

Упаковывание пищевых продуктов в гибкие материалы

В.Л. Шредер, ОАО «Укрпластик», А.Н. Гавва, д.т.н., НУПТ, В.Н. Кривошей, к.х.н., ИАЦ «Упаковка», г. Киев

* Продолжение. Начало в № 1, 2011 г., с. 38–43.

Интродукция

В предыдущей статье было дано определение и выделены отличительные признаки гибких упаковочных материалов (ГУМ), акцентировано внимание на гибкости и жесткости ГУМ, а также на методах их определения. Именно эти свойства, наряду с толщиной упаковочного материала, позволяют отнести рулонный или листовый упаковочный материал к гибким или жестким ГУМ, а также оказывают огромное влияние на работу фасовочно-упаковочного оборудования (ФУО).

Существует большое число и других свойств ГУМ, используемых для упаковывания пищевой продукции. Все они дают возможность оценить способность ГУМ обеспечить сохранность продукции, придать упаковке привлекательный внешний вид, сделать упаковочный процесс экономичным. Кроме того, ряд свойств гибких материалов определяет эффективность взаимодействия ГУМ с рабочими органами упаковочного оборудования, обеспечивает необходимое качество производимой продукции и достижение требуемых технико-экономических показателей.

Классификация свойств ГУМ

Различают физико-химические, санитарно-гигиенические, органолептические и физические свойства гибких упаковочных материалов.

К физико-химическим относят свойства ГУМ, обусловленные взаимодействием пленок с низкомолекулярными веществами — жидкостями, парами или газами. Для пленок, находящихся в контакте с пищевыми продуктами, необходимо учитывать процессы миграции низкомолекулярных веществ, которые входят в состав ГУМ. Потеря этих веществ может ухудшить свойства ГУМ, а попадание в пищевой продукт — изменить его пищевую ценность, органолептические показатели (вкус, запах, цвет, аромат и другие) и даже сделать потребление пищи небезопасным. При недостаточной химической стойкости к пищевому продукту происходят изменения внешнего вида, объема, цвета и других параметров ГУМ. В результате набухания пленок в жидких средах также может существенно измениться проницаемость ГУМ к влаге, кислороду, газам и ароматическим веществам, что в свою очередь приводит к уменьшению сроков хранения упакованных пищевых продуктов. Среди важнейших физико-химических свойств ГУМ — проницаемость к кислороду, водяному пару, различным газам, а также водопоглощение, химическая стойкость, водостойкость и другие. Они могут быть

определены инструментальными методами, большая часть которых стандартизована [1–4].

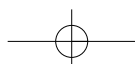
К санитарно-гигиеническим относят свойства ГУМ, которые свидетельствуют о физиологической безвредности упаковочного материала, его инертности по отношению к продукту или среде, с которыми он контактирует. Определяют их при испытании ГУМ в модельных средах, имитирующих пищевые продукты, устанавливая количество и токсичность веществ, которые перешли из ГУМ в модельные среды. Вначале проводят органолептическую оценку материала и водной вытяжки на отсутствие вкуса и запаха, а затем экстрагируемость компонентов ГУМ модельными средами. Используют и другие методики, с помощью которых устанавливают физиологическую безвредность ГУМ [1, 5, 6].

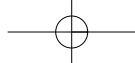
К органолептическим относят свойства ГУМ, которые оценивают с помощью органов чувств человека: зрения, слуха, осязания, обоняния, вкусовых рецепторов. Они определяются как свойствами ГУМ, так и свойствами пищевых продуктов, измененными в результате их взаимодействия с ГУМ. Среди этих свойств восприятие цвета, блеска, текстуры, фактуры, различных цветовых эффектов, интенсивности хруста и шуршания, запаха ГУМ, изменения вкуса, цвета и запаха упакованных пищевых продуктов и другие. Оценка органолептических свойств ГУМ в значи-

тельной степени субъективна и лишь частично может быть подкреплена инструментальными методами [2].

