип приведения испытания представлен на рис. 1.

Современные испытательные прессы позволяют не только дать оценку максимального значения прочности при сжатии гофроящиков (при которых происходит разрушение гофроящика), но и дать оценку деформационного поведения гофроящика:

- провести испытание на сжатие с постоянной скоростью и получить кривую зависимости нагрузка-смещение, которая позволяет оценить поведение гофроящика в процессе испытания;

- провести испытание в режиме релаксации напряжения при постоянном заданном смещении траверсы и получить зависимость изменения регистрируемой датчиком нагрузки от времени;

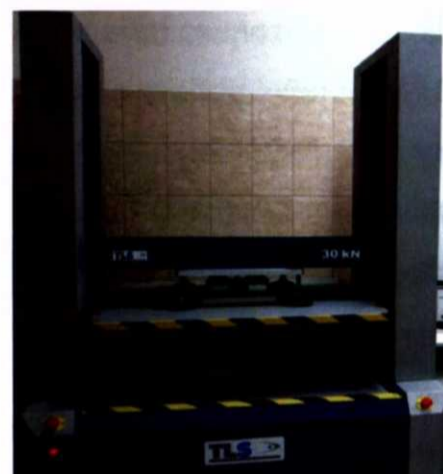
- провести испытание в режиме ползучести (штабелирование) при постоянной заданной нагрузке и получить зависимость изменения смещения траверсы пресса от времени;

- выполнить тесты циклического нагружения до заданной нагрузки или деформации, то есть моделировать реально действующие нагрузки, воздействующие на гофроящик при его транспортировке и хранении;

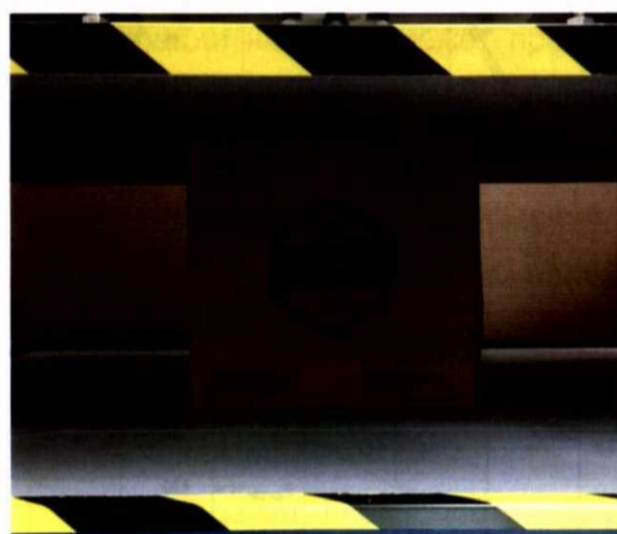
- с помощью специализированного программного обеспечения выполнить расчет ряда деформационных характеристик гофроящика и дать прогноз поведения гофроящика при долговременном действии сжимающей нагрузки.



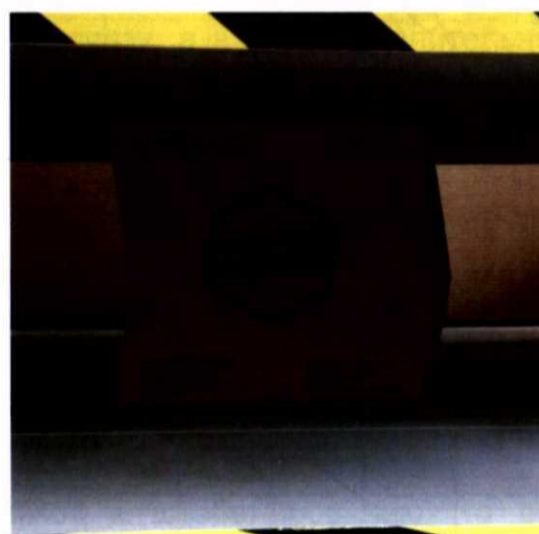
а



б



в



г

Рис.1. Проведение испытания гофроящиков на сжатие на Прессе Validator™:
а – исследуемый гофроящик; б – внешний вид прессы; в – ящик в процессе
испытания на сжатие; г – гофроящик после ВСТ-теста

В Инновационно-технологическом центре САФУ «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» для определения сопротивления сжатию гофроящиков функционирует пресс серии Minival, Validator and VAL, на котором возможно проведение всех перечисленных видов испытаний [7].

