

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и  
инновационной деятельности -  
директор Программы развития  
опорного университета  
ФГБОУ ВО «Марийский  
государственный университет»,  
д-р физ.-мат. наук, профессор

\_\_\_\_\_  
Леухин А.Н. /



02

2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Марийский государственный университет» на диссертацию Ядаровой Ольги Николаевны «Система управления вентиляторной установкой на основе доплеровского ультразвукового контроля расхода воздуха», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Ядаровой О.Н. посвящена актуальной проблеме разработки средств управления электротехническими комплексами с вентиляторными