

С учетом (8) имеем

$$k_{cp}^I \approx 3,64k_{cp}^{II} \approx 8k_{cp}^{III}. \quad (9)$$

Таким образом, при создании и совершенствовании импульсных электромагнитных машин с жесткими ограничениями массы, например, для переносных ударных машин, представляется эффективным увеличение охлаждающей поверхности ЛЭМД за счет оребрения двигателя, при этом значение  $k_F$  следует принимать  $k_F = 2,5$ .

Увеличение значений  $k_F = 2,5-4,0$  приводит к снижению относительных удельных потерь не более чем на 15% и представляет интерес для стационарных импульсных электромагнитных машин.

Дальнейшее повышение  $k_F = 4,0-5,5$  представляется нецелесообразным ввиду значительного увеличения металлоемкости всего электропривода.

#### Библиографический список

1. Усанов К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Вестник Са-

ратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 3. – С. 59-61.

2. Усанов К.М. Классификация и анализ устройств для принудительного наполнения фаршем колбасных оболочек / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев // Технология здорового питания. – СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов: КУБиК, 2009. – С. 148-151.

3. Усанов К.М. Перспективы применения импульсных электромагнитных машин в приводе оборудования для вязки колбасных батонов / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко // Технология здорового питания. – СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов: КУБиК, 2009. – С.152-155.

4. Ряшенцев Н.П. Электромагнитные прессы / Н.П. Ряшенцев, Г.Г. Угаров, А.В. Львицын. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 216 с.

5. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – 2-е изд. стереотип. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.



УДК 631.333.93(043.3)

Н.А. Чернецкая,  
Ю.А. Шапошников

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО АППАРАТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

**Ключевые слова:** конструкция аппарата, лопасть, мешалка, смесь, минеральные удобрения, поливная вода, ресурсосберегающий режим, критерий, параметр, фактор.

#### Введение

Выращивание овощей в тепличных хозяйствах сибирских регионов связано со значительными затратами энергетических и трудовых ресурсов, что составляет большую часть себестоимости тепличной продукции. Ресурсосбережение, основанное на технических и технологических мероприятиях, позволит снизить себестоимость продукта.

Одним из технических решений в тепличных хозяйствах является механизация процессов подготовки смесей минеральных удобрений с поливной водой для овощей, возделываемых в защищённом грунте. Для обеспечения ресурсосберегающего режима работы необходимо определить параметры конструкции аппарата, при которых смеси можно приготавливать с минимальным расходом энергии, максимальной удельной производительностью и минимальной продолжительностью рабочего процесса [1]. При этом смеси требуется приготавливать в строгом соответствии с рецептом и дозированными порциями подавать растениям, не ухудшая качественных показателей овощей [2].

**Объект и методы**

Объектом исследования является процесс приготовления смеси минеральных удобрений и поливной воды в механическом аппарате с мешалкой. Практика использования таких аппаратов показывает, что они обеспечивают полное и равномерное распределение частиц каждого компонента во всем объеме смеси; просты по устройству, обладают малой металло- и энергоемкостью, удобны в обслуживании, герметичны и надежны. Поиск параметров ресурсосберегающего режима работы такого аппарата проводили с помощью методов теории планирования эксперимента.

Для проведения работы была изготовлена специальная установка с горизонтальной радиальной лопастной мешалкой (рис.). Лопасты на валу установлены по винтовой линии. Размеры лопастей и расположение их на валу обеспечивают перекрытие всего рабочего объема смесительной емкости. Длина лопасти составляет не менее 90% радиуса основания емкости. Ширина лопасти равна диаметру вала мешалки. Лопасты равномерно устанавливаются по винтовым линиям двухзаходного винта. Предусмотрена возможность смены рабочих органов (лопастей), изменения их количества и угла постановки к плоскости вращения.

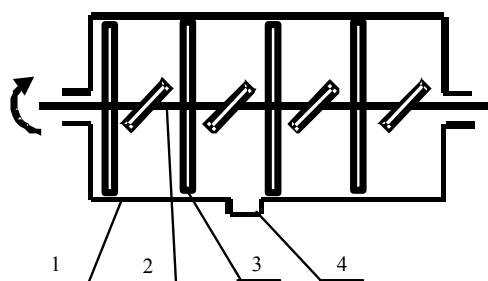


Рис. Схема аппарата с механическим перемешивающим устройством:  
1 – емкость U-образного поперечного сечения; 2 – вал; 3 – лопасть;  
4 – выпускной канал

