

УДК 621.798.1:664

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ НАТЯЖНОГО РОЛИКА ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ТЕРМОУСАДОЧНУЮ ПЛЕНКУ

**Бородулин Д.М., Непомнящая Т.И., Клопова К.В., Никитенко Я.Г.,
Шепиева Б.М., Черданцева А.А.**

*ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»,
Кемерово, e-mail: matmodeli@yandex.ru*

Результаты данной работы направлены на повышение производительности упаковывания штучных изделий и сокращение брака по термоусадочной пленке за счет модернизации натяжного ролика. В ходе экспериментальной части определена величина натяжения ленты до и после модернизации, а также изучена зависимость провисания ленточного материала от его ширины и скорости работы оборудования. Таким образом модернизируемый полиуретановый ролик позволяет увеличить силу натяжения ленты на 5–10 %. Кроме того, было доказано, что провисание ленты в зависимости от ширины и скорости работы оборудования при замене стального ролика на полиуретановый в упаковочной машине Delta FloBAG сокращается в 2 раза. Разработанная конструкция полностью отвечает заданным техническим требованиям и не имеет аналогов на рынке. Предложенное техническое решение рекомендовано для внедрения в производство.

Ключевые слова: конструкция, ролик натяжения, ленточный материал, мясная промышленность

MODERNIZING THE STRUCTURE OF THE TENSION ROLLERS FOR THE PACKAGING OF MEAT PRODUCTS IN SHRINK FILM

**Borodulin D.M., Nepomnyashaya T.I., Klopova K.V., Nikitenko Ya.G.,
Shepieva B.M., Cherdantseva A.A.**

Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, e-mail: matmodeli@yandex.ru

The results of this work are aimed at improving the productivity of the packaging of piece goods and the reduction of marriage shrink film due to the modernization of the tension pulley. During the experimental part determined by the tension of the tape before and after the upgrade, as well as the dependence of sagging of the belt material from the width and speed of operation of the equipment. Thus modernized polyurethane roller allows you to increase the tension force of the tape is 5–10 %. In addition, it was shown that the sagging of the tape depending on the width and speed of the equipment when replacing steel roller polyurethane in the packaging machine, Delta FloBAG is reduced by 2 times. The developed design fully meets the specified technical requirements and has no analogues on the market. The proposed technical solution is recommended for implementation in production.

Keywords: formation, roller tension, belt material, meat industry

В настоящее время на предприятиях пищевой промышленности России ежегодно разрабатывается несколько видов новой продукции. Не исключением является мясная промышленность. Например, в Крестьянском хозяйстве Волкова в городе Кемерово выпускается порядка 10–15 единиц новой продукции в год, которая требует разработки новой упаковки, отвечающей современным требованиям по экологичности, безопасности и устойчивости к воздействию окружающей среды. В частности, при упаковке варено-копченой колбасы необходимо использовать термоусадочную пленку, поскольку она отвечает данным требованиям.

В Крестьянском хозяйстве Волкова используется упаковочное оборудование горизонтального типа, формирующее из одного рулона пленки трехшовные пакеты-«подушки». В процессе упаковывания возникает ряд проблем, приводящих к негерметичности упаковки и, как следствие,

к возобновлению упаковочного процесса, приводящего к значительному увеличению расхода пленочного материала. Поэтому разработка нового упаковочного оборудования или модернизация существующего является актуальной для предприятий мясной промышленности и частных хозяйств.

В связи с этим целью настоящей работы являлась модернизация упаковочной машины, входящей в технологическую линию по упаковке варено-копченой колбасы производительностью 240 шт/ч.

Достижение поставленной цели осуществлялось путем решения следующих задач:

1. Повышение производительности упаковывания колбасных изделий и сокращение брака по термоусадочной пленке за счет модернизации ролика.

2. Проектировка натяжного ролика, предотвращающего провисание термоусадочной пленки.

