

СЕКЦИЯ 2

ПЕРЕРАБОТКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

УДК 664.692.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТРИЦЫ И ФОРМУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБЧАТЫХ КОРОТКОРЕЗАННЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Груданов В.Я. д.т.н., профессор, Торган А.Б., ст. преподаватель
Белорусский государственный аграрный технический университет

Современный уровень развития производства и жесткая конкуренция среди ведущих зарубежных и отечественных производителей макаронных изделий обуславливают необходимость создания нового или совершенствования старого оборудования. Макаронный пресс, как основное оборудование, состоит из тестосмесителя с дозирующими устройствами и прессующего корпуса с матрицей.

Основным недостатком при работе макаронного пресса является неравномерная скорость выпрессовывания макаронного теста через формующие отверстия матрицы и ее увеличенное гидравлическое сопротивление, что ведет к браку, получению изделий разной длины [1, 2].

Таким образом. Разработка новой конструкции матрицы и формующего механизма для производства макаронных изделий с оптимизированными параметрами, позволяющая повысить производительность, снизить энергоемкость процесса и улучшить качество получаемой продукции, является актуальной задачей.

В настоящее время на кафедре ТТОПП разработана и изготовлена матрица с формующими механизмами для производства макаронных изделий [3, 4]. Данная матрица создана на основе законов «золотой пропорции» и предпочтительных чисел ряда Фибоначчи, а формующий механизм в матрицу имеет повышенную проходную способность и оптимизированные конструктивные параметры. Для подтверждения положительного эффекта совершенствования конструкции матрицы и формующего механизма разработан и смонтирован экспериментальный стенд на базе пресс-автомата МИТ-2, оснащенный контрольно-измерительными приборами для контроля основных параметров процесса формования.

В соответствии с целями и задачами экспериментальных исследований процесса формования макаронных изделий для определения оптимальных режимных и технологических параметров работы макаронного пресса был спланирован и проведен многофакторный эксперимент по плану 2^3 со звездой. Проведение серии отсеивающих экспериментов позволило выбрать следующие факторы варьирования для проведения активного эксперимента: давление в предматричной камере ($p=3,0\div 8,0$ Па), температура теста ($t_t=45\div 50^\circ\text{C}$), влажность теста ($W_t=28,0\div 32,5$ %). При проведении экспериментов температура муки была $t_{\text{мука}}=25-30$ °С, температура воды – $t_{\text{вода}}=40-50$ °С.

В качестве выходной функции были исследованы показатели, характеризующие эффективность работы пресса и качество готового продукта, как сухое вещество, перешедшее при варке макаронных изделий в воду $m_{\text{с.в.}}$, удельная энергоемкость $N_{\text{уд}}$ и производительность P .

Анализ влияния входных параметров на эффективность процесса осуществляли при помощи специализированных программ математического и статического анализа экспериментальных данных Statistica Enterprise и Statgraphics Plus. Для выходных функций были построены поверхности отклика и линии равного уровня и получены аналитические зависимости, позволяющие получить значения выходных функций при изменении режимных и технологических параметров в пределах варьирования факторов.

Определение оптимальных технологических и режимных параметров макаронного пресса, обеспечивающих максимальную производительность и минимальную удельную

энергоёмкость и сухое вещество, перешедшее при варке макаронных изделий в воду, производилось графическим методом наложения линий равного уровня выходных функций.

При наложении линий равных уровней выходных функций производительности, удельной энергоёмкости и сухого вещества, перешедшего при варке макаронных изделий в воду получена графическая номограмма, представленная на рисунке 1.

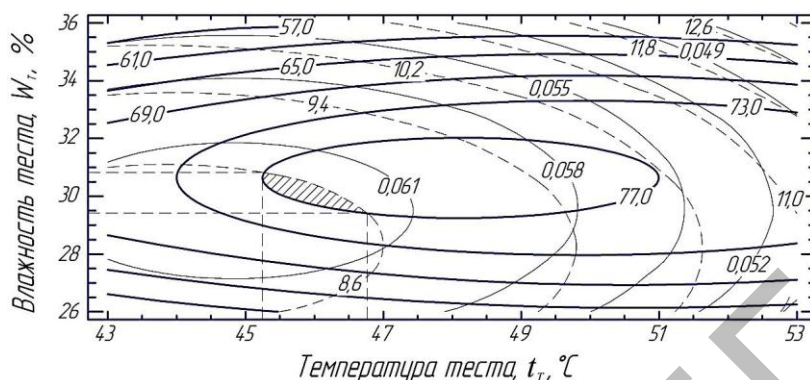


Рисунок 1 – Номограмма для определения оптимальных режимных и технологических параметров процесса формования макаронных изделий

Таким образом, на основании графического метода оптимизации режимных и технологических параметров работы макаронного пресса определены оптимальные с точки зрения обеспечения максимальной производительности и минимальных удельной энергоёмкости и сухого вещества, перешедшего при варке макаронных изделий в воду (таблица 1).