Для испытаний использованы образцы гофроящиков различных марок из трёхслойного картона «Морошка» 280×260×255 мм и «Медовуха» 300×280×270 мм с перфорацией, из гофрокартона с профилем гофры В, одной и той же композиции производства ООО «Сухонский КБК», различающиеся только габаритными размерами.

В данной работе представлены результаты ВСТ-теста, анализ устойчивости гофроящиков при штабелировании и устойчивость к действию циклической нагрузки на гофроящики.

На рис. 2 представлены результаты ВСТ-теста.

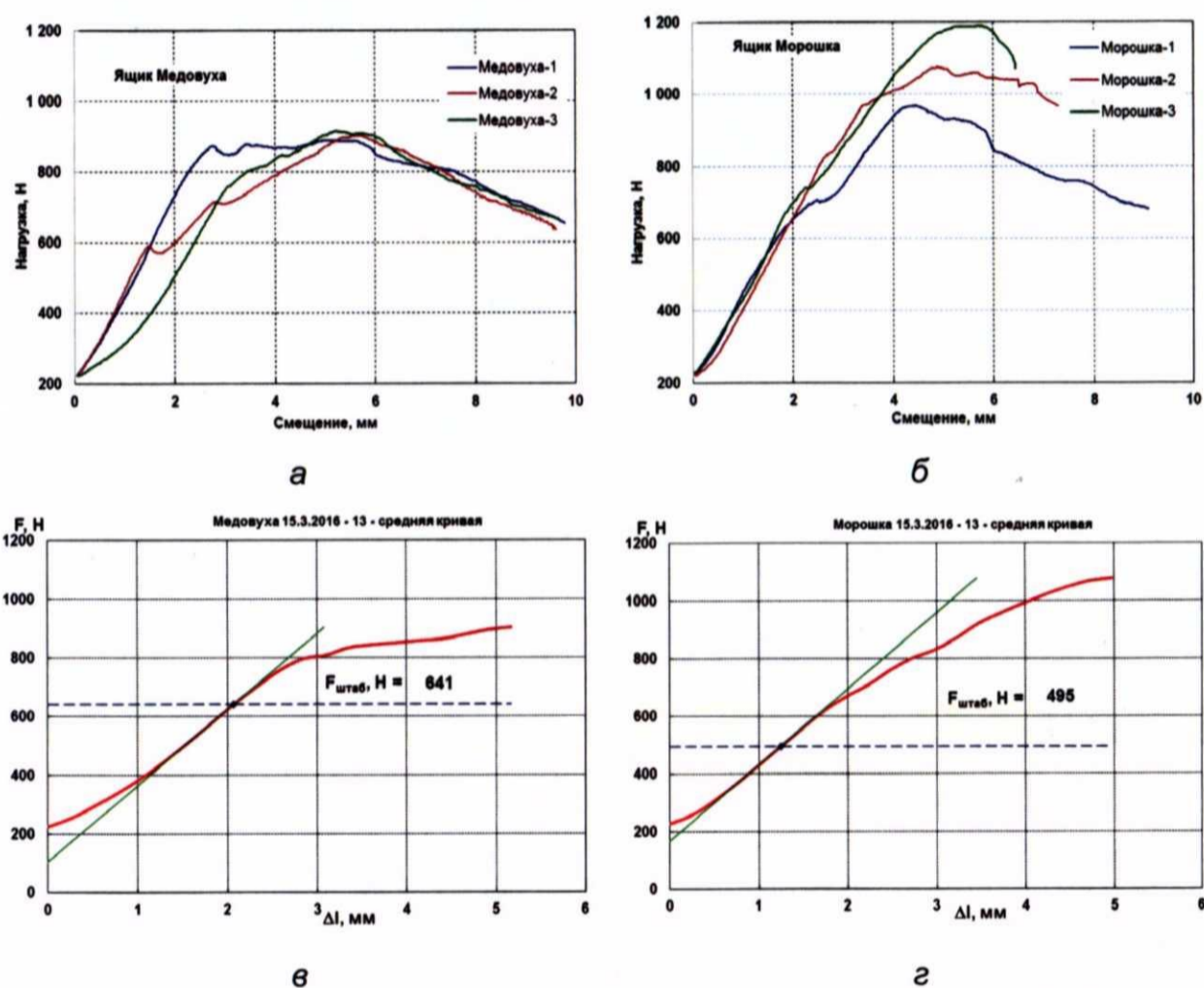


Рис.2. Обработка результатов испытания гофроящиков на сжатие на Прессе Validator™: а,б – кривые нагрузка-смещение при параллельных испытаниях гофроящиков; в,г – средние кривые нагрузка-смещение с касательной, характеризующей максимальную жесткость гофроящика и точкой «штабелирования»

Каждая кривая на рис.2, в и г, представляет собой среднюю кривую из трех экспериментальных кривых, рис.2, а и б. Результаты показывают, что

ящики обладают не только различным уровнем прочности (*ВСТ*), но и различную способность к деформированию, которая выражается в различном ходе кривых нагрузка-смещение [4].

Жесткость ящика при сжатии характеризует максимальный угол наклона касательной, рис.2, *в* и *г*. При увеличении геометрических размеров ящика, (в нашем случае это ящик «Медовуха»), увеличивается его периметр, способный воспринимать нагрузку. Поэтому, при увеличении размеров (длины, ширины и, главным образом, высоты) ящика одновременно происходит и снижение показателя жесткости ящика. В данном случае на прочность и жесткость гофроящика оказывает влияние нанесенная перфорация.

