

## ОЦЕНКА ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Н.Н. Курилович*

Проведена теоретическая и экспериментальная оценка давления прессования макаронного теста при изготовлении готовых продуктов. Предложена практическая методика использования этих исследований в условиях различных температурно-влажностных режимов приготовления теста.

### Введение

Разработка новых методов определения структурно-механических свойств макаронного теста, отличающихся высокой точностью и воспроизводимостью, является актуальной. Использование таких методов позволяет получить объективные экспериментальные данные, что позволяет широко использовать их в исследовательской практике при разработке и обосновании рецептурного состава теста, установлении оптимальных технологических параметров его приготовления, прогнозирования качества макаронных изделий.

### Результаты исследований и их обсуждение

Для оценки давления прессования макаронных изделий была решена обратная задача строительной механики машин. В этом случае по известным деформациям элемента машин устанавливаются силовые факторы, которые вызывают эти деформации. Давление прессования определяли по максимальному прогибу матрицы пресса МП – 1. Матрица представляет собой пластину из нержавеющей стали с тефлоновыми вставками. Матрица крепится к шнековому цилиндру накидной гайкой. Возможны два случая крепления матрицы. Первый, когда матрица жестко крепится к поверхности опоры, во втором случае используют шарнирное закрепление матрицы. При оценке давления прессования рассматривали оба случая закрепления матрицы. Использовали методы строительной механики машин при изгибе тонких пластинок [2,3]. Эта теория справедлива при толщине пластины, не превышающей 0,1–0,3 ее диаметра. В нашем случае толщина матрицы  $h$  равнялась 5 мм, диаметр – 50 мм, соотношение  $\alpha$  составляет  $5/50=0,1$ , что соответствует условию изгиба тонких пластин. Расчетная схема пластинки представлена на рисунке 1, где  $q$  – давление прессования, в МПа, вызывающее максимальный прогиб матрицы  $y_{max}$  в метрах.

Величина максимального прогиба определяется по известной формуле:

$$y_{max} = \frac{q \times R^4}{64 \times D}, \quad (1)$$

где  $D$  – изгибная жесткость пластины [2,3].

$$D = \frac{E h^3}{12 \times (1 - \mu^2)}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль упругости стальной пластины, равный  $2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;

$h$  – толщина пластины, равная 0,005 м;

$\mu$  – коэффициент Пуассона, равный 0,3.

Подставляя эти значения в выражения (1) и (2), получим:  $D = 23 \times 10^2$  Нм.

Величина давления

$$q = 37,6 \times 10^{10} \times y_{max} \quad (3)$$

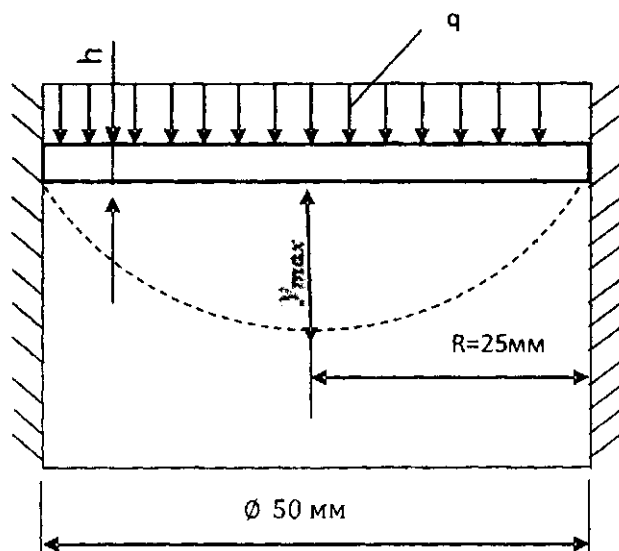


Рисунок 1 – Схема к расчету максимального прогиба матрицы

При наличии отверстий на решетке определяют коэффициент снижения жесткости пластины  $\gamma$  [2]:

$$\gamma = \frac{3+K}{4} (1 - \mu^2) \frac{C}{S}, \quad (4)$$

где  $C = S - d$ ,

$S$  – расстояние между осями отверстий в решетке  $S = 6,2$  мм;

$d$  – диаметр отверстий,  $d = 4,4$  мм.

Величина  $K$  определяется по формуле [2]:

$$K = \frac{1,41}{2 + \left(\frac{h}{c}\right)^2}. \quad (5)$$

После подстановки всех значений в выражения (4) и (5) получим значение  $K=0,16$  и  $\gamma=0,23$ .