Все три вышеприведенные группы свойств и характеристик дают возможность оценить способность ГУМ сохранять продукцию в упаковке, придать упаковке привлекательный внешний вид, способствовать продажам упакованной продукции. Они практически не оказывают влияния на работу фасовочно-упаковочного оборудования. В то время как физические свойства ГУМ являются определяющими во взаимодействии ГУМ с рабочими органами фасовочно-упаковочного оборудования.

К физическим свойствам относят: геометрические и массо-размерные характеристики ГУМ; характеристику их поверхности; физико-механические, оптические, термические, электрические свойства и характеристики. Физические свойства и характеристики позволяют не только оценить способность ГУМ обеспечить сохранность продукции, но и придать упаковке привлекательный внешний вид, сделать упаковочный процесс экономичным. Соблюдение определенных значений физических свойств и характеристик ГУМ также необходимо для того, чтобы гарантировать надежную и эффективную работу упаковочного оборудования, а также достижение необходимого качества производимой продукции и требуемых технико-экономических показателей.





Геометрические и массо-размерные характеристики ГУМ

К геометрическим и массо-размерным характеристикам относятся толщина, длина, ширина и площадь ГУМ; масса 1 м² и 1 пм, а также отклонения плоскости ГУМ от правильной геометрической формы (табл. 1).

Все приведенные в табл. 1 характеристики оказывают влияние на эффективную работу ФУО. В первую очередь надежная работа ФУО зависит от толщины и колебаний значений толщины ГУМ. Технологически невозможно получить пленку либо ламинированный материал одинаковой толщины, однако к этому стремятся разработчики полимеров, перерабатывающего оборудования и технологи — производители упаковочных материалов [7]. ФУО настраивается на минимальную толщину ГУМ, которая имеет отклонение от среднего номинального значения толщины. Поэтому при значительной разнотолщинности ГУМ (более 5–10 %) возникает необходимость увеличения номинальной толщины ГУМ для компенсации этих отклонений. Меньшая разнотолщинность пленки (в пределах 2–5 %) не только стабилизирует работу и увеличивает производительность ФУО, но также уменьшает расход упаковочного материала и дает значительную экономию сырья и энергии (рис. 1).

Аналогично влиянию колебаний значений толщины ГУМ на работу ФУО колебания массы 1 м² и 1 пм ГУМ также оказывают влияние.

Большинство методов определения геометрических и массо-размерных характеристик ГУМ стандартизованы (табл. 1). Однако отсутствуют стандарты на методы, которые дают воз-

Характеристика, ед. измерений	Стандарты на методы определения	Влияние на упаковку и упаковывание *			
		Сохранность продукции	Внешний вид упаковки	Стоимостные показатели	Эффективная работа ФУО
Номинальная толщина, мкм	ASTM D 618-61; D 2673; DIN 53370; ГОСТ 17035 и другие	XXX	XX	XXX	XXX
Длина, м; ширина, мм; площадь поверхности, м ²	ГОСТ 427; ASTM D 618-61 и другие	—	X	—	X
Масса 1 м ² , г	ISO R 536; ASTM D 2673; DIN 53352; ГОСТ 13199 и другие	—	XX	XXX	XXX
Масса 1 пм, г	ASTM D 2673; DIN 53352; ГОСТ 13199 и другие	—	X	X	X
Отклонения плоскости от правильной геометрической формы	Стандарты отсутствуют	—	XXX	—	XXX

* — не влияет; X – влияет слабо; XX – влияет сильно; XXX – влияет очень сильно

можность установить отклонения плоскости ГУМ от правильной геометрической формы и получить гарантии размерной стабильности, плоскостности и минимальной скручиваемости (керлинга) ГУМ.

