

А. И. Загидуллин, Р. М. Гарипов, А. И. Хасанов,  
А. А. Ефремова, А. Ю. Григорьев

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ НА БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОУСАДОЧНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАКЕТОВ В УСЛОВИЯХ КОНТАКТА С ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

*Ключевые слова:* термоусадочные многослойные барьерные пленки, сварка полимерных пленочных материалов, газопроницаемость многослойных барьерных полимерных пленочных материалов.

*Изучено влияние усилия прижима сварных губок, времени и температуры сваривания на адгезионные и барьерные свойства термоусадочных многослойных полимерных пленочных материалов в условиях контакта с пищевой продукцией. Определены оптимальные технологические параметры для полимерной пленки марки ПВБ М-50.*

*Keywords:* shrinkable multilayer barrier film, welding polymeric film material, permeability barrier multilayer polymeric film materials.

*The influence of the sealing jaws clamping force, time and temperature on the adhesive sealing and barrier properties of multilayer heat-shrinkable polymeric film materials in contact with food products have studied. Optimal process parameters for polymer film brands PVB M-50 have identified.*

### Введение

На данный момент вакуумная упаковка из термоусадочных многослойных полимерных пленочных материалов является самым оптимальным и удобным решением в пищевой промышленности. Ее использование является гарантом сохранности свежести, питательных и пищевых свойств, аромата и внешнего вида, поскольку практически неисчерпаемы возможности сочетаний самых различных по своим характеристикам отдельных слоев таких пленок. При этом барьерные свойства такой упаковки можно серьезно изменять, варьируя общую толщину материала, толщину отдельных слоев и изменяя их порядок в структуре комбинированного материала [5]. Однако высокие барьерные свойства многослойных полимерных пленок могут оказаться бесполезными, если в процессе изготовления пакетов и упаковывания в них пищевой продукции будет нарушена сплошность барьерных слоев пленочного материала [1].

Обычно прочность сварных изделий составляет 30-60 % от прочности соединяемых деталей. Если же параметры сварки выбраны неправильно, то потери прочности еще больше [2]. Свои коррективы в формировании сварного шва может вносить также упаковываемая продукция [3], например наличие капелек жира на месте термосваривания существенно снижает прочность сварного соединения.

Поскольку поверхность раздела между слоями представляет собой слабое звено в межслойном соединении при упаковывании пищевой продукции в полимерную тару, то такие параметры сварки, как давление, температура и время воздействия температуры (скорость сварки) должны быть правильно согласованы друг с другом (с учетом запаковываемой продукции) и соответствовать свойствам свариваемых полимеров [4].

В связи с чем, представляет собой определенный интерес изучение технологического процесса упаковывания мяса и мясной продукции в термо-

усадочные пакеты на основе рукавной термоусадочной барьерной пленки в условиях реальной эксплуатации в контакте с пищевыми продуктами.

### Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования нами была выбрана многослойная барьерная термоусадочная пленка марки ПВБ М-50 производства ООО «НПП «Гасма» (Россия), характеристики которой приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Характеристика рукавной термоусадочной барьерной пленки марки ПВБ М-50**

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Толщина пленки	мкм	50
Коэффициент термической усадки, не менее		в продольном направлении
		в поперечном направлении
Газопроницаемость по кислороду, не более (при 23 °С и влажности 75 %)	см <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·24 часа·атм)	4
Газопроницаемость по углекислому газу, не более (при 23 °С и влажности 0 %)	см <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·24 часа·атм)	50
Паропроницаемость, не более (при 38 °С и влажности 90 %)	г/(м <sup>2</sup> ·24 часа)	10
Прочность при разрыве, не менее:	МПа	в продольном направлении
		в поперечном направлении
Относительное удлинение при разрыве, не более	%	в продольном направлении
		в поперечном направлении

Объект исследования был использован для производства различных партий термоусадочной барьерной упаковки (пакетов) размером 200×200 мм на пакетоделательной машине PACKNOVA EXTRA 700/108. В процессе изготовления пакетов меняли

технологические параметры их производства: давление прижима сварных губок - от 2 до 7 атм. с шагом в 1 атм.; температуру сварки – от 230 до 270°C, шаг - 10°C; время сварки – от 0,1 до 0,5 с, шаг - 0,1 с.