Таблица 1 – Оптимальные технологические и режимные параметры

Технологические и режимные параметры	Температура теста, $t_t, ^\circ\text{C}$	Влажность теста, $W_t, \%$	Давление в предматричной камере, $p, \text{Па}$
Сочетание выходных функций	46,0	30,0	8,0

Также, была проведена серия экспериментов для определения поправочного коэффициент β_1 , учитывающий упруго-пластичные свойства макаронного теста. Определение поправочного коэффициента β_1 проводилось на основании анализа экспериментальных данных процесса формования макаронных изделий при помощи пакета обработки экспериментальных данных Statistika Enterprise. В таблице 2 представлены данные серии экспериментов по определению значения поправочного коэффициента β_1 .

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований по определению значения поправочного коэффициента β_1

№ опыта	Входные параметры			Производительность		Значение коэффициента β_1
	Температура теста, $t_t, ^\circ\text{C}$	Влажность теста, $W_t, \%$	Давление в предматричной камере, $p, \text{МПа}$	Расчетная, $P_{\text{расч}}$	Фактическая, $P_{\text{факт}}$	
1	2	3	4	5	6	7
1.	42,0	30,0	8,0	67,7	68,0	1,004
2.	45,0	30,0	8,0	76,1	76,6	1,006
3.	47,5	30,0	8,0	78,6	79,1	1,007
4.	50,0	30,0	8,0	79,7	80,3	1,008
5.	52,0	30,0	8,0	76,6	77,1	1,006

На основании анализа экспериментальных данных процесса формования макаронных изделий получено уравнение для расчета поправочного коэффициента:

$$\beta_1 = \lambda_3 + \zeta_1 t_t + \zeta_2 t_t^2 \quad (1)$$

где t_t – температура теста, $^\circ\text{C}$;

$\lambda_3, \zeta_1, \zeta_2$ – экспериментальные коэффициенты.

Значения коэффициентов, полученных на основании обработки экспериментальных данных, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов

Коэффициент	ζ_1	ζ_2	λ_3
Единица измерения	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}^{-2}$	-
Значение	0,0101	- 0,0001	0,7617

Для определения корреляции значений фактической производительности макаронного прессы и производительности, определенной расчетным путем, проводилась серия дополнительных экспериментов.

На рисунке 2 представлена зависимость производительности Π от температуры теста t_t при $W_t = 30,0\%$, $p = 8,0$ МПа.

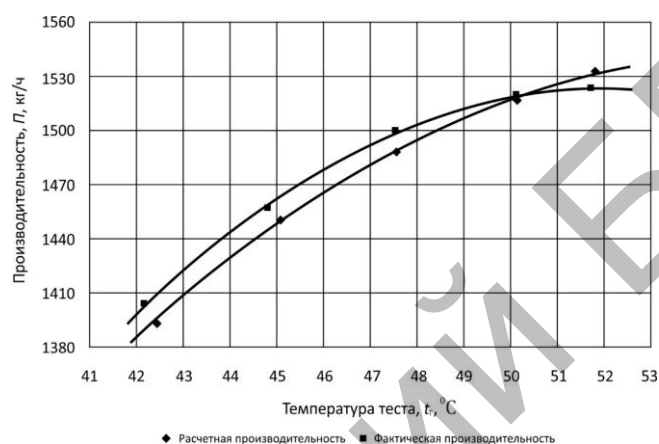


Рисунок 2 – Зависимость производительности Π от температуры теста t_t

Как видно из представленного графика, значение расчетной и фактической производительности, определенной экспериментально, имеют высокую степень корреляции (погрешность в базовых точках не превышает 5%), что подтверждается адекватностью полученной математической зависимости.

Литература

1. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. – Москва: Колос, 2000. – 272 с.
2. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий / Н. И. Назаров. – Москва: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
3. Матрица для прессования вермишели: пат. 13326 Респ. Беларусь : МПК А21С11 / 00 (2009) / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Б. Торган, Л.Т. Ткачева; дата публ. 26.03.2010.
4. Матрица для производства макаронных изделий: пат. 7401 Респ. Беларусь: МПК А21С11 / 16 (2005) / В.Я. Груданов, В.Я. Смагин, А.А. Вискварко; дата опубл. 30.03.2003.