При разматывании рулона ГУМ может наблюдаться его неполное скручивание: неплоскостность («волнистость») либо «лопатообразность» (рис. 2). Для оценивания степени «неплоскостности» на ровной плоской доске размещается лента ГУМ длиной в 10–20 раз больше, чем ее ширина *b* (рис. 2, а). Концы ленты фиксируются с помощью зажимов либо липкой ленты, и определяются места, где образуются складки. В том случае, если складки примыкают к одной из сторон ленты и отсутствуют на другой, возникает перекося и смещение ленты

ГУМ при движении по трактам ФУО. Это приводит к сбоям и частым остановкам упаковочного оборудования. При определении «лопатообразности» от рулона отделяется отрезок материала длиной 1–2 *b* (рис. 2, б). Далее замеряется величина прогиба *h*, находящегося в незакрепленном состоянии отрезка ГУМ. Степень неполного скручивания — «лопатообразность» — определяется из соотношения:

$$C = h/b. \quad (1)$$

А ее влияние на процесс упаковывания зависит от конструкции ФУО. Особенно чувствительны к «лопатообразности» упаковочные машины, конструкция которых предусматривает вначале разрезание ленты ГУМ на отдельные бланки, а затем завертывание пищевого продукта в упаковочный материал.

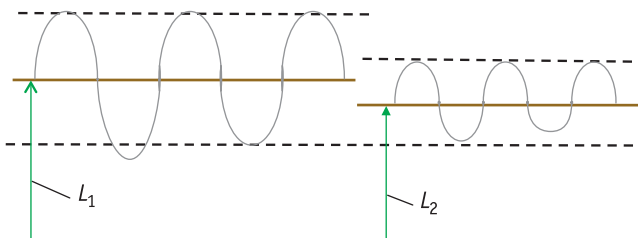


Рис. 1. Влияние колебаний толщины ГУМ на расход упаковочного материала: *L*₁ и *L*₂ — номинальные толщины ГУМ с большей и меньшей разнотолщинностью соответственно

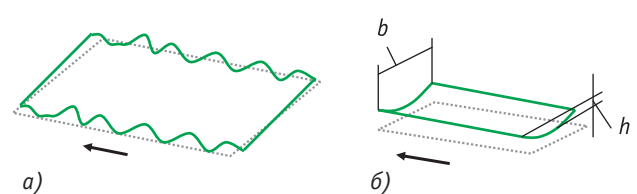
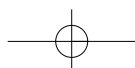
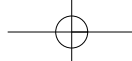


Рис. 2. Схемы отклонения плоскости ГУМ от правильной геометрической формы при разматывании рулона: неплоскостность («волнистость») (а); неполная скручиваемость («лопатообразность») (б). Стрелкой показано направление разматывания рулона





Полная скручиваемость ГУМ («свиткообразность», или керлинг) может наблюдаться в направлении разматывания рулона — в машинном направлении (MD), либо в направлении, перпендикулярном машинному (TD), либо в обоих направлениях (MD и TD). Соответственно различают степень скручиваемости в MD-направлении:

$$C_{MD} = 1 / D_{MD}, \quad (2)$$

в TD-направлении:

$$C_{TD} = 1 / D_{TD}, \quad (3)$$

а также в обоих направлениях:

$$C_{MD} / C_{TD} = D_{TD} / D_{MD}. \quad (4)$$

Для определения керлинга от рулона отрезают полоску ГУМ шириной 15–30 мм и длиной не менее 200 мм и замеряют диаметр образовавшегося свитка (рис. 3).

Увеличение диаметра свитка указывает на уменьшение степени скручиваемости ГУМ. Большинство упаковочных машин, конструкцией которых вначале предусматривается разрезание ленты на отдельные бланки, а затем завертывание пищевого продукта в упаковочный материал, не могут использовать ГУМ, которые имеют «свиткообразность».

Физико-механические свойства ГУМ

Соблюдение показателей физико-механических свойств ГУМ гарантирует стабильную и эффективную работу упаковочного оборудования (табл. 2). Вместе с тем важно обеспечить необходимое качество продукции и требуемые технико-экономические показатели его работы.

Большинство методов определения физико-механических свойств ГУМ (табл. 2) стандартизовано и детально описано [8–9]. Модуль упругости, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение до разрыва, сопротивление раздиру и проколу, прочность связи между слоями, как правило, определяют в режиме растяжения на разрывных машинах. Для определения ударопрочности по Дарту, прочности при падении пленки на дорн по Дуна-тесту, нахождения сопротивления раздиру по Эльмендорфу, устойчивости к многократному перегибу используются лабораторные испытательные стенды, приборы и машины.

