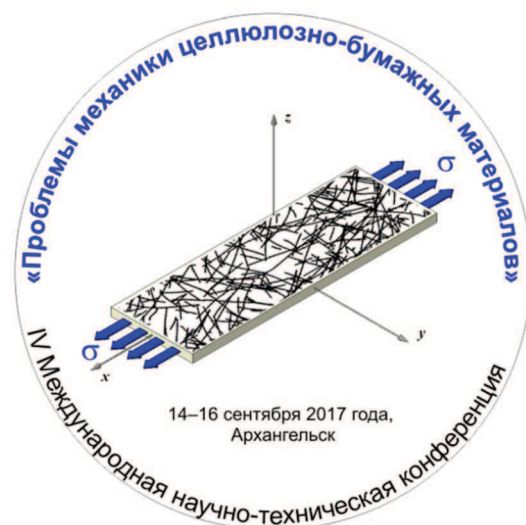




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск
2017

УДК 676.017
ББК 35.77
П 78

Составитель – **Я.В. Казаков**

*Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 17-08-20431\17)*

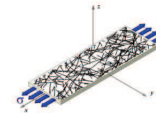
П 78 **Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов:**
материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти про-
фессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2017 г.) /
Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск:
САФУ, 2017. – 377 с.
ISBN 978-5-261-01259

Представлены материалы докладов по фундаментальным и прикладным исследованиям в области механики целлюлозно-бумажных материалов по следующим направлениям: физические основы и методы оценки механического поведения целлюлозно-бумажных материалов; новые технологические решения для повышения уровня механических свойств технической целлюлозы, бумаги и картона; перспективы развития ресурсосберегающих способов получения бумаги и картона из рециркулируемого сырья; нанотехнологии в получении новых видов целлюлозы и бумагоподобных материалов.

УДК 676.017
ББК 35.77

ISBN 978-5-261-01259

© Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, 2017



О ВЛИЯНИИ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОФРОКАРТОНА И ГОФРОЯЩИКОВ

Е.А. Глезман¹, А.М. Гурьянов¹, В.А. Житнюк¹, А.А. Авагимян¹, А.М. Идиатуллин²

¹ГП "Пермская целлюлозно-бумажная компания", г. Пермь, Россия

²ООО "Технобум-2" п. Правдинский, Московская область, Россия

Образцы гофрокартона и заготовок гофроящиков выдерживали в различных условиях длительного хранения. При этом гофрокартон приобретал влажность от 4,5 до 12,5 %. Гофрокартон и ящики испытывали на показатели прочности на сжатие – ЕСТ, структурную жесткость и ВСТ. Проводится анализ изменения показателей в зависимости от влажности и влияние ЕСТ и структурной жесткости на ВСТ.

ON THE INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT ON STRENGTH INDICATORS OF THE CORRUGATED CARDBOARD AND CONTAINERS

Е.А. Glezman¹, А.М. Guryanov¹, V.A. Zhitnyuk¹, А.А. Avagimyan¹, А.М. Idiatullin²

¹GP "Perm Pulp and Paper Company", Perm, Russia

²ООО "Technoboom-2", Pravdinskiy, Moscow region, Russia

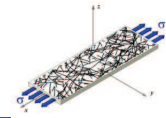
Samples of corrugated cardboard and containers were kept in various conditions of long-term storage. The corrugated cardboard acquired a moisture content of 4.5 to 12.5 %. Corrugated cardboard and containers were tested for compressive strength indicators – ECT, flexural stiffness and VCT. The analysis of the parameter changes as a function of moisture content and the effect of ECT and flexural stiffness on VCT has been carried out.

В настоящей работе мы преследовали две основные цели:

– изучить закономерности изменения прочности гофроящиков и гофрокартона после длительного хранения в условиях различной влажности воздуха;

– проанализировать зависимость прочности гофроящиков на сжатие ВСТ от прочностных показателей гофрокартона ЕСТ и нового показателя «структурная жесткость» (СЖ), разработанного ООО «Технобум-2» [1], в широком диапазоне влажности и прочности гофроящиков.

