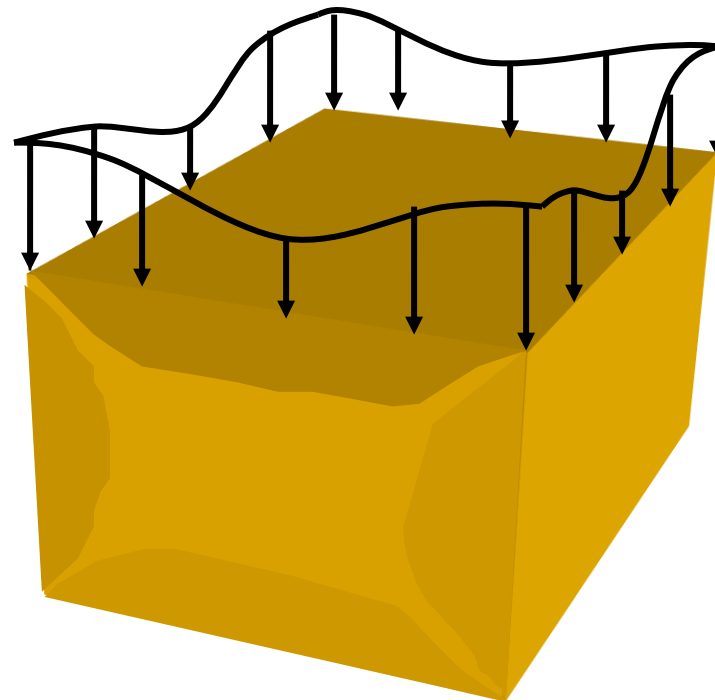
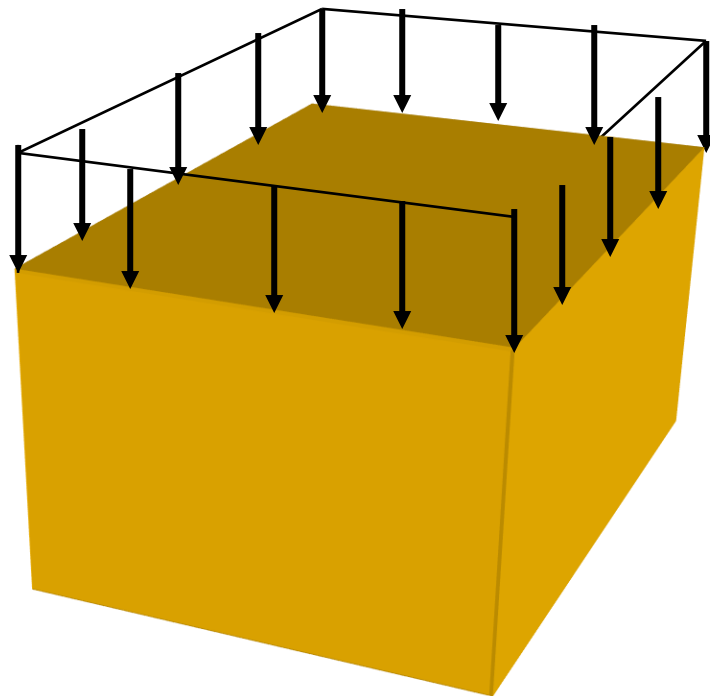


# Основные проблемы с механическими свойствами гофрокартона – что контролировать и как прогнозировать

## Росупак 2022

Юлия Юха, к.х.н.  
независимый эксперт



# Пресс для испытания коробов

- Большой диапазон размеров
- 4 тензодатчика
- Статическая и динамическая нагрузка



# Первое требование – прочность упаковки

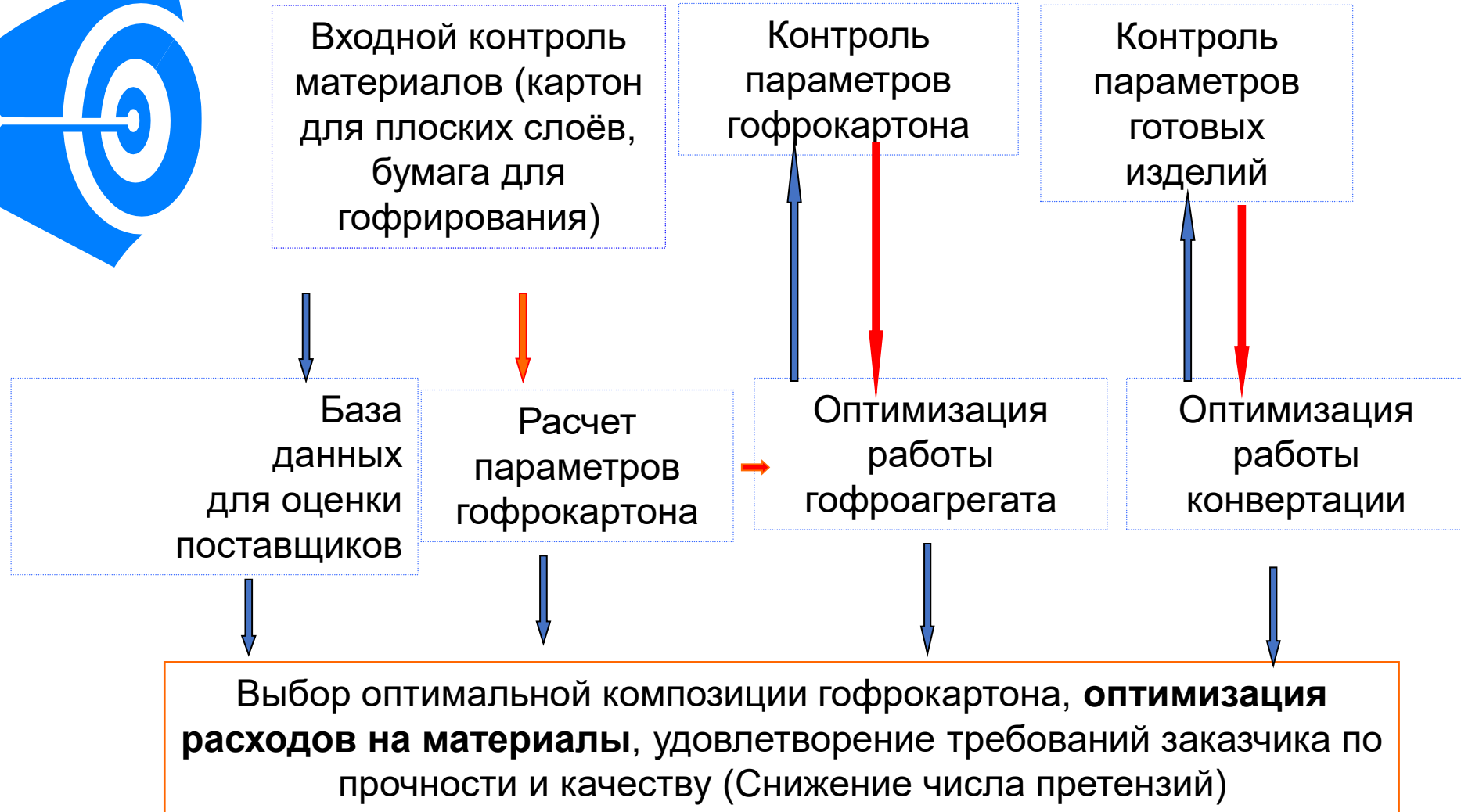
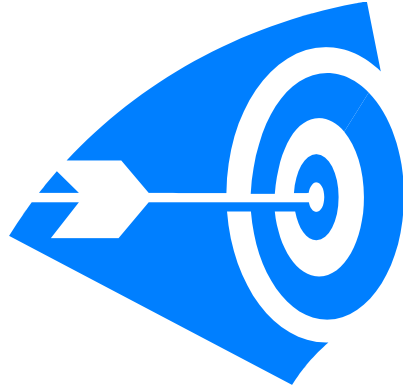
- Тест на прочность короба при сжатии
  - Применим к коробам, складирваемым в штабели и испытывающим нагрузки при транспортировке
  - Применим для сравнения
    - Различных партий одинаковых коробов
    - Коробов из разного картона
    - Коробов разной конструкции