Для ФУО дискретного действия необходимо использовать гибкие материалы с высоким пределом текучести. Периодические остановки и рывки при работе такого оборудования могут привести к необратимым деформациям ГУМ, сбоям и остановкам в работе. Упаковка может подвергаться воздействию рабочих органов машины, которые способны вызвать прорывы, надрывы, расслоения. С целью предотвращения образования таких дефектов используют пленки с высоким сопротивлением ударным нагрузкам, расслоению, проколам и раздирам.

ГУМ, которые предназначены для упаковки-обертки типа Vienna Fruit Fold («завертка в носок»), Top Twist, Foil Wrap, Bunch Wrap, Fold Wrap, Stick Pack Flat и других, должны быть способны сохранять состояние изгиба и удерживать складку. Во время определения этой характеристики используют метод, при котором полоску пленки перегибают и в месте изгиба кладут груз (рис. 4). По истечении определенного времени груз

удаляют и измеряют остаточный угол α (градусы), образованный складкой. Степень сохранения первоначальной складки ($T_{ск}$) рассчитывают по формуле:

$$T_{ск} = \frac{(180^\circ - \alpha)}{180^\circ} 100 \%. \quad (5)$$

Для упаковывания пищевой продукции в групповую потребительскую упаковку используют деформируемые (растягиваемые) пленки, стретч-пленки, стретч-худ-пленки. Мерой способности этих пленок к растягиванию является предел прочности и относительное удлинение при растяжении. Важной также является способность таких пленок к упругому восстановлению. Методика таких испытаний заключается в том, что полоска пленки длиной D_0 растягивается на определенную длину $D_{нач}$ и через определенное время фиксируется остаточная $D_{ост}$ длина полоски. Степень сохранения начальной деформации определяют по формуле:

$$T_{сд} = D_{ост} / D_{нач} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где $D_{нач}$ и $D_{ост}$ — начальная и остаточная деформация при одноосном растяжении полоски пленки соответственно. Кроме того, определяют способность пленки сохранять придаваемое ей натяжение в течение определенного времени. Если пленка быстро релаксирует, то конфигурация, компактность и целостность упаковки могут быть нарушены. Для применяемых на практике пленок после 6–12 месяцев натяжение уменьшается не более чем на 40–60 % от своего первоначального значения. Методы, которые используют для установления способности ГУМ сохранять скручиваемость (твист-свойство) и



Рис. 3. Схема определения степени полной скручиваемости («свиткообразность») ГУМ по методике компании BASF

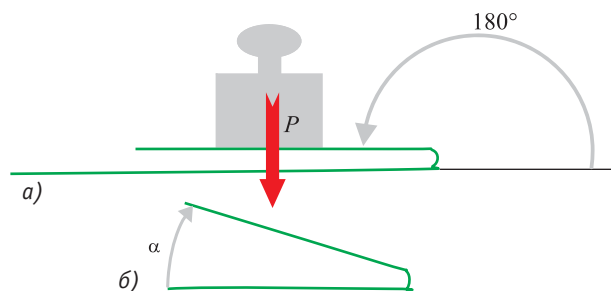
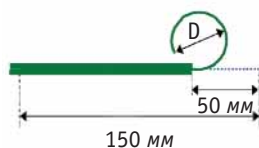
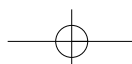


Рис. 4. Схема определения способности ГУМ удерживать складку: общая схема (а); остаточный угол складки α (б)