С учетом уменьшения жесткости пластины величина давления  $q$ , вызывающая прогиб  $y_{max}$ , составит:

$$q = 37,6 \times 10^{10} \times y_{max} \gamma \quad (6)$$

или 
$$q = 8,6 \times 10^{10} \times y_{max} \quad (7)$$

Выражение (7) получено для жесткого закрепления пластин. Проводя такие же вычисления при шарнирном закреплении, величина давления прессования  $q$  определяется:

$$q = 2,1 \times 10^{10} \times y_{max}. \quad (8)$$

Так как определение точности закрепления матрицы – задача практически неразрешимая, то использовали среднее значение коэффициентов в выражениях (7) и (8). Окончательно имеем

$$q = 5,35 \times 10^{10} \times y_{max}. \quad (9)$$

Экспериментальное определение прогиба матрицы определяли при помощи индикатора часового типа. Для этого индикатор устанавливали в центральной части стального корпуса матрицы. Значение прогиба отмечали по циферблату прибора после установления режима прессования, а также после остановки шнека пресса. Разница между наибольшим и наименьшим значениями индикатора соответствовала значению  $Y_{max}$ . Использование такой методики определения прогиба матрицы позволяет исключить влияние возможных зазоров между корпусом матрицы и шнековым цилиндром и получить точные результаты при исследовании прессования макаронного теста.

Матрица представляет собой металлическую пластину с тефлоновыми вставками. Оценим влияние тефлоновой пластинки на суммарную деформацию при прессовании. Модуль упругости тефлона  $E_m$  равен 960 МПа, коэффициент Пуассона  $\mu$  равен 0,42. Подставляя эти значения в выражения (2), получим, что изгибная жесткость для тефлона составит  $D = 9,6$  Нм. Тогда отношение жесткостей тефлона и стали составит

$$K = \frac{D_1}{D} = \frac{9,6}{23 \cdot 10^2} = 0,0041 \quad (10)$$

При этом влияние прочности тефлона можно не учитывать.

На рисунках 2 и 3 представлены экспериментальные данные, полученные авторами при изучении влияния температуры воды, идущей на замес теста, и влажности теста на скорость и давление прессования макаронных изделий. Полученные данные позволяют определять оптимальные постоянные и функциональные параметры при составлении уравнений механических состояний, описывающих вязкопластическое течение макаронного теста, а также оценить длительность хранения этих изделий.