# Требования к прочности для обеспечения защитных свойств упаковки

- Прочность при штабелировании/ сопротивление сжатию сверху вниз
  - Способность контейнера выдерживать нагрузку при транспортировке и хранении
    - Сопротивление торцевому сжатию и жесткость при изгибе
- Защита упакованного продукта
  - Способность контейнера выдерживать внешние или внутренние механические воздействия
    - Сопротивление продавливанию, проколу, плоскостному сжатию

**Как выбрать исходные материалы, чтобы и короб требуемую  
нагрузку выдержал, и лишние деньги на материалы не  
расходовать?**

Нужно знать показатели сырья! Нужно контролировать картон в процессе производства!



# Главные вопросы к производителям исходных материалов (причины рекламаций)

- Чем чаще всего недовольны производители гофрокартона:
  - Низкими показателями по сопротивлению сжатию?
  - Низким продавливанием?
  - Неравномерной влажностью? (жалобы на коробление картона)
  - Растрескиванием при нанесении рилевок?
  - Расклейкой коробов из-за плохой связи между слоями?
  - Обрывами на гофроагрегате?
  - Проблемами с печатью? (Забивание форм. Размазывание краски)

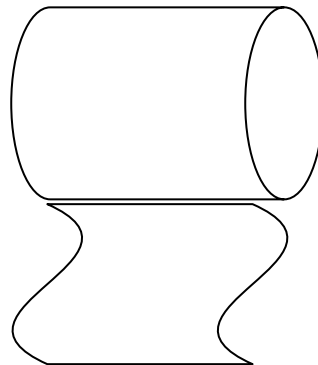


На что чаще всего жалуются потребители гофротары? (причины рекламаций)

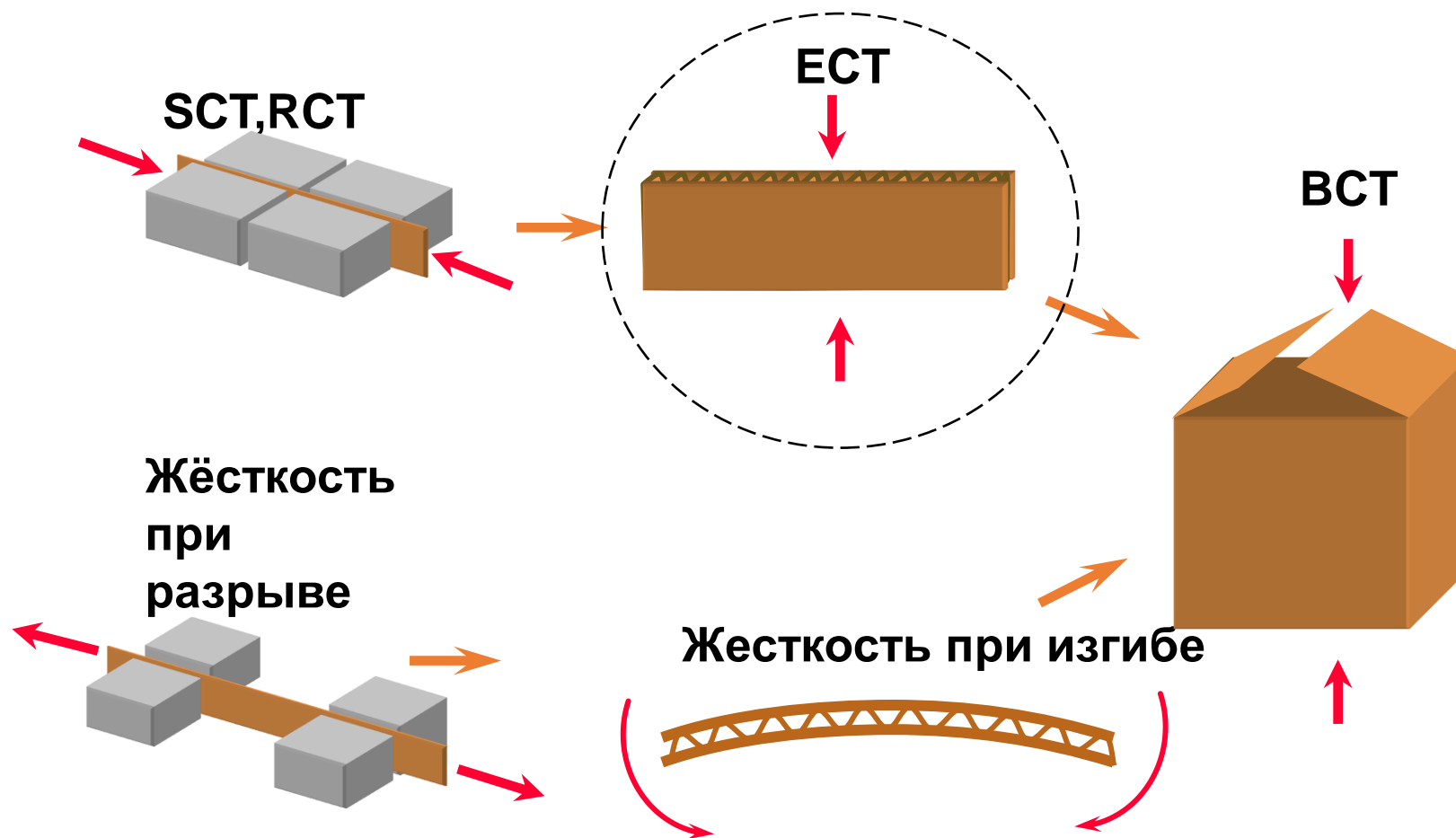
- Короба не выдерживают штабелирования
- Поддончики прогибаются или коробленные
- Расклейка по клапану, но не всегда по клею
- Плохая печать