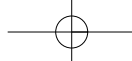


Таблица 2.
Физико-механические свойства ГУМ

Свойства, ед. измерений	Стандарты на методы испытаний	Влияние на упаковку и упаковывание			
		Сохранность продукции	Внешний вид упаковки	Стоимостные показатели	Эффективная работа ФУО
Модуль упругости при растяжении 1 % (2 %), МПа (Н/мм ²)	ISO R 527; ASTM D 882; DIN 53457; ГОСТ 9550; ГОСТ 12580 и другие	XXX	XXX	XX	XXX
Предел прочности при растяжении, МПа (Н/мм ²)	ISO R 527; ASTM D 882; DIN 53455; ГОСТ 14236 и другие	XX	—	—	X
Предел текучести при растяжении, МПа (Н/мм ²)	ISO R 527; ASTM D 882; DIN 53455; ГОСТ 14236 и другие	XXX	X	X	XX
Относительное удлинение до разрыва при растяжении, %	ISO R 527; ASTM D 882; ASTM D 1790-02; DIN 53455; ГОСТ 14236 и другие	X	—	—	X
Сопrotивление раздиру при растяжении, МПа (Н/мм ²)	ASTM D 1004; ГОСТ 26128; ГОСТ 21353 и другие	XX	—	—	XXX
Сопrotивление раздиру по Эльмендорфу, г/мкм	ISO R 6383/2; ASTM D 1922; DIN 6382/2; ГОСТ 13525 и другие	XX	—	—	XXX
Сопrotивление проколу при растяжении, Н/мкм	ASTM D1709(B) и другие	XXX	—	—	X
Ударопрочность по Дарту (падающим грузом-дротиком), г/мкм	ASTM D1709(A); DIN 53443; ГОСТ Р 53655.1-2009 и другие	XXX	—	—	XX
Дуна-тест, прочность при падении пленки на дорн, Н/мкм	ASTM D 3029; DIN 53373 и другие	XXX	—	—	XX
Прочность связи между слоями, МПа (Н/мм ²)	ASTM D 4649; ГОСТ 12255 и другие	XX	X	—	X
Прочность сцепления между пл-слоями стретч-пленки, МПа (Н/мм ²)	ASTM D 5458 и другие	XXX	X	—	XX
Устойчивость к многократному перегибу, циклы	ГОСТ 10952 и другие	XXX	X	—	X
Способность к удерживанию складки ГУМ, градусы	Tappi T 446-3, ASTM D 970	XX	XXX	X	XXX
Упругое восстановление полоски ГУМ	Стандарты отсутствуют	XXX	XX	X	XX
Твист-свойства	Стандарты отсутствуют	XX	XXX	X	XXX

* — не влияет; X – влияет слабо; XX – влияет сильно; XXX – влияет очень сильно

удерживать перекрученное состояние в упаковке типа Double Twist, Side Twist, Top Twist и других, пока не стандартизированы, но используются на практике [10]. Основным параметром, характеризующим способность пленочных материалов к сохранению скручиваемости, является возникающая при их изгибе необратимая деформация. При заворачивании изделий «в перекрутку» пленочный материал многократно

складывается, причем плотность складок максимально возрастает при приближении к узлам перекручивания пленки (рис. 5, а). Складки после закручивания самопроизвольно распрямляются в том случае, если в наружных слоях пленки (внутреннем и внешнем) сохраняются остаточные упругие напряжения $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{раст}$ (рис. 5, б, в). Распрямление складок с увеличением угла α происходит, пока в пленке эти напря-

жения не уменьшаются до нулевого значения. При распрямлении складок происходит разворачивание перекрученных концов пленки. Величина угла самопроизвольного раскручивания $\varphi_{ост}^{yn}$ концов пленки (первоначально перекрученных на угол $\varphi_{нач}$) зависит от угла распрямления складок α . Сохранение складки в изогнутых и перекрученных пленках достигается в основном либо при изломе, либо при необратимой деформации (течении) материала. В последнем случае при скоростях растяжения пленки, близких к возникающим в высокопроизводительных заверточных машинах-автоматах, твист-пленка должна иметь короткий участок $0-a_{mp}$, соответствующий упругой обратимой деформации (рис. 6). При этом для обеспечения нормальной работы заверточных машин-автоматов материал должен обладать высокой жесткостью (и, соответственно, максимально возможным модулем упругости). После предела текучести (точка a_{mp}) начинается

