

УДК [664.723.011:631.365]:681.51

М.Т. Степанов, канд. техн. наук, доц., Одес. нац.  
акад. пищев. технолог., stepanov1978@mail.ru

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ЗЕРНА КВАЗИИНВАРИАНТНОЕ К ЕГО НАЧАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ

Разработана система автоматического регулирования влажности зерна на выходе сушилки реализующая комбинированный принцип регулирования. Результаты моделирования подтверждают эффективность системы и возможность повысить экономическую эффективность процесса сушки.

*Ключевые слова:* зерносушилка; комбинированный принцип регулирования; влажность зерна; инвариантность.

Розроблено систему автоматичного регулювання вологості зерна на виході сушарки реалізує комбінований принцип регулювання. Результати моделювання підтверджують ефективність системи і можливість підвищити економічну ефективність процесу сушіння.

*Ключові слова:* зерносушарка; комбінований принцип регулювання; вологість зерна; інваріантність.

A system of automatic regulirovaniyavlazhnosti grain output dryer combo implementing the principle of regulation. Simulation results confirm the effectiveness of the system and the ability to increase the economic efficiency of the drying process.

*Keywords:* grain dryer; combined principle of regulation; grain moisture; invariance.

**Постановка задачи.** Сушка зерна является важным технологическим процессом по сохранению и улучшению его показателей качества. Основной целью процесса является обеспечение заданной конечной влажности зерна при сохранении его качества. Наиболее распространенными на предприятиях Украины являются прямоточные зерносушилки шахтного типа, обеспечивающие высушивание больших объемов зерна в потоке. При уборке урожая на предприятия поступает зерно, влажность которого изменяется в достаточно широких диапазонах. Предварительное формирование партий зерна для сушки, исходя из его начальной влажности, в силу разных причин на предприятиях не выполняется. Зерно сразу после разгрузки транспорта поступает в приемный бункер влажного зерна, а от туда в зерносушилку. При изменении начальной влажности зерна в широких диапазонах оператору зерносушилки сложно обеспечить заданную конечную влажность зерна и возникают процессы пересушивания и недосушивания зерна. И в целом среднюю влажность зерна на выходе приходится уменьшать, ухудшая экономическую эффективность процесса сушки.

**Сущность проблемы.** В современных системах автоматического управления шахтными прямоточными зерносушилками функция регулирования влажности как правило реализуется оператором. Этому есть ряд причин: 1) сложность организации стабильно точного измерения влажности зерна в потоке; 2) свойства зерносушилки как объекта управления по каналу управления конечной влажностью не позволяют решать задачу в классе типовых алгоритмов управления. Поэтому целью исследования является разработка САР влажности зерна на выходе сушилки высокой динамической точности, обеспечивающей повышение экономической эффективности процесса сушки зерна.

**Структура и моделирование САР.** Структурная схема варианта такой САР для шахтной прямоточной зерносушилки с одной зоной сушки представлена на рис. 1.

Структурная схема САР реализующей комбинированный принцип регулирования влажности зерна ( $T_z$  — температура зерна,  $W_n$ ,  $W_k$  — начальная и конечная влажности зерна,

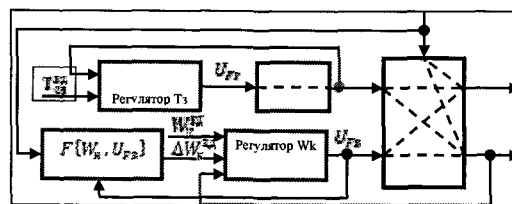


Рис. 1

$T_{ca}$  — температура сушильного агента,  $U_{Fr}$  управляющее воздействие изменяющее расход газа,  $U_{F3}$  управляющее воздействие изменяющее производительность зерносушилки).

