

Packaging

Научно-публицистический журнал для специалистов
упаковочной отрасли и потребителей упаковки

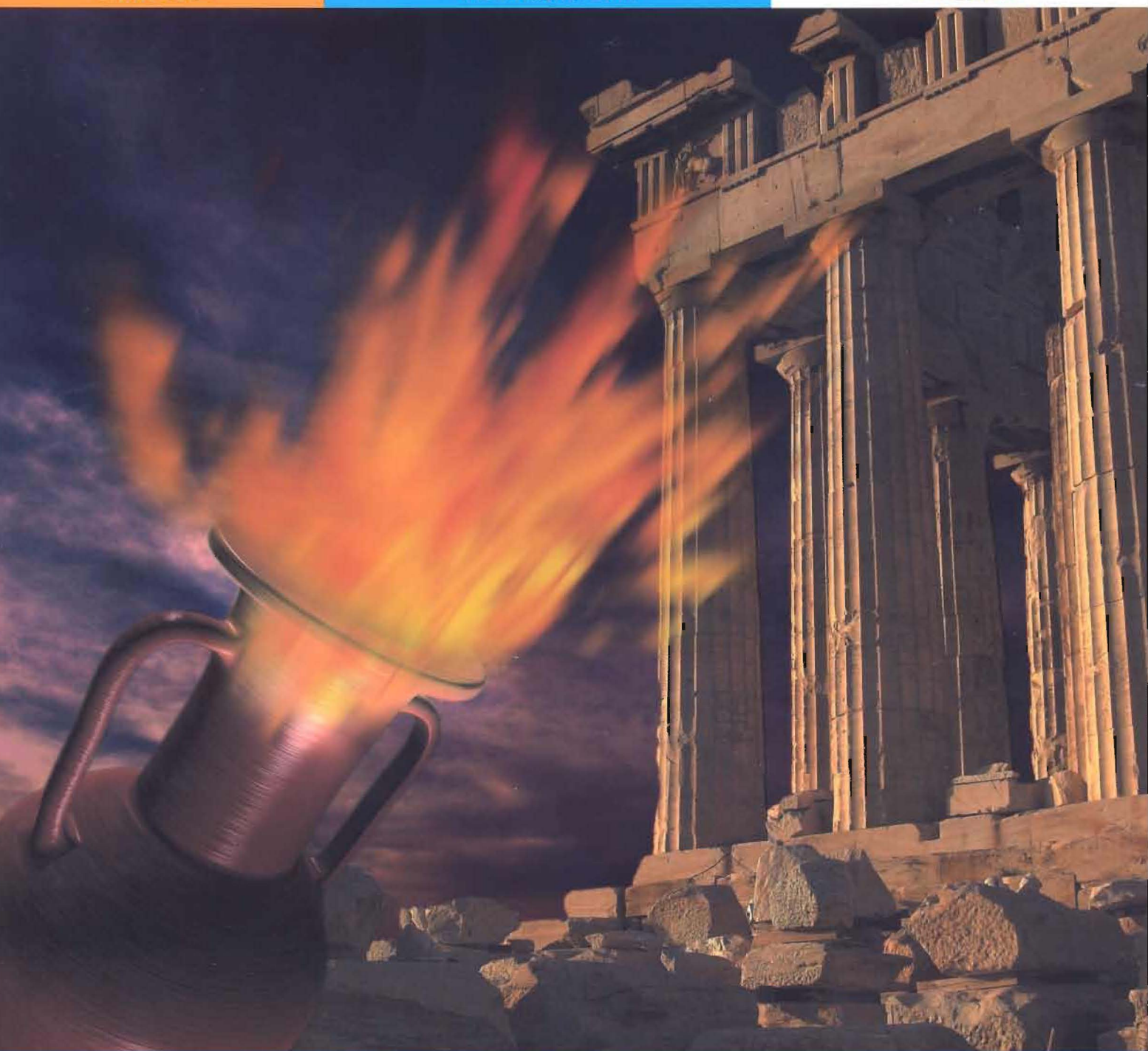


№ 1 (15), ФЕВРАЛЬ 2008

УПАКОВКА

ИССЛЕДОВАНИЯ

РАЗВИТИЕ



ВЕНСКИЕ ПРОГНОЗЫ РУССКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

МЫСЛИ О БУМАГЕ ПОД МУЗЫКУ ОРГАНА

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ УПАКОВКИ НА ЧЕЛОВЕКА И ПРОСТРАНСТВО

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА УПАКОВОЧНОГО
МАТЕРИАЛА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ГРУППОВОЙ И ШТАБЕЛЬНОЙ УПАКОВКИ

РУКОВОДСТВО К ДЕЙСТВИЮ!