В процессе поведения гофроящиков под нагрузкой вспоминается понятие усталости материала. В изделии гофрокартон не разрушается по механизму лабораторных испытаний. Его прогиб по местам наибольшей концентрации нагрузок может произойти не сразу, а в течение длительного времени.

Проведение испытания на *ВСТ* является достаточно кратковременным. Однако при эксплуатации изделий из гофротары реальные сжимающие нагрузки действуют длительное время. Поэтому был проведен эксперимент, в котором гофроящик подвергается длительному воздействию сжимающей нагрузки, что имитирует работу гофроящика при хранении продукции в штабелях на складах.

При оценке способности гофроящиков к штабелированию, то есть способности выдерживать приложенную сжимающую нагрузку в течение длительного времени, используется режим работы испытательного пресса, когда машина поддерживает заданный уровень нагрузки за счет перемещения траверсы при ослаблении напряжений внутри гофроящика за счет релаксации напряжения. То есть обеспечивается режим ползучести, рис. 3.

Длительность хранения продукции в штабеле оказывает влияние на устойчивость тары к проседанию. Из полученных экспериментальных данных на рис.3 следует, что ящик «Медовуха» более подвижен к колебаниям под действием времени и постоянно действующей нагрузки.

На каждой кривой можно выделить два участка: мгновенную (упругую) деформацию, возникающую в момент приложения нагрузки, и деформацию

ползучести, нарастающую во времени по экспоненциальному закону. Из зависимостей видно, что с увеличением времени эксплуатации и уменьшения действующей силы на гофроящик, с меньшими габаритными размерами деформации сжатия снижаются, и материал лучше держит нагрузку.