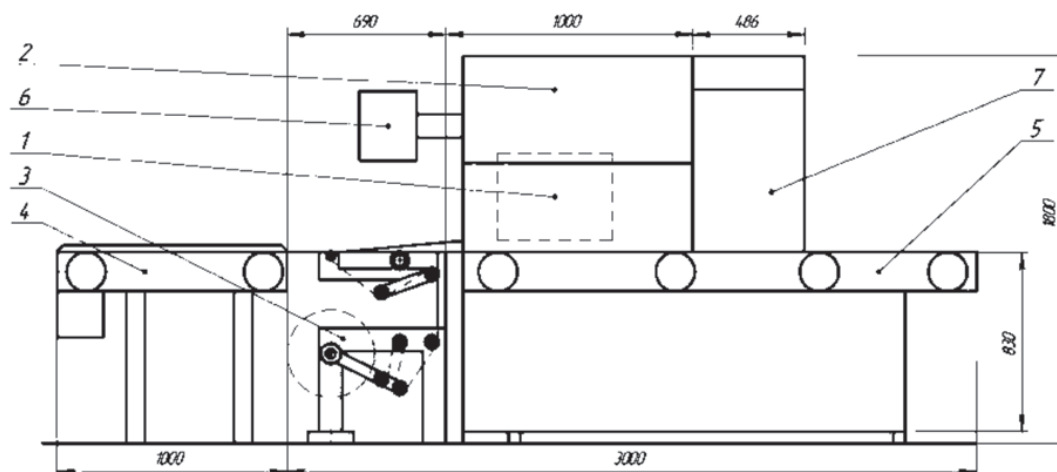


Рис. 1. Схема упаковочной машины Delta FloBAG: 1 – блок продольной запайки; 2 – блок поперечной запайки; 3 – блок держателя рулона; 4 – стол подачи продукта; 5 – отводящий конвейер; 6 – панель оператора; 7 – пневматический штамп

3. Определение величины натяжения ленты до и после установки модернизируемого ролика.

4. Изучение зависимости провисания ленты от ее ширины и скорости работы оборудования.

Объектом исследования являлась упаковочная машина Delta FloBAG [1], общий вид которой представлен на рис. 1.

Предметом исследования было определение силы натяжения, влияющей на провисание термоусадочной пленки на модернизируемых валах.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксплуатации упаковочной машины было выявлено провисание пленочного материала на валах под номерами 1 и 3 в зоне узла натяжения (рис. 2), приводящее к замятию кромок ленты и неравномерности ее подачи.

Для устранения данных недостатков была произведена модернизация роликов натяжения 1 и 3, технической новизной которых являлся надетый на вал полиуретановый рукав с ребрами, предотвращающий соскальзывание полотна пленки. Помимо этого на концы вала установлены ограничители, способствующие центрированию пленки [4]. Конструкция модернизируемого полиуретанового ролика представлена на рис. 3.

Таким образом, благодаря данным техническим решениям увеличивается натяжение ленточного материала, который не смещается, точно центрируется относительно

заданного направления. Все это приводит к сведению брака к минимуму [3].

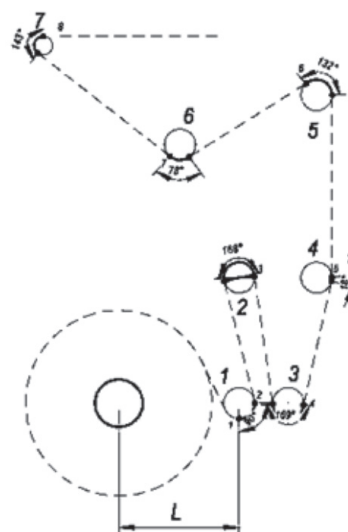


Рис. 2. Геометрическая схема

По известной методике [2] был проведен расчет величины натяжения F , Па, в зависимости от тягового фактора и коэффициента огибания ролика ленточным материалом.

