

О ПРОЧНОСТИ КОЛБАСНЫХ ОБОЛОЧЕК

Нужин Е.В. канд. техн. наук доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Экспериментально определены допускаемые напряжения материалов, из которых изготовлены восемь колбасных оболочек, а также определены давления разрыва этих оболочек. Предложена зависимость для расчета предельного давления разрыва оболочек.

The experimentally determined allowable stress of materials making up the eight casings, as well as identify the burst pressure of these shells. We propose to calculate the dependence of the limiting burst pressure membranes.

Ключевые слова: наполнитель для колбас, оболочки колбасные, разрыв, давление, напряжение.

При работе шприцов, во время наполнения колбасных оболочек фаршем, а также при дальнейшей тепловой обработке колбас иногда возникают разрывы оболочек. Анализ показывает, что разрывы обусловлены следующими причинами:

- браком в производстве колбасных оболочек;
- нарушением инструкции подготовки оболочек к наполнению;
- неполадками в работе тормоза для перекручивания (если таковой установлен) колбасных изделий;
- высоким давлением фарша на выходе из шприца.

Предметом настоящего исследования является определение предельного давления внутри оболочки, при котором происходит ее разрыв.

Известно, что, независимо от материала, оболочки цилиндрической формы разрываются под давлением [1]

$$[p] = \frac{2 \cdot \delta \cdot [\sigma] \cdot \varphi}{\varphi + D}, \quad (1)$$

где δ – толщина пленки, из которой выполнена оболочка;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала оболочки при температуре эксплуатации;

φ – коэффициент неравномерности структуры материала оболочки;

D – диаметр оболочки.

Из этой зависимости следует, что, при прочих равных условиях, большие давления выдерживают оболочки с малым диаметром и большой толщиной стенки. Чтобы воспользоваться этой зависимостью, необходимо также знать параметры, характеризующие свойства оболочки – допускаемое напряжение материала и коэффициент неравномерности структуры оболочки. Эти параметры не постоянны, они зависят от ряда факторов [2] и должны определяться экспериментально.

Чтобы воспользоваться формулой (1) и рассчитать предельное давление, при котором оболочки разрываются, необходимо знать предельное допускаемое напряжение, для его определения нами были проведены опыты с восемью колбасными оболочками (рис. 1–6), которые используются фирмой «Векка» для производства колбас. Эти оболочки отличаются как материалом, так диаметром и толщиной (таблицы 1 и 2).

Допускаемое напряжение материала оболочек определяли в соответствии с правилами ГОСТ [3–5], за основу была взята методика [5] определения предела прочности оболочек при растяжении. По данной методике предварительно заготовленные образцы оболочек в виде полосок определенной ширины и длины, вначале выдерживали 0,5 часа в воде (кроме оболочки №1) температурой 20 °С, а затем подвергали испытанию на разрыв.

Схема измерений показана на рис. 7, а приспособление для измерений представлено на рис. 8.



Рис. 1 – Фотографія оболочки № 2



Рис. 2 – Фотографія оболочки № 3



Рис. 3 – Фотографія оболочки № 4



Рис. 4 – Фотографія оболочки № 5 (рядом внизу знаходиться оболочка № 1)



Рис. 5 – Фотографія оболочки № 6



Рис. 6 – Фотографія оболочки № 7

Таблиця 1 – Характеристика испытываемых колбасных оболочек

№	Диаметр оболочки, мм	Материал	Натуральная/искусственная	Примечание
1	17	«Кутизин»	Натуральная	Перед наполнением не замачивается
2	22	Полиамидная	Искусственная	Перед наполнением, замочить при температуре 20 °С в течение 0,5 час
3	40	«Фиброуз» съедобная	Натуральные	
4	44	Белкозин	Искусственные	
5	46	Полиамид		
6	50			
7	62			
8	78			

Таблиця 2 – Исходные толщина и диаметр оболочек

№ оболочки	1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина, мкм	117	29	100	84	51	36	50	90
Диаметр, мм	16	22	40	44	45	50	62	76

