

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
СУШКИ ПАРКЕТНОЙ ФРИЗЫ В ВАКУУМНЫХ КАМЕРАХ
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE AUTOMATED
CONTROL SYSTEM FOR THE PROCESS OF DRYING PARQUET FRIEZE
IN VACUUM CHAMBERS**

**Студеникин П.В., магистрант
Мещерякова А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Россия

**Studenikin P.V., master's student
Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor
FSBEI HE « Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov»,
Voronezh, Russian Federation**

Аннотация: В статье рассматривается процесс автоматизированного управления сушкой паркетной фризы в вакуумных камерах. Анализируются существующие системы регулирования температуры и влажности сушильного агента, выявляются её недостатки и предлагаются методы их устранения. В ходе исследования разрабатывается модернизированная система управления с использованием корректирующих звеньев и гибкой обратной связи, что позволяет снизить инерционность процессов и повысить качество продукции.

Summary: The article examines the process of automated control of drying parquet friezes in vacuum chambers. The existing systems for regulating the temperature and humidity of the drying agent are analyzed, their shortcomings are identified and methods for their elimination are proposed. During the search, a modernized control system is being developed using corrective links and flexible feedback, which makes it possible to reduce the inertia of processes and improve product quality.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, сушка паркетной фризы, вакуумная сушильная камера, ПИД-регулятор, корректирующее звено, положительная обратная связь, инерционность системы, температурное регулирование, влажность сушильного агента, динамические характеристики.

Keywords: automated control system, drying of parquet frieze, vacuum drying chamber, PID controller, correcting link, positive feedback, system inertia, temperature regulation, drying agent humidity, dynamic characteristics.

Процесс сушки древесины является важным этапом производства паркетной фризы, влияющим на её физико-механические характеристики. Оптимизация этого процесса требует точного контроля параметров сушильного агента, таких как температура и влажность [1]. В современных вакуумных сушильных камерах используются автоматизированные системы управления (АСУ), однако их недостаточная адаптивность к внешним возмущениям и инерционность вызывают перегрев и неравномерность сушки [2].

Целью данной работы является разработка и исследование усовершенствованной системы автоматического регулирования параметров сушильного агента, обеспечивающей стабильность процесса сушки и улучшение качества продукции.

Стандартная система автоматизированного управления процессом сушки паркетной фризы включает в себя ПИД-регуляторы температуры и влажности сушильного агента, управляющие подачей пара и конденсацией влаги (рисунок 1).

Однако классическая ПИД-регуляция не учитывает влияние возмущающих факторов, таких как колебания температуры нагревающего пара, что приводит к нестабильности процесса [3].

Одним из способов повышения эффективности управления является внедрение корректирующего звена, которое компенсирует влияние внешних возмущений (рисунок 2). Данный подход позволяет сглаживать колебания температуры сушильного агента и снижать инерционность переходных процессов.

Для повышения стабильности процесса сушки предлагается модернизация автоматизированной систему управления за счёт введения двух ключевых элементов: корректирующего звена $\phi(P)$, которое компенсирует влияние колебаний температуры греющего пара; и гибкой положительной обратной связи $W_{oc}(P)$, снижающей инерционность системы [4].