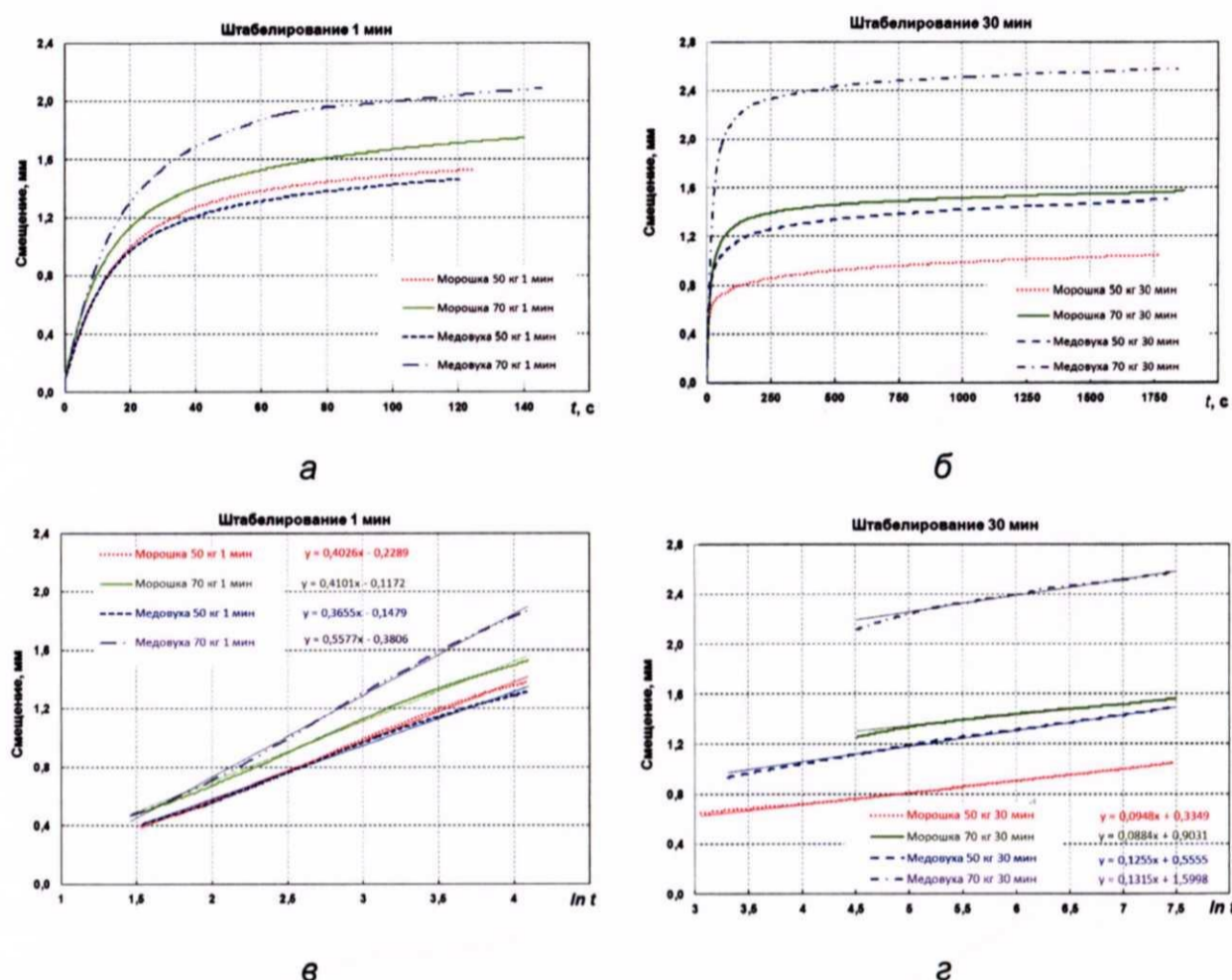


Рис.3. Результаты испытания гофроящиков на сжатие при долговременном действии сжимающей нагрузки: а,б – кривые смещение-время; в,г – кривые смещение – логарифм времени; а, в – продолжительность испытания 1 мин; б,г – продолжительность испытания 30 мин

При проведении испытания на штабелирование важное значение имеет выбор величины нагрузки. Экспериментально подтверждено, что нагрузку на уровне 90 % от величины ВСТ гофроящик не выдерживает уже через несколько минут. Расчет силы, действующей на нижний ящик при падении с учетом статической нагрузки штабеля исходили из массы брутто гофроящика показал, что масса одного затаренного гофроящика составляет 11,5 кг, в штабеле 5 коробок, получаем, что нижний ящик должен выдержать нагрузку в среднем 50 кг.

