

Задачами исследований являются:

- разработка физической и математической моделей электротермических процессов, протекающих в проводниках;

- разработка физической и математической моделей электромагнитных процессов, возникающих при взаимодействии электрического тока с динамической проводимостью проводок под воздействием температуры и возникающих, вследствие этого, локальных неоднородностях;

- разработка физической и математической моделей акустических процессов, возникающих при взаимодействии электрического тока с динамической проводимостью проводок под воздействием температуры и возникающих, вследствие этого, локальных неоднородностях;

- анализ существующих методов неразрушающего контроля применительно к поставленной цели;

- разработка методик неразрушающего анализа дефектов электропроводок на ранней стадии и динамики их развития с вероятностной оценкой времени наработки на отказ;

- экспериментальная и практическая проверка в рабочих условиях разработанных методик;

- разработка рекомендаций по применению новых методов диагностирования установочных проводок;

- разработка рекомендаций по монтажу и своевременной замене выработавших свой гарантийный срок установочных проводок.

Автором уже подан ряд патентных заявок, способствующих решению поставленных задач. Например, зная удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления меди (или алюминия), можно подсчитать рост сопротивления проводников от величины проходящего тока и соответствующий рост падения напряжения, т.е. определить энергетические потери проводки при сверхнормативном потребляемом токе,

ее нагрев, что позволяет произвести статистическую оценку работоспособности проводки и времени ее наработки на отказ [8].

Аналогично, имеется возможность, используя ряд методов неразрушающего контроля, определить наличие и место дефекта в скрытой проводке, вероятное время безотказной работы проводника с дефектом и т.п.

Проводимые исследования имеют большое значение для обеспечения высоконадежного, безаварийного электроснабжения конечных потребителей, но они будут иметь смысл лишь в случае официального включения вырабатываемых рекомендаций в основные нормативные документы, регламентирующие установку, эксплуатацию, проведение регламентных контрольно-профилактических функций, что является конечным результатом проводимой работы.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-3). – М.: Энергия, 1964. – 360 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-6). – М.: Атомэнергоиздат, 1987. – 648 с.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-7). – М.: Энергия, 2007. – 704 с.
4. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник. – М.: Энергия, 1979. – 416 с.
5. Электрические сети жилых зданий / Г.В. Мирер, И.К. Тульчин, Г.С. Гринберг и др. – М.: Энергия, 1974. – 264 с.
6. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
7. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. – М.: Высшая школа, 1977. – 392 с.
8. Махутов Н.А. Техническая диагностика остаточного ресурса и безопасности. – М.: Спектр, 2011. – 187 с.



УДК 631.354

**Т.А. Алтухова,
С.Н. Шуханов**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВИХРЕВОГО ОХЛАДИТЕЛЯ ЗЕРНА С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ключевые слова: полнофакторный эксперимент, охлаждение зерна, скорость обдува.

Острая нехватка в агропромышленном комплексе высокоэффективных и производительных машин для послеуборочной об-

работки зерна существенно сдерживает его производство. Не составляют исключения устройства охлаждения зерна. Известно, что охлаждение является важнейшей завершающей операцией при его сушке и хранении. Поэтому разработка и обоснование параметров техники для осуществления этих работ имеют большое значение.

Изучение состояния вопроса создания и исследования различных устройств, проведение поисковых опытов позволили предложить вихревые охладители зерна как наиболее перспективные, а также выявить основные факторы, влияющие на их функционирование.

Для экспериментального исследования работы вихревого охладителя зерна разработана и изготовлена установка (рис. 1).

Она содержит в себе рабочую камеру 1, щелевой аппарат 2, выпускной патрубок 3, шлюзовой затвор 4, приемный бункер 5, вентилятор среднего давления 6, высоконапорный вентилятор 7, щит управления 8 и раму 9. Процесс охлаждения зерна в ней осуществляется следующим образом. Нагретое зерно из приемного бункера подается в рабочую камеру воздушным потоком, создаваемым вентилятором среднего давления. В камере интенсивно обдувается закрученным воздушным потоком при больших скоростях обтекания и быстро охлаждается.

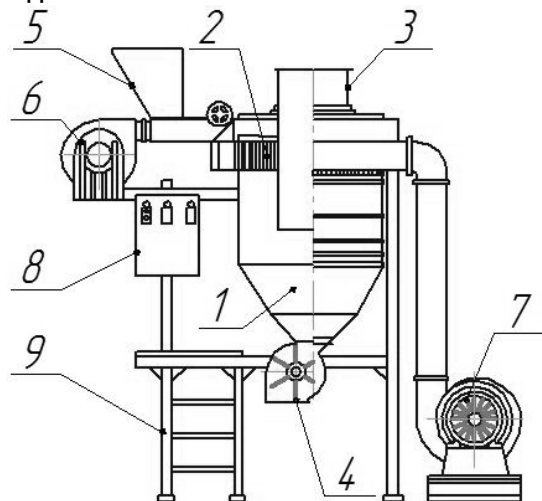


Рис. 1. Экспериментальная установка вихревого охладителя зерна

Закрученный поток образуется в камере при нагнетании наружного воздуха высоконапорным вентилятором через щелевой аппарат. Охлажденное таким образом зерно удаляется непрерывно из установки через щелевой затвор, а отработавший воздух уходит наружу через центральный выпускной патрубок.