Бучельникова Я. В., Коваленко М. В.
Санкт-Петербургский государственный
технологический университет
растительных полимеров

GUIDE TO ACTION! METHODS OF SELECTING THE PACKAGING MATERIAL AND EQUIPMENT FOR GROUP AND PALLETIZED PACKAGING

Buchelnikova Ja., Kovalenko M.
Saint-Petersburg state technology university
of plant polymers

What is the right way to choose the best packaging material for group and palletized packaging and to find the compromise between its quality and cost? The authors offer their viewpoint of this problem as well as the algorithm of its solution that may become an instrument in the hands of the purchasing manager or the programmer.

Here are the steps for the selection of packaging:

1. selection of the technology method
2. selection of the material
3. the source of the material (own production or purchase)
4. selection of apparatus lay-out for the production line
5. laboratory testing of the produced or purchased material
6. summing up

Как выбрать оптимальный упаковочный материал для групповой¹ или штабельной² упаковки и найти компромисс между его качеством и стоимостью? Авторы этой статьи предлагают читателям не только свое видение этой задачи, но и алгоритм ее решения, который может стать рабочим инструментом как менеджера по закупкам упаковочных материалов, так и программиста, занимающегося этой проблемой.

Программа выбора упаковки содержит следующие пункты:

- выбор технологии
- выбор материала
- источник получения материала (производство или закупка)
- выбор аппаратного оформления производственной линии

¹ Групповой упаковкой называется вид комплектации нескольких изделий одного номенклатурного ряда численностью от нескольких десятков упаковываемых единиц до группировки в отдельную транспортную тару.

² Упаковку называют штабельной в случае сосредоточения большого количества товарных единиц на погрузочной площади (паллете), и совмещением с какой-либо системой упаковки в пленочный материал.



Марина Коваленко,
к.т.н., доцент

- лабораторные испытания произведенного или закупленного материала
- подведение итогов

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ

Прежде всего, надо рассмотреть существующие на данный момент виды упаковки крупногабаритных товаров на паллетах.

Упаковка в термоусадочную пленку — наиболее известная из них. В случае ее выбора потребуется:

- одно- или двухосноориентированная пленка из кристаллизующихся полиолефинов (ПВХ, ПС, ПА),
- туннельная печь,
- значительных размеров производственная площадь,
- электроэнергия,
- профессионально подготовленный обслуживающий персонал.

Упаковка в стретч-пленку (stretch film (англ.) — растягивающаяся пленка) — это другой вид паллетной упаковки. Ее применение возможно при паллетировании товара, который нельзя нагревать. Это условие может быть связано с тем, чтобы избежать деформации товара под действием значительных стягивающих усилий в процессе термоусадки.

Упаковка в стретч-колпак. Это новая технология упаковки крупно-

габаритных грузов — **stretch hood** (эластичный колпак). В этом случае из эластичной пленки методом экструзии формируется рукав, который раздувается и с помощью четырех зажимов по каждой стороне прижимается к поддону. За счет горизонтального и вертикального натяжения рукава по всему объему создается необходимая удерживающая сила. Конечно, стретч-пленка не обеспечит того равновесия возникающих удерживающих усилий, и, возможно, не даст того уровня видимости упакованного товара, которую дает однослойная упаковка в термоусадочную пленку, но этот метод проще и дешевле. Таким образом, из трех представленных видов технология упаковки в стретч-пленку наиболее рентабельна.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА

В последние несколько лет объемы производства и потребления стретч-пленки существенно возросли (см. рис. 1). Подтверждается рост спроса и маркетинговыми данными компании AMI Consulting, утверждающей, что на рынке паллетной упаковки стретч-пленки занимают около 70% в общем объеме потребления. Кроме того, еще примерно 4% приходится на **stretch hood**. Термоусадочная пленка постепенно сдает свои позиции и уступает место стретч-пленке, объем потребления которой через несколько лет увеличит-