Натяжение на каждом валу исследуемого узла определялось по формуле

$$F_n = K_m \times (F_{n-1} + F_{\text{материал}}) + W, \quad (1)$$

где K_m – коэффициент увеличения натяжения ленты при огибании ролика (при угле обхвата меньше 30° $K_m = 1$; при угле об-

хвата $30^\circ - 90^\circ K_m = 1,02$; при угле обхвата $90^\circ - 140^\circ K_m = 1,03$; при угле обхвата $140^\circ - 180^\circ K_m = 1,04$) [5];

F^{n-1} – натяжение в предыдущей точке схемы, Па;

$F_{\text{материал}}$ – добавочное натяжение ленты в зависимости от используемого материала роликов, Па;

W – сопротивление движению ленты (во влажном отапливаемом помещении с небольшим количеством пыли $W = 0,025 \text{ Па}$).

Натяжение ленты при размотке рулона определялось по формуле

$$F_1 = \sigma b \delta = b \delta \sqrt{E \frac{v - v_p}{v_p}}, \quad (2)$$

где b – ширина материала, м ($b = 400 \text{ мм}$);

δ – толщина материала, м ($\delta = 55 \text{ мкм}$);

E – модуль упругости ленты, Па

($E_{\text{нэ+на}} = 1000 \text{ МПа}$);

v – скорость движения ленты, м/с

($v = 0,1 \text{ м/с}$);

v_p – скорость вращения рулона, м/с

($v_p = 0,03 \text{ м/с}$) [2].

$$F_1 = 0,4 \times 0,000055 \sqrt{1000000000 \times \frac{0,1 - 0,03}{0,03}} = 0,966. \quad (3)$$

Далее были определены значения добавочного натяжения ленточного материала на валах при использовании стальных и полиуретановых роликов.

Натяжение ленты в точках 2:8 при использовании стальных роликов определяется по формулам

$$F_2 = 1,02 \times 0,966 + 0,025 = 1,010; \quad (4)$$

$$F_3 = 1,04 \times (1,010 + 0,33) + 0,025 = 1,419; \quad (5)$$

$$F_4 = 1,04 \times (1,419 + 0,33) + 0,025 = 1,844; \quad (6)$$

$$F_5 = 1,00 \times (1,844 + 0,33) + 0,025 = 2,199; \quad (7)$$

$$F_6 = 1,03 \times (2,199 + 0,33) + 0,025 = 2,629; \quad (8)$$

$$F_7 = 1,02 \times (2,629 + 0,33) + 0,025 = 3,043; \quad (9)$$

$$F_8 = 1,04 \times (3,043 + 0,33) + 0,025 = 3,533. \quad (10)$$

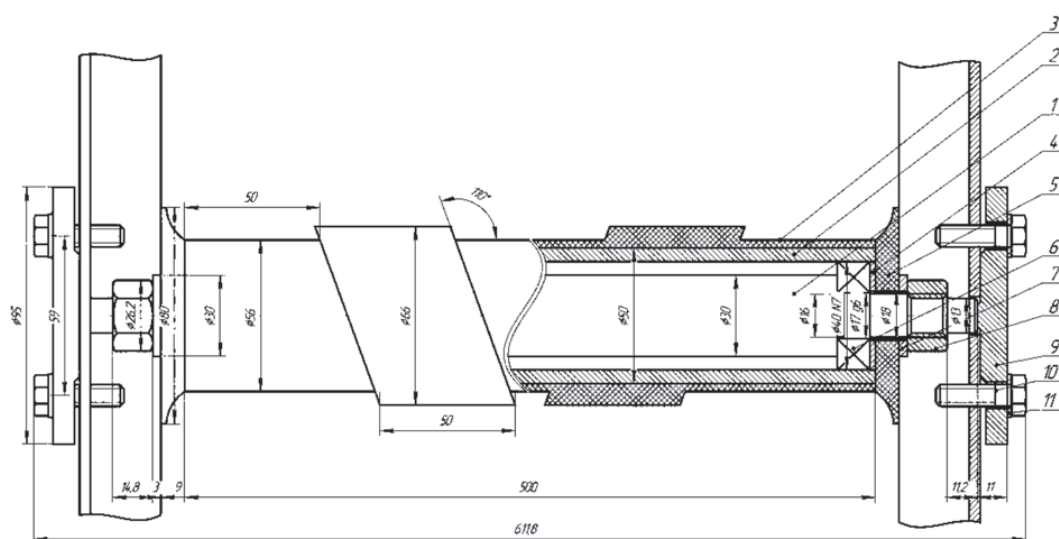


Рис. 3. Полиуретановый модернизируемый ролик: 1 – вал; 2 – корпус; 3 – рукав; 4 – заглушка; 5 – ограничитель; 6 – подшипник; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – заглушка; 10 – болт; 11 – шайба

