

---

техническим требованиям  $k_{\text{ср}} = 1$ .

Таким образом, коэффициент соответствия эталону является универсальным критерием, характеризующим соответствие параметров формируемого гребня почвы агротребованиям и позволяющим оценить качество работы средств механизации гребневого возделывания.

#### **Библиографический список:**

1. Курдюмов В.И. Анализ показателей качества процесса работы почвообрабатывающих катков / В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин, И.А. Шаронов // Материалы III-й Международной научно-практической конференции «Молодежь и наука 21 века». – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2010. – Т.4. – С.149-154.

2. Курдюмов В.И. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов. Патент РФ на полезную модель № 62765. Оpubл. 10.05.2007 г., Бюл. № 13.

3. Курдюмов В.И. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов. Патент РФ на изобретение № 2347338. Оpubл. 27.02.2009 г., Бюл. № 6.

УДК 664.08

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЯ ДЛЯ «БЕСКОНТАКТНОГО» СБИВАНИЯ СЛИВОК**

*С.А. Лазуткина, аспирантка ФГОУ ВПО РГАУЗУ*

Согласно данным, полученным при теоретических расчетах амплитудно-частотных характеристик маслоизготовителя, были запланированы и проведены эксперименты по выбору его характеристик, применительно к производству масла из сливок в условиях малого и среднего агробизнеса.

Опыты проводились с использованием генератора сигналов ГЗ-36, усилителя КУМИР (35У-102) и динамиков 25 ГДИ-3-4. Контроль формы сигнала осуществлялся с помощью осциллографа С1-68 (рис.1).

На первых этапах применялись различные формы емкостей для сбивания масложировой смеси: колбы, пробирки, цилиндрические сосуды (пластиковые, металлические, стеклянные) с различным соотношением высоты и диаметра (рис.2).

В процессе анализа результатов предварительных экспериментов была выявлена оптимальная форма емкости – цилиндр, желательного большого диаметра и малой высоты.

Для получения регрессионных уравнений и их последующего анализа был применен многофакторный эксперимент, матрица планирования которого приведена в табл.1.

На основании анализа результатов предварительных экспериментов были предложены следующие факторы и уровни их варьирования:

- $X_1$  – диаметр емкости;  $X_1^{\text{мин}} = 10$  см,  $X_1^{\text{макс}} = 20$  см,  $X_1^{\text{среднее}} = 15$  см;



**Рис.1. Набор оборудования, примененный для проведения планируемого эксперимента**

- $X_2$  – масса сливок;  $X_2^{\text{мин}} = 50$  г,  $X_2^{\text{макс}} = 100$  г,  $X_2^{\text{среднее}} = 75$  г;
- $X_3$  – частота генератора;  $X_3^{\text{мин}} = 5$  Гц,  $X_3^{\text{макс}} = 117$  Гц,  $X_3^{\text{среднее}} = 56$  Гц;
- $X_4$  – амплитуда колебаний;  $X_4^{\text{мин}} = 0,5$  мм,  $X_4^{\text{макс}} = 5$  мм,  $X_4^{\text{среднее}} = 2,75$  мм.

Температура сливок до начала сбивания во всех экспериментах составляла +10 °С.

Обработка экспериментальных данных проводилась по методике, основанной на общих положениях теории планирования многофакторного эксперимента.

1. Дисперсия определялась по опытам в центре плана

$$S(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_0} \left( y_{0i} - \bar{y}_0 \right)^2 / n_0 - 1},$$

где  $y_{0i}$  – значение откликов в центре плана;  $\bar{y}_0$  – среднее значение отклика в центре плана;  $n_0$  – число опытов в центре плана.