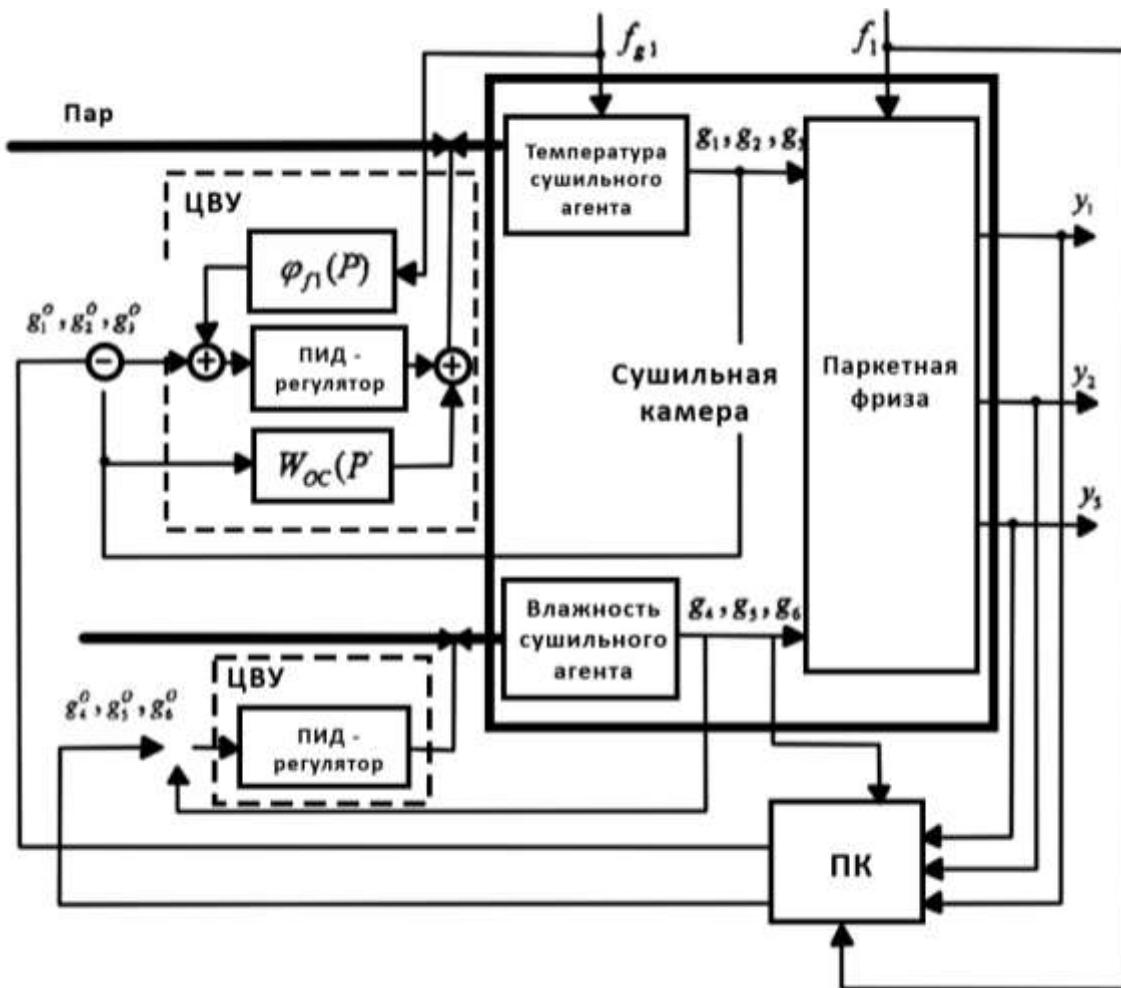


Рисунок 1 – Структурная схема САУ процессом сушки паркетной фризы

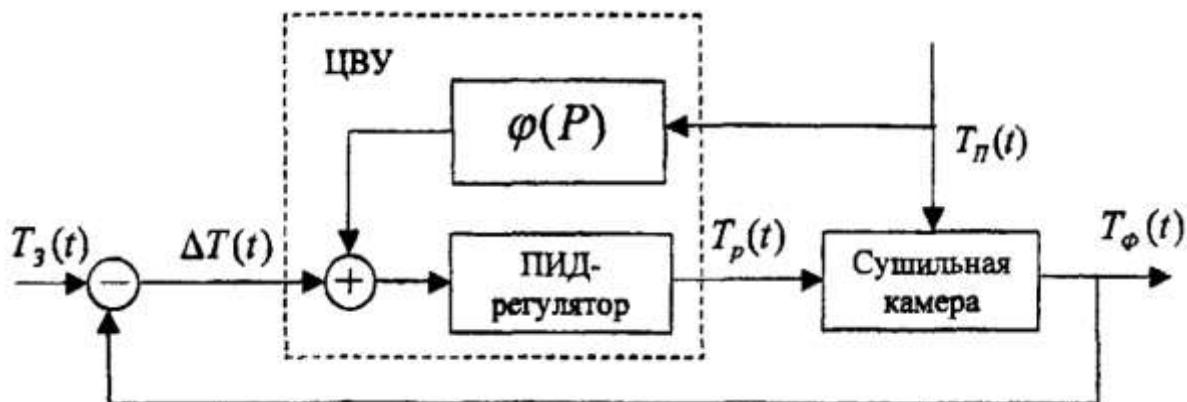


Рисунок 2 – Структурная схема АСР температуры сушального агента
инвариантной к возмущающему воздействию