# Какие свойства исходных материалов определяют качество упаковки?

- Сопротивление сжатию картона для плоских слоев и бумаги для гофрирования (RCT, SCT, SST, CCT, CMT)
- Сопротивление разрыву, эластичность ( $E_{TMD}$ ,  $E_{TCD}$ )
- Сопротивление продавливанию (BST)
- Содержание влаги
- Гладкость, шероховатость
- Воздухопроницаемость
- Впитываемость



- $ECT = K1 \times (RCT1L + K2 \times RCTFI + RCT2L)$   
(1) или
- $ECT = K1 \times (SCT1L + K2 \times SCTFI + SCT2L)$   
(2)
- Сопротивление разрыву, эластичность определяют жесткость при изгибе
- Сопротивление торцевому сжатию (ECT), жёсткость при изгибе ( $S_{MD}$ ,  $S_{CD}$ ) и геометрические размеры (P) определяют сопротивление короба сжатию (BCT)
- Остальные свойства определяют прочие потребительские качества упаковки

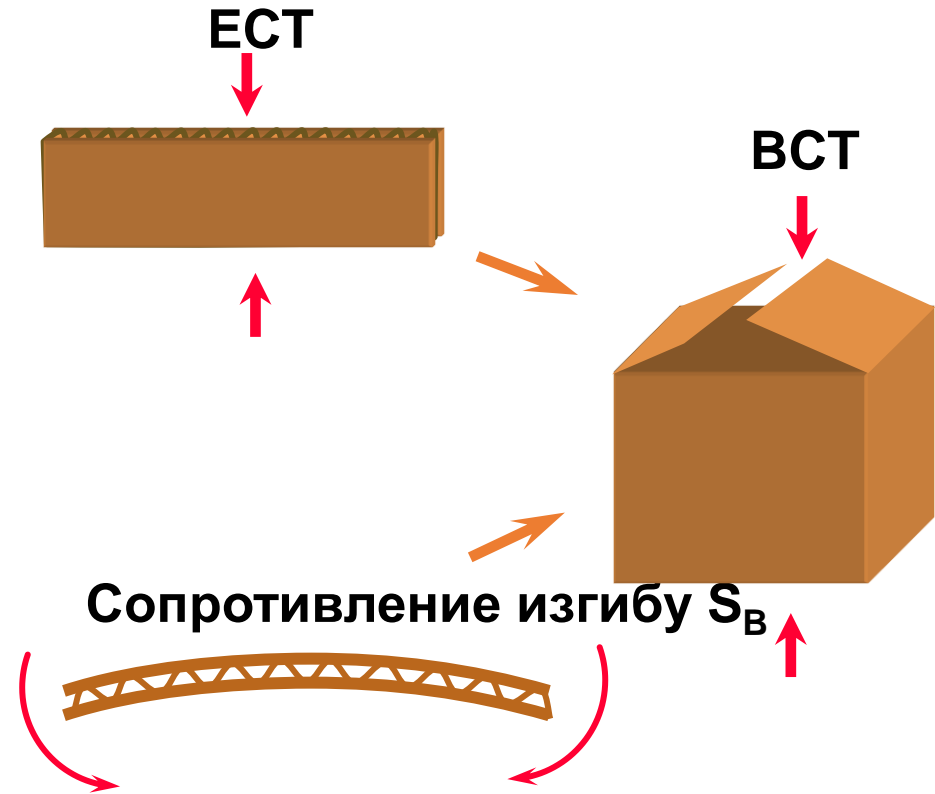


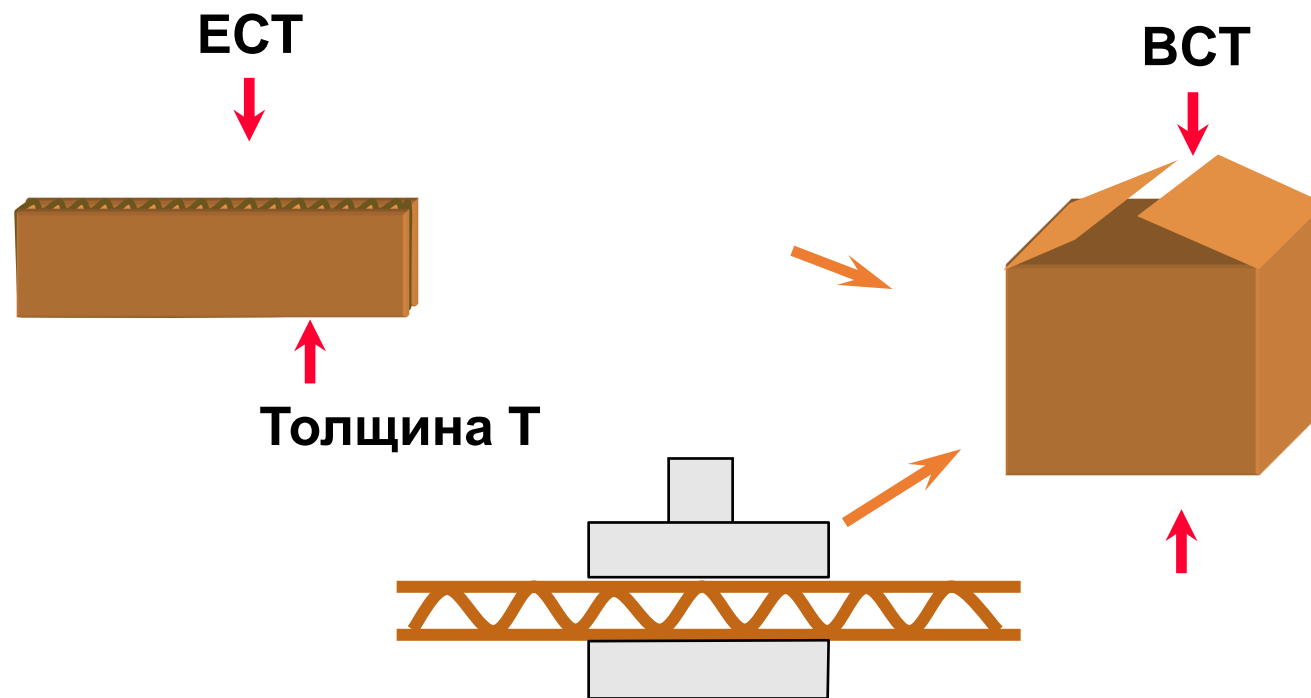
ECT= сопротивление торцевому  
сжатию  
 $S_B$  = Сопротивление изгибу  
Z= периметр короба