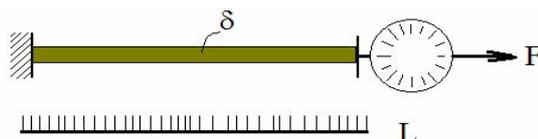


Рис. 7 – Схема измерений при определении предела прочности



Рис. 8 – Приспособление для измерений предела прочности

Во время опыта один конец образца неподвижно закрепляли, а к другому – прикладывали усилие растяжения. Силу измеряли динамометром, растяжение образца – линейкой, а толщину образца в месте разрыва – микрометром.

В таблице 3, в качестве примера, представлены результаты измерений для материала, из которого изготовлена оболочка № 3 (ее используют в производстве колбас «Молочна варена вищий клас»). Ширина образца составляла 9 мм, толщина 120 мкм.

Таблица 3 – Данные измерений материала оболочки № 3

№	Сила, Н	Длина, м	Примечание
1	0	0,245	Начальные данные
2	2,9	0,253	
3	3,9	0,256	
4	4,9	0,260	
5	5,9	0,265	
6	6,9	0,270	
7	7,8	0,272	
8	8,8	0,274	
9	9,8	0,276	Конечные данные, разрыв
10	10,8	0,280	
11	11,8	0,283	

Аналогично были получены данные для других оболочек, что позволило рассчитать предельные допускаемые напряжения (рис. 9), при допущении, что коэффициент неравномерности структуры материала оболочки $\varphi = 1$.

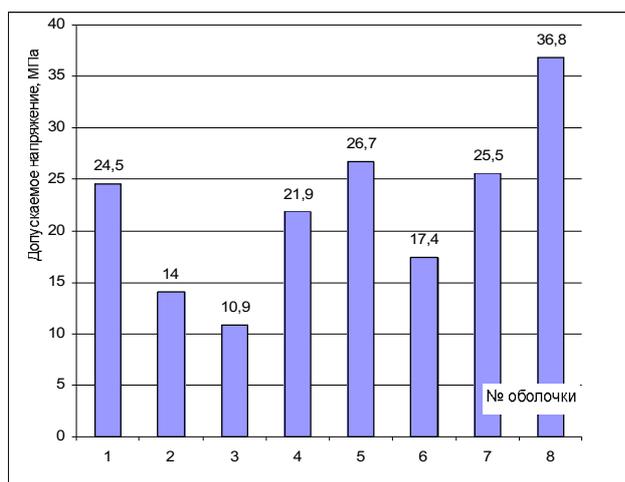


Рис. 9 – Предельно допускаемое напряжение материалов оболочек

После чего были рассчитаны предельные давления разрыва оболочек (табл. 4).

Чтобы убедиться, насколько расчетные значения давлений разрывов оболочек соответствуют реальным значениям, нами были проведены специальные эксперименты на стенде, схема которого представлена на рис. 1, а сам стенд – на рис. 10, 11.

Таблиця 4 – Расчетные величины давления разрыва колбасных оболочек (при $\phi = 1$)

№ оболочки	1	2	3	4	5	6	7	8
Давление разрыва, МПа	0,03	0,08	0,065	0,105	0,11	0,05	0,08	0,0944

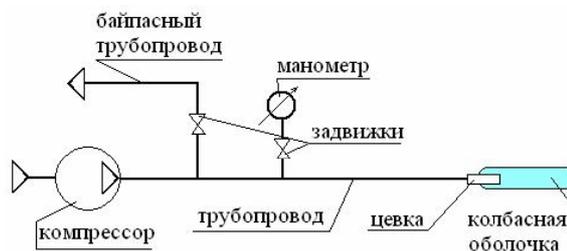


Рис. 10 – Схема экспериментального стенда

Методика проведения опытов состояла в следующем.

Колбасную оболочку надевали на цевку, закрепляли ее и включали компрессор (рис. 12). Постепенно прикрывая кран на байпасном трубопроводе, следили за деформацией оболочки и показанием манометра. В момент разрыва оболочки фиксировали давление воздуха. Одновременно вели видеосъемку.