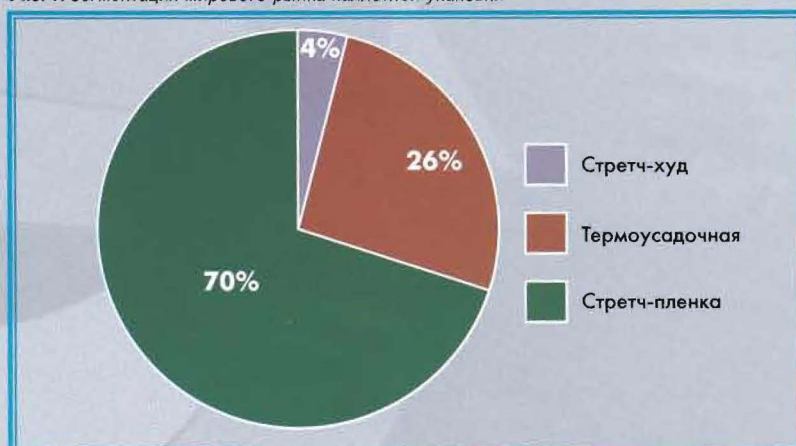
Яна Бучельникова,
аспирант

ся до 80%. Использование стретч-пленки экономит производственную площадь, электроэнергию и исключает стадию сварки или ламинации. Стретч-пленки подразделяются по материалу, способу изготовления, специфике упаковываемого в них товара и степени загрязнения окружающей среды.

Рынок стретч-пленок представлен на рис. 2. По маркетинговым данным, для производства стретч-пленок паллетного назначения в наибольшем объеме используется ЛПЭНП (75%) и практически не используется ПВХ (25%). Почему? Для ответа на поставленный вопрос потребуется рассмотреть эти материалы с точки зрения физикохимии полимеров.

Экскурс в физикохимию ПВХ и ЛПЭНП, на мой взгляд, дал одно-

Рис. 1. Сегментация мирового рынка паллетной упаковки



Экономические показатели	Плоскочелюстная экструзия	Экструзия раздувом
Количество производителей	8	22
Объем производства, тонн	45430	15500
Энергоемкость, кВт*/кг	0,57	0,41
Средняя стоимость оборудования, \$/кг	0,96	0,3
Величина заработной платы, \$/кг	0,05	0,15

Таблица 1. Экономические показатели по производству пленок

значный ответ на вопрос о выборе материала. Исключение лубриканта из ПЭ пленки не составляет труда, просто можно не использовать переработанный материал, содержащий столь опасный компонент, отклонить же использование пластификаторов в ПВХ и закрыть глаза на диоксиновую опасность нельзя. С точки зрения науки тоже лучше заниматься разработками в области создания комбинированного материала, сочетающего в себе свойства избирательной газопроницаемости и экологической безопасности для упаковки свежих продуктов, чем использовать бро-