## Исходная формула МакКи

$$BCT = k_1 \cdot ECT^{0.75} \cdot S_B^{0.25} \cdot Z^{0.5}$$

$$S_B = \sqrt{S_{MD} \cdot S_{CD}}$$



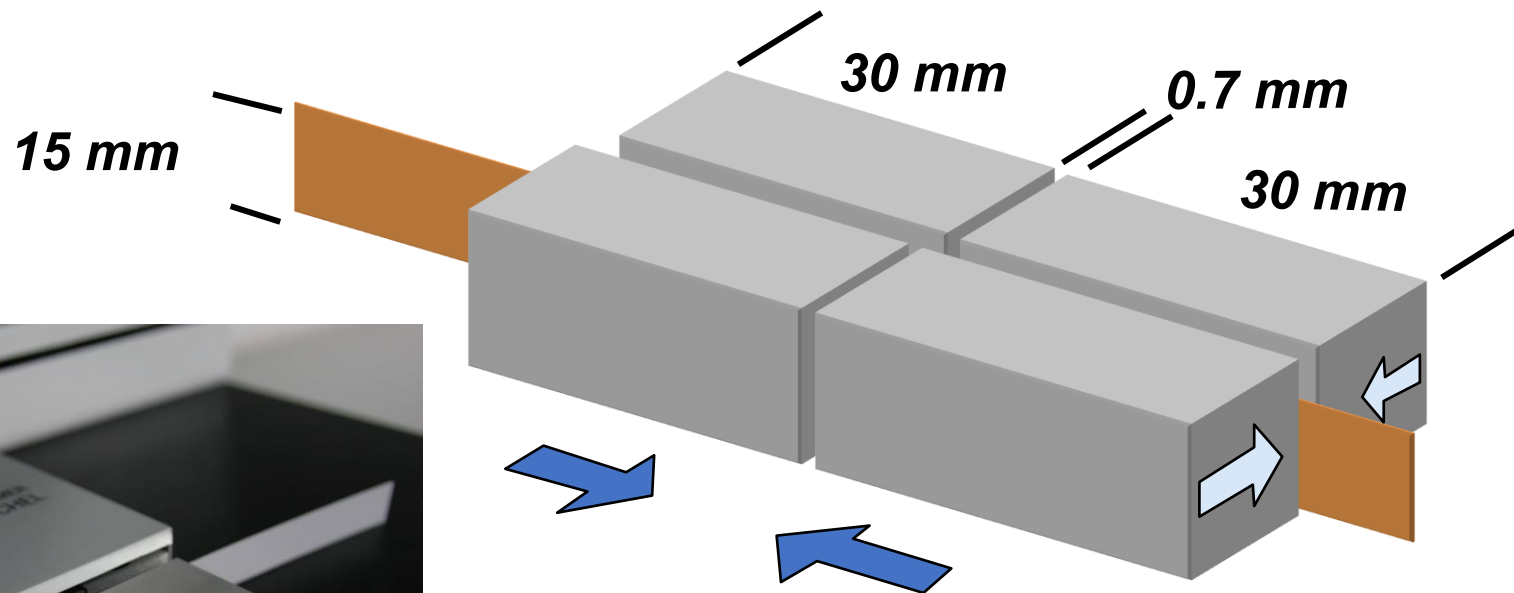


## Упрощенная формула МакКи

$$ВСТ = k_2 \cdot ЕСТ \cdot T^{0.5} \cdot Z^{0.5}$$

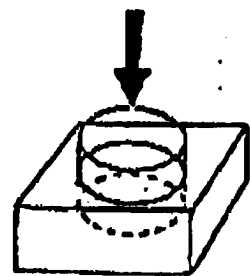
Z = периметр короба

# Сопротивление сжатию на коротком расстоянии (SCT)

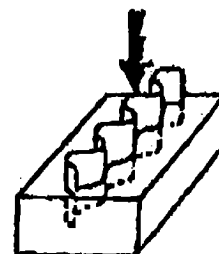


# SCT вместо RCT

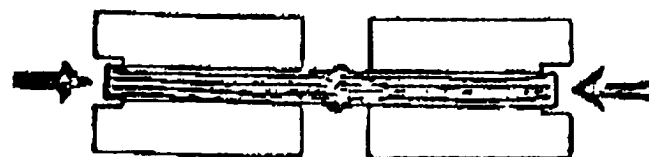
различные методы измерения сопротивления сжатию