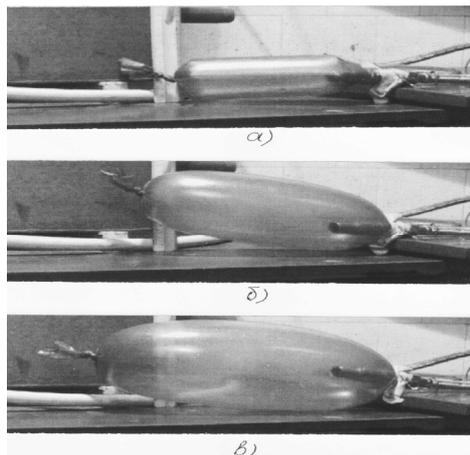


Рис. 11 – Экспериментальный стенд



Рис. 12 – Компрессорная установка УК-1М

Для наглядности представлены фотографии состояний оболочки № 6 при разных давлениях (рис. 13). Видно, что объем оболочки перед разрывом вырастает в ~ 7 раз.



a) – $P = 0$; б) – $P = 0,04$ МПа; в) – $P = 0,06$ МПа

Рис. 13 – Состояния оболочки № 6 под действием разных давлений P

Результаты замеров давлений разрыва оболочек представлены на рис. 14. Как видно, разрыв оболочек происходит в диапазоне давлений (0,03...0,12) МПа.

Динамика роста объема оболочек от внутреннего давления представлена в виде изменения относительного объема (см. рис. 15), видно, что перед разрывом большинство оболочек раздувается в ~ 2 , раза, в отдельных случаях в ~ 7 раз (оболочка № 6). Сопоставление полученных в эксперименте значений давления разрыва с расчетными данными показано на рис. 16. Как видно, в большинстве случаев расчет дает несколько заниженные значения давлений, в среднем, в 1,08 раза.