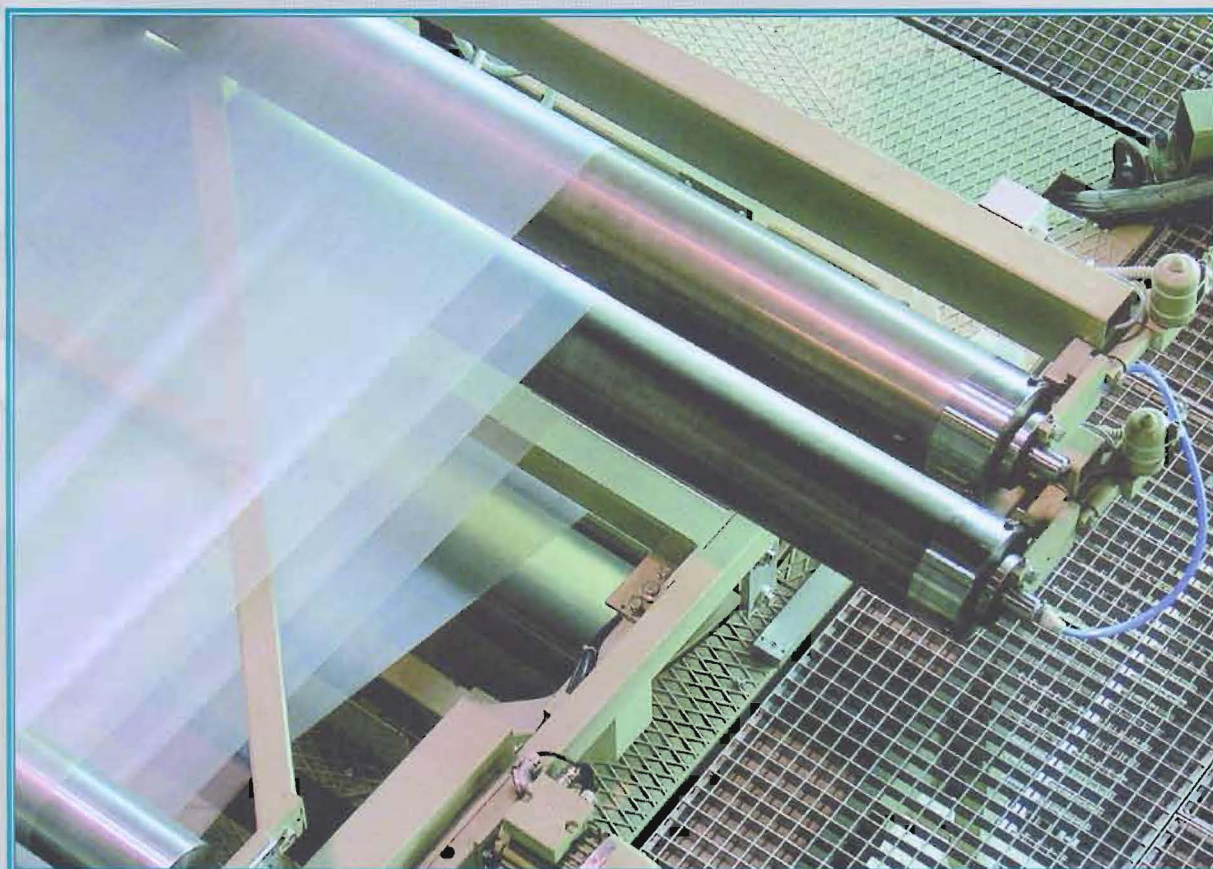
совый материал, от которого отказались уже многие страны.

Таким образом, мы сделали свой выбор технологии и материала: это упаковка в стретч-пленку (ЛПЭНП).

ИСТОЧНИК МАТЕРИАЛА

Остается решить, каким образом стретч-пленка попадет на участок упаковки: либо это будет закупленная, либо произведенная здесь же пленка. Дальнейшие действия зависят от принятого решения по данному пункту, которое в свою очередь будет базироваться на трех китах: степени потреб-

ности в данном упаковочном материале, наличии возможности значительных капитальных вложений и терпении. Независимо от вашего выбора — производить или закупать пленку — следует остановиться на более подробном рассмотрении основ ее производства и экспериментальных методах анализа, а также схеме отличия пленки, произведенной поливным или выдувным способами. Напомним, что на данный момент времени существует два основных способа производства пленки: экструзией через рукавную головку с последующим раздувом рукава (вы-



