

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ РЫБНОГО СЫРЬЯ

© С. А. Лукин<sup>1</sup>✉, А. В. Кайчен<sup>1</sup>, В. В. Ерещенко<sup>1</sup>,  
И. Ю. Селяков<sup>1</sup>, М. М. Благовещенская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Кафедра автоматизации и вычислительной техники, lukinsa2@mauniver.ru;  
ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»,  
Мурманск, Российская Федерация;*

<sup>2</sup> *кафедра автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Москва, Российская Федерация*

**Ключевые слова:** микроклимат; нечеткая логика; программируемый логический контроллер; регулятор; сушка гидробионтов.

**Аннотация:** Рассмотрена разработка нечетких регуляторов для управления параметрами микроклимата сушильной камеры. Приведены основные сведения об используемых технических средствах автоматизации сушильной установки. Представлены условия и результаты проведения эксперимента для определения пригодности разработанных регуляторов к использованию в автоматизированной системе управления сушильной установкой. Сделаны выводы о необходимости доработки одного из трех рассмотренных регуляторов и проведении сравнительных испытаний.

---

### Введение

Рост вычислительных мощностей и повышение доступности технических средств автоматизации для более широкого круга пользователей позволяют организовать внедрение интеллектуальных технологий в системы управления несложными процессами, к числу которых можно отнести управление микроклиматом помещений – зданий, промышленных объектов, сушильных камер и др.

Применение интеллектуальных регуляторов для управления процессом обезвоживания способно повысить качество и снизить затраты или время на изготовление партии продукции. Разработка и внедрение новых режимов сушки с применением интеллектуальных технологий упростит перенастройку оборудования на новые виды сырья. В отечественной и зарубежной научной литературе интеллектуальное управление рассмотрено достаточно широко и с различных сторон.

В работе [1] сравнивается эффективность управления переходным процессом традиционного ПИД-регулятора и нечеткого регулятора. В качестве объекта управления использована компьютерная модель электропривода. Нечетким регулятором выступил ПИД-регулятором с блоком нечеткой адаптации коэффициентов. По результатам исследования сделан вывод о лучших показателях работы нечеткого регулятора по сравнению с традиционным.

Исследованию способов фаззификации посвящены работы [2, 3]. По результатам эксперимента эффективность применения прямоугольных и гауссоидных функций принадлежности практически одинакова, однако при использовании прямоугольных функций выходной сигнал нелинеен, так как представляет собой набор ступенек.

В статьях [4, 5] дано описание разработки и тестирования интеллектуальных регуляторов и обучение искусственной нейронной сети, при этом в качестве платформы использованы программируемые логические контроллеры с относительно невысокими вычислительными мощностями.

Применение нечеткой логики для управления процессом сушки рыбы рассмотрено в зарубежных статьях [6, 7], где показано использование различных нечетких регуляторов на экспериментальных установках без применения промышленного оборудования. Обе работы сходятся в выводах о возможности внедрения интеллектуальных технологий для задач по управлению процессом сушки рыбы.

Следует отметить интерес научного сообщества к использованию методов интеллектуального управления различными технологическими процессами, например, применение регуляторов на основе нечеткой логики.

*Цель работы* – провести эксперимент по обезвоживанию рыбного сырья с использованием нечетких регуляторов для управления параметрами микроклимата сушильной камеры с использованием промышленного оборудования.

#### **Объекты и методы**

Установка для поиска оптимальных режимов обезвоживания УПОР-М2 – экспериментальный объект, смонтированный в учебно-экспериментальном цехе Мурманского арктического университета и предназначенный для изучения различных способов обезвоживания пищевой продукции, преимущественно гидробионтов [8]. Объект состоит из четырех сушильных камер, камеры подготовки воздуха, осушителя и шкафа управления. Автоматизированная система управления (АСУ) УПОР-М2 позволяет регулировать параметры микроклимата сушильных камер – температуру, относительную влажность и скорость потока воздуха. С момента начального ввода в эксплуатацию проведено несколько модернизаций [9], направленных на обновление используемых технических средств автоматизации и расширение числа регулируемых параметров в процессе сушки.

Структура текущей версии АСУ для сушильной камеры № 1 представлена на рис. 1. Остальные сушильные камеры имеют аналогичное строение. На рисунке 2 изображена система воздухопроводов УПОР-М2.