Одним из главных недостатков традиционной системы является чувствительность к колебаниям температуры нагревающего пара $T_{\Pi}(t)$. Это приводит к значительным отклонениям фактической температуры сушального агента $T_{\phi}(t)$ от заданного значения $T_3(t)$. Для компенсации этого эффекта в закон ПИД-регулирования вводится корректирующее звено $\varphi(P)$, которое учитывает влия-

ние возмущений и форсированно адаптирует управляющее воздействие. Структурная схема такой системы представлена на рисунке 2.

В результате использования данного метода удаётся значительно снизить влияние колебаний температуры пара на работу системы, что подтверждается переходными характеристиками системы (рисунок 3).

Для уменьшения инерционности выходных параметров АСУ предлагается использование гибкой положительной обратной связи $W_{oc}(P)$ (рисунок 4).

Данный механизм позволяет ускорить реакцию системы на изменение входного сигнала без значительного увеличения перерегулирования. Принцип работы заключается в том, что положительная обратная связь формирует дополнительное воздействие, компенсирующее запаздывание реакции системы. В результате переходный процесс становится более плавным, а перегрев или недостаточная сушка древесины сводятся к минимуму.

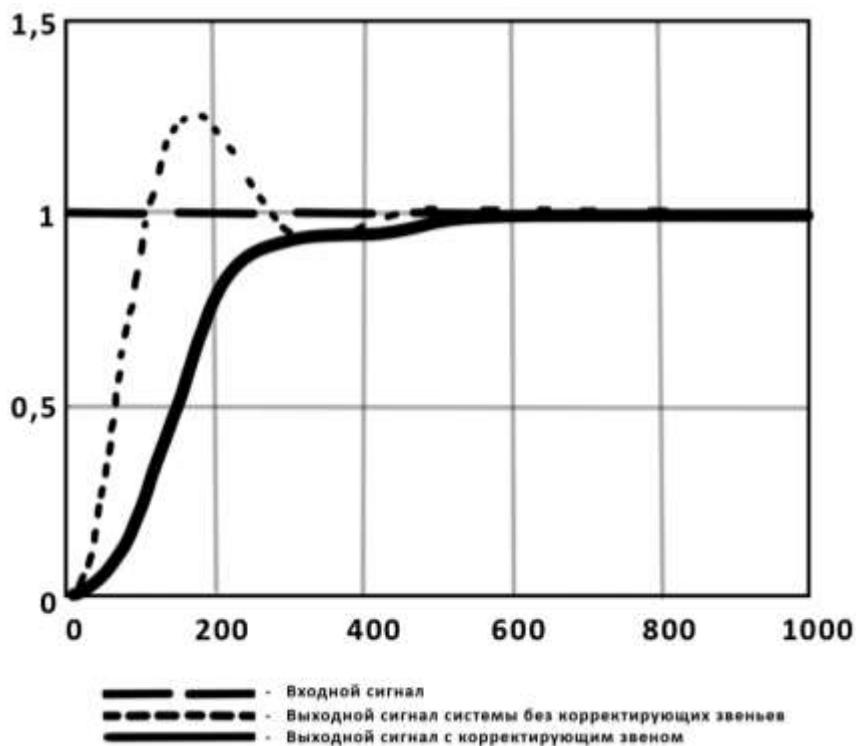


Рисунок 3 – Переходные характеристики АСР температуры сушильного агента инвариантной к колебаниям температуры в камере

Для оценки эффективности разработанной системы были проведены эксперименты, моделирующие процессы регулирования температуры и влажности сушильного агента.