Произведенные пакеты были оценены нами по прочности сварного шва и проницаемости по кислороду (O<sub>2</sub>), углекислому газу (CO<sub>2</sub>) и водяному пару (H<sub>2</sub>O) сварного шва.

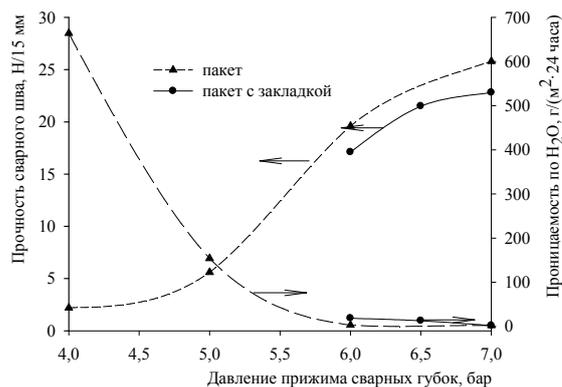
Прочность сварного шва определяли по ГОСТ 14236 на разрывной машине марки XLW фирмы Labthink (Китай). Проницаемость по O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> в месте сварного шва определяли по ASTM D 1434 на приборе для определения скорости проникновения газа PERME VAC-V1 производства фирмы Labthink (Китай). Проницаемость по водяному пару в месте сварного шва определяли по ASTM F-1249 на приборе для определения проницаемости по отношению к водяному пару PERMATRON-W 3/33 (США).

На рисунках 1-3 приведены зависимости прочности сварного шва, проницаемости по кислороду, проницаемости по углекислому газу и проницаемости по водяному пару произведенных пакетов в зависимости от технологических параметров сварки.

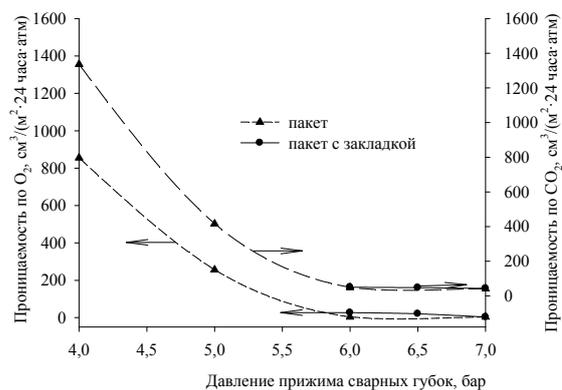
Анализ рисунков показал, что увеличение давления прижима сварных губок (рисунок 1а) ведет к увеличению прочности сварного шва. При достижении определенного давления (6 атм) наблюдается переход данного показателя на постоянную величину. Проницаемость по кислороду (рисунок 1б), углекислому газу (рисунок 1б) и водяному пару (рисунок 1а) пакетов в месте сварного шва также зависит от давления прижима сварных губок в процессе их формирования. Однако, начиная с давления 6 атм. газопроницаемость в месте сварного шва начинает определяться газопроницаемостью пленки, из которой пакет изготавливается.

Зависимости прочности сварного шва и проницаемости по O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O от температуры сварных губок (рисунок 2) имеют экстремальный характер. Согласно данным рисунка 2 оптимальным является диапазон температур 240-250°C: ниже данного диапазона не обеспечивается высокая прочность сварного шва (рисунок 2а), а при превышении данного диапазона высокая температура сварки совместно с высоким давлением приводит к нарушению сплошности барьерного слоя пленочного материала вблизи места сварного шва, о чем свидетельствует повышение величины проницаемости по O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (рисунки 2а-2б).

Недостаточное время сварки приводит к снижению прочности сварного шва и росту величины проницаемости пакетов по O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (рисунок 3). При времени сварки равном 0,3 с и выше прочность сварного шва и проницаемости пакета по O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O выходят на постоянное значение.