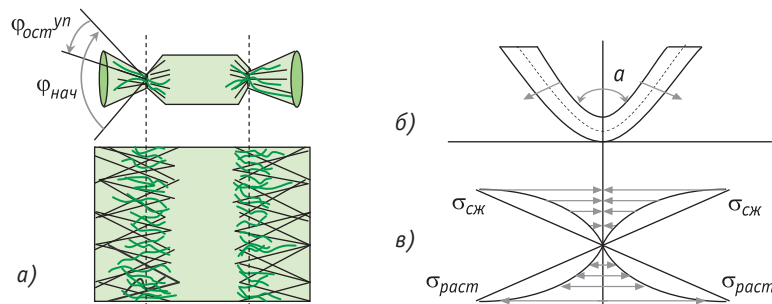
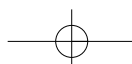


Рис. 5. Схема поведения пленочного материала при заворачивании изделий: упаковка «в перекрутку» типа Double Twist (а); складки, возникающие на пленочном материале (б); эпюра остаточных напряжений, возникающих по сечению пленки в местах ее перегиба (в)



течение полимера, сопровождаемое интенсивной структурной перестройкой. Эти процессы должны проходить очень быстро, чтобы остаточная упругая деформация $\epsilon_{ост}^{yn} = \epsilon_{нач} - \epsilon_{кон}$ была минимальной.

Твист-свойства определяют при заворачивании шарика определенного диаметра в прямоугольный отрезок испытываемого ГУМ (рис. 7, а). Отрезок сворачивается в трубочку, концы которой подворачиваются на определенный угол — $\varphi_{нач}$ (360°, 540° или 720°). Степень сохранения перекрутки R рассчитывают по формуле:

$$R = \frac{(\varphi_{нач} - \varphi_{ост}^{yn})}{\varphi_{нач}} 100\%, \quad (7)$$

где $\varphi_{нач}$ — угол первоначального закручивания; $\varphi_{ост}^{yn}$ — угол самопроизвольного раскручивания.

Для оценивания свойств твист-пленки удерживать перекрученное состояние определяют угол $\varphi_{ост}^{yn}$ самопроизвольного раскручивания концов пленки, а также с помощью разрывной машины усилие $F(\varphi)$ в зависимости от угла φ принудительного раскручивания концов (рис. 7, б).

Разумеется, поскольку заворачивание изделий протекает очень быстро (0,05 с и менее), перечисленные методики все-таки не до конца дают возможность моделировать все особенности протекающих процессов и точно оценить свойства испытываемых твист-пленок. В реальных условиях релаксационные процессы часто не успевают проходить

и пленка частично восстанавливает свою первоначальную форму. Поэтому способность полимерной пленки сохранять скрученное состояние (твист-эффект) дополнительно проверяется по углу $\varphi_{ост}^{yn}$ самопроизвольного раскручивания, возникающего на работающей заверточной машине-автомате или на специальном стенде.

Литература

1. Гуль В.Е., Дьяконова В.П. Физико-химические основы производства полимерных пленок. — М.: Высшая школа, 1978. — 279 с.
2. Полимерные пленки / Х. Бристон, Л.Л. Катан: Пер. с англ. под ред. Э.П. Донцовой. — М.: Химия, 1993. — 384 с. — ISBN 5-7245-0744-7.
3. Рейтлингер С.А. Проницаемость полимерных материалов. — М.: Химия, 1974. — 272 с.
4. Малкин А.Я., Чалых А.Е. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения. — М.: Химия, 1979. — 304 с.
5. Токсикология и гигиена применения полимерных материалов в пищевой промышленности. — М.: Медицина, 1980. — 240 с.
6. Любешкина Е. Миграционная политика. За безопасность связей с упаковочным материалом // Пакет. — 2004 — № 5. — С. 11–15.
7. Бердышев Б.В. Управление толщиной // Полимеры — Деньги. — 2005. — № 4(12). — С. 17–21.
8. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. Методы измерения механиче-

ских свойств полимеров. — М.: Химия, 1978. — 336 с.