Осушитель *a* представляет собой холодильную камеру с двумя отходящими гибкими воздухопроводами *b* и *в* с вентиляторами. На входе в систему воздухопроводов *e*, *к* и *ж* установлена камера подготовки сушильного агента *г* для подогрева последнего после осушителя. Во время эксперимента температура внутри камеры подготовки поддерживалась в диапазоне 19...21 °С. Приток и вытяжка воздуха из системы в течение эксперимента были минимальны из-за закрытых заслонок соответствующих воздухопроводов.

Измерение температуры и относительной влажности реализованы посредством датчиков температуры и относительной влажности *10* «ОВЕН» ПВТ110 (по одному на каждую сушильную камеру) (см. рис. 1). Заявленная производителем погрешность измерений –  $\pm 0,5$  °С для температуры и  $\pm 3$  % для относительной влажности. Передача данных осуществляется с применением интерфейса RS-485 (протокол – ModBus-RTU).

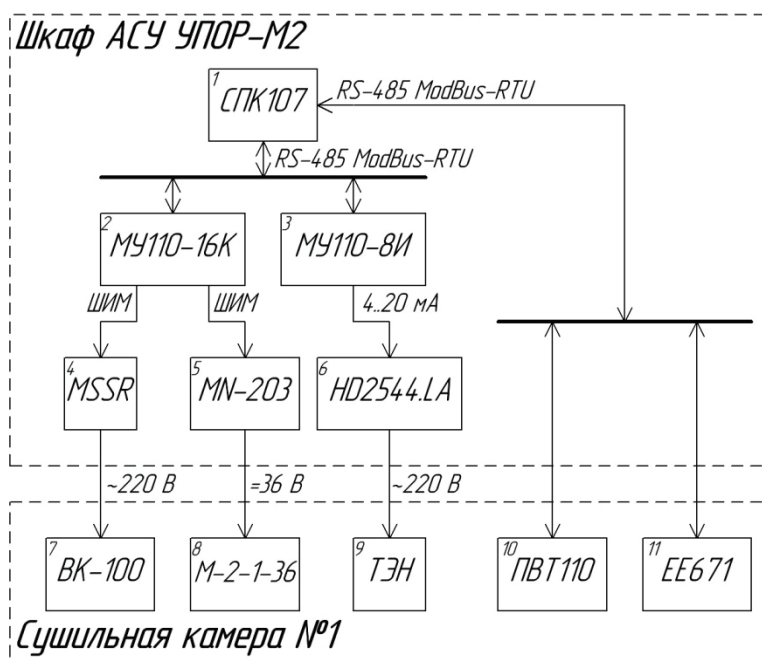


Рис. 1. Структура системы управления для сушильной камеры № 1

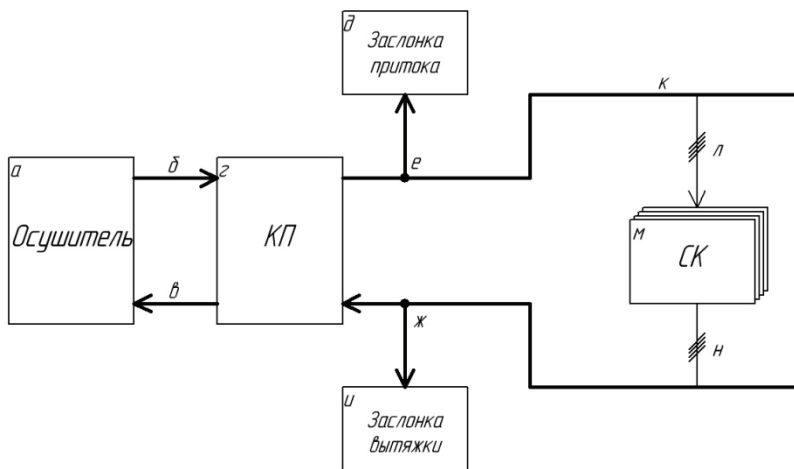


Рис. 2. Система воздуховодов УПОР-М2:

*a* – осушитель; *б, в* – соответственно вводной и выводной воздуховоды камеры подготовки; *г* – камера подготовки; *д* – приточная заслонка; *е, ж* – соответственно гибкие приточный и вытяжной воздуховоды; *и* – вытяжная заслонка; *к* – жесткий общий воздуховод; *л* – индивидуальные приточные воздуховоды для сушильных камер; *м* – сушильные камеры №№ 1 – 4; *н* – индивидуальные вытяжные воздуховоды для сушильных камер

Для измерения скорости потока воздуха в камерах применяются датчики *И* «Е+Е» ЕЕ671 (точность измерений –  $\pm 0,2$  м/с, интерфейс RS-485, протокол – ModBus-RTU).

