

консистенции продукта, размягчения и дряблости, ухудшения естественного цвета продукта.

Список литературы

1. Акопян, В.Б. Ультразвук в производстве пищевых продуктов / В.Б. Акопян // Пищевая промышленность. — 2003. — № 3. — С. 54.

2. Кудряшов, В.Л. Предпосылки и основы создания технологий производства ингредиентов для функциональных продуктов питания на основе системы мембранных, биотехнологических и ультразвуковых процессов / В.Л. Кудряшов // Научно-технические и конкурентоспособные технологии продуктов питания со специальными свойствами: труды науч.-практ. конф. — Углич: ВНИИМС, 2003. — С. 221–224.

УДК 620:631.365.22

А.Н. Васильев, доктор техн. наук

Д.А. Будников, канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУШКИ ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОГО ВОЗДУХА

Разработка энергоэффективных способов остается приоритетным направлением исследований в области послеуборочной обработки зерновых культур. Одним из перспективных направлений в этой области является применение электротехнологий в процессе наиболее энергозатратного процесса — сушки зерна. Вариантов применения электротехнологий в этом процессе является аэроионизация агента сушки. Данная статья направлена на исследование влияния аэроионизации в различных вариантах применения на скорость перераспределения температуры в зерновке. Для этого был проведен ряд экспериментов.

Кривые изменения температур зерна, межзернового пространства и агента сушки (рисунок) показывают, что изменение температуры центра и поверхности зерна происходит вслед за изменением температуры агента сушки. Особых отличий в динамике нагрева зерна как в центре, так и на поверхности при различных режимах сушки не отмечено.

Колебания показаний термомпар обусловлено их чувствительностью к изменениям температуры воздуха, которая в свою очередь изменялась от влияния случайных факторов.

Анализ кривых не позволяет сделать вывод о влиянии электроактивированного воздуха (ЭАВ) ни на скорость нагрева зерна, ни на распределение температурных полей внутри зерновки, поэтому проводят факторный анализ экспериментальных данных по нагреву зерна при различных режимах сушки.

Факторный анализ является одним из разделов многомерного статистического анализа. Он основан на многомерном нормальном распределении, т. е. каждый из используемых признаков изучаемого объекта должен иметь нормальный закон распре-

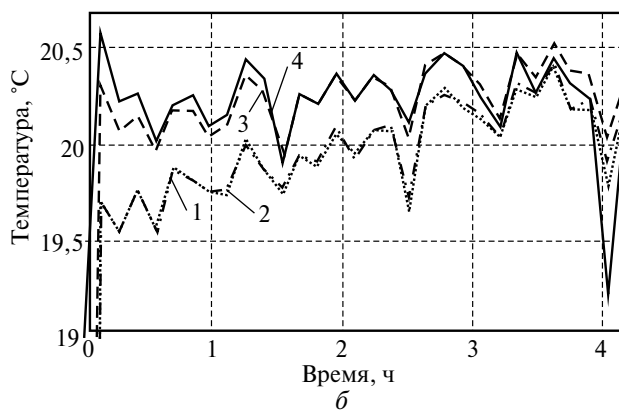
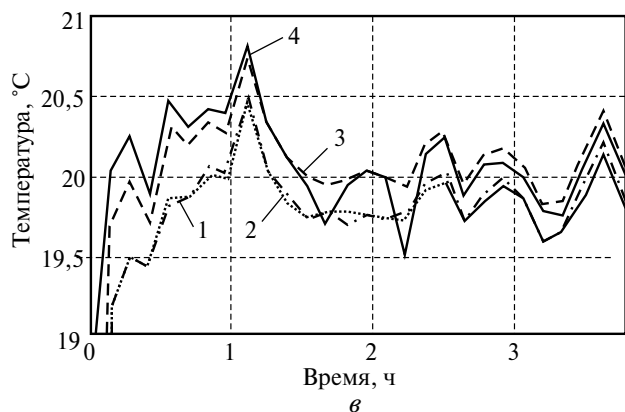
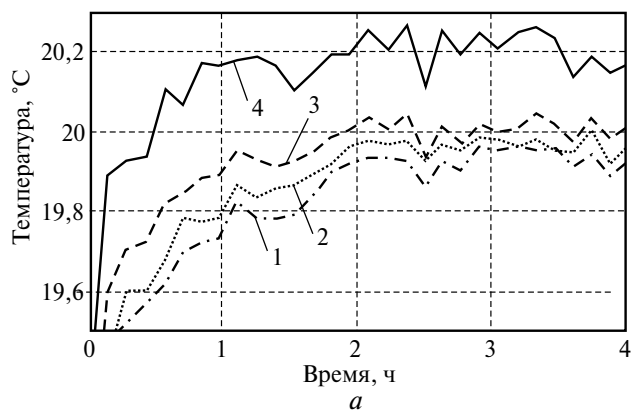
деления. Факторный анализ исследует внутреннюю структуру ковариационной и корреляционной матриц системы признаков изучаемого объекта [1].