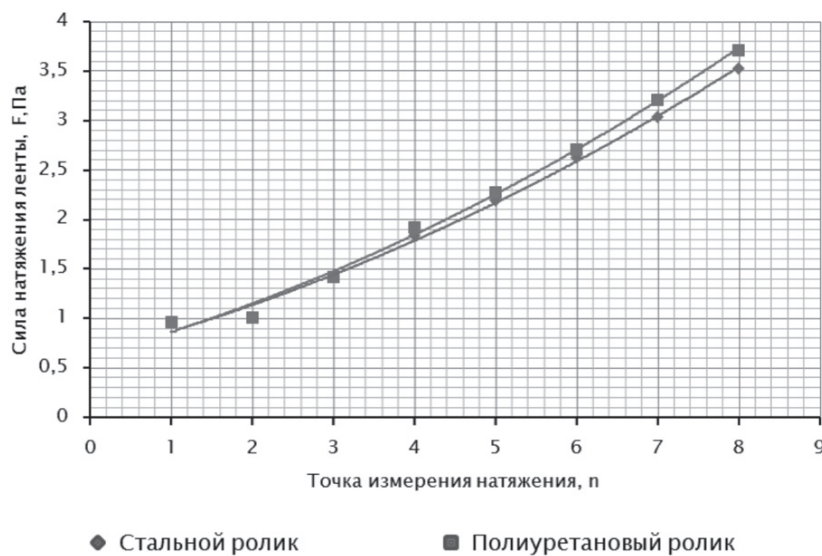


Рис. 4. Зависимость величины натяжения ленты от используемого материала роликов в различных точках узла (ширина ленты 400 мм, скорость движения 0,1 м/с)

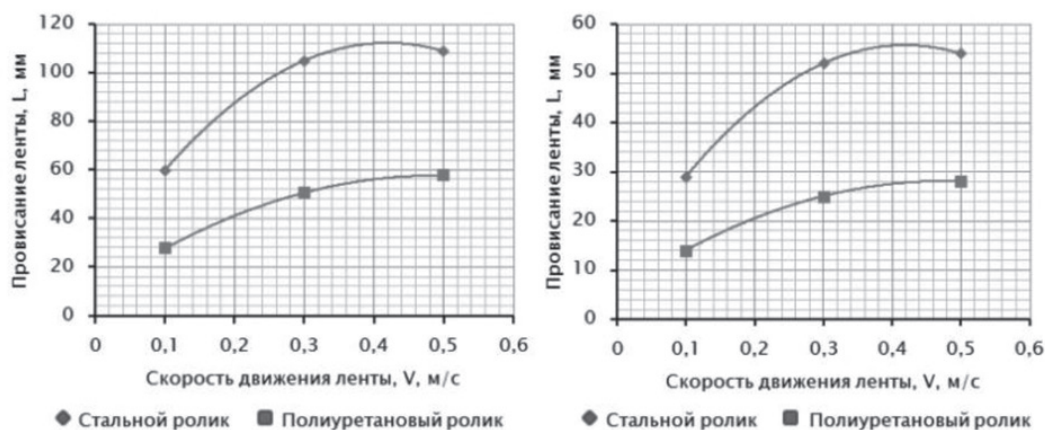


Рис. 5. Зависимость провисания ленты от скорости ее движения (при постоянной ширине ленты 400 мм) на 1 и 3 валу соответственно

Натяжение ленты в аналогичных точках при использовании модернизируемых полиуретановых роликов равно

$$F_2=1,010; F_3=1,419;$$

$$F_4=1,927; F_5=2,282;$$

$$F_6=2,715; F_7=3,213; F_8=3,709.$$

Сопоставленные результаты расчетов приведены в виде графика на рис. 4. Из графика видно, что после установки полиуретанового ролика начинается увеличение

силы натяжения пленки на всем последующем участке натяжения ленты примерно на 5–10% [3].