RCT  
Ring Crush Test



CCT  
Corrugated Crush Test



SCT  
Shortspan Compr. Test

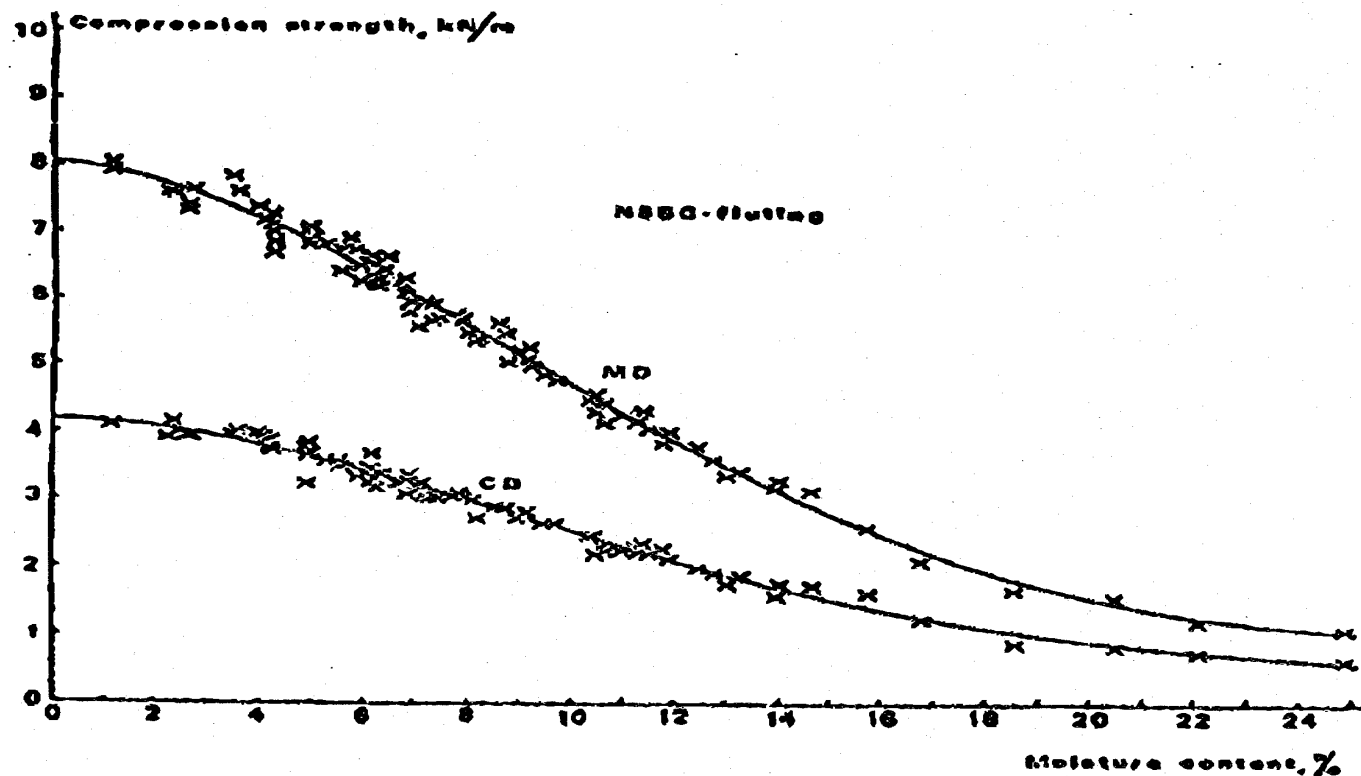
# Сжатие кольца???





# SCT – влияние влажности

- Каждый 1% влажности – 7-10% прочности!



# S-Тест

Новый метод, заменяющий СМТ

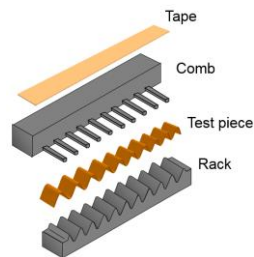
# CMT тест



Вырубка  
образца 1/2"



Гофрирование  
образца



Подготовка  
образца

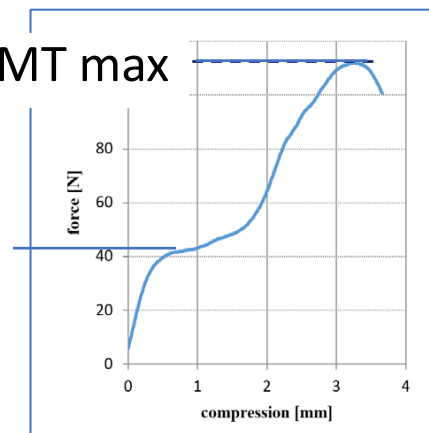


Сжатие  
образца



CMT max

Первое  
плато



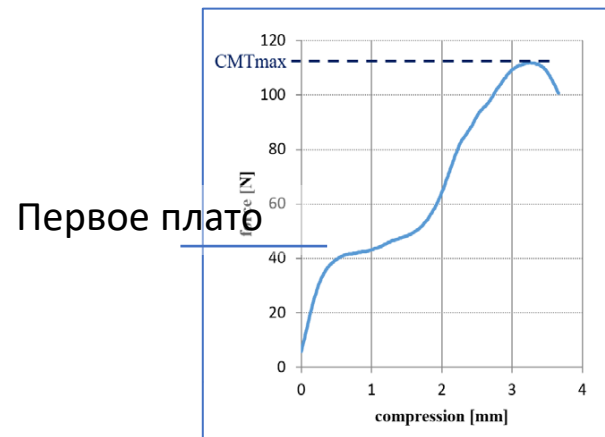
# S-тест



Вырубка  
образца 15мм



S-тест



Результат

## Результат по методу СМТ

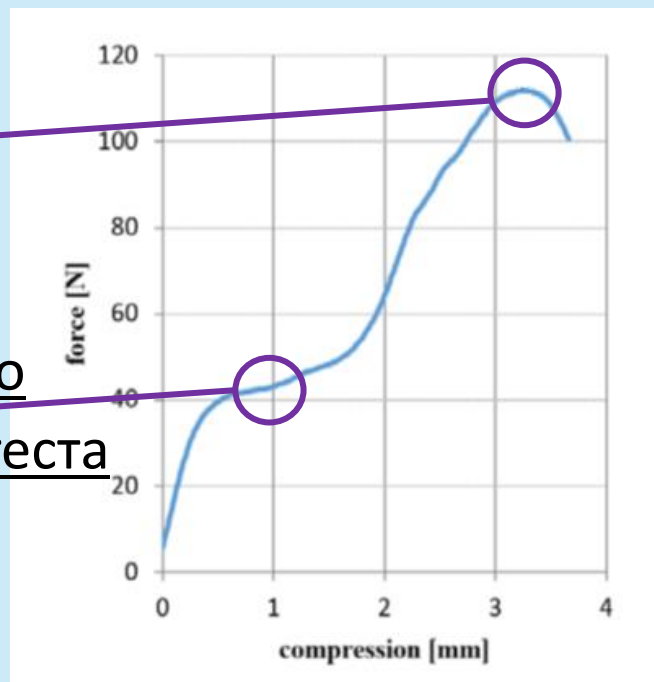
СМТ max: гофра полностью сжата, короб более не выдержит.

Первое плато дает более надежный результат, то, что вы хотите знать. Гофра еще не сломана, поглощает нагрузку, и все еще защищает упаковку.

СМТ max

Первое плато

Результат S-теста



## Результат испытания по методу S-тест

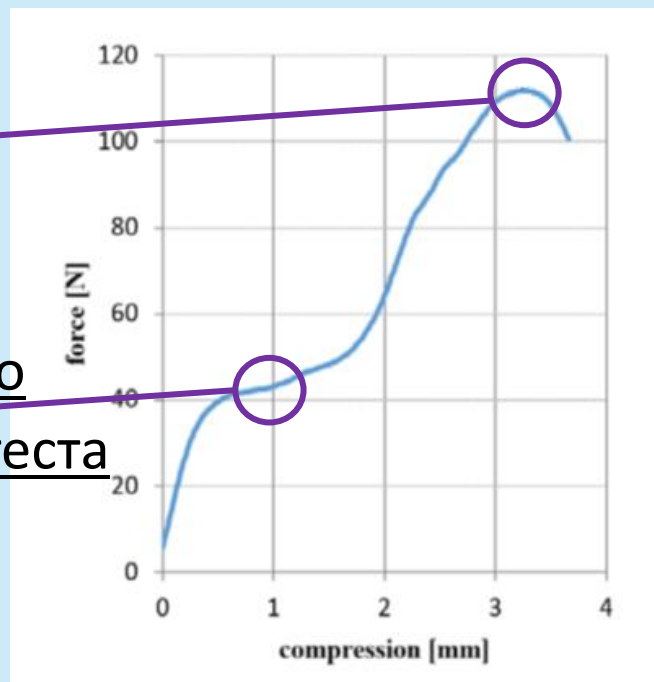
S-тест дает коэфф. корреляции 97.6% с первым плато по CMT тесту. Корреляция подтверждена German Container Board association и German University Darmstadt.