Нагрев воздуха в сушильных камерах осуществляется при помощи трубчатых электронагревателей *9* (ТЭН) номинальной мощностью 1 кВт. Плавное изме-

нение передаваемого сушильному агенту количества теплоты реализовано с помощью симисторных твердотельных реле 6 «KIPPRIBOR» HD2544-LA. Трубчатые электронагреватели снабжены тепловыми реле KSD301 с номинальной температурой размыкания 75 °С для защиты от перегрева. Управляющий сигнал от 4 до 20 мА подается на твердотельные реле с модуля аналогового вывода 3 «ОВЕН» МУ110-224.8И, подключенного к автоматизированной системе управления через интерфейс RS-485, по протоколу ModBus-RTU.

Повышение содержания влаги в сушильных камерах осуществляется при помощи установленных рядом с УПОР-М2 емкостей с водой и ультразвуковых генераторов тумана 8 М2-1-36. Генератор тумана подключен к электропитанию через промежуточное реле 5 «Meuertec» MN-203.D. Увлажненный воздух подается в сушильные камеры по отдельным гибким воздуховодам. Управляющий сигнал в виде импульсов широтно-импульсной модуляции (**ШИМ**) поступает на промежуточное реле с модуля дискретного вывода 2 «ОВЕН» МУ110-224.16К, подключенного к автоматизированной системе управления через интерфейс RS-485 (протокол ModBus-RTU).

Исполнительные устройства для принудительного снижения температуры и относительной влажности воздуха в сушильных камерах проектом не предусмотрены.

Изменение скорости потока воздуха в сушильных камерах осуществляется при помощи вентиляторов 7 «Эвент» ВК-100, подключенных к электросети через твердотельные реле 4 «Meuertec» MSSR-2-220.ZD3. Управляющее воздействие на твердотельные реле, поступающее с модуля дискретного вывода 2 представляет собой импульсы ШИМ с периодом 1 с.

Для защиты от случайного включения и для возможности экстренного отключения питание на каждое исполнительное устройство подается через промежуточное реле «Meuertec» MN-203.D. Замыкание и размыкание проводится с помощью модуля релейного вывода «ОВЕН» МУ110-224.16Р, подключенного к автоматизированной системе управления через интерфейс RS-485, по протоколу ModBus-RTU.

Основой автоматизированной системы управления является сенсорный панельный контроллер 1 «ОВЕН» СПК107. Управляющая программа состоит из трех основных компонентов (подпрограмм) – управления исполнительными устройствами и связи (время цикла – 100 мс), нечетких вычислений (время цикла – 20 мс) и визуализации (время цикла – 100 мс). Шаг квантования для всех трех нечетких регуляторов равен 1 с. Время опроса и получения данных со всех датчиков – не более 1 с. Опрос и выдача управляющих воздействий на исполнительные устройства длятся не более 2 с.

Для каждого из контуров микроклимата разработан собственный регулятор на основе нечеткой логики.

Нечеткий регулятор для температуры в сушильной камере выполнен по алгоритму Мамдани (функции принадлежности – трапециевидные). Управление осуществляется в соответствии с зависимостью подаваемой на ТЭН мощности от ошибки рассогласования текущей температуры с уставкой. На основании опыта оператора разработаны следующие нечеткие правила:

- если ошибка  $E_t$  отрицательная (N), то нагрев отсутствует;
- если ошибка  $E_t$  нулевая (O), то нагрев минимален;
- если ошибка  $E_t$  малая положительная (LP), то нагрев слабый;
- если ошибка  $E_t$  средняя положительная (MP), то нагрев средний;
- если ошибка  $E_t$  большая положительная (HP), то нагрев максимальный.

Нечеткий регулятор для относительной влажности в сушильной камере выполнен также по алгоритму Мамдани (функции принадлежности – трапецевидные). Управление осуществляется в соответствии с зависимостью коэффициента заполнения сигнала ШИМ, подаваемого на генератор тумана, от ошибки рассогласования текущей относительной влажности с уставкой. Разработанные нечеткие правила:

- если ошибка  $E_h$  отрицательная (N), то коэффициент заполнения нулевой;
- если ошибка  $E_h$  нулевая (O) положительная, то коэффициент заполнения нулевой;
- если ошибка  $E_h$  малая положительная (LP), то коэффициент заполнения средний;
- если ошибка  $E_h$  средняя положительная (MP), то коэффициент заполнения большой;
- если ошибка  $E_h$  большая положительная (HP), то коэффициент заполнения максимальный.