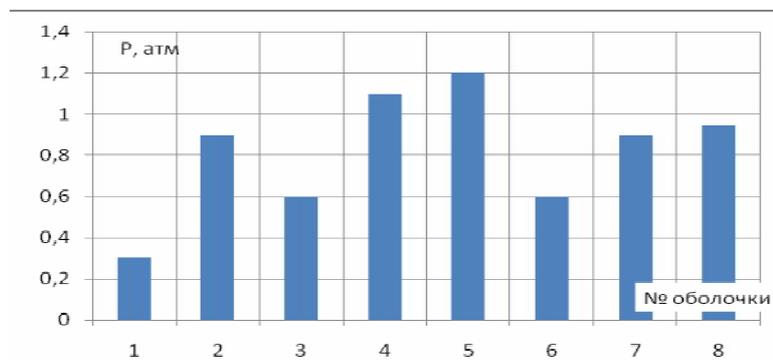


Рис. 14 – Давления разрывов оболочек

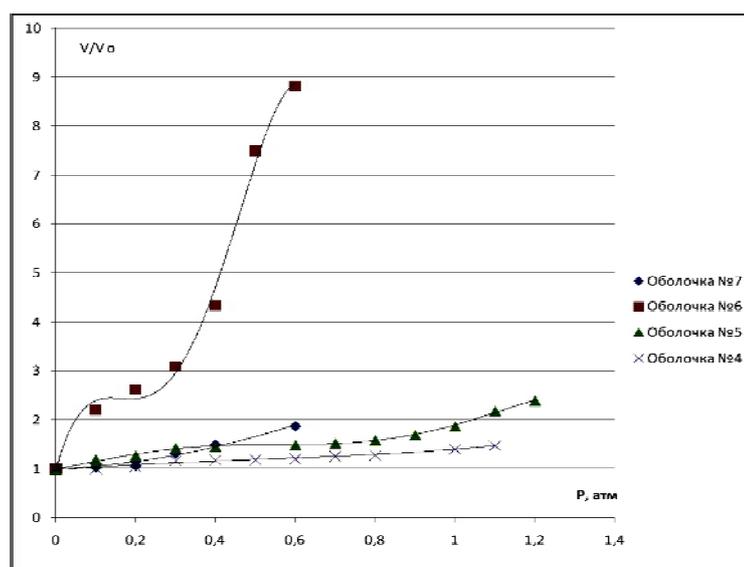


Рис. 15 – Относительное увеличение объема оболочек в зависимости от давления

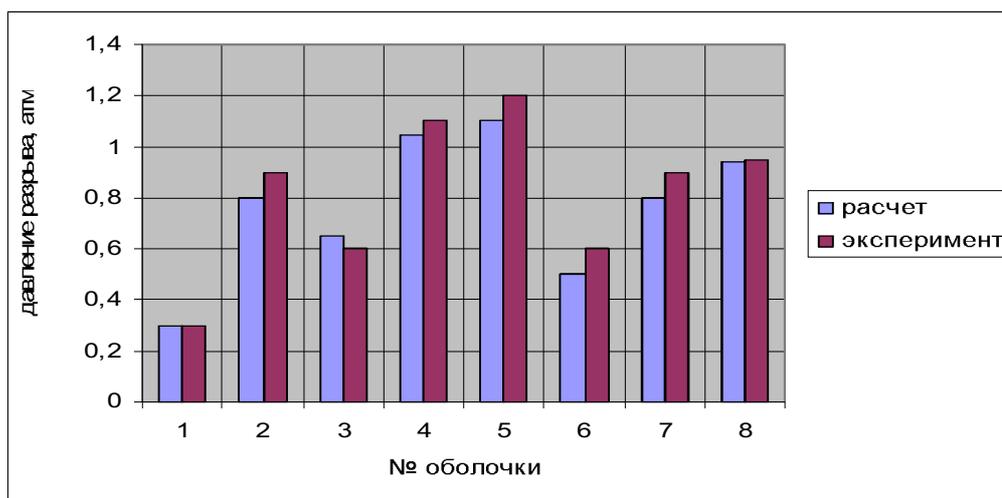


Рис. 16 – Данные давления разрыва для исследуемых колбасных оболочек

Выводы

На основании проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Давление разрывов оболочек лежит в пределах (0,03...0,12) МПа.
2. При расчете давления разрыва оболочек можно использовать формулу (1), введя эмпирический коэффициент $k = 1,08$, при этом погрешность расчетных данных составляет 10 %, а формула приобретает вид

$$[p] = \frac{2 \cdot \delta \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot k}{\varphi + D}$$

3. Для предотвращения разрывов оболочек под действием внутреннего давления фарша, в конструкции шприца необходимо предусмотреть блокирующее устройство, например, предохранительный клапан, отрегулированный на давление срабатывания $P = (0,5...0,7) [p]$.

Литература

1. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с.
2. Справочник по пластическим массам. Под ред. М.И. Гарбара, В.М. Катаева, М.С. Акутина. В 2-х томах, т. 1. – М.: Химия, 1969. – 520 с.
3. ГОСТ 4651–63 Предел прочности при сжатии.
4. ГОСТ 4646–63 Предел прочности при статическом изгибе.
5. ГОСТ 11262–65. Предел текучести при растяжении.

УДК 663.25(075)

ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ЯК ФУНКЦІЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

Іваненко А.В., д-р техн. наук, професор, Сологуб О.А., зав. лаб., Уварова М.С., пошукач
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Тенюх К.М., канд. техн. наук, доцент
Одеський державний економічний університет, м. Одеса

Від інтенсивності енергетичної дії на сировину та тривалості її обробки залежить якість продукції. Оптимальні режими роботи обладнання здійснюють за цими показниками.

Product quality depends on the intensity of the energy impact of raw materials and from the duration of its treatment. Optimal conditions of the equipment found on these parameters

Ключові слова: якість, інтенсивність перетворення, тривалість, швидкість, екологічний продукт.