Первое плато дает более подходящую информацию о прочности гофрокартона. Это та точка, когда картон поглощает нагрузку, и все еще остается неповрежденным, сохраняет прочность и форму.

CMT max

Первое плато

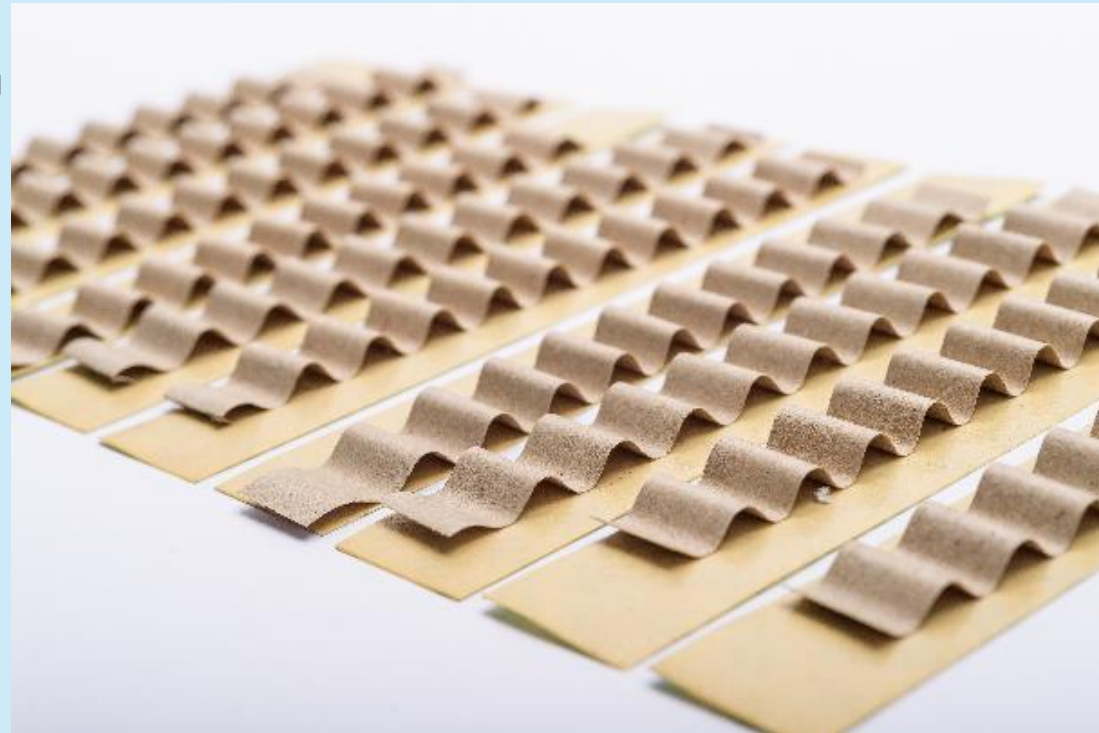
Результат S-теста



## Зачем заменять СМТ

Данные по СМТ являются важными индикаторами для производства. Но измерения требуют времени и усилий. Поэтому результаты могут быть не столь надежны.

- Клейкая лента вносит погрешность.
- Если оператор не так хорошо приклеит гофру к ленте, он внесет ошибку
- Гофра сжимается сверху вниз.
- Прочные типы гофры часто дают лежащие гофры
- Подготовка к измерению требует много времени
- СМТ измеряется с гофрой А, а производят, в основном, с гофрой В, С, Е



## Зачем выбирать S-тест

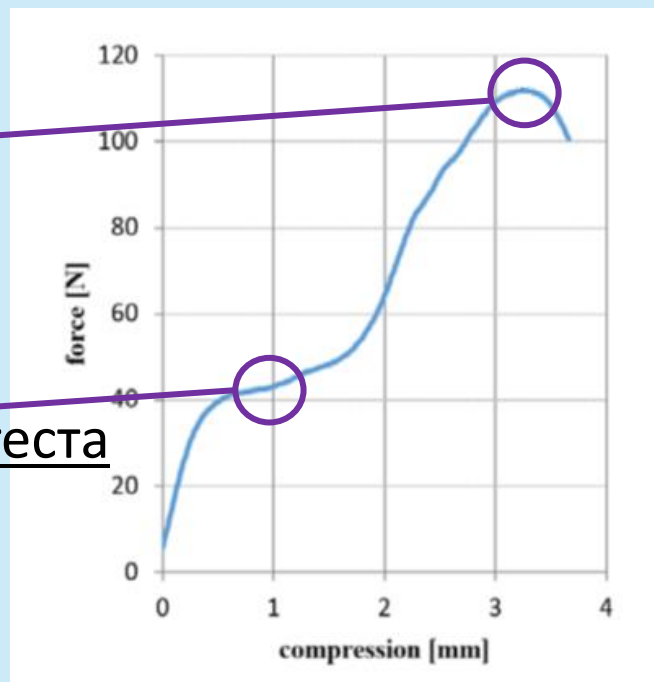
Нет подготовки образца,  
можно измерять для всех  
типов гофры, нет влияния  
оператора, получается  
прямой результат  
измерения