Нечеткий регулятор для скорости потока воздуха в сушильной камере выполнен по алгоритму Мамдани (функции принадлежности – трапецевидные). Управление подразумевает зависимость изменения коэффициента заполнения сигнала ШИМ, подаваемого на вентилятор, от ошибки рассогласования текущей скорости потока с уставкой. Разработанные нечеткие правила:

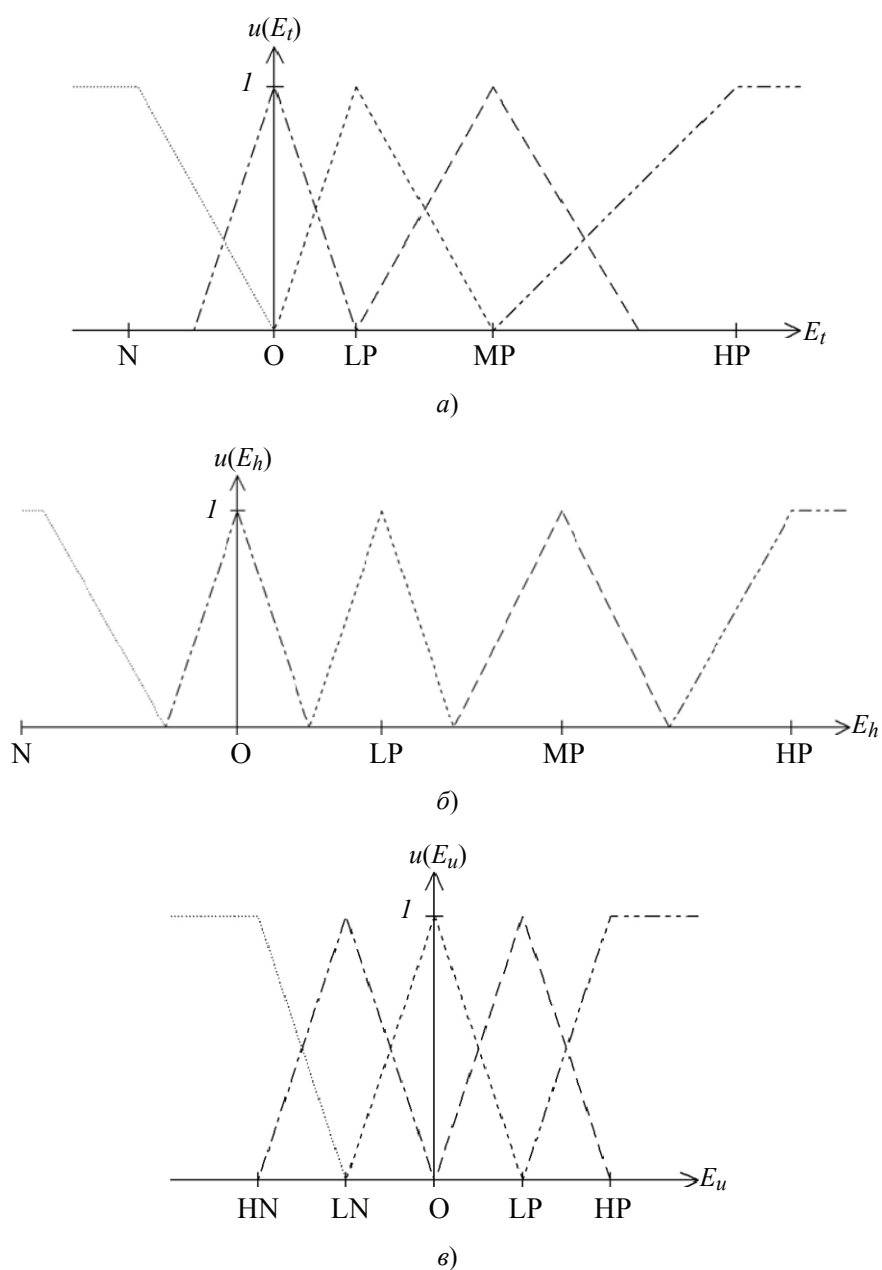
- если ошибка  $E_u$  отрицательная большая (HN), то изменение отрицательное большое;
- если ошибка  $E_u$  отрицательная малая (LN), то изменение отрицательное малое;
- если ошибка  $E_u$  нулевая (O), то изменение нулевое;
- если ошибка  $E_u$  положительная малая (LP), то изменение положительное малое;
- если ошибка  $E_u$  положительная большая (HP), то изменение положительное большое.

Функции принадлежности для регуляторов температуры, относительной влажности и скорости потока воздуха представлены на рис. 3.