В данной установке предусмотрено изменение объема рабочей камеры за счет

регулирования высоты ее путем съема цилиндрических колец. К ней относятся четыре выпускных патрубка с различными диаметрами – 400, 500, 600 и 700 мм для изменения скорости воздушного потока на выходе из рабочей камеры и уменьшения ее объема.

Кроме того, предусмотрено регулирование подачи наружного воздуха путем изменения зазора между всасывающим патрубком вентилятора и заслонкой, установленной на нем.

Можно также регулировать подачу обрабатываемого материала в рабочую камеру посредством изменения входного отверстия у приемного бункера подвижной заслонкой. Значение абсолютной скорости закрученного воздушного потока, вращающегося в рабочей камере установки, можно менять путем изменения размеров щели у щелевого аппарата.

Для разработки и обоснования параметров эффективных охлаждающих устройств необходимо определить факторы, влияющие на процесс охлаждения зерна.

Исследование процесса охлаждения зерна поведено с применением методов теории планирования экспериментов [1]. С целью определения основных параметров были проведены отсеивающие эксперименты [2, 3]. В результате которых получили три показателя: скорость обдува зерна V , температура наружного воздуха t_0 и приведенный диаметр зерновки d_{np} .

В результате постановки полнофакторного эксперимента ПФЭ 2^3 составлена матрица (табл. 1).

Определение коэффициентов

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_u}{N} = \frac{16,3 + 13,6 + 7,6 + 6,6 + 25,6 + 14 + 8 + 10,6}{8} = 12,8$$

$$B_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \chi_{1u} y_u}{N} = \frac{-16,3 - 13,6 + 7,6 + 6,6 - 25,6 - 14 + 8 + 10,6}{8} = 4,59$$

$$B_2 = \frac{\sum_{i=1}^N \chi_{2u} y_u}{N} = \frac{-16,3 + 13,6 - 7,6 + 6,6 - 25,6 + 14 - 8 + 10,6}{8} = 1,59$$

$$B_3 = \frac{\sum_{i=1}^N \chi_{3u} y_u}{N} = \frac{-16,3 - 13,6 - 7,6 - 6,6 + 25,6 + 14 + 8 + 10,6}{8} = 1,76$$

Таблица 1

Матрица полного факторного эксперимента ПФЭ 2³

u	Основные столбцы			Вспомогательные столбцы						Выход процесса			
	X _{1u}	X _{2u}	X _{3u}	X _{1u} X _{2u}	X _{2u} X _{3u}	X _{1u} X _{3u}	X _{1u} X _{2u} X _{3u}	Y _{u1}	Y _{u2}	Y _{u3}	Y _u		
1	-	-	-	+	+	+	-	19	13	17	16,3		
2	-	+	-	-	-	+	+	16	11	14	13,6		
3	+	-	-	-	+	-	-	9	7	7	7,6		
4	+	+	-	+	-	-	-	8	6	6	6,6		
5	-	-	+	+	-	-	+	30	22	25	25,6		
6	-	+	+	-	+	-	-	16	11	13	14,0		
7	+	-	+	-	-	+	+	10	7	7	8,0		
8	+	+	+	+	+	+	+	12	9	11	10,6		
9								15	10,8	12,8	12,9		

Таблица 2

Статистическая обработка результатов исследований

/ y ₁ - \bar{y} /	/ y ₂ - \bar{y} /	/ y ₃ - \bar{y} /	/ y ₁ - \bar{y} / ²	/ y ₂ - \bar{y} / ²	/ y ₃ - \bar{y} / ²	Σ(y _n - \bar{y}) ²	S ² _(y)
2,7	3,3	0,7	7,29	10,89	0,49	18,67	9,335
2,4	2,6	0,4	5,76	6,76	0,16	12,68	6,34
1,4	0,6	0,6	1,96	0,36	0,36	2,68	1,34
1,4	0,6	0,6	1,96	0,36	0,36	2,68	1,34
4,4	3,6	0,6	19,36	12,96	0,36	32,68	16,34
2,0	3,0	1,0	4,0	9,0	1,0	14,0	7,0
2,0	1,0	1,0	4,0	1,0	1,0	6,0	3,0
1,4	1,6	0,4	1,96	2,56	0,16	4,68	2,34
2,2	2,0	0,1	4,84	4,41	0,01	9,26	4,63
							51,665

Уравнение регрессии:

$$y = v_0 + v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 + v_{12} x_1 x_2 + v_{13} x_1 x_3 + v_{23} x_2 x_3 + v_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Результаты исследований после статистической обработки сведены в таблицу 2.