Прямая корреляция с  
первым плато по CMT тесту

CMT max

Первое плато

Результат S-теста





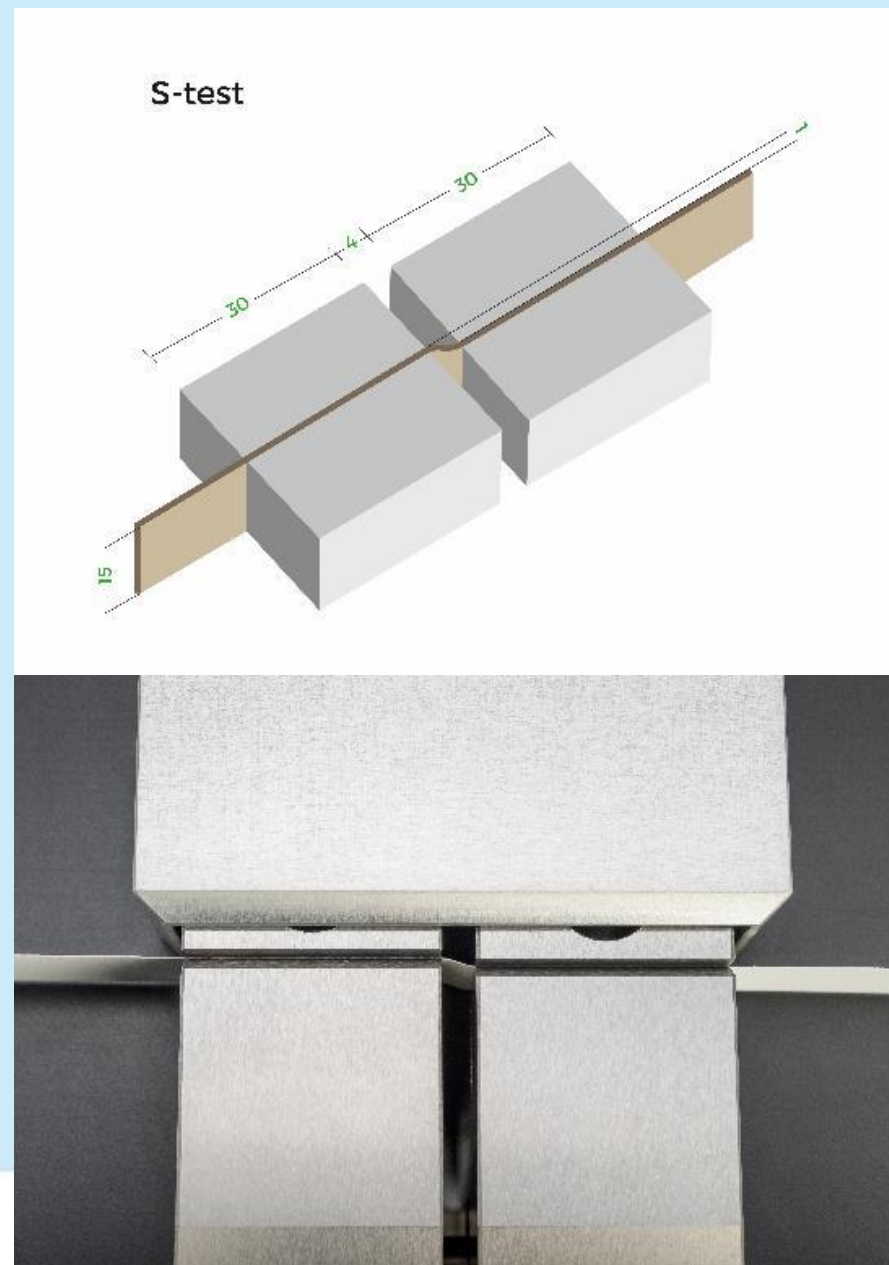
# Прибор S-тестер



# Метод S-теста

S-тестер сжимает образец с зазором 4мм. Зажимы отходят друг от друга на 1 мм. Этот отступ позволяет сжать образец в форму S. Результат сравним с первым плато по СМТ тесту.

Подготовки образца не требуется, результат выводится на приборе сразу после измерения.



7" сенсорный  
дисплей

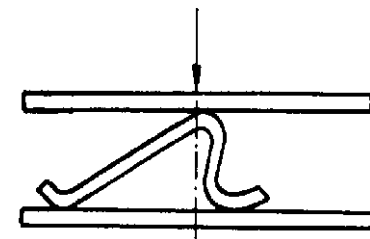
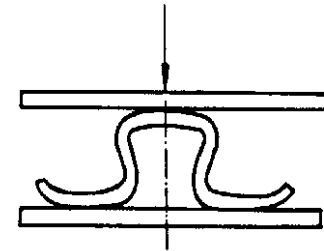
Зажимы

Кнопка  
запуска



# Значение теста на плоскостное сжатие

- ИСО 3035-82; ГОСТ 20681-75
- Высокие значение указывают на
  - Хорошую форму гофров и адекватную прочность бумаги для гофрирования
- Низкие значения указывают на
  - Низкую прочность бумаги для гофрирования
  - Лежащие гофры
  - Пережатые гофры
  - Плохую форму гофров



# Исходные данные для расчета композиции гофрокартона?

1. Вид продукции, которую будут упаковывать
2. Тип желаемой коробки и ее размеры, наличие отверстий, ручек, вид печати (сплошная запечатка, минимум печати и т.д)
3. Сколько коробов в штабеле
4. Вес груза в коробе
5. Срок хранения штабелированных коробов на складе
6. Дальность перевозки коробов с продуктом
7. Особые требования покупателя (цвет внешнего слоя, наличие штрих-кода и т.п.)
8. Как загружается продукт в короб - вручную или автомат?

## **Блок-схема действий для расчета композиции гофрокартона для контроля качества и заказа**

1. Создать и постоянно обновлять базу данных по свойствам исходных материалов: толщина, SCT или RCT, CCT и CMT, продавливание
2. Создать и поддерживать таблицу с расчетными значениями ECT и толщины для основных вариантов сочетаний лайнера и флютинга с учетом своих гофровалов
3. Вести БД по сопротивлению ГК плоскостному сжатию :FCT
3. При контроле картона после ГА сравнивать полученные значения по ECT и толщине с расчетными. Нормальный допуск по отклонению от расчета по толщине не более 0,1мм (снижение).
4. Нормальный допуск по отклонению от расчета по ECT 5%

## Блок-схема действий для расчета композиции гофрокартона для контроля качества и заказа

3. По продавливанию не должно быть снижения по сравнению с расчетом (если продавливание ниже расчета, то подозреваем недосушенный на ГА картон). Влажность гофрокартона 6-9% - нормально. Иногда отлежавшиеся заготовки могут набрать влажность, но не отдать влагу!
4. По плоскостному сжатию не должно быть более 5% отклонения от расчетного
5. Проверять качество склейки слоев!