Выбор технических средств автоматизации и способов управления основан на опыте использования имитационной модели помещения для изучения способов управления микроклиматом [10]. Результаты испытаний нечеткого управления на имитационной модели доказали возможность использования нечеткой логики в системах управления микроклиматом. Качество управления оказалось сопоставимым с традиционным пропорционально-интегрально-дифференциальным регулированием при аналогичных затратах на настройку регуляторов.

Учитывая накопленный опыт эксплуатации УПОР-М2 и программу предполагаемых в будущем серий экспериментов, авторами исследования в рамках текущего эксперимента установлены следующие требования к переходному процессу:

- по температуре:
  - длительность переходного процесса – не более 900 с;
  - перерегулирование – не более 2 °С;
  - колебательность – не менее 60 с на одно колебание;
- относительной влажности:
  - амплитуда колебаний – не более 10 % относительной влажности;
  - колебательность – не менее 10 с на одно колебание;



**Рис. 3. Функции принадлежности для регуляторов температуры (а), относительной влажности (б), скорости потока воздуха (в)**

- скорости потока воздуха:
  - длительность переходного процесса – не более 30 с;
  - амплитуда колебаний – не более 0,25 м/с;
  - перерегулирование – не более 0,5 м/с.

Длительность переходного процесса для относительной влажности не регламентировалась в связи с гарантированным превышением начального значения над уставкой и отсутствием возможности напрямую снижать влажность воздуха в камере имеющимися исполнительными устройствами.

Таблица 1

Уставки эксперимента

Параметр	Уставка	Начальное значение
Температура, °С	25	19,1
Влажность, %	50	80,2
Скорость потока, м/с	1,5	0

Приведенные требования позволят определить возможность применения разработанных регуляторов для управления процессом обезвоживания. Сравнение с другими типами регуляторов данным исследованием не предполагалось.

Перед проведением эксперимента проведено по пять испытательных запусков каждого контура в отдельности для корректировки параметров нечетких регуляторов. Эксперимент проводился с использованием камеры № 1 УПОР-М2, все параметры архивировались одновременно с периодом один раз в секунду. Длительность эксперимента – 30 мин. Уставки эксперимента представлены в табл. 1. Архивация значений стартовала одновременно с запуском эксперимента. Уставки вводились спустя 5 с после начала эксперимента. Длительность переходного процесса считалась от окончания запаздывания до момента, после которого ошибка рассогласования не превысит 5 % от значения уставки.

### Результаты и обсуждение

Графики изменения температуры, относительной влажности и скорости потока воздуха в процессе эксперимента представлены на рис. 4; значения параметров качества процесса – в табл. 2. Наблюдаемое в диапазоне времени 200...400 с снижение скорости увеличения температуры связано с принудительным выключением ТЭН для остывания (см. рис. 4, а).

Параметры переходных процессов температуры и относительной влажности соответствуют установленным требованиям. Соответствующие нечеткие регуляторы с текущей структурой могут быть использованы в составе системы управления УПОР-М2.

После начала эксперимента наблюдается резкий скачок скорости потока, связанный с началом работы приточного и вытяжного вентиляторов камеры подготовки воздуха (см. рис. 4, в). Параметры переходного процесса не соответствуют установленным требованиям по длительности переходного процесса. Необходимо провести корректировку функций активации либо изменить структуру нечеткого регулятора.

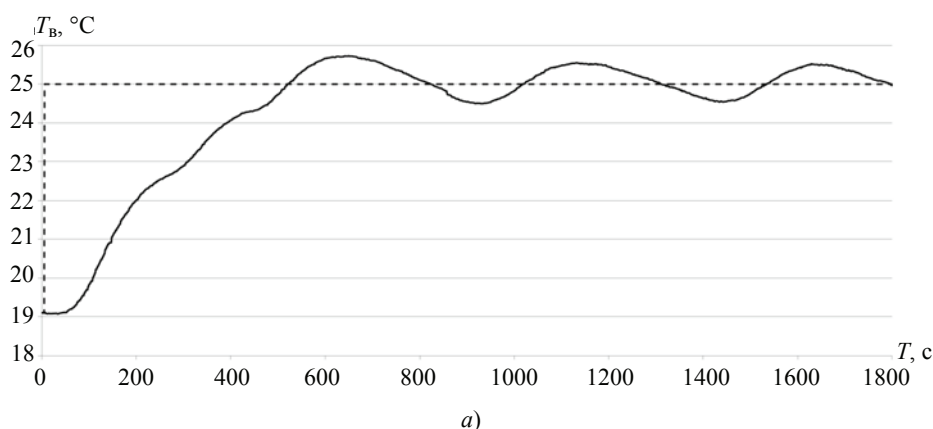


Рис. 4. Графики изменения температуры (а) в процессе эксперимента (начало)