В условиях производственной лаборатории ГП «ПЦБК» совместно с ООО «Технобум-2» были проведены исследования о влиянии влажности гофрокартона на его прочность и прочность гофроящиков. Для этого гофроящики из гофрокартона марок от Т-22 до Т-27 с гофром «С» и из гофрокартона марок от Т-22 до Т-24 с гофром «В» помещали в помещения с разной относительной влажностью воздуха. Первую часть ящиков измеряли через сутки после изготовления при средней влажности картона около 6,5 %, вторую часть тех же ящиков на месяц поместили в сухое помещение



и третью часть ящиков на месяц поместили в во влажное помещение холодного склада. В результате через месяц были получены гофроящики с тремя диапазонами влажности: нижний диапазон около 4,5-5,0 % , средний 5,5-7,0 % и высокий 10,8-12,5 %. Всего было испытано 9 типов ящиков. Каждый тип ящика при каждой влажности испытывался в 3 экземплярах.

В результате было получено 27 точек испытаний 81 гофроящика. В каждой точке измеряли следующие параметры: влажность гофрокартона; прочность гофроящика на сжатие – показатель *BCT*; прочность гофрокартона на сжатие вдоль гофров *ECT*; структурная жесткость гофрокартона на излом *CЖ*. Сводные результаты взаимосвязи влажности гофрокартона и трех указанных показателей прочности показаны на диаграмме рис.1.

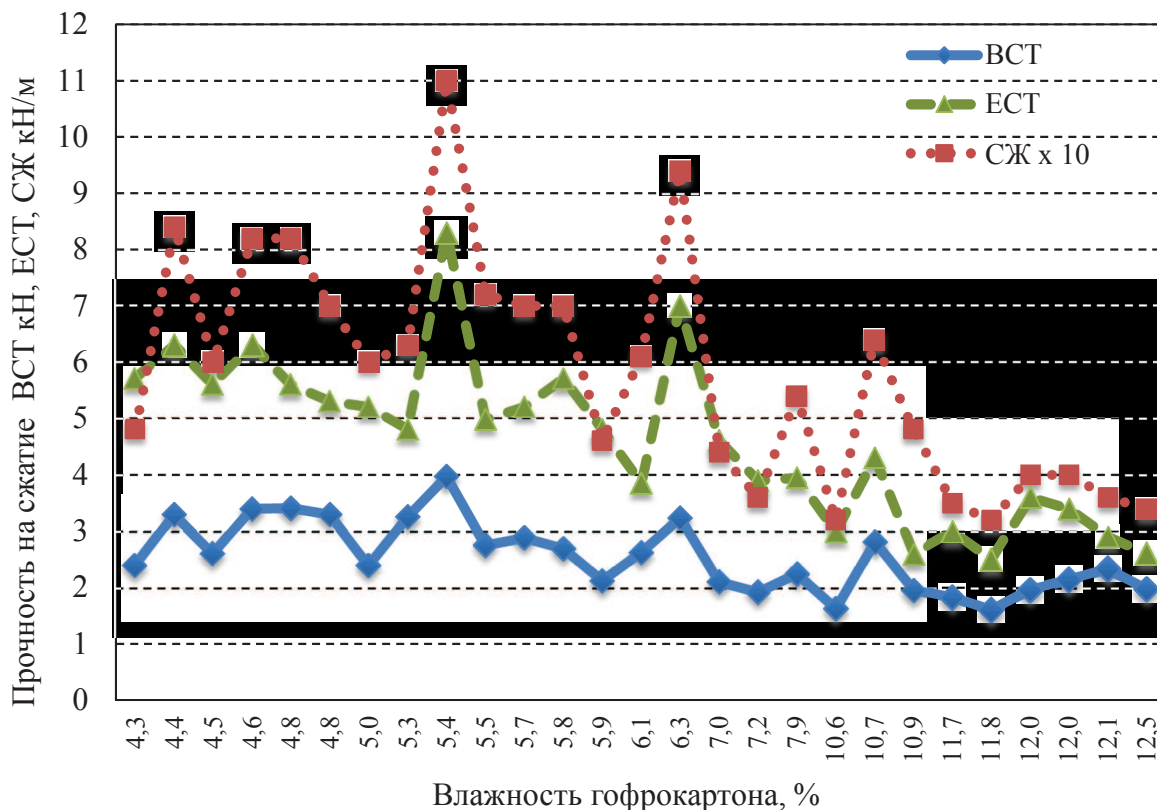
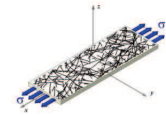