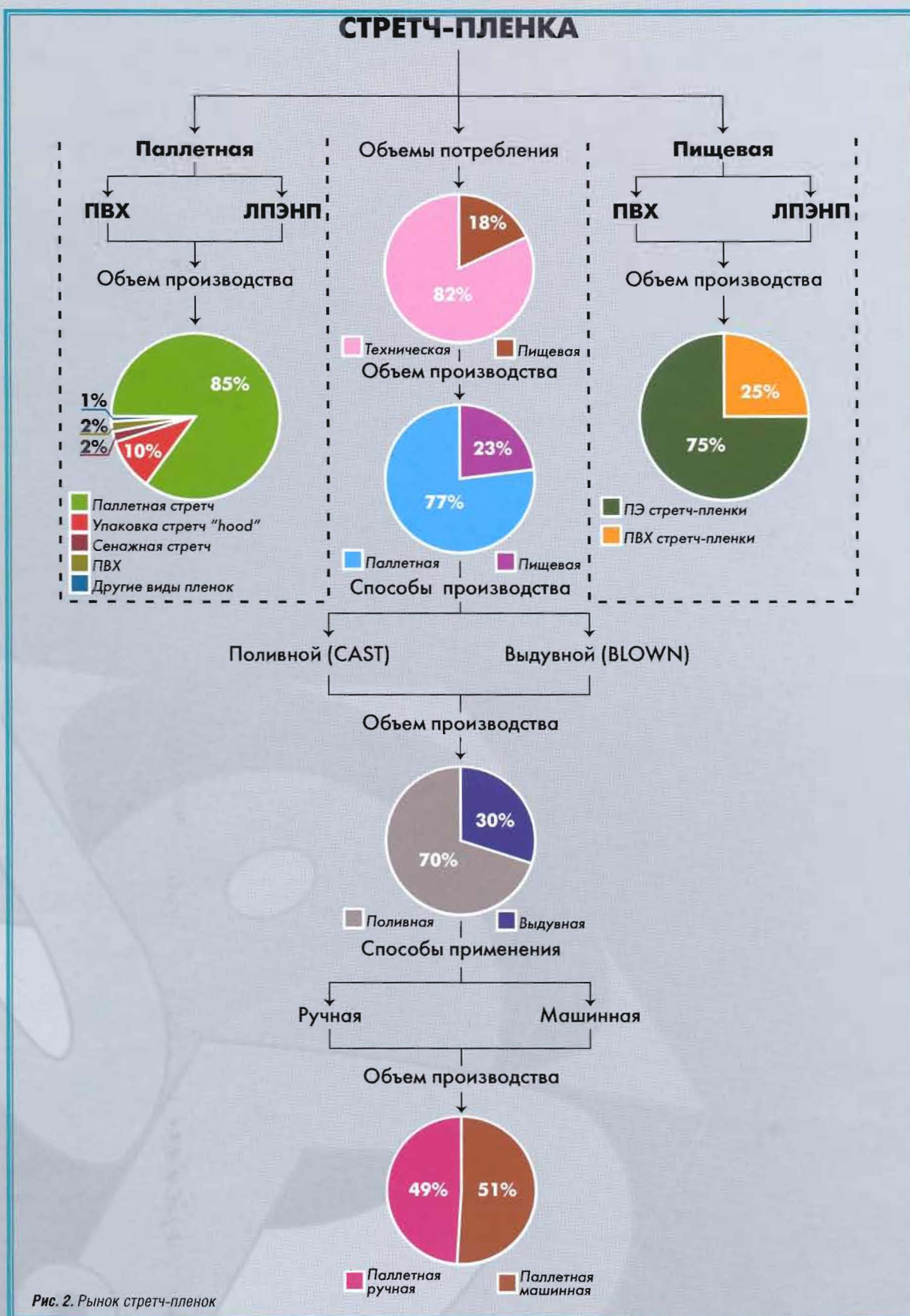


Рис. 2. Рынок стретч-пленок

дувной **blown**) и экструзией через плоскощелевую головку (поливной **cast**). Они неоднократно описаны в учебниках, упаковочных и специализированных изданиях, и мы не будем в рамках этой статьи еще раз останавливаться на описании этих процессов. Мы попробуем рассмотреть их с точки зрения экономики и качества получаемого материала.

В табл. 1 представлены экономические показатели описанных методов.

Если же Вы все-таки решили устанавливать собственную линию по производству пленки, то на первый взгляд может показаться, что изготавливать пленку рукавым методом дешевле. Однако при детальном рассмотрении вопроса проступают немаловажные нюансы. Первым из которых является объем производства (в плоскощелевом методе он существенно выше), а вторым — качество изготавливаемой таким методом пленки.

Забегая вперед, требуется определить для полной комплектации линии упаковки, какой способ упаковки потребуется: ручной или машинный. Ручной способ распространяется на пленки, входящие в категорию **standart** (стандартная), с невысокими, удовлетворительными механическими свойствами. Для их производства потребуется сырье невысокого качества и перемотка с резкой, что добавит дополнительный взнос в статью расходов при расчете себестоимости. Для групповой, особенно для штабельной упаковки продуктов, предназначенных для длительной транспортировки или нахождения на складе, такой вид стретч-пленки скорее не подойдет. Машинная пленка подразделяется по показателю относительного удлинения на **standart**, **power** (усиленная) и **super** (высокого качества). Пленки класса **standart** имеют показатель растяжимости до 200% и применяются на полуавтоматических машинах с низкой производительностью.

