

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ: ОТ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДО БЕЗОТХОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Клитинов В.В.¹, Ельцова В.А.¹, Ельцов Я.В.²

¹*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов;*

²*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва*

Ключевые слова: система управления, технологический комплекс, переработка растительного сырья, автоматизированная очистка, нейронные сети.

Аннотация. В работе рассматривается система управления технологическим комплексом переработки растительного сырья, оснащенная автоматизированной линией очистки плодоовощной продукции. Обосновывается актуальность применения таких систем в агропромышленном комплексе, связанная с необходимостью сокращения потерь ценного сырья и перехода к безотходным технологиям. Описывается структура комплекса, включающая взаимосвязанные модули очистки, сортировки, сушки и глубокой переработки. Особое внимание уделяется вопросам автоматизации: применению технологий машинного зрения для оценки качества продукции, использованию прецизионного весоизмерительного оборудования, а также интеграции с источниками возобновляемой энергии. Отмечается необходимость использования мощных вычислительных модулей на базе нейронных сетей для эффективного управления процессами. Подчеркивается важность перенастройки оборудования под различные виды сырья и утилизации всех его компонентов, включая влагу, как ценного ресурса.

INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN THE PROCESSING OF PLANT RAW MATERIALS: FROM MACHINE VISION TO WASTE-FREE PRODUCTION

Klitinov V.V.¹, Yeltsova V.A.¹, Yeltsov Ya.V.²

¹*Tambov State Technical University, Tambov;*

²*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow*

Keywords: control system, technological complex, processing of plant raw materials, automated cleaning, neural networks.

Abstract. The paper considers the control system of the technological complex for processing plant raw materials, equipped with an automated line for cleaning fruit and vegetable products. The relevance of using such systems in the agro-industrial complex is substantiated, due to the need to reduce the loss of valuable raw materials and to switch to waste-free technologies. The structure of the complex is described, including interconnected modules for cleaning, sorting, drying, and deep processing. Special attention is paid to automation issues: the use of machine vision technologies for product quality assessment, the use of precision weighing equipment, and integration with renewable energy sources. The need to use powerful neural network-based computing modules for effective process control is noted. The importance of reconfiguring equipment for different types of raw materials and utilizing all its components, including moisture, as a valuable resource, is emphasized.

Современное развитие агропромышленного комплекса (АПК) неразрывно связано с интеграцией передовых технических решений и информационных технологий. Ключевая роль в повышении эффективности переработки сырья отводится системам управления технологическими комплексами, обеспечивающим высокую точность и адаптивность производственных процессов.

В этом контексте разработка системы управления для комплекса переработки растительного сырья, оснащенного автоматизированной линией очистки различных видов плодоовощной продукции от кожуры, представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

Необходимость создания таких систем обусловлена высокой ценностью растительного сырья и стремлением к минимизации производственных потерь. Современные требования к переработке диктуют переход от ресурсозатратных технологий к малоотходным и безотходным циклам [1]. Значительная доля потерь возникает на этапе подготовки сырья из-за механических дефектов, вызванных нарушениями условий хранения или транспортировки, а также вследствие несовершенства традиционных методов очистки. Решение данной проблемы требует внедрения комплекса новых технических средств, базирующихся на применении групп технологических аппаратов, выполняющих взаимосвязанные операции. Автоматизированная система управления позволит не только адаптироваться к изменяющимся физическим свойствам сырья, но и синхронизировать работу всех узлов линии, что в итоге обеспечит снижение процента отходов и повышение качества готовой продукции.

Целью эффективной переработки является получение продукта в виде, удобном для хранения или дальнейшего использования, при минимальных энергозатратах, высокой скорости обработки и сведении к минимуму (или исключению) потерь сырья. Достижение этой цели возможно путем создания многотоннажных линий переработки, оснащенных современными системами управления. Такие системы должны включать:

1. Технологии машинного зрения для оценки качества сырья [2].

2. Прецизионное весоизмерительное оборудование.

3. Устройства, позволяющие утилизировать энергетические потоки от технологических модулей, в том числе интегрированные с возобновляемыми источниками энергии.

Высокая эффективность подобных комплексов требует применения мощных вычислительных модулей на основе нейронных сетей. Исследования подтверждают, что нейросетевые технологии успешно справляются с прогнозированием состояния оборудования и оценкой качества продукции даже при ограниченных наборах данных.

Структура технологического комплекса и адаптивность управления

В составе комплекса можно выделить следующие основные модули:

1. Модуль очистки от кожуры (щеточные, абразивные или паровые системы – выбор зависит от типа плодов).

2. Модули сбора, сортировки и хранения отдельных компонентов сырья.

3. Модули последующей переработки: сушка (конвективная, сублимационная, инфракрасная), экстракция (твердофазная, жидкостная) или иные виды глубокой переработки, направленные на выделение ценных компонентов (пектинов, клетчатки, пищевых волокон, масел).

Ключевым требованием к системе управления является ее способность легко перенастраиваться под конкретный вид сырья – от твердокожих корнеплодов (картофель, свекла) до косточковых плодов и ягод. Адаптивность предполагает смену алгоритмов обработки изображений в модуле машинного зрения,

корректировку скорости подачи сырья и режимов работы механических актуаторов.

При организации переработки необходимо учитывать возможность возврата ресурсов в цикл. Например, влага, удаляемая из сырья при сушке, может быть сконденсирована и собрана в виде дистиллированной воды, пригодной для мойки оборудования, что соответствует принципам циркулярной экономики. Особого внимания заслуживают части сырья, обладающие высокой биологической ценностью (кожура цитрусовых, богатая эфирными маслами; семена бахчевых культур). Их целесообразно накапливать в отдельных бункерах-накопителях с регулируемым микроклиматом и направлять в специализированные технологические процессы (гидродистилляцию, холодное прессование, фармацевтическое производство) для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью [3].

Таким образом, создание автоматизированных систем управления для комплексов переработки растительного сырья является важным направлением развития АПК. Применение нейросетевых технологий, машинного зрения и энергоэффективных решений позволяет не только сократить потери и повысить качество продукции, но и организовать безотходное производство с максимальным извлечением ценных компонентов, что отвечает современным экологическим и экономическим требованиям.

Список литературы

1. Щегольков А.В., Родионов Ю.В., Щегольков А.В. Автоматизированная система с саморегулируемым электронагревом для энергоэффективной сушки плодоовощного сырья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – Т. 10, №1. – С. 22-27. – DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-1-22-27.
2. Посокина Н.Е., Захарова А.И. Современные биологические способы обработки растительного сырья, применяемые для увеличения его хранимостпособности // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, №2. – С. 298-304. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-2-298-304.
3. Курочкин А.А., Новикова О.А., Юрьев В.Ю. Термовакuumная экструзия как представитель нового технологического уклада в пищевых системах // Инновационная техника и технология. – 2024. – Т. 11, №1. – С. 38-454.
4. Щегольков А.В. Автоматизированная система сушки и очистки растительного сырья с применением тепловых аккумуляторов и электронагревателей с эффектом саморегулирования температуры // Наука в центральной России. – 2023. – №6(66). – С. 17-26. – DOI: 10.35887/2305-2538-2023-6-17-26.

Сведения об авторах:

Клитинов Виталий Валерьевич – старший преподаватель;

Ельцова Виктория Александровна – магистрант;

Ельцов Ярослав Владимирович – студент.