Рис. 1. Влияние влажности на показатели сжатия гофрокартона *ECT*, *CЖ* и сжатия гофроящика *BCT* для 9 типов гофроящиков из гофрокартона Т-22...Т-27

Из диаграммы рис.1 видно, что линии графиков прочности гофрокартона *ECT* и *CЖ* очень хорошо повторяют изменения линии графика прочности на сжатие гофроящиков *BCT*. Этот результат наглядно подтверждает известную зависимость прочности гофроящика *BCT* от *ECT* и зависимость от *CЖ*. При этом показатель *CЖ* лучше повторяет изменения



показателя BCT . И эта корреляция справедлива в широком диапазоне прочности и влажности гофрокартона.

На рис. 2 показано как меняется прочность двух гофроящиков одинакового размера $630 \times 320 \times 340$ мм, изготовленных из гофрокартона марки Т-23 из одинакового сырья 135-112-135 и отличающихся только типом гофра «С» и «В». Можно видеть, что разница в прочности весьма существенная. Ящик с гофром «С» имел более высокую прочность на сжатие BCT в сухом состоянии примерно на 40 %, а во влажном – на 23 %.

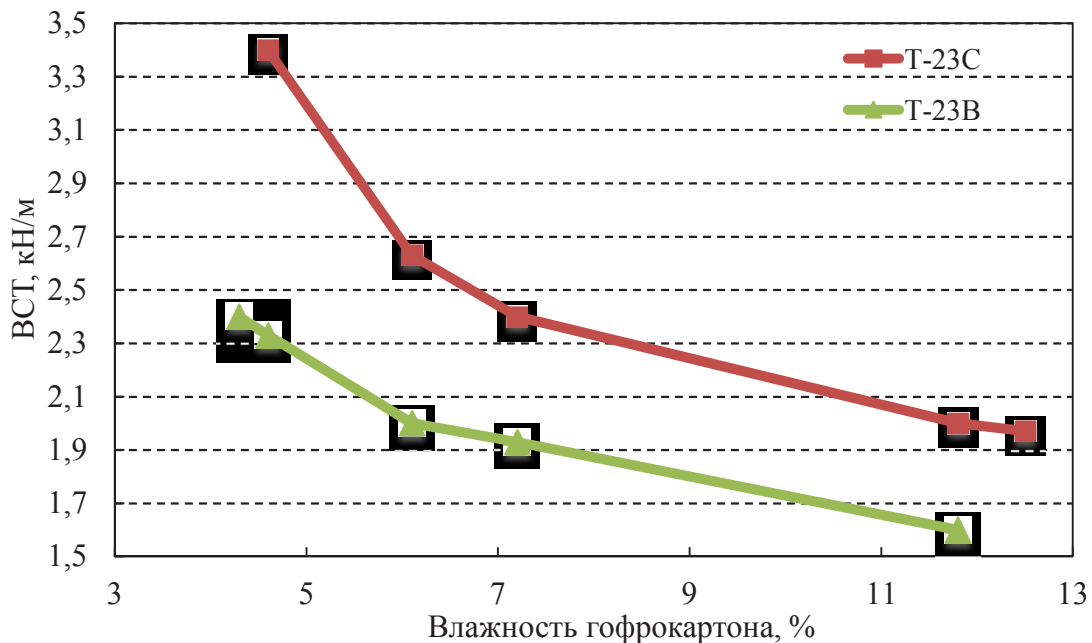


Рис. 2. Прочность BCT одинаковых гофроящиков из гофрокартона Т-23В и Т-23С, отличающихся типом гофра, при различной влажности гофрокартона