На рисунке 3 представлены переходные характеристики системы регулирования температуры сушильного агента:

- штриховая линия — поведение системы без корректирующего звена. Наблюдаются значительные колебания и высокая инерционность;

- сплошная линия — система с корректирующим звеном $\phi(P)$. Видно значительное уменьшение перерегулирования и стабилизация температуры.

Результаты моделирования подтверждают, что внедрение корректирующего звена позволяет значительно снизить влияние внешних возмущений и повысить устойчивость автоматизированной системы управления.

На рисунке 4 показано, как использование гибкой положительной обратной связи влияет на динамику регулирования. В сравнении с традиционной ПИД-регуляцией:

- время выхода на установившийся режим сокращается;
- уменьшается инерционность системы;
- исключаются резкие скачки температуры, которые могли бы привести к перегреву или недосушиванию древесины.

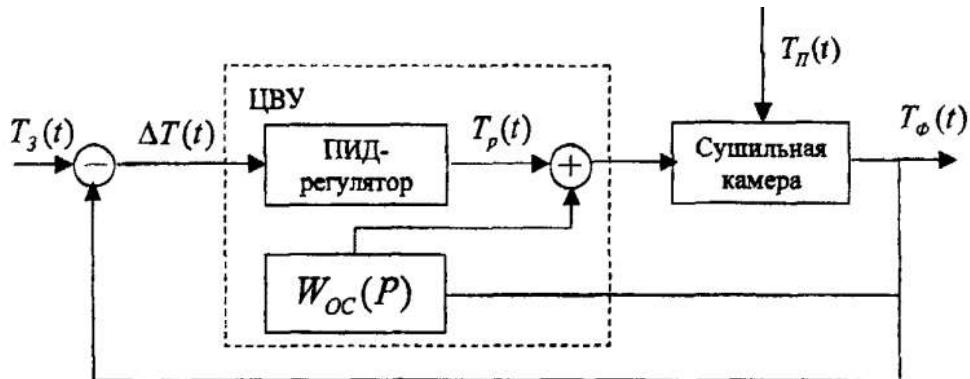


Рисунок 4 – Структурная схема системы, охваченной гибкой положительной обратной связью

Таким образом, предложенная структура АСУ улучшает качество управления процессом сушки паркетной фризы и повышает энергетическую эффективность вакуумных сушильных камер.

В ходе исследования разработана усовершенствованная система автоматического управления процессом сушки паркетной фризы в вакуумных камерах. Введение корректирующего звена позволило минимизировать влияние колебаний температуры нагревающего пара, а использование гибкой положительной обратной связи способствовало снижению инерционности системы.

Результаты моделирования показывают, что предложенные методы обеспечивают более стабильный контроль параметров сушильного агента, сокращая время переходных процессов и улучшая качество конечного продукта.

Перспективным направлением дальнейших исследований является адаптация системы к различным породам древесины с учётом их индивидуальных характеристик влагопоглощения и теплопроводности.

Список литературы

1. Леонович, А.А. Технология деревообработки: учебное пособие / А.А Леонович. – Минск: БГТУ, 2020. – 356 с.
2. Иванова, Л.М. Энергосбережение при сушке древесины: учебное пособие/ Л.М. Иванова. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. – 198 с.
3. Николаев, С.В. Программно-аппаратные комплексы для управления сушильными процессами / С.В. Николаев // Лесной журнал. – 2022. – №2. – С. 67-74.
4. Фёдоров, А.П. Оптимизация режимов сушки паркетной фризы / А.П. Фёдоров // Технологии деревообработки. – 2021. – №3. – С. 88–95.

References

1. Leonovich, A.A. Woodworking technology: a tutorial / A.A. Leonovich. – Minsk: BSTU, 2020. – 356 p.
2. Ivanova, L.M. Energy saving during wood drying: a tutorial / L.M. Ivanova. – Yekaterinburg: USLTU, 2020. – 198 p.
3. Nikolaev, S.V. Software and hardware systems for controlling drying processes / S.V. Nikolaev // Forestry magazine. – 2022. – No. 2. – P. 67-74.
4. Fedorov, A.P. Optimization of parquet frieze drying modes / A.P. Fedorov // Woodworking technologies. – 2021. – No. 3. – Pp. 88-95.