Получение оператора связи  $F\{W_n, U_{F3}\}$  обеспечивающего инвариантность  $W_k$  относительно  $W_n$ , является сложной задачей. Она связана с проблемой его математического описания так как по каналам  $U_{F3}$  к  $W_n$ - $W_k$  свойства объекта являются нестационарными зависят от вида зерна и его начальной влажности, обладают значительными переменными запаздываниями. Применение содержательных моделей в качестве оператора связи  $F\{W_n, U_{F3}\}$  ограничивается сложностью таких моделей, большим количеством параметров и невозможностью их реализации на контроллерах. Поэтому предлагается вариант получения  $F\{W_n, U_{F3}\}$  в виде формальной модели на основе принципа инвариантности Б.Н. Петрова с использованием комбинированного (аналитического и экспериментального) метода. Все эксперименты для получения формальных моделей  $F\{W_n, U_{F3}\}$  для конкретной зерносушилки и вида зерна проводятся на основе содержательных моделей в специальной среде имитационного моделирования зерносушилок. Фрагмент моделирования разных вариантов САР влажности зерна на выходе зерносушилки при изменении влажности зерна на ее входе представлен на рис 2.

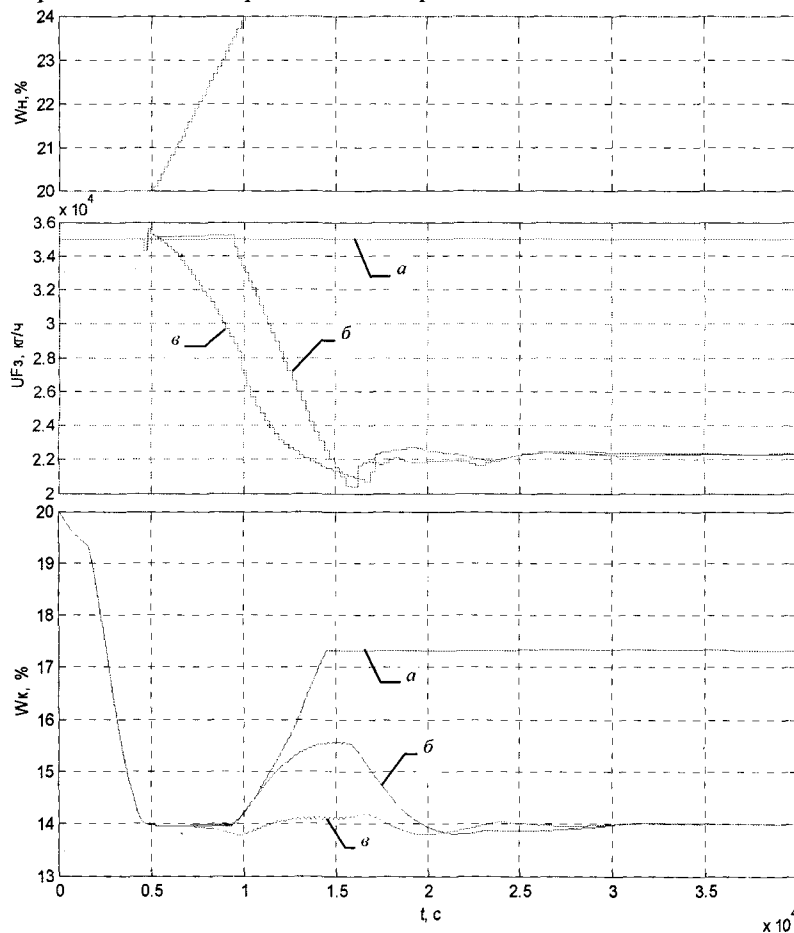


Рис. 2. Фрагмент моделирования САР влажности зерна на выходе сушилки с разными принципами управления (а — с разомкнутым управлением; б — управлением по отклонению; в — с комбинированным управлением)

---

**Результаты моделирования.** Система с комбинированным принципом регулирования уменьшает диапазон колебаний конечной влажности зерна относительно заданного значения, что позволит поддерживать влажность зерна в максимальной близости к верхней допустимой границе влажности, практически не выходя за нее, т.е. соблюсти все требования к влажности зерна, поддерживая ее на максимально высоком уровне. Ожидаемый экономический эффект: 1) снижение затрат топлива на удаление влаги из зерна; 2) снижение потерь массы товарного зерна за счет предотвращения его пересушивания; 3) снижение времени на сушку партии зерна, что одновременно и пропорционально снижает затраты топлива на потери в окружающую среду и электроэнергию на работу вентиляторов.

#### Литература

1. Степанов М.Т. Математическое имитационное моделирование зерносушилок как основа разработки эффективных систем управления / М.Т. Степанов, П.А. Веридусов, М.А. Еремия // Автоматизация технологических бизнес-процесов. — Одеса: ОНАХТ, 2014. — № 3(19). — С. 16 — 22.