## Блок-схема действий для расчета композиции гофрокартона для контроля качества и заказа

- Снижение толщины:
- причина 1 – «завал гофры» (неверное натяжение на ГА)
- причина 2 – износ гофровалов
- Снижение ECT и FCT: те же причины, плюс возможно отклонение показателей лайнера и флютинга от средних для данного поставщика
- Снижение продавливания: картон недосушен на ГА, требуется внимание к сушильному столу
- Если отклонения в допуске, то ГА сработал нормально, картон можно использовать для изготовления изделий
- Если найдены недопустимые отклонения, следует проверить, можно ли эти листы использовать для заказа с более низкими требованиями или для прокладок и вставок
- Сообщить ГА о выявленных проблемах



## Блок-схема действий для расчета композиции гофрокартона для контроля качества и заказа

1. Проверка качества печати и склейки
2. Проверка соответствия размеров изделия и качества рилевок (биговок)
3. Проверка ЕСТ картона, взятого из готового изделия
4. Проверка плоскостного сжатия картона, взятого из готового изделия (FCT)
  - Примерные нормы снижения ЕСТ после конвертации:
  - Каждый передел может снизить ЕСТ на 5% (каждый цвет печати, вырубка, высечка, нанесение рилевок/биговок)

## Блок-схема действий для расчета композиции гофрокартона для контроля качества и заказа

- То же относится и к FCT
- Если найдено, что ECT ниже расчетного с учетом всех допусков по снижению при переработке, то можно ожидать, что BCT коробка также будет ниже предполагаемого, т.е. короб может не выдержать штабелирования, и поступит рекламация.
- Снижение плоскостного сжатия особенно опасно для изделий типа треев (поддончиков), поскольку в таких изделиях именно сопротивление плоскостному сжатию играет более важную роль, чем торцевое сжатие. Если найдено существенное снижение плоскостного сжатия, возможна рекламация. Следует немедленно принять меры на высечном прессе (например, снизить нагрузку при высечке), и также проверить настройку давления валов для печати.
- При наличии пресса для испытания гофрокоробов на сжатие следует проверять BCT для каждого заказа, выборка- по ГОСТу.

## Алгоритм расчета требуемой композиции для заказа (ТОЛЬКО для четырехклапанных коробов!)

- 1. Необходимые сведения, которые сообщает отдел продаж по заказу:
  - а. Размеры короба (длина, ширина, высота)
  - б. Какой товар упаковывается (бутылки стеклянные, яйца, пельмени, ведра с майонезом, карамель и т.п.) и вес товара
  - с. Сколько коробов в штабеле
  - d. Сколько цветов печати
  - е. Требуются ли отверстия (ручки, вентиляционные и т.п.)
- 2. Рассчитываем требуемое сопротивление короба сжатию (ВСТ) по ГОСТу:
  - формула 1 :  $VCT1 = (0,0011 * 9,81 * 1,85 * \text{Груз} * (V\text{-шт} - V\text{-к}) / V\text{-к})$  (кН)
  - где Груз в кг – в одном коробе
  - $V\text{-шт}$  – высота штабеля, м
  - $V\text{-к}$  – высота короба, см
  - 1,85- коэффициент для максимального срока хранения

## Алгоритм расчета требуемой композиции для заказа (ТОЛЬКО для четырехклапанных коробов!)

1. Вносим поправки на печать и отверстия: если есть отверстия, то повышающий коэффициент около 15%
  - Каждый цвет печати- 5%
1. Вносим поправки, если есть перепад температур: например, если упаковывают замороженный продукт, или горячий продукт, повышающий коэффициент может быть 15-20%
  - Пример применения поправочных коэффициентов:
  - 2 цвета печати

## Алгоритм расчета требуемой композиции для заказа (ТОЛЬКО для четырехклапанных коробов!)

- Ручки
  - Горячий майонез
  - **формула 2:** ВСТ реальный = ВСТ1\*1,1\*1,15\*1,2 (кН)
1. Ищем требуемое сопротивление торцевому сжатию гофрокартона, решая уравнение:
- **Формула 3**  $VСТ_{реал} = 0,22 * ECT * T^{0,5} * P^{0,5}$   
где ECT – сопротивление торцевому сжатию, кН/м

## Алгоритм расчета требуемой композиции для заказа (ТОЛЬКО для четырехклапанных коробов!)

- T- толщина, мм
- P-периметр, м
- **Важно:**
- Приведенная выше формула 3 хорошо работает для гофрокартона, изготовленного из крафтлайнера и полухимического флютинга, т.е. достаточно жестких и упругих материалов.
- Гофрокартон, изготовленный из макулатурных материалов, менее упругий, поэтому рекомендуется использовать формулу 4, которая дает более низкий расчетный результат:
- Формула 4 :  $VCT_{реал} = 0,185 \times ECT \times T^{0.508} \times P^{0.492}$

## Алгоритм расчета требуемой композиции для заказа (ТОЛЬКО для четырехклапанных коробов!)

- Пример: короб 300X300X300мм, толщина гофрокартона 4 мм, ЕСТ 6 кН/м
- Результат по формуле (3) 2,89 кН
- Результат по формуле (4) 2,46кН.
- Т.е. различие по результату около 15%
- Испытания на сопротивление торцевому сжатию могут давать колебания для одного и того же картона до 17%. Это значит, что при требовании для покупателя определенного значения ВСТ необходимо учесть, что истинное значение ВСТ может оказаться на 17% ниже, соответственно, гофрокартон нужно рассчитать с этим запасом по прочности.
- Существенное влияние оказывает качество склейки лайнера и флютинга. Если значения РАТ низкие, т.е. склейка на ГА прошла некачественно, то даже при хороших исходных материалах может получиться более низкое сопротивление торцевому сжатию, чем ожидалось.

# Выбор ЕСТ для ВСТ

	Требуемое ЕСТ						
	гофра В	гофра С	Гофра ВС				
ВСТ Гост+коэфф	из формулы 3			из Формулы 4			
2,65	4,95	4,78	3,20	5,81	5,61	3,74	
2,79	5,22	5,05	3,38	6,14	5,93	3,94	
3,14	5,88	5,68	3,80	6,90	6,67	4,44	
3,35	6,27	6,06	4,06	7,36	7,11	4,73	
2,52	2,09	4,54	3,04	5,52	5,33	3,55	
1,12	2,26	2,19		2,66	2,57		

Толщина, мм			Р, м		
В	С	ВС			
3,80	4,07	9,07	1,56	1,56	1,56
3,80	4,07	9,07	1,56	1,56	1,56
3,80	4,07	9,07	1,56	1,56	1,56
3,80	4,07	9,07	1,56	1,56	1,56
3,80	4,07	9,07	1,56	1,56	1,56
3,80	4,07	9,07	1,33	1,33	



Спасибо!

Вопросы?

<http://www.sigma-micron.ru>

[mail@sigma-micron.ru](mailto:mail@sigma-micron.ru)

[jyukha@mail.ru](mailto:jyukha@mail.ru)

тел. 8-921-869-44-24