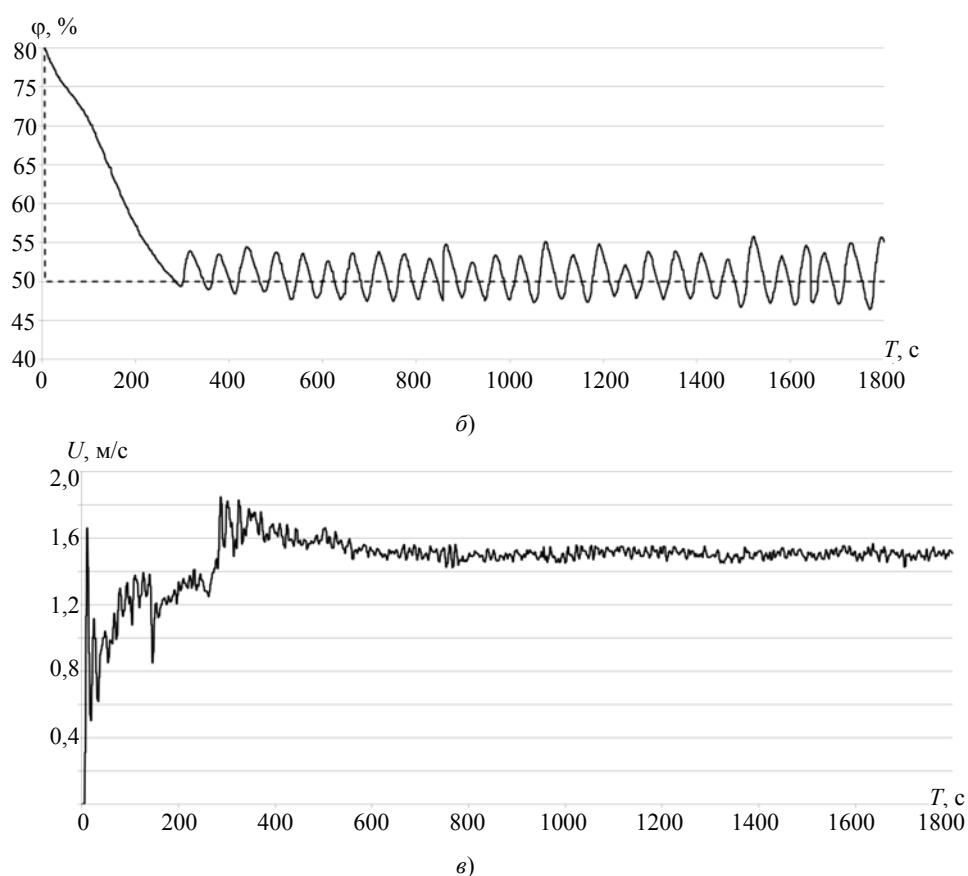


Рис. 4. Окончание. Графики изменения относительной влажности (б), скорости потока воздуха (в)

Таблица 2

**Параметры качества процесса**

Параметр	Результат	Требуется
<i>По температуре</i>		
Запаздывание, с.	47	–
Время регулирования, с	367	менее 900
Перерегулирование, °С	0,7	менее 2
Колебательность, с/кол.	более 520	не менее 60
<i>По влажности</i>		
Амплитуда колебаний, %RH	5,75	менее 10
Колебательность, с/кол.	более 30	не менее 10
<i>По скорости потока</i>		
Запаздывание, с	3	–
Время регулирования, с	555	менее 60
Перерегулирование, м/с	0,34	менее 0,5

Результаты эксперимента продемонстрировали теоретическую возможность успешного применения разработанных нечетких регуляторов для управления микроклиматом.

### Заключение

В результате данного исследования разработаны нечеткие регуляторы температуры, относительной влажности и скорости потока воздуха для УПОР-М2. Проведен эксперимент для определения параметров переходных процессов синтезированных регуляторов. Сделаны выводы о пригодности нечетких регуляторов температуры и относительной влажности для применения в составе системы управления УПОР-М2 и о необходимости изменения нечеткого регулятора скорости потока воздуха.

В дальнейшем планируется проведение серии экспериментов для сравнения эффективности нечетких регуляторов в сравнении с другими типами регуляторов, применяемых для сушки гидробионтов.