Ресурсосберегающий режим работы аппарата определяют параметры: мощность ( $N$ ), затрачиваемая на процесс, представленная безразмерным критерием Эйлера ( $Y_1 = Eu$ ); удельная производительность ( $k$ ) аппарата, представленная критерием Дьяконова ( $Y_2 = Di$ ); время ( $t$ ) процесса, представленное критерием ( $Y_3 = T$ ) и факторы: частота вращения ( $n$ ) мешалки, представленная критерием Рей-

нольдса ( $X_1 = Re$ ); угол ( $X_2 = \alpha$ ) постановки лопасти к плоскости вращения; живое сечение ( $X_3 = f$ ) лопасти; число ( $X_4 = z$ ) лопастей. Развернутый вид критериальных зависимостей следующий [3]:

$$Eu = \frac{N}{d^5 n^3 \rho}; Di = \frac{k}{n};$$

$$T = tn; Re = \frac{d^2 n \rho}{\eta},$$

где  $d$  – диаметр мешалки;

$\rho$  – плотность раствора;

$\eta$  – динамическая вязкость водного раствора.

За критерий оптимизации приняли  $Y_1 = Eu$ , а  $Y_2 = Di$  и  $Y_3 = T$  – ограничивающие параметры.

**Результаты и их обсуждение**

Обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии, с учетом только значимых коэффициентов [4]:

$$Y_1 = 97,165 - 61,193X_1; \tag{1}$$

$$Y_2 = 0,190 - 0,033X_1 + 0,012X_4; \tag{2}$$

$$Y_3 = 1819,792 + 357,292X_1 - 24,792X_3 - 40,208X_4. \tag{3}$$

Для определения параметров аппарата, обеспечивающих наилучшее протекание процесса с минимальным расходом энергии, максимальной удельной производительностью и минимальной продолжительностью процесса применен метод крутого восхождения по поверхности отклика в направлении градиента (метод Бокса-Уилсона) [5]. Полученные уравнения (1), (2), (3) дают верное направление к оптимуму. Для осуществления планирования по методу крутого восхождения были рассмотрены уравнения регрессии без учета коэффициентов взаимодействия [4]:

$$Y_1 = 97,165 - 61,193X_1 + 0,546X_2 + 0,533X_3 + 1,115X_4; \tag{4}$$

$$Y_2 = 0,190 - 0,033X_1 + 0,002X_2 + 0,005X_3 + 0,012X_4; \tag{5}$$

$$Y_3 = 1819,792 + 357,292X_1 - 4,375X_2 - 24,792X_3 - 40,208X_4. \tag{6}$$

Для определения параметров аппарата применен метод крутого восхождения по поверхности отклика в направлении градиента (метод Бокса-Уилсона) [5].

Анализ уравнений (4), (5), (6) показывает, что факторы неодинаково влияют на параметры. Отсюда неясно, насколько эффективно изменение одного фактора в сравнении с изменениями других факторов. Введение коэффициента  $\lambda_{ji}$  позволит оценить влияние входных факторов и покажет насколько изменяются  $Y_2$  и  $Y_3$  при уменьшении  $Y_1$  на величину  $\delta = 0,01$ . Коэффициент  $\lambda_{ji}$  вычисляется по формуле [6]:

$$\lambda_{ji} = \frac{b_{ji}}{b_{1i}} \delta,$$

где  $b_{ji}$  – линейный эффект  $i$ -того фактора ( $i = 1, \dots, 4$ ) в  $j$ -том уравнении ( $j = 1, \dots, 3$ );

$b_{1i}$  – линейный эффект  $i$ -го фактора в уравнении (1) критерия оптимизации.

Расчеты показали, что наиболее сильно влияет на критерии оптимизации фактор  $X_4$  (табл. 1). В соответствии с идеей метода крутого восхождения выбран единичный шаг  $\Delta_c$  «сильного» фактора  $X_4$ , равный минимальному количеству лопастей, равномерно распределенных по оси вала для обеспечения равномерности момента на валу мешалки, т.е.  $\Delta_c = \Delta_4 = 4$ . Величина шагов  $\Delta_{ic}$  остальных факторов определялась по формуле [6]:

$$\Delta_i = \frac{\lambda_{ji} \varepsilon_i}{\lambda_{j4} \varepsilon_4} \Delta_c,$$

где  $\varepsilon_i$  – основной уровень  $i$ -того фактора.