Пленки класса «**power**» имеют показатель растяжимости от 200 до 300% и применяются на автоматических паллетайзерах с достаточно высокой производительностью.

Пленки класса **super** имеют показатель растяжимости от 300 до 400% и применяются на автоматических паллетайзерах с очень высокой производительностью. Тем не менее, для их производства требуется высококачественное сырье и значительные расходы по наладке оборудования для паллетирования, что в свою очередь в большинстве случаев нерентабельно.

Конечно, при самостоятельном производстве пленки и налаженной работе рецептурного отдела предприятия возможно получение пленки любой категории. При формировании заказа у производителя следует иметь четкое представление, какой пленкой необходимо снабдить площадку по упаковке паллет. По маркетинговым данным для машинной упаков-



ки крупные производители используют пленку категории «power», что может служить основанием для принятия решения, какой класс пленки выбрать.

А вот теперь зададимся основным вопросом: «Какой метод производства обеспечит пленке высокие качественные показатели?»

Нельзя дать однозначный ответ на данный вопрос. Это связано с тем, что в первую очередь качество пленки зависит от мастер-

ства технолога и производственной культуры на полимерном предприятии.

Однако же не зря бытует мнение, что поливной способ лучше! Подтверждается оно и экспериментальными данными, полученными с помощью лабораторного оборудования, представленного в табл. 2.

В настоящее время осуществляется полный спектр по определению эксплуатационных свойств

стретч-пленки на специализированных машинах, включающих в себя концептуальную систему моделирования работы пленки в процессе ее применения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СТРЕТЧ-ПЛЕНОК

При сравнении поливного и выдувного способов получения определены показатели двух образцов, один из которых произве-

Экскурс в физикохимию ПВХ и ЛПЭНП

ПЭНП и ЛПЭНП — это полимерные материалы, широко применяемые в индустрии упаковки. ПЭНП перерабатывается при высокой температуре и высоком давлении, что обуславливает наличие большого количества коротких и длинных боковых молекулярных цепей. ЛПЭНП перерабатывается при температуре, близкой к температуре переработки ПЭВП, что стимулирует формирование линейных молекул. Снижение плотности возникает из-за использования сомономеров, которые образуют боковые группы на главной цепи и, действуя как ветвления, снижают кристалличность. При традиционной полимеризации с помощью катализатора Циглера-Натты такими сомономерами являются бутен, гексен или октен. В полимерную структуру некоторых материалов из нового семейства полиэтиленов, полученных на металлоценовом катализаторе, вводятся высшие альфа-олефины, которые создают длинные боковые цепи подобно длинноцепному ветвлению в ПЭНП.

Пленки из ПЭНП и ЛПЭНП представляют собой мягкие, гибкие упаковочные материалы, мутноватые на вид. При одинаковой плотности и толщине ЛПЭНП имеет более высокую ударную прочность, прочность при растяжении, стойкость к проколу и предельное растяжение, чем ПЭНП. ЛПЭНП на основе октена имеет самую высокую прочность, за ним в этом ряду следуют полимеры на основе гексена и бутена. Стоимость на единицу массы этих материалов составляет ряд: октен > гексен > бутен. ПЭНП обладает более подходящими свойствами для горячей герметизации, чем ЛПЭНП. Он сваривается при более низкой температуре, имеет более широкий температурный диапазон сварки и лучшее горячее схватывание; все это в значительной степени является результатом длинноцепного ветвления. Разработан металлоценовый ЛПЭНП, содержащий выс-

шие альфа-олефины, который частично решает эту проблему. Другим распространенным подходом к объединению лучших свойств этих двух материалов для конкретного применения является их смешение.

ПЭНП и ЛПЭНП обладают превосходными барьерными свойствами от проникновения водяного пара, но имеют плохие показатели для кислорода, диоксида углерода и многих соединений, ответственных за ароматы и запахи. Они устойчивы к жирам и довольно инертны. Эти материалы сохраняют гибкость при очень низких температурах, а размягчаются и плавятся при умеренно повышенных температурах, поэтому они не пригодны для приложений, включающих значительное нагревание.