Средняя для всего эксперимента оценка дисперсии воспроизводимости единичного результата при m_u = const рассчитывается по выражению

$$S^2_{(yк)} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^m (y_{ik} - \bar{y}_u)^2}{N(m-1)} = \frac{51,665}{8} = 6,46$$

Средняя для всего эксперимента дисперсия воспроизводимости среднего значения выхода в каждой строке будет в m раз меньше дисперсии S²_(yк), т.е.

$$S^2_{(y)} = \frac{S^2_{(yк)}}{m} = \frac{6,46}{3} = 2,15.$$

В соответствии с теоремой о дисперсии среднего значения выхода можно записать:

$$S^2_{(ei)} = \frac{S^2_{(y)}}{N} = \frac{2,15}{8} = 0,27; S_{(ei)} = 0,52.$$

При t (0,95; 16) = 2,12 доверительная ошибка коэффициентов определяется по критерию Стьюдента:

$$E_{(ei)} = t (P; f) \cdot S_{(ei)} = 2,12 \cdot 0,52 = 1,1.$$

Из всех коэффициентов уравнения регрессии незначимыми оказались v_{1,3} = -0,66 и v₂₃ = 0,66 < 1,1.

Следовательно, дешифрованное уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$\tau = 12,8 - 4,59 \cdot V - 1,59 t_0 - 1,76 d_{np} + 1,99 V t_0 + 1,56 t_0 d_{np}. \quad (2)$$

Проверка на адекватность. Промежуточные расчеты представлены в таблице 3.

Таблица 3

u	\bar{y}_u	\hat{y}_u	($\hat{y} - \bar{y}_u$)	($\hat{y}_u - \bar{y}_u$) ²
1	16,3	14,98	1,32	1,74
2	13,6	12,28	1,32	1,74
3	7,6	6,28	1,32	1,74
4	6,6	5,28	1,32	1,74
5	25,6	24,28	1,32	1,74
6	14,0	12,68	1,32	1,74
7	8,0	6,68	1,32	1,74
8	10,6	9,28	1,32	1,74

$$\sum_{i=1}^N (\hat{y}_u - \bar{y}_u)^2 = 13,92$$

Дисперсия неадекватности

$$S^2_{ad} = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_u - \bar{y}_u)^2}{N - N^1} = \frac{13,92}{2} = 6,96.$$

Критерий Фишера

$$F = \frac{S_{ad}}{S^2(\bar{y})} = \frac{6,96}{2,15} = 3,24.$$

При вероятности P = 0,95; f₂ = 1,0; f₁ = 16; F_τ = 248; F = 3,24 < F_τ = 248.

Значит, полученные экспериментальные данные адекватны.

Дополнительно к восьми опытам плана ПФЭ 2³ ставится еще три повторности опыта в центре эксперимента (табл. 2).

В соответствии с законом накопления ошибок можно записать

$$S_{(\bar{y}_o - v_o)}^2 = \frac{N_m + m_o}{N_m + m_o}$$

$$\frac{S_{(y_{ок})}^2 \cdot (m_o - 1) + S_{(y_{ж})}^2 \cdot N_{(m-1)}}{(m_o - 1) + N(m-1)} = 0,005,$$

где $S_{(y_{ок})}^2 = \frac{\sum (y_{ок} - y_o)^2}{m_o - 1}$.

Доверительная ошибка:

$$E_{(\bar{y}_o - v_o)} = t(P; f) \cdot S_{(\bar{y}_o - v_o)}$$

$$E_{(\bar{y}_o - v_o)} = 2,12 \cdot 0,07 = 0,15;$$

при $(\bar{y}_o - v_o) = 0,1 < E_{(\bar{y}_o - v_o)} = 0,15$ с заданной вероятностью $P = 0,95$ эту разность можно считать значимой.

Таким образом, дешифрованное уравнение регрессии имеет вид:



$$\tau = 12,8 - 4,59 V - 1,59 t_o - 1,76 d_{пр} + 1,99 V t_o + 1,56 V t_o d_{пр}. \quad (3)$$

Из данного выражения следует, что наибольшее влияние на сокращение продолжительности охлаждения оказывает скорость обтекания V . У нее самый максимальный коэффициент. Значит, для интенсификации процесса охлаждения зерна при обдуве атмосферным воздухом необходимо повысить ее относительную скорость.

Библиографический список

1. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Шуханов С.Н. Охлаждение зерна при порционном метании // Вестник АГАУ. – 2011. – № 4. – С. 88-92.
3. Шуханов С.Н., Ханхасаев Г.Ф., Пунсуков А.С. Усовершенствованное рабочее колесо вентилятора // Инженерное обеспечение и технический сервис в АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ: Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2011. – С. 55-56.



УДК 630*371.7

**В.В. Побединский,
А.И. Попов,
Д.А. Василевский**

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ РОТОРНЫХ ОКОРОЧНЫХ СТАНКОВ

Ключевые слова: роторный окорочный станок, механизм подачи, захват лесоматериала, моделирование работы.

Введение

Механизм подачи роторных окорочных станков (РОС) является ответственной конструкцией, от которой зависит работа всего станка в целом. В новой гамме РОС преду-

сматривается переход на индивидуальный гидропривод подачи, проектирование которого требует обоснованных значений расчетных нагрузок на механизм [1].

Сложность процесса подачи заключается в преодолении не только силы сопротивления окорки инструментом, но и дополнительных усилий на разведение каждой пары нормально сомкнутых в исходном положе-