2. Вспомогательные суммы рассчитывались следующим образом:

складываются все значения функции отклика от 1-го до  $N$ -го опыта включительно

$$(oy) = \sum_{i=1}^N \bar{y}_i;$$

складываются построчные произведения  $x_{ji}$  на  $y_{ji}$  от 1-го до  $N$ -го опыта включительно



**Рис.2. Исследуемые формы емкостей для сбивания масложировой смеси**

**Таблица 1**  
**Матрица планирования эксперимента 2<sup>4</sup>**

Номер опыта	Факторы и их уровни			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
1.	- <sup>1</sup>	-	-	-
2.	+ <sup>2</sup>	-	-	-
3.	-	+	-	-
4.	-	-	+	-
5.	-	-	-	+
6.	+	+	-	-
7.	-	+	+	-
8.	-	-	+	+
9.	+	-	+	-
10.	-	+	-	+
11.	+	-	-	+
12.	+	+	+	-
13.	-	+	+	+
14.	+	-	+	+
15.	+	+	-	+
16.	+	+	+	+
17.	-	0 <sup>3</sup>	0	0
18.	+	0	0	0
19.	0 <sup>3</sup>	-	0	0
20.	0	+	0	0
21.	0	0	-	0
22.	0	0	+	0
23.	0	0	0	-
24.	0	0	0	+
25.	0	0	0	0

<sup>1</sup> минимальное значение параметра.

<sup>2</sup> максимальное значение параметра.

<sup>3</sup> среднее значение между минимальным и максимальным значением параметра (центр плана).

где  $i, j$  - соответственно номер опыта и фактора;  
складываются построчные произведения  $x^2_{ji}$  на  $y^2_{ji}$  от 1-го до  $N$ -го опыта

$$\sum (ijy) = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^N x^2_{ji} \cdot \bar{y}_i$$

складываются суммы, полученные для каждого из факторов

$$(uijy) = \sum_{i=1}^N x_{ui} x_{ji} y_i$$

складываются построчные произведения парных взаимодействии на соответствующие значения функции отклика

$$(ij)y = \sum_{i=1}^N x_{ui} x_{ji} y_i$$

$u = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, k.$

3. Расчет величин коэффициентов уравнений регрессии производили по формулам:

$$e_0 = a_1(oy) - a_2 \sum (jy),$$

$$e_j = a_3(jy)j,$$

$$e_{ij} = a_4(ijy)u_j,$$

$$e_{jj} = a_5(jy)j + a_6 \sum (ijy) - a_2(oy)$$

где  $a_1, \dots, a_6$  - табличные коэффициенты.

4. Проверку гипотезы о значимости коэффициентов уравнения регрессий производили следующим образом:

определяли стандартные отклонения коэффициентов:

$$S(e_j) = \sqrt{a_3} \cdot S(y),$$

$$S(e_{jj}) = \sqrt{a_4 + a_5} \cdot S(y),$$

$$S(e_{ij}) = \sqrt{a_6} \cdot S(y),$$

$$S(e_o) = \sqrt{a_1} \cdot S(y),$$

определяли критические области коэффициентов:

$$\Delta e_j = \pm t \cdot S(e_j),$$

$$\Delta e_{jj} = \pm t \cdot S(e_{jj}),$$

$$\Delta e_{ij} = \pm t \cdot S(e_{ij}),$$

где  $t$  - критерий Стьюдента при числе степени свободы и выбранном уровне значимости.

5. Для проверки гипотезы об адекватности полученного уравнения регрессии вычисляли построчно значения отклика для каждого опыта, а также квадраты разностей между экспериментальными и теоретическими значениями отклика:

дисперсию адекватности определяли по формуле

$$S_{ad}^2 = \sum_{i=1}^N \left( \bar{y}_i - \hat{y}_i \right)^2 (N - m)$$

где  $N-m$  - число степеней свободы для дисперсии адекватности;  $m$  - число коэффициентов уравнений регрессии.

адекватность уравнения определяли с помощью критерия Фишера

$$F_p = S_{ad}^2 / S^2(y)$$

Если полученное значение критерия Фишера не превышает табличное, то гипотеза об адекватности принимается. В противном случае полученное уравнение считается неадекватным.