Некоторые характерные свойства ПЭНП и ЛПЭНП приведены в табл. 1. ПЭНП является самым дешевым материалом для производства полимерной пленки, исходя из стоимости одной единицы массы. Ввиду того, что ЛПЭНП часто допускает значительное снижение калибра, он является лучшей ценовой альтернативой по критерию «для данного применения».

Полиэтилен очень низкой плотности (ПЭОНП) — это ЛПЭНП с более высокой концентрацией сомономера, что снижает кристалличность и, следовательно, плотность ниже обычного уровня ЛПЭНП до 0,905–0,915 г/см³. Из ПЭОНП получают очень мягкие пленки с прекрасной адгезией, но низкой прочностью.

Пленки из ПВХ получают из комбинации полимера ПВХ, производимого полимеризацией винилхлорида, с пластификаторами и другими химикатами-добавками, позволяющими получить гибкую пленку. Немодифицированная пленка ПВХ — очень хрупкая и с трудом поддается переработке ввиду высокой чувствительности к нагреванию. Однако благодаря своей полярной природе ПВХ обладает сильным сродством к пластификаторам, и по-

этому его можно значительно модифицировать. Пластификаторы, в основном, состоят из органических жидкостей с высокой температурой кипения, которые выполняют в полимере функцию смазки. Некоторые мягкие и гибкие пленки ПВХ содержат примерно 50% пластификатора.

При использовании пленки для упаковки пищевых продуктов пластификаторы и другие ингредиенты должны быть допущены к прямому контакту с продуктами. Основными пластификаторами в этих приложениях являются адипаты. Часто в качестве второго пластификатора добавляется эпоксицированное соевое масло. Для непищевого применения существует широкий круг доступных пластификаторов. Наиболее распространены адипаты и фталаты. Кроме того, пленки ПВХ содержат стабилизаторы, поскольку полимер чувствителен к нагреванию. Масляные эпоксиды обладают определенной стабилизирующей функцией, а в пищевой промышленности они дополняют активность стеаратов кальция, магния и цинка. Также можно применять фосфиты. В непищевых приложениях обычно используются органометаллические соли бария и цинка.

Свойства пленок из ПВХ сильно зависят от типа и количества модифицирующих ингредиентов, в особенности, добавленных пластификаторов. В целом, пленки — весьма мягкие и гибкие, легко поддаются горячей герметизации и прекрасно схватываются, имеют отличную ударную вязкость, эластичность и прозрачность. Проницаемость довольно высокая. Производятся как ориентированные, так и неориентированные пленки. Некоторые свойства ПВХ-пленок приведены в таблице.

Листы из ПВХ часто используются в вакуумной упаковке.

С точки зрения сохранности продукта, если говорить о розничной торговле, то, безусловно,

по своим эксплуатационным свойствам ПВХ пленка превосходит ЛПЭНП. За счет своей способности ПВХ пленка избирательно пропускает водяной пар и углекислый газ наружу, а кислород внутрь: ваш кусочек мяса будет сохранять свой первоначальный цвет и вкус длительное время, находящийся в нем белок в форме миоглобина не перейдет в метмиоглобин. Однако, при прочтении описания ПВХ видно, что все основные свойства пленка приобретает при введении малопривлекательных на слух, и уж поверьте, и на запах, модифицирующих добавок, которые, снижая температуру переработки, увеличивают вероятность, и без того зашкаливающую за 100%, образования диоксинов. Таким образом, ПВХ опасен не только на стадии утилизации, но и на первом этапе своего жизненного цикла.



Полиэтиленовые пленки с запахом прогорклости — брак! Они содержат опасный компонент — лубрикант из амидов жирных кислот (обычно это цисдокозенамид), который может окисляться при термической переработке. Лубрикант легко расщепляется по ненасыщенным точкам и дает ряд альдегидов с очень низким барьером для запахов.