а



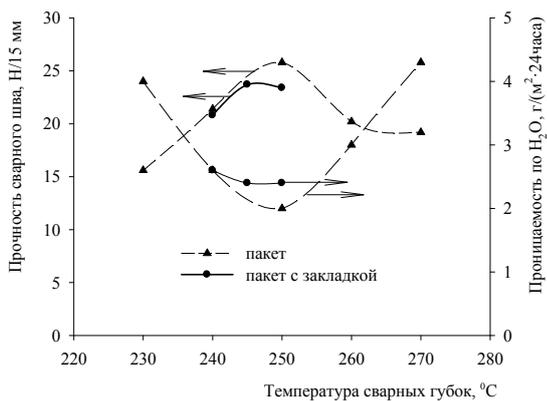
б

**Рис. 1 – Зависимость прочности сварного шва и проницаемости по водяному пару (а), проницаемости по кислороду и проницаемости по углекислому газу (б) от давления прижима сварных губок**

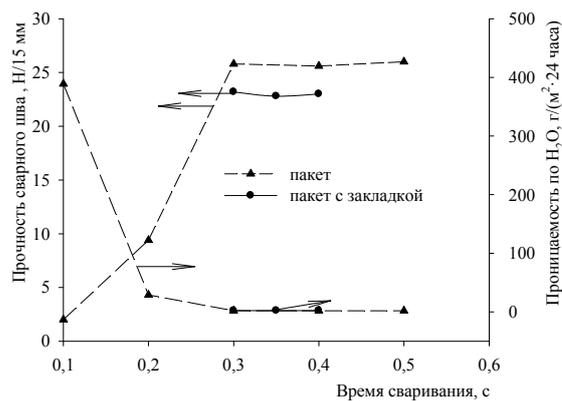
Таким образом, оценка влияния технологических параметров сварки на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марки ПВБ М-50 позволяет сделать вывод, что оптимальными параметрами производства термоусадочных пакетов из пленки марки ПВБ М-50 являются:

- давление прижима не ниже 6 атм.;
- температура сварочных губок - 240-250 °С;
- время сварки – не ниже 0,3 с.

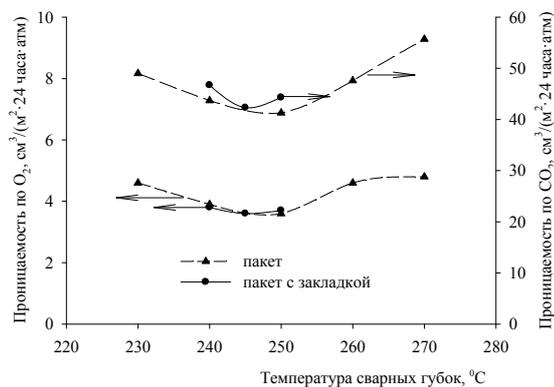
Найденные оптимальные технологические параметры производства термоусадочных пакетов позволили определиться с технологическими параметрами производства закладок мяса в эти пакеты. С этой целью далее из многослойной барьерной термоусадочной пленки марки ПВБ М-50 были изготовлены различные партии термоусадочной барьерной упаковки (пакетов) размером 200×200 мм на пакетодельательной машине PACKNOVA EXTRA 700/108. В процессе изготовления пакетов меняли технологические параметры их производства: давление прижима сварных губок - от 6 до 7 атм. с шагом в 0,5 атм.; температуру сварки – от 240 до 250°C, шаг - 5°C; время сварки – от 0,3 до 0,4 с, шаг - 0,05 с.



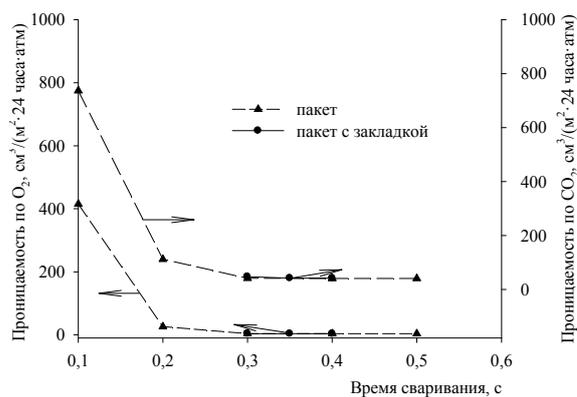
а



а



б



б

**Рис. 2 – Зависимость прочности сварного шва и проницаемости по водяному пару (а), проницаемости по кислороду и проницаемости по углекислому газу (б) от температуры сварных губок**

Из каждой партии пакетов произвольно были выбраны 5 шт. и в них была произведена закладка мяса курицы. При этом пакеты вакууммировались и заваривались при тех же технологических режимах, которые были при изготовлении пакетов. После чего пакеты термоусаживались в водяной бане при 93-95 °С в течение 2 секунд. Упакованное таким образом мясо хранилось в течение 30 суток при температуре +2°С и относительной влажности 75%. По истечении 30 суток пакеты вскрывались и испытывались по прочности сварного шва и проницаемости по кислороду (O<sub>2</sub>), углекислому газу (CO<sub>2</sub>) и водяному пару (H<sub>2</sub>O) сварного шва (рис. 1-3).