### Список литературы

1. Солонников, Ю. Я. Применение алгоритмов нечеткой логики на основе ПЛК SIEMENS S7-300 для системы управления электропривода / Ю. Я. Солонников, В. Э. Иванов // Ученые заметки ТОГУ. – 2017. – Т. 8, № 3. – С. 140–150.
2. Кузнецов, Н. В. Использование нечеткого регулятора в системе автоматизации процесса сушки суспензий / Н. В. Кузнецов, О. Л. Ахремчик // Автоматизированные системы управления и информационные технологии : материалы Всероссийской научно-технической конференции. В 2-х томах, Пермь, 05–07 июня 2024 года. – Пермь, 2024. – С. 4–7.
3. Ахремчик, О. Л. Нечеткий регулятор температуры сушильного агента в распылительной сушилке / О. Л. Ахремчик, Н. В. Кузнецов, Д. В. Лукасевич // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : сборник научных докладов V Международной конференции, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск, 2024. – С. 12–15.
4. Олейников, В. С. Реализация нечеткой логики на программируемых логических контроллерах / В. С. Олейников, К. Д. Коновалов, Е. Тен // Modern Science. – 2022. – № 2-2. – С. 255–260.
5. Реализация алгоритма обучения нейронной сети на ПЛК ОВЕН в среде CODESYS / В. С. Олейников, Л. А. Киселева, К. С. Гуськов, В. В. Зайцев // Modern Science. – 2022. – № 6-4. – С. 208–216.
6. Boeri, C. N. High performance controller for drying processes / C. N. Boeri, F. N. da Silva, J. A. F. Ferreira // Acta Scientiarum. Technology. – 2013. Vol. 35, No. 2. – P. 279–289. doi: 10.4025/actascitechnol.v35i2.14775
7. Yanti, N. Implementation of Fuzzy Logic in Fish Dryer Design / N. Yanti, T. Nur, R. Randis // ILKOM Jurnal Ilmiah. – 2022. – Vol. 14, No. 1. – P. 39–51. doi: 10.33096/ilkom.v14i1.1092.39-51
8. Селяков, И. Ю. Повышение энергоэффективности процессов конвективно-го обезвоживания при производстве копченой и вяленой рыбы : дис. ... канд. техн. наук / И. Ю. Селяков. – Мурманск, 2015. – 209 с.
9. Модернизация малогабаритной сушильной установки для поиска оптимальных режимов с применением тепловизионного контроля / С. А. Лукин, А. В. Кайченко, В. В. Ереценко, И. Ю. Селяков // Вестник МГТУ. Труды Мур-

манского государственного технического университета. – 2024. – Т. 27, № 3. – С. 447–457. doi: 10.21443/1560-9278-2024-27-3-447-457

10. Лукин, С. А. Применение нечетких регуляторов при моделировании процесса обезвоживания рыбного сырья / С. А. Лукин, А. В. Кайченев, М. М. Благовещенская // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : сборник научных докладов V Международной конференции, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск, 2024. – С. 256–260.

---

## Application of Fuzzy Controllers to Control the Fish Raw Material Dehydration Process

© S. A. Lukin<sup>1</sup>✉, A. V. Kaichenov<sup>1</sup>, V. V. Ereshchenko<sup>1</sup>,  
I. Yu. Selyakov<sup>1</sup>, M. M. Blagoveshchenskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Automation and Computer Engineering,  
lukinsa2@mauniver.ru; Murmansk Arctic University, Murmansk, Russian Federation;

<sup>2</sup>Department of Automated Control Systems for Biotechnological  
Processes, Russian Biotechnological University (RO-SBIOTECH), Moscow,  
Russian Federation

**Keywords:** microclimate; fuzzy logic; programmable logic controller; controller; aquatic organism drying.

**Abstract:** This paper examines the development of fuzzy controllers for controlling the microclimate parameters of a drying chamber. Basic information on the technical means used to automate the drying unit is provided. The conditions and results of an experiment determine the suitability of the developed controllers for use in an automated control system for the drying unit are presented. Conclusions are drawn regarding the need to refine one of the three controllers considered and conduct comparative testing.