Величина деформации при испытании в режиме ползучести (штабелирование) также зависит от величины приложенной нагрузки. Кроме того, в реальных условиях эксплуатации гофроящика, деформация в сильной степени зависит от влажности окружающей среды и гофрокартона, а также колебаний относительной влажности.

На рис. 3 представлены кривые зависимости, полученные под действием постоянной действующей силы (50 и 70 кг) на гофроящик, что соответствует высоте штабеля 5 и 7 ящиков. Проведённые серии тестов показали, что гофроящики выдерживают тест на штабелирование при этих условиях.

Количественная оценка скорости релаксационных процессов и ползучести гофроящика может быть дана через параметр τ по величине углового коэффициента прямой, аппроксимирующей зависимость смещения от логарифма времени, рис. 3, в,г.

При транспортировке затаренных гофроящиков они подвергаются воздействию циклических нагрузок. Устойчивость ящика в этих условиях определяет сохранность продукции и выполнение ящиком своих функций.

Для оценки устойчивости ящиков к воздействию циклических нагрузок было проведено нагружение на испытательном прессе гофроящиков с циклической нагрузкой, изменяющейся в пределах от 20 до 50 кг, по 65 циклов на каждый гофроящик. На рис. 4 представлены получаемые диаграммы нагрузка-деформация. Из полученных данных следует, что гофроящик «Морошка» имеет более стабильные значения, в силу своих типоразмеров, при этом главную роль играет меньшая высота ящика, и, соответственно, более высокая жесткость при изгибе вертикальных стенок ящика.

В целом можно отметить, что для исследованных ящиков производителями подбор композиции и качества гофрокартона для изготовления данного ящика выполнен правильно, хотя выбор производился на основании априорной информации и ориентировочных расчетов.