9. Grellmann W., Seidler S. Polymer Testing. Carl Hanser Verlag, ISBN-13-978-1-56990-410-7, 2007. 674 S.

10. Шредер В.Л., Козак К.В., Кулик Н.В. ТВИСПАН — новое слово ОАО «Укрпластик» // Упаковка, 2001 — № 3. — С. 43–45.

Пакування харчових продуктів у гнучкі матеріали

В.Л. Шредер, О.М. Гавва, д.т.н. В.М. Кривошея, к.х.н.
 Авторами проведена класифікація властивостей ГПМ, розглянуті фізичні властивості ГПМ і основні методи їхнього визначення. У статті показано вплив неплоскостності і скрученості на роботу загорткового обладнання. Детально розглянуті фізико-механічні властивості ГПМ, і серед них здатність утримувати складку, ступінь збереження початкової деформації і методи їхнього визначення. Авторами показано, що здатність збереження перекрутки і утримування перекрученого стану є початковою оцінкою можливості використання ГПМ під час пакування продукції на загортковому обладнанні.
 Ключові слова: гнучкі пакувальні матеріали; фізичні властивості; фізико-механічні властивості; фасувально-пакувальне обладнання.

Packaging of food in flexible material

V.L. Schreder, A.N. Gava, Dr., V.N. Krivoshey, Ph.D.
 The authors made a classification of the properties of flexible packaging materials, reviewed the physical properties of flexible packaging materials and basic methods for their determination. The article shows the influence of flatness and curls to work wrapping equipment. The authors reviewed the physical and mechanical properties of flexible packaging materials, among them the ability to hold the fold, the degree of conservation of the initial deformation and methods for their determination. The authors showed that the ability to save-twist and holding tangled state is prima facie assessment of the use of flexible packaging materials for products on packing wrapping machines.
 Key words: flexible packaging materials, physical properties, mechanical properties, filling and packaging machines.

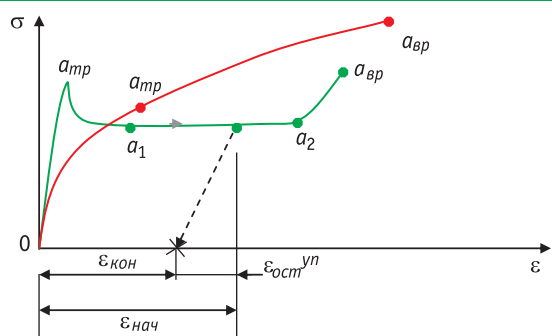


Рис. 6. Зависимость напряжения σ от деформации ϵ (— твист-пленка; — обычная полимерная пленка): $0-a_{тр}$ — участок упругой обратимой деформации; точки $a_{тр}$ и $a_{вр}$ — пределы текучести и прочности; a_1-a_2 — текучесть полимера с образованием «шейки»; $\epsilon_{нач}$ и $\epsilon_{кон}$ — начальная и конечная деформация пленки; $\epsilon_{ост}^{yn}$ — остаточная упругая (возвратная) деформация пленки

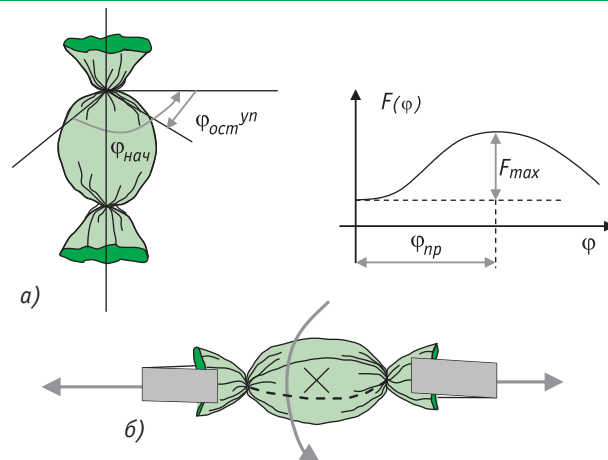


Рис. 7. Определение твист-свойств ГУМ: сохранение перекрутки (твист-эффект) (а); удержание перекрученного состояния (б)