### References

1. Solonnikov Yu.Ya., Ivanov V.E. [Application of fuzzy logic algorithms based on SIEMENS S7-300 PLC for the electric drive control system], *Uchenyye zametki TOGU* [Scientific notes of TNU], 2017, vol. 8, no. 3, pp. 140-150. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Kuznetsov N.V., Akhremchik O.L. *Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii: materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Automated control systems and information technologies: materials of the All-Russian scientific and technical conference], In 2 vols., Perm, 05-07 June 2024, Perm, 2024, pp. 4-7. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Akhremchik O.L., Kuznetsov N.V., Lukasevich D.V. *Fabrika budushchego: perekhod k peredovym tsifrovym, intellektual'nym proiz-vodstvennym tekhnologiyam*,

*robotizirovannym sistemam dlya otrasley pishchevoy promyshlennosti: sbornik nauchnykh dokladov V Mezhdunarodnoy konferentsii* [Factory of the Future: Transition to Advanced Digital, Intelligent Production Technologies, Robotic Systems for the Food Industry: Proceedings of the V International Conference], Moscow, 30 April 2024, Kursk, 2024, pp. 12-15. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Oleynikov V.S., Konovalov K.D., Ten Ye. [Implementation of Fuzzy Logic on Programmable Logic Controllers], *Modern Science*, 2022, no. 2-2, pp. 255-260. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Oleynikov V.S., Kiseleva L.A., Gus'kov K.S., Zaytsev V.V. [Implementation of a neural network training algorithm on the OWEN PLC in the CODESYS environment], *Modern Science*, 2022, no. 6-4, pp. 208-216. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Boeri C.N., da Silva F.N., Ferreira J.A.F. High performance controller for drying processes, *Acta Scientiarum. Technology*, 2013, vol. 35, no. 2, pp. 279-289. doi: 10.4025/actascitechnol.v35i2.14775

7. Yanti N., Nur T., Randis R. Implementation of Fuzzy Logic in Fish Dryer Design, *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 39-51. doi: 10.33096/ilkom.v14i1.1092.39-51

8. Selyakov I.Yu. *PhD of Candidate's thesis (Engineering)*, Murmansk, 2015, 209 p. (In Russ.)

9. Lukin S.A., Kaychenov A.V., Yereshchenko V.V., Selyakov I.Yu. [Modernization of a small-sized drying unit for searching for optimal conditions using thermal imaging control], *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of MSTU. Transactions of Murmansk State Technical University], 2024, vol. 27, no. 3, pp. 447-457. doi: 10.21443/1560-9278-2024-27-3-447-457 (In Russ., abstract in Eng.)

10. Lukin S.A., Kaychenov A.V., Blagoveshchenkaya M.M. *Fabrika budushchego: perekhod k peredovym tsifrovym, intellektual'-nym proizvodstvennym tekhnologiyam, robotizirovannym sistemam dlya otrasley pishchevoy promyshlennosti: sbornik nauchnykh dokladov V Mezhdunarodnoy konferentsii konferentsii* [Factory of the Future: Transition to Advanced Digital, Intelligent Production Technologies, Robotic Systems for the Food Industry: Proceedings of the V International Conference], Moscow, 30 April 2024, Kursk, 2024, pp. 256-260. (In Russ., abstract in Eng.)

---

## **Anwendung von Fuzzy-Reglern zur Steuerung des Entwässerungsprozesses von Fischrohstoffen**

**Zusammenfassung:** Dieser Beitrag untersucht die Entwicklung von Fuzzy-Reglern zur Steuerung der Mikroklimaparameter der Trockenkammer. Es sind grundlegende Informationen zu den technischen Mitteln zur Automatisierung der Trocknungseinheit bereitgestellt. Die Bedingungen und Ergebnisse des Experiments zur Bestimmung der Eignung der entwickelten Regler für den Einsatz in einem automatisierten Steuerungssystem für die Trocknungseinheit sind vorgestellt. Es sind Schlussfolgerungen hinsichtlich der Notwendigkeit gezogen, einen der drei betrachteten Regler zu optimieren und vergleichende Tests durchzuführen.

## **Application de régulateurs flous pour la commande du processus de déshydratation des matières premières de poisson**

**Résumé:** Est examiné le développement des régulateurs flous pour la commande des paramètres du microclimat de la chambre de séchage. Sont citées les principales informations sur les moyens techniques utilisés pour l'automatisation de l'installation du séchage. Sont présentés les conditions et les résultats de l'expérience pour déterminer si les régulateurs développés conviennent à une utilisation dans un système de contrôle automatisé de l'installation de séchage. Sont faites des conclusions sur la nécessité d'affiner l'un des trois régulateurs examinés et de procéder à des essais comparatifs.

---

**Авторы:** *Лукин Сергей Андреевич* – ассистент кафедры автоматике и вычислительной техники; *Кайченев Александр Вячеславович* – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматике и вычислительной техники; *Ерещенко Виктор Валерьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматике и вычислительной техники; *Селяков Илья Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматике и вычислительной техники, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», Мурманск, Российская Федерация; *Благовещенская Маргарита Михайловна* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Москва, Российская Федерация.