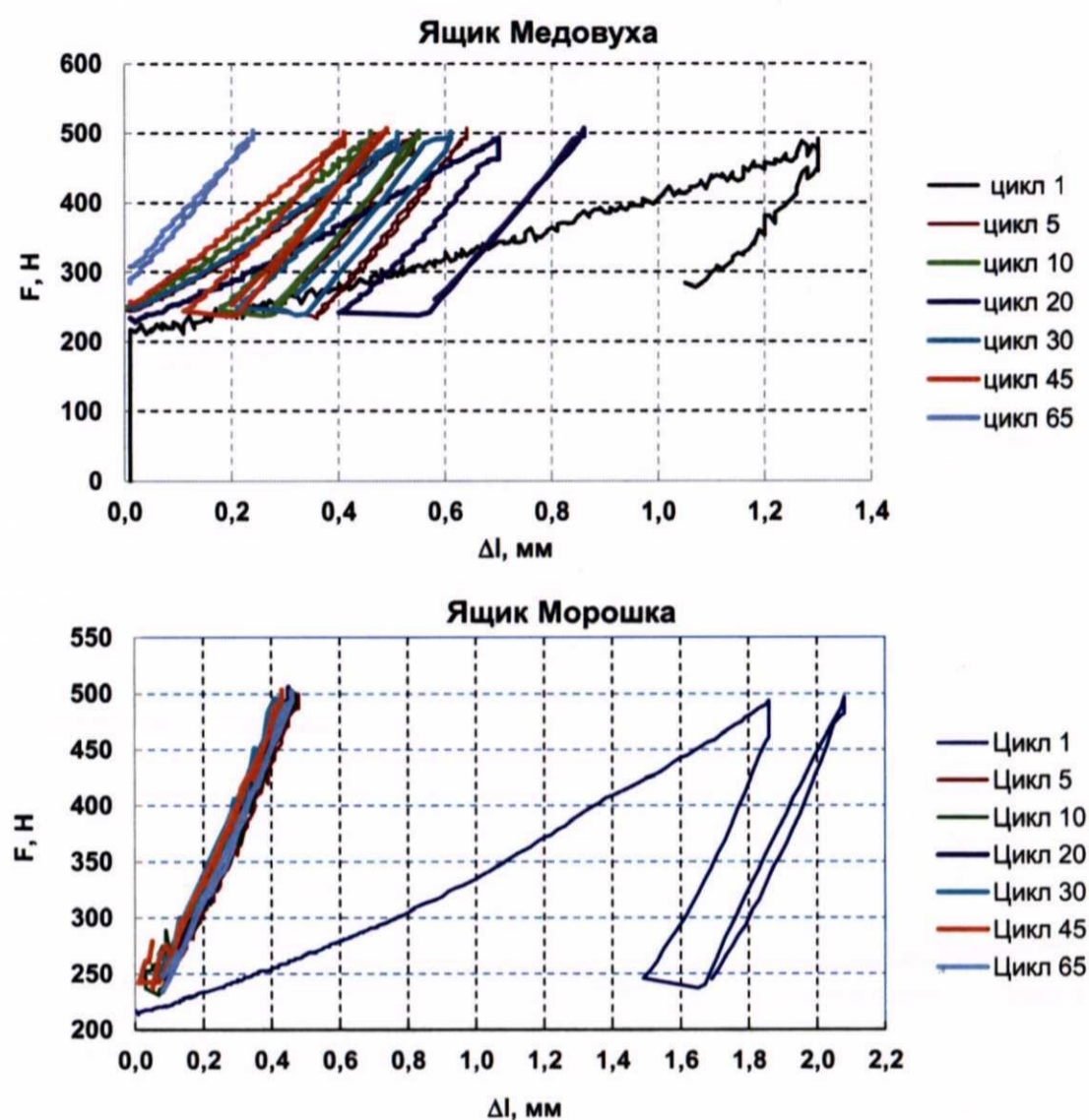


Рис. 4. Результаты испытания гофроящиков на сжатие циклическом действии сжимающей нагрузки 50 кг: а – ящик «Медовуха»; б – ящик «Морошка»

Поскольку для оптимизации свойств упаковки при минимизации затрат, в условиях появления новых и более жёстких требований к качеству гофрокартона и гофроящиков, требуются знания о величинах и способах направленного регулирования деформационных свойств самого гофроящика, то использование современного испытательного оборудования, дополненного специализированным программным обеспечением и новыми методиками исследования в различных рабочих режимах, открывают новые возможности управления качеством продукции из гофрированного картона и получения конкурентных преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов, Н.Ф. Тара и ее производство: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. М.: МГУП, 2001. 312 с.
2. ГОСТ 18211-72 Тара транспортная. Метод испытания на сжатие. М.: Стандартиформ, 2008.
3. ГОСТ 9140-90 Ящики из гофрированного картона. Общие технические условия. Межгосударственный стандарт. Взамен ГОСТ 9142-84. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.
4. Казаков Я.В., Крыжановский А.О., Комаров В.И., Журавлева А.Н. Определение необходимого уровня прочности гофроящиков / Новейшие технологии в производстве бумаги из макулатурного сырья и переработке гофрокартона: Научные труды 10-й Юбилейной междун. науч-техн. конфер. 21-22 мая 2009 г. Караваево. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. С.48-56.
5. Kazakov Ya., Krizhanovskiy A., Komarov V. Investigation of deformation behavior of corrugated board boxes at compression / 15th International symposium in the field of pulp, paper, packaging and graphics // Proceedings. Zlatibor, 2009. P.87–91.
6. Крыжановский, А.О. Прогнозирование способности гофроящиков к штабелированию по результатам кратковременных испытаний на сжатие / А.О. Крыжановский, Я.В.Казаков, А.Н. Журавлева, А.В. Петухова. Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы I Междунар. науч.-техн. конф / Архангельск; Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2011. С.257-262.
7. Казаков Я.В. Современные технологии количественной оценки поведения ящиков из гофрированного картона при сжатии // Гофроиндустрия. 2014. №5/95. С.36–39.