В факторном анализе решаются следующие задачи [1]:

- определить количество действующих факторов и указать их относительную интенсивность;
- выявить признаковую структуру факторов, т. е. показать, какими признаками объекта обусловлено действие того или иного фактора и в какой относительной мере;
- выявить факторную структуру изучаемых признаков объекта, т. е. показать долю влияния каждого из факторов на значение того или иного признака этого объекта;
- воссоздать в факторном координатном пространстве облик изучаемого объекта, используя вычисляемые значения факторов для каждого наблюдения исходной выборочной совокупности.

Факторный анализ экспериментальных данных температуры нагрева зерна при различных режимах сушки должен помочь ответить на вопрос: влияет ли применение электроактивированного воздуха при сушке зерна на распределение температуры внутри зерновки. Если будет происходить перераспределение данных (температура в зерновке, температура на поверхности зерна, температура между зерном, температура агента сушки) между факторами по-разному для разных режимов сушки, то можно говорить о наличии такого влияния. В противном случае — такого вывода сделать нельзя.

Для решения этой задачи предполагают, что X_i линейно зависят от F_m ($m = 1, 2$). Для данного случая имеют



Графики изменения температур:
 а — при классическом способе сушки;
 б — при сушке ЭАВ с постоянной концентрацией аэроионов; в — при сушке ЭАВ с циклическим изменением концентрации аэроионов;
 1 — в зерновке; 2 — на поверхности;
 3 — между зерном; 4 — агент сушки

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2,$$

где $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; a_{i1}, a_{i2} — коэффициенты, называемые факторными нагрузками.

Существует две модели факторного анализа [2–4]:

метод главных компонент (МГК), в котором наблюдаемые значения каждого из признаков X_i представляются в виде линейных комбинаций факторных нагрузок a_{ij} и факторов F_j , где $j = 1, 2, \dots, m$, причем $m \ll k$:

$$X_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}F_j,$$

где m — число факторов;

модель собственного факторного анализа (ФА), когда наблюдаемые значения определяются не только факторами, но и действием локальных случайных причин $X_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}F_j + e_i$.

Обработку данных проводили для каждого режима обработки отдельно. Для обработки применяли стандартные функции Matlab по функциональному анализу (*factoran*) [5]. В результате получены численные значения аргумента *Loadings1*, позволяющие определить, каким количеством факторов может быть описано состояние зернового.

Оказалось, что для классического режима сушки состояние зернового слоя по данным изменения

температуры в нескольких точках может быть описано с помощью только одного фактора (таблица).

Высокие значения, близкие к 1, весовых коэффициентов всех векторов данных температур говорят о том, что при классическом методе сушки все температуры в зерновке и зерновом слое относятся к одному фактору, что вполне логично.

Далее был проведен факторный анализ экспериментальных данных для режима сушки, когда использовалось постоянное воздействие электроактивированного воздуха. Весовые коэффициенты имеют значения, представленные в таблице.

Весовой коэффициент агента сушки с ЭАВ стал меньше, чем при классическом режиме, однако все вектора данных по-прежнему могут быть отнесены только к одному фактору.