Расчеты и программа крутого восхождения представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Программа крутого восхождения по определению оптимальных параметров аппарата с механическим перемешивающим устройством

Показатель	Фактор			
	$X_1(Re)$	$X_2(\alpha)$	$X_3(\varphi)$	$X_4(z)$
Основной уровень фактора $\varepsilon_i$	$8,47 \cdot 10^5$	50	0,12	16
Интервал варьирования фактора	$2,12 \cdot 10^5$	40	0,12	8
Размерность	--	градус	--	штуки
Коэффициент $\lambda_{2i}$	$4,91 \cdot 10^{-6}$	$3,63 \cdot 10^{-5}$	$9,43 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$
Произведение $\lambda_{2i} \varepsilon_i$	1,04	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-5}$	$8,64 \cdot 10^{-4}$
Величина шага $\Delta_{2i}$	4814,81	6,71	$5,2 \cdot 10^{-2}$	4
Коэффициент $\lambda_{3i}$	$-5,84 \cdot 10^{-2}$	$-7,96 \cdot 10^{-2}$	-0,47	-0,36
Произведение $\lambda_{3i} \varepsilon_i$	-12380,8	-3,18	$-5,6 \cdot 10^{-2}$	-2,88
Величина шага $\Delta_{3i}$	17195,56	4,42	0,78	4
Округленный шаг	$1 \cdot 10^4$	10	0,12	4

Таблица 2

Опыты по программе крутого восхождения

Номер опыта	Фактор				Параметр		
	$X_1(Re)$	$X_2(\alpha)$	$X_3(\varphi)$	$X_4(z)$	$Y_1(Eu)$	$Y_2(Di)$	$Y_3(Tn)$
1	$8,37 \cdot 10^5$	60	0,24	20	71,56	0,1614	1822
2	$8,27 \cdot 10^5$	70	0,24	24	74,91	0,1658	1716
3	$8,17 \cdot 10^5$	80	0,24	24	77,59	0,1680	1664
4	$8,07 \cdot 10^5$	90	0,24	24	81,32	0,1725	1524
5	$7,97 \cdot 10^5$	90	0,24	24	84,27	0,1724	1575
6	$7,87 \cdot 10^5$	90	0,24	24	86,32	0,1719	1674
7	$7,77 \cdot 10^5$	90	0,24	24	89,55	0,1713	1684
8	$7,67 \cdot 10^5$	90	0,24	24	91,78	0,1709	1706

Шаговый процесс движения осуществлялся со знаками, соответствующими знакам, стоящим перед коэффициентами регрессии в уравнении для критерия Эйлера (4). Реализация первых четырех шагов показала увеличение мощности, затрачиваемой на процесс, удельной производительности аппарата и снижение времени перемешивания. При реализации последующих шагов наблюдались устойчивое снижение удельной производительности, увеличение времени и незначительное сокращение расхода мощности (табл. 2).

### Выводы

На основании данных результатов экспериментальных исследований определены эффективные параметры аппарата: частота вращения лопастной мешалки – 76 мин.<sup>-1</sup>; угол наклона лопасти к плоскости вращения – 90°; живое сечение лопасти – 0,24; количество лопастей на валу мешалки – 24 шт., что обеспечивает перекрытие продольного сечения смеси емкостью. В сравнении с используемым способом приготовления смеси получили сокращение затрат энергии на рабочий процесс на 24%, удельная производительность аппарата увеличилась на 16%, затраты времени приготовления смеси сократились на 20%.

### Библиографический список

1. Драгайцев В.И. Организационно-экономический механизм ресурсосбережения в сельском хозяйстве / В.И. Драгайцев // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 3, 4. – С. 12.
2. Фатеев М.Н. Исследование процесса смешивания минеральных удобрений лопастным шнеком / М.Н. Фатеев, М.М. Фирсов // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 7. – С. 25-27.
3. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк, И.А. Щупляк. – Польша, 1971. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
4. Чернецкая Н.А. Параметры аппарата для приготовления жидких удобрений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.А. Чернецкая. – Барнаул, 2001. – 24 с.
5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешин, П.М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1980. – 168 с.
6. Сороченко С.Ф. Обоснование параметров решетно-винтового сепаратора в системе очистки зерноуборочного комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Ф. Сороченко. – Барнаул, 1996. – 18 с.



УДК 631.158.075.8

**И.Ф. Рахимов,  
Л.Г. Татаров**

## ОЧИСТКА ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Ключевые слова:** пыль, фильтровальная ячейка, вентиляция, электрод, самоочищение, птицеводство, напряжение, воздух, электродвигатель, газ.

При решении важнейших задач социально-экономического развития РФ в центре внимания стоит продовольственная проблема. Важной составляющей её реализации является современное птицеводство, которое характеризуется высокой

степенью механизации и автоматизации технологических процессов, а также глубокой внутриотраслевой специализацией, насчитывающей до 50 специальностей.

Вместе с тем труду работников основных профессий сопутствуют многие неблагоприятные факторы. Ведущее место среди них занимает высокая запылённость воздушной среды, превышая на отдельных производственных участках в 10-12 раз предельно допустимую концентрацию,