Полученные данные можно описать с достаточной степенью точности ($R^2 = 0,9949$) при помощи полинома второго порядка:

$$F=0,019 \times n^2 + 0,211 \times n + 0,6443. \quad (11)$$

После внедрения полиуретанового ролика в производство были изучены зависимости провисания ленты от ее ширины и скорости работы оборудования, результаты которых представлены в таблице.

Зависимости провисания ленты от ее ширины и скорости работы оборудования

№ п/п	Ширина ленты, В, мм	Скорость работы, V, м/с	Номер ролика	Стальной ролик				Полиуретановый ролик			
				Значения величины провисания, мм			Среднее значение L, мм	Значения величины провисания, мм			Среднее значение L, мм
				L ₁	L ₂	L ₃		L ₁	L ₂	L ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	400	0,1	1	60	58	62	60	26	28	30	28
2			3	30	27	31	29	13	13	15	14
3			0,3	1	105	106	103	105	50	53	49
4		3		52	53	50	52	25	26	24	25
5		0,5		1	110	108	109	109	58	59	56
6			3	55	54	53	54	26	29	28	28
7	400	0,1	1	60	58	62	60	26	28	30	28
8			3	30	27	31	29	13	13	15	14
9	450		1	75	80	78	78	52	54	55	54
10			3	37	40	39	38	26	27	27	27
11	500		1	89	88	90	89	60	62	59	60
12			3	45	44	45	45	30	31	29	30

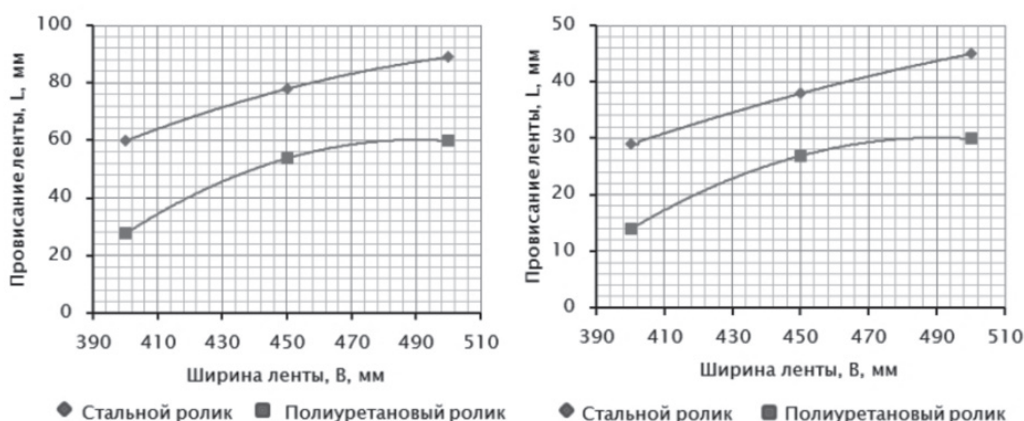


Рис. 6. Зависимость провисания ленты от ее ширины (при постоянной скорости движения ленты 0,1 м/с) на 1 и 3 валу соответственно

Для лучшего восприятия численных значений результаты данных исследований представлены на рис. 5. Из графиков видно, что увеличение скорости приводит к провисанию ленты, а установка полиуретанового ролика сокращает его в 2 раза.

Полученные графические данные с высокой точностью описываются следующими регрессионными уравнениями.

На 1 валу для стального ролика:

$$L = -512,5 \times v^2 + 430 \times v + 22,125, \quad (12)$$

а для полиуретанового:

$$L = -200 \times v^2 + 195 \times v + 10,5. \quad (13)$$

На 3 валу для стального ролика:

$$L = -262,5 \times v^2 + 220 \times v + 9,625, \quad (14)$$

а для полиуретанового:

$$L = 100 \times v^2 + 95 \times v + 5,5. \quad (15)$$

На рис. 6 представлены результаты исследований зависимости провисания ленты от ее ширины при постоянной скорости транспортировки 0,1 м/с, которые также подтверждают целесообразность применения полиуретанового ролика по отношению к стальному.