Затем был проведен факторный анализ экспериментальных данных температуры при циклическом воздействии ЭАВ (см. таблицу).

Результаты факторного анализа в среде Matlab (Loadings1)

Фактор	Классическая сушка	Сушка с постоянной аэроионизацией	Сушка с циклической аэроионизацией
1	0,9967	0,9986	0,9988
2	0,9980	0,9989	0,9988
3	0,9912	0,9978	0,9982
4	0,9601	0,7864	0,7781

Весовой коэффициент агента сушки стал еще немного меньше, но процесс все также описывается только одним фактором.

Результаты факторного анализа экспериментальных данных температур в зерновке и в зерновом слое при различных режимах сушки позволяют говорить о том, что использование электроактивированного воздуха не оказывает существенного влияния на распределение температурных полей в зерновке. Следовательно, изменение интенсивности сушки зерна при использовании ЭАВ не может быть отнесено к температурному влиянию на влагообмен.

Список литературы

1. Иберла, К. Факторный анализ / К. Иберла. — М.: Статистика, 1980. — 400 с.
2. Ким, Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 216 с.
3. Лоули, Д. Факторный анализ как статистический метод / Д. Лоули, А. Максвелл. — М.: Мир, 1967. — 144 с.
4. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. — М.: Статистика, 1972. — 484 с.
5. Дьяконов, В.П. Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании / В.П. Дьяконов. — М.: Солон-пресс, 2003. — 566 с.

УДК 631.352.2+631.354.1:62-272:62-755+534.242

В.Е. Фириченков, канд. техн. наук
Ю.А. Мирзояни, доктор техн. наук
Ю.Ю. Городецкая

Костромская государственная сельскохозяйственная академия

УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА СЕГМЕНТНОГО ТИПА ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Режущий аппарат сегментного типа с возвратно-поступательным движением ножа является основным рабочим органом многих уборочных машин. Он получил широкое распространение на кошении трав, хлебных злаков, подсолнечника и других растений и обладает рядом достоинств:

- надежное выполнение технологического процесса при сравнительно низкой скорости резания;
- малая энергоемкость имеет на порядок меньшую мощность на единицу ширины захвата по сравнению с режущими аппаратами ротационного типа с вертикальной и с горизонтальной осью вращения;
- самоочищение в процессе работы;
- простота конструкции, малые габариты и масса.

К недостаткам следует отнести наличие сил инерции от возвратно-поступательного движения ножа — это переменные периодические силы, величина которых изменяется от нуля до положительного и отрицательного амплитудных значений, которые значительно превышают силы полезного сопротивления от срезания растений. Силы инерции ограничивают увеличение числа двойных ходов ножа, в том числе и из условия прочности его спинки, соответственно сдерживается рост скорости и увеличение производительности уборочных агрегатов.

Несмотря на значительное многообразие механизмов для привода (кривошипно-шатунный пло-

ский; кривошипно-шатунный пространственный; кривошипно-кулисный или синусный; кривошипно-коромысловый; с качающейся шайбой; с качающейся вилкой), закон движения ножа, как показывает анализ, весьма близок к синусоиде.

Из рассмотрения схемы движения ведущего звена кривошипно-кулисного (синусного) механизма (рис. 1) получаем зависимости для перемещения, скорости и ускорения ножа:

$$x = r \cos \omega t; v = x' = -r \omega \sin \omega t; j = v' = x'' = -r \omega^2 \cos \omega t = -\omega^2 x.$$

Возникающая при движении сила инерции возвратно-поступательно движущейся массы изменяется по закону гармонических колебаний и имеет направление обратное ускорению.

Теоретические исследования показали, что полученную для силы инерции зависимость можно распространить и на другие механизмы привода режущего аппарата сегментного типа уборочных ма-

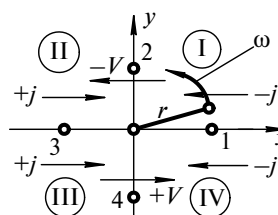


Рис. 1. Кинематические зависимости в синусном механизме