На рис. 3 показано изменение от влажности относительных показателей ECT и CJ гофрокартона, а также прочности BCT для гофроящика из Т-23С. За 100 % принята прочность свежеизготовленного ящика (через сутки после изготовления) со средней влажностью.

Из рис. 3 видно, что при изменении влажности в более сухую (4,6 %) и в более влажную (12,5 %) область в сравнении с исходной (6,1 %) прочность гофроящика BCT в относительном выражении изменяется меньше, чем показатели гофрокартона ECT и CJ . Это говорит о том, что в данных условиях показатель BCT изменялся не прямо пропорционально показателям ECT и CJ (как это отражено в формуле МасКее), а в некоторой степенной зависимости с показателем степени менее 1.

На рис. 4 показан результат аналогичных испытаний в среднем для 4 типов гофроящиков Т-23С, Т-24С, Т-24СУ, Т-25С (всего 36 ящиков).

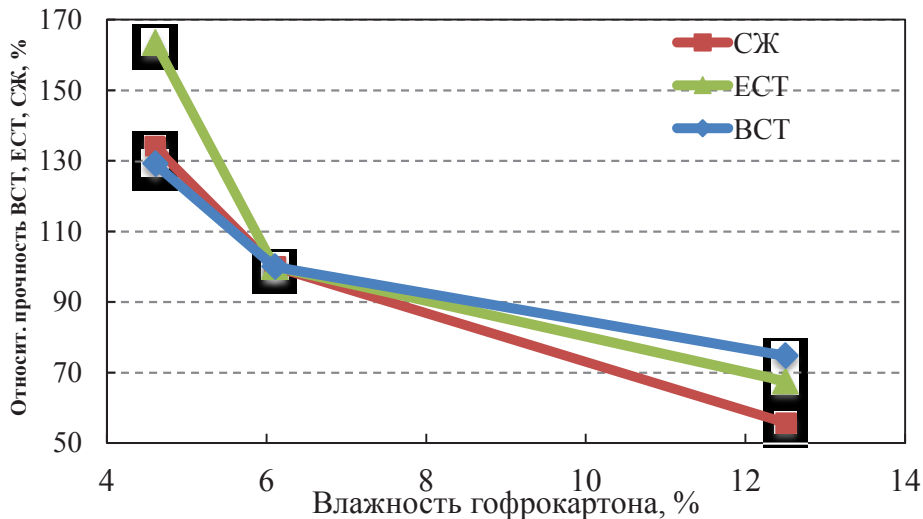
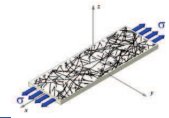


Рис. 3. Изменение относительных показателей гофроящика *ВСТ* и гофрокартона *ECT* и *СЖ* от влажности для ящика из Т-23С