Полученные данные аппроксимировались при помощи полинома второго порядка:

На 1 валу: для стального ролика:

$$L = -0,0014 \times v^2 + 1,55 \times v - 336; \quad (16)$$

для полиуретанового ролика:

$$L = -0,004 \times v + 3,92 \times v - 900. \quad (17)$$

На 3 валу: для стального ролика:

$$L = -0,0004 \times v^2 + 0,52 \times v - 115; \quad (18)$$

для полиуретанового ролика:

$$L = -0,002 \times v^2 + 1,96 \times v - 450. \quad (19)$$

Решения поставленных задач позволяют сделать следующие выводы:

1. Произведена модернизация упаковочной машины, приводящая к увеличению ее производительности и сокращению образования брака по термоусадочной пленке.

2. Спроектирован полиуретановый ролик, отвечающий заданным техническим параметрам.

3. Спроектированный полиуретановый ролик позволяет увеличить силу натяжения ленты на 5–10 %.

4. Провисание ленты в зависимости от ширины и скорости работы оборудования при замене стального ролика на полиуретановый в упаковочной машине Delta FloBAG сокращается в 2 раза.

Все это подтверждает целесообразность применения модернизируемого ролика в упаковочных машинах, работающих с рулонной пленкой.

Список литературы

1. Голубев И.Г. Оборудование для переработки мяса / И.Г. Голубев, В.М. Горин, А.И. Парфентьев. – М., 2005. – 220 с.
2. Митрофанов В.П. Технологическое оборудование и оснастка упаковочного производства / В.П. Митрофанов, В.И. Бобров. – М.: МГУП, 2003. – 204 с.
3. Непомнящая Т.И. Повышение эффективности работы упаковочной машины за счет модернизации натяжного ролика / Непомнящая Т.И., Бородулин Д.М. // Тенденции науки и образования в современном мире. – 2016. – № 18–2. – С. 31–32.
4. Пат. 1431669 РФ, Устройство для подачи ленты / Чубуков А.А., Четвериков Л.Н.; заявитель и патентообладатель Государственное предприятие «Ижевский механический завод». – № 97100084/12; заявл. 06.01.1997; опубл. 10.07.1998, Бюл. № 9. – 1 с.
5. Расчет ленточных и цепных конвейеров: методические указания, задания и примеры выполнения расчетно-графических контрольных работ / Н.А. Грубе. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 2012. – 43 с.

References

1. Golubev I.G. Oborudovanie dlja pererabotki mjasa / I.G. Golubev, V.M. Gorin, A.I. Parfentev. M., 2005. 220 p.
2. Mitrofanov V.P. Tehnologicheskoe oborudovanie i osnastka upakovochного производства / V.P. Mitrofanov, V.I. Bobrov. M.: MGUP, 2003. 204 p.
3. Nepomnjashhaja T.I. Povyshenie jeffektivnosti raboty upakovochnoj mashiny za schet modernizacii natjazhnogo rolika / Nepomnjashhaja T.I., Borodulin D.M. // Tendencii nauki i obrazovanija v sovremennom mire. 2016. no. 18–2. pp. 31–32.
4. Pat. 1431669 RF, Ustrojstvo dlja podachi lenty / Chubukov A.A., Chetverikov L.N.; zajavitel i patentoobladatel Gosudarstvennoe predpriatie «Izhevskij mehanicheskij zavod». no. 97100084/12; zajavl. 06.01.1997; opubl. 10.07.1998, Bjul. no. 9. 1 p.
5. Raschet lentochnyh i cepnyh konvejerov: metodicheskie ukazaniya, zadaniya i primery vypolnenija raschetno-graficheskikh kontrolnyh rabot / N.A. Grube. Sankt-Peterburg: FGBOU VO «Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet imeni S.M. Kirova», 2012. 43 p.