Параметры материала	Полимер	
	ЛПЭНП	ПВХ
Температура стеклования (T_g , °C)	-120	75-105
Температура плавления (T_m , °C)	122-124	212
Температура термического коробления, при 455кПа, °C	—	57-82
Плотность, г/см ³	0,915-0,935	1,35-1,41
Модуль растяжения, ГПа	—	до 4,1
Прочность при растяжении, МПа	20-45	10-55
Предельное растяжение, %	350-850	14-450
СПВП* при 37,8°C и 90% ОВ, г мкм/м ² d	—	750-15,700
Проницаемость O ₂ при 25°C, 103 см ³ мкм/м ² d атм	—	3,7-240

* СПВП: скорость прохождения водяного пара; d = 1 день, 24 часа; ОВ относительная влажность.

ден «cast», а другой «blown» методом. Для полноценного суждения по данному вопросу демонстрация экспериментальных данных имеет вид зависимости процентного ряда по каждому качественному показателю (см. табл. 2).

По представленным зависимостям не трудно догадаться, что выдувной способ требует постоянного контроля и высокопрофессионального подхода к производственному процессу. На качество пленки оказывают влияние такие составляющие, как пространственное колебание пузыря, работа системы ориентации и регулирования линии кристаллизации, что в дальнейшем ведет к дисгармоничному снятию качественных показателей по всей длине намотки пленки. Ведь малейшее отклонение технологического параметра даже в пределах допуска может привести к получению некачественной продукции. Конечно, «cast»

пленки тоже требуют постоянного контроля, но комбинация налаженной системы технологического, рецептурного отделов и производственного персонала гарантирует получение стабильной качественной продукции.

Проведенные нами эксперименты позволяют утверждать однозначно: будущее групповой и штабельной упаковки — за полиэтиленовой стретч-пленкой различной модификации. Все остальное будет формироваться, исходя от предъявляемых к упаковке требований.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

ПЭ — полиэтилен

ПЭВП (ПЭНД) — полиэтилен высокой плотности (низкого давления)

ЛПЭ — линейный полиэтилен

ПЭНП (ПЭВД) — полиэтилен низкой плотности (высокого давления)

ЛПЭНП — линейный полиэтилен низкой плотности

ПЭОНП — полиэтилен очень низкой плотности

ПЭСНП — полиэтилен сверхнизкой плотности

ПВХ — поливинилхлорид

ПВДХ — поливинилденхлорид

ПТР — показатель текучести расплава, г/10 мин.

ASTM — Американское общество по испытаниям и материалам

Пленка cast — пленка, полученная через плоскощелевую головку

Пленка blown — пленка, полученная путем раздува рукава

Stretch hood — способ паллетной упаковки с использованием растягивающегося капюшона

Пленки standart, power и super — пленки, отличающиеся по своим эксплуатационным показателям с соответственно возрастающим качеством. 

Таблица 2. Отличие поливной и выдувной пленки в математическом представлении

Показатель	Образец поливной пленки	Образец выдувной пленки	Пояснения
Толщина, мкм	x_1	$x_1 - 10\%$	При выдувном способе, вероятнее всего, проявление эффекта разнотолщинности
Прочность при растяжении, МПа			
в продольном направлении	x_2	$x_2 + 38\%$	В данном случае, при производстве пленки выдувным способом завышена линия кристаллизации, превышение скорости и усилия натяжения роликовой системы
в поперечном направлении	x_3	$x_3 + 13\%$	За счет выдува пленка имеет тенденцию к ориентации в поперечном направлении, по сравнению с cast способом, в котором полив не «напрягает» пленку.
Относительное удлинение при разрыве, %			
в продольном направлении	x_4	$x_4 - 30\%$	Чем выше прочность при растяжении, тем больше скристаллизовавшихся структур находится в соответствующем направлении. В свою очередь, нарушение баланса в системе приводит к снижению основополагающего свойства стретч-пленок — растяжению
в поперечном направлении	x_5	$x_5 - 5\%$	
Упругое восстановление, %	x_6	$x_6 - 30\%$	Аналогично относительному удлинению, только еще добавляется эффект от снижения количества статистически свернутых конформаций
Самоадгезия, кПа	x_7	$x_7 + 8\%$	Подтверждается факт превышения линии кристаллизации, что приводит к большему содержанию полярных группировок
Стойкость к проколу, Н	x_8	$x_8 - 7\%$	Неорганизованность молекул в выдувной пленке приводит к падению «монолитности» материала.