В результате проведенных экспериментов были получены следующие уравнения регрессии (при расчетах принят критерий Стьюдента  $F_t = 2,17$ ), описывающие жирность (критерий Фишера  $F_p = 20,2166$ )

$$Y_{ж} = 65,10027 - 3,328044X_1 - 0,1500118X_2 - 2,527981X_3 + 3,1947X_4 - 6,558711X_{11} - 3,758723X_{22} - 1,258723X_{33} - 0,9587044X_{44} - 0,8187497X_{12} + 2,96875X_{13} - 3,03125X_{14} + 1,043751X_{23} - 0,2562501X_{24} - 3,04375X_{34};$$

влажность (критерий Фишера  $F_p = 21,25725$ )

$$Y_{в} = 54,74532 + 3,311376X_1 + 0,1333436X_2 + 2,477976X_3 - 3,244704X_4 + 0,4478135X_{11} - 2,352205X_{22} - 4,852205X_{33} - 5,152193X_{44} + 0,8375X_{12} - 2,9125X_{13} + 3,0875X_{14} - 0,9875003X_{23} + 0,3125001X_{24} + 3,0625X_{34};$$

сухой остаток (критерий Фишера  $F_p = 0,3610358$ )

$$Y_{co} = 3,079374 + 0,016668X_1 + 0,016668X_2 + 0,050004X_3 + 0,050004X_4 - 0,1630964X_{11} - 0,630964X_{22} - 0,1630964X_{33} - 0,1630964X_{44} - 0,01875X_{12} - 0,05625X_{13} - 0,05625X_{14} - 0,05625X_{23} - 0,05625X_{24} - 0,01875X_{34};$$

время (критерий Фишера  $F_p = 24,28625$ )

$$Y_{вп} = 70,71301 + 1,1112X_1 + 1,16676X_2 + 1,16676X_3 - 3,22248X_4 - 4,055088X_{11} - 2,555088X_{22} - 4,555088X_{33} - 5,055088X_{44} + 1,4375X_{12} - 3,3125X_{13} + 2,1875X_{14} - 2,5625X_{23} - 0,0625X_{24} + 2,4375X_{34};$$

температуру (критерий Фишера  $F_p = 1,597947$ )

$$Y_{т} = 29,29355 + 0,16668X_1 - 0,77784X_2 + 0,38892X_3 + 0,2778X_4 - 2,797013X_{11} - 1,297013X_{22} - 1,797013X_{33} - 1,797013X_{44} + 0,375X_{14} + 0,375X_{23} + 0,25X_{24} - 0,5X_{34};$$

Масло, соответствующее действующим стандартам (табл.2, выделено курсивом), было получено при частоте 5 Гц и амплитуде 5 мм при различном объеме наполнения емкостей двух различных диаметров. При остальных условиях эксперимента можно получить лишь «легкое» (бутербродное) масло.

Таблица 2

## Результаты планируемого эксперимента

№№	Жирность, %	Влага, %	Сухой остаток, %	Время сбивания, мин	Температура смеси, °С
1.	51,9	46,2	1,9	62	21
2.	50,9	46,6	2,5	52	23
3.	49,9	47,6	2,5	60	19
4.	49,3	48,2	2,5	62	24
5.	77,3	20,2	2,5	33	24
6.	47,5	50,0	2,5	68	19
7.	52,7	44,8	2,5	57	23
8.	50,2	47,0	2,8	61	22
9.	50,1	47,4	2,5	55	23
10.	73,9	23,6	2,5	45	21
11.	52,5	45,0	2,5	55	23
12.	49,9	47,6	2,5	58	21
13.	54,5	43,0	2,5	56	21
14.	52,1	45,4	2,5	54	24
15.	48,7	48,8	2,5	61	22
16.	48,7	48,8	2,5	52	24
17.	49,7	47,8	2,5	57	23
18.	49,1	48,4	2,5	58	22
19.	49,3	48,2	2,5	60	24
20.	55,1	42,4	2,5	58	24
21.	54,9	42,6	2,5	56	25
22.	54,5	43,0	2,5	58	22
23.	54,1	43,4	2,5	57	25
24.	55,9	41,6	2,5	56	22
25.	54,9	42,6	2,5	55	24

Поскольку масло из масложировой смеси получается только при двух условиях из 25, уравнения регрессии не могут адекватно описывать процесс сбивания, что подтверждается отбрасыванием незначимых коэффициентов (относительно критерия Фишера) в вышеприведенных уравнениях.

Тем не менее, полученные результаты подтверждают полученные ранее теоретические положения, а также возможность использования предложенной конструкции маслоизготовителя для производства масла.