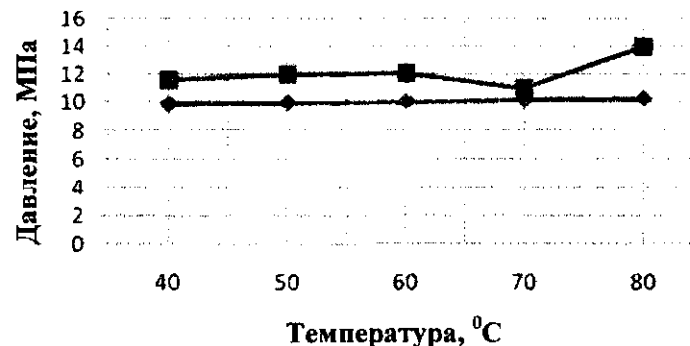


Рисунок 2 — Влияние температуры воды на давление прессования

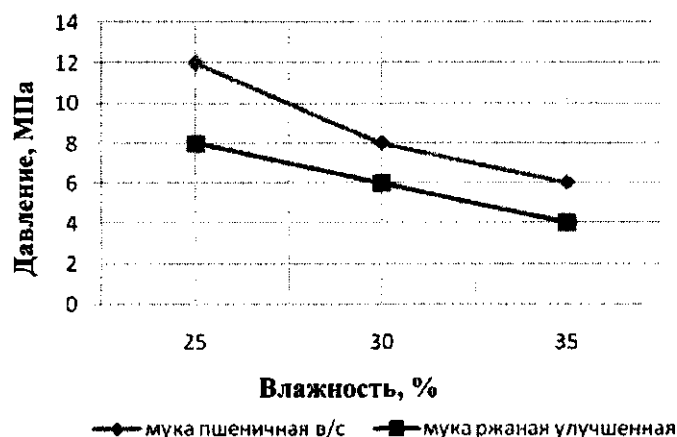


Рисунок 3 — Влияние влажности теста на давление прессования

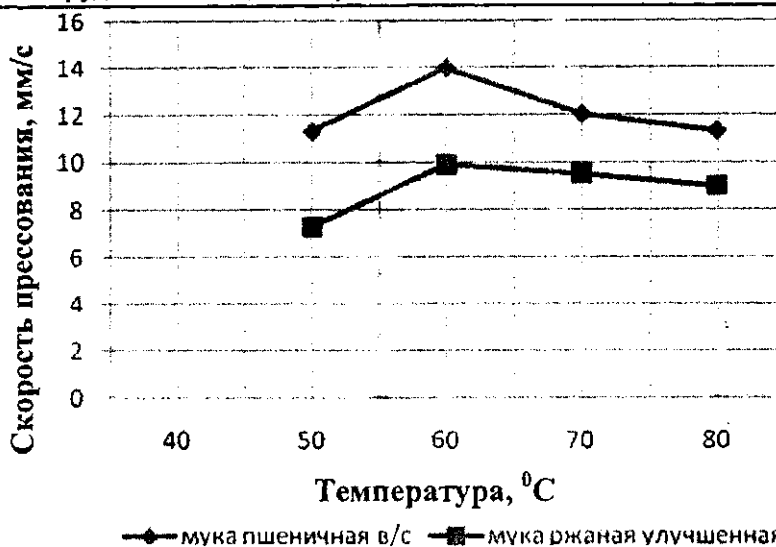


Рисунок 4 — Влияние температуры воды на скорость прессования

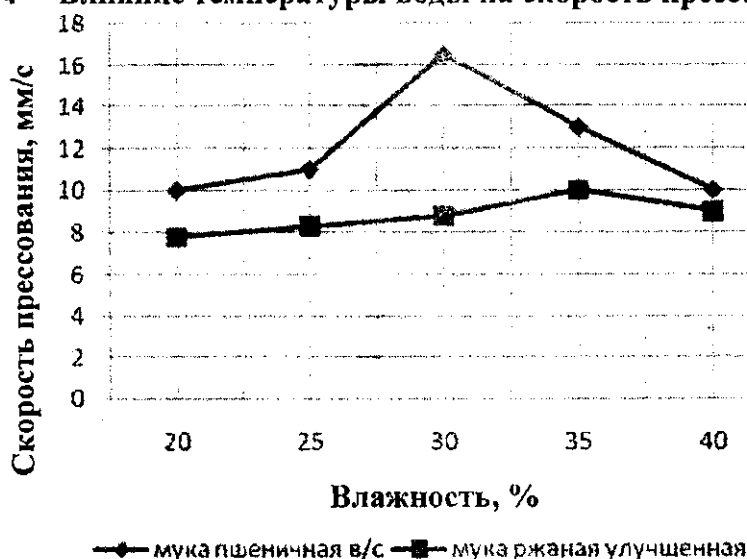


Рисунок 5 — Влияние влажности теста на скорость прессования

### Заключение

Из полученных результатов видно, что самая высокая скорость прессования и наиболее низкое давление наблюдалось при использовании воды температурой 60 °C – 65 °C. Наиболее оптимальные параметры с точки зрения энергетических затрат получены при влажности теста 32 % – 34 %.

Использование предложенной методики оценки давления прессования предоставляет возможность заводам-изготовителям такого оборудования поставлять эти приборы, позволяющие в легкодоступном месте точно оценивать давление формования.

### Литература

- 1 Курилович, Н.Н. Инженерная реология пищевых масс / Н.Н. Курилович, О.В. Мацикова, Е.Ф. Тихонович. — Могилев, УО «МГУП», 2009. — 123 с.
- 2 Гордон, Л.И. Расчет и конструирование торгово-технологического оборудования / Л.И. Гордон, Т.А. Корношко, И.И. Лангебах и др., под общ.ред. В.Н. Шувалова и С.В. Харламова — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ие, 1985.—335 с.
- 3 Бояршинов, С.В. Основы строительной механики машин / С.В. Бояршинов — М.: Машиностроение, 1973.—456 с.
- 4 Курилович, Н.Н. Физические свойства уплотненного теста, изготовленного с использованием ржаной муки / Н.Н. Курилович, Е.Ф. Тихонович. Сб. научных трудов к 30-летию Могилевского государственного университета продовольствия. Редкол. Т.С. Хасаншин и др. — Минск: Изд. Центр БГУ, 2003. — С. 105–110.

Поступила в редакцию 12.03.2012