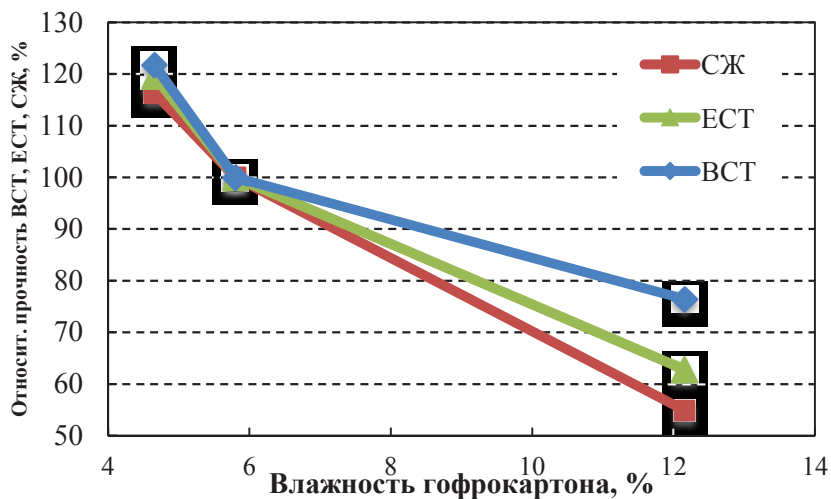


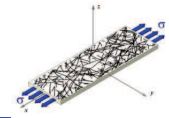
Рис. 4. Изменение относительных показателей *ВСТ*, *ECT* и *СЖ* в среднем для 4-х типов гофроящиков Т23С...Т-25С в зависимости от влажности гофрокартона

Можно видеть, что и здесь при увеличении влажности гофроящика его прочность *ВСТ* снижалась в меньшей степени, чем снижалась прочность гофрокартона *ECT* и *СЖ*. Это также ставит под сомнение полную справедливость формулы МасКее:

$$ВСТ = 5,87ECT \times \sqrt{hZ}, \quad (1)$$

где h – толщина гофрокартона, а Z – периметр гофроящика.

Хотя для получения более надежных данных требуется больший объем данных.



К вопросу о взаимосвязи показателей прочности гофрокартона ECT и $CЖ$ и прочности гофроящиков BCT . Мы проанализировали эту взаимосвязь для тех же ящиков. Результаты представлены на рис. 5 и 6.

Из графика рис. 5 видно, что в диапазоне изменения ECT 2,5...8,5 кН/м, зависимость BCT от ECT можно аппроксимировать линейной зависимостью и формулой $BCT = 0,87 + 0,364ECT$. При этом коэффициент корреляции R^2 получается удовлетворительным 0,719. Однако, из графиков видно, что колебания BCT при близких значениях ECT довольно велики и составляют примерно $\pm 15...20\%$.

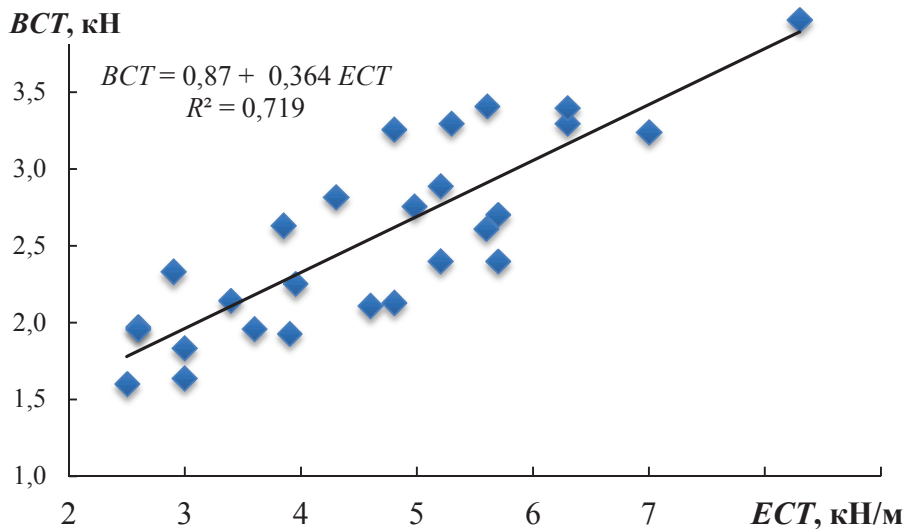


Рис. 5. Влияние показателя гофрокартона ECT на прочность гофроящиков BCT для ящиков из гофрокартона Т-22...Т-27 при разной влажности, линейная аппроксимация