При этом характер зависимостей контролируемых параметров от параметров технологического режима сварки по сравнению с пустыми пакетами не поменялся за исключением того, что значения контролируемых параметров для пакетов с закладками оказались чуть хуже, что может быть объяснено попаданием капелек жира на место термосваривания и, соответственно, незначительным снижением из-за этого качества сварного соединения. Кроме того, нами оценивалось качество мяса по запаху и наличию/отсутствию плесени и слизи на поверхности мяса (табл. 2).

**Рис. 3 – Зависимость прочности сварного шва и проницаемости по водяному пару (а), проницаемости по кислороду и проницаемости по углекислому газу (б) от времени сварки**

**Таблица 2 – Оценка качества мяса после выдержки в течении 30 суток при температуре +2°С и относительной влажности 75% в термоусадочных пакетах на основе многослойной барьерной термоусадочной пленки марки ПВБ М-50**

Параметр	Величина параметра	Качество мяса
Давление прижима сварных губок, атм	6,0	Мясо птицы имеет слабый запах гнили. На поверхности мяса имеется слизь
	6,5	
	7,0	
Температура сварных губок, °С	240	Мясо птицы не имеет запаха гнили. Отсутствует слизь на поверхности мяса
	245	
	250	
Время сваривания, с	0,30	
	0,35	
	0,40	

При этом упакованный продукт после хранения в течение 30 суток при температуре +2°С и относительной влажности 75% не должен был иметь запаха гниения. Мясо не должно было иметь плесень и

слизь на своей поверхности. Как видно из данных таблицы 2, только изменение усилия прижима сварных губок в процессе упаковывания мяса птицы существенно сказалось на сохранности упаковываемой продукции. В данном случае данный параметр не должен быть ниже 7 атм. Что касается остальных параметров сварки, то дальнейшей их корректировки не требуется.

Таким образом, оценка влияния технологических параметров сварки на свойства термоусадочных пакетов (на основе рукавной барьерной пленки марки ПВБ М-50) с закладками мяса позволяет сделать вывод, что оптимальными параметрами запаковывания мяса птицы в данные пакеты являются:

- давление прижима сварочных губок не менее 7 атм;
- температура сварных губок – от 240 до 250°C;
- время сварки - от 0,3 до 0,4 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России), в рамках выполнения комплексного проекта по созданию высокотехнологич-*

*ного производства по договору № 02.G25.31.0037, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.*

## Литература

1. Загидуллин А.И. Изучение влияния параметров сварки на барьерные свойства термоусадочных многослойных пакетов / А.И. Загидуллин, Р.М. Гарипов, А.И. Хасанов, А.А. Ефремова, А.А. Козлов // Вестник Казанского технологического университета.- 2013.- т.16, №20.- С. 83-86.
2. Власов, С.В. Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для ВУЗов / С.В. Власов, Л.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев, А.В. Марков, И.Д. Симонов-Емельянов, П.В. Суриков, О.Б. Ушакова – М: Химия, 2004. – 600 с.
3. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов: Учеб. пособие / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко.- СПб.: Профессия, 2004.- 464 стр., ил.
4. Раувендааль, К. Экструзия полимеров [Текст] / Пер. с англ. яз.; Под ред. А.Я. Малкина.- СПб.: Профессия, 2006.- 768 с.
5. W. Knoll, R.C. Advincola. Functional polymer films/ Wiley VCH, USA, 2011, 1080 p.

---

© **А. И. Загидуллин** – к.т.н., технолог ООО «НПП «Гасма», zoobg13@rambler.ru, **Р. М. Гарипов** – д.х.н., проф., зав. каф. ТППК КНИТУ, rugaripov@mail.ru, **А. И. Хасанов** – к.т.н., доц. каф. ТППК КНИТУ, b-100lab@mail.ru. **А. А. Ефремова** – к.т.н., доц. каф. ТППК КНИТУ, annet\_e@mail.ru. **А. Ю. Григорьев** – студ. каф. ТППК КНИТУ, grigoryev24.92@mail.ru.