На рис. 6 представлена аналогичная зависимость BCT от $CЖ$ для тех же ящиков. Из графика видно, что эту зависимость можно аппроксимировать линейной зависимостью и формулой $BCT = 0,88 + 2,87CЖ$ при этом коэффициент корреляции R^2 существенно выше, составляет 0,884, а колебания экспериментальных точек в зависимости BCT от $CЖ$ значительно меньше, чем в графиках зависимости BCT от ECT . Существенные колебания значений BCT от ECT по нашему мнению, связаны с двумя причинами. Во-первых, с высокой критичностью качества нарезки образцов для испытаний ECT . Но, возможно, более важной причиной колебаний зависимости BCT от ECT является тот факт, что сам механизм разрушения гофрокартона при испытаниях ECT отличается от механизма разрушения гофроящиков в штабелях, о чем мы говорили в более ранней работе [1].

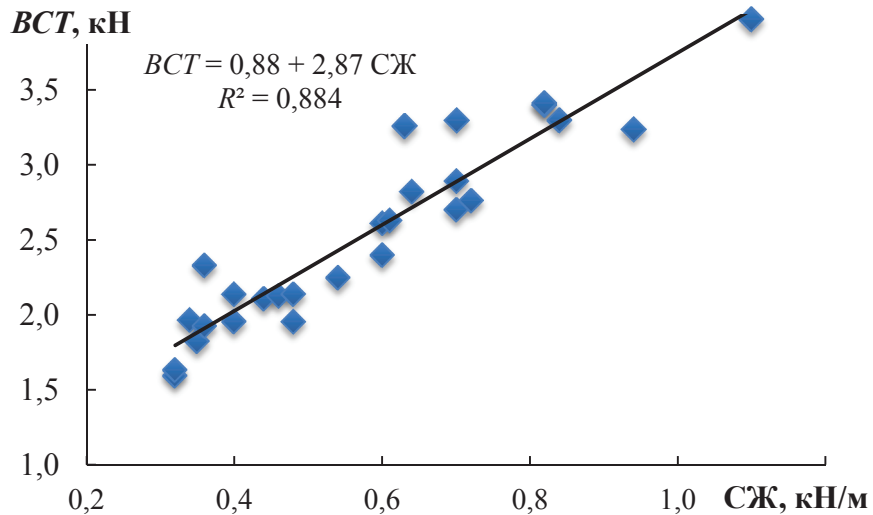
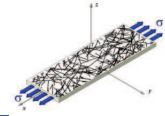


Рис. 6. Влияние показателя гофрокартона СЖ на прочность гофроящиков *VCT* для ящиков из гофрокартона Т-22...Т-27 при разной влажности, линейная аппроксимация

Выводы:

1. Проведены исследования влияния влажности на показатели прочности гофроящиков и гофрокартона. Изучено поведение 9 типов гофроящиков от Т-22 до Т-27 с гофром «С» и «В» в различных условиях хранения, где влажность гофрокартона менялась от 4,5 % до 12,5 %. Показана связь прочности гофроящика *VCT* с показателями гофрокартона *ECT* и *СЖ*.

2. Проведено сравнение прочности двух одинаковых по размеру гофроящиков из гофрокартона Т-23В и Т-23С, изготовленных из одинакового сырья, но с разным гофром. Отмечено существенное преимущество гофроящика с гофром «С».

3. Показано, что прочность гофроящиков *VCT* хорошо коррелирует с показателями гофрокартона *ECT* и *СЖ*. При этом новый показатель *СЖ* – структурная жесткость – заметно лучше коррелирует с *VCT* и позволяет более точно прогнозировать прочность гофроящиков, чем *ECT*, в широком диапазоне показателей прочности и влажности.

Список литературы

1. Идиатуллин А.М., Глезман Е.А., Гурьянов А.М., Житнюк В.А., Рябов И.П. О механизме разрушения гофроящиков и компрессионной прочности гофрокартона. / В сб. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов»: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. (Архангельск, 9–11 сентября 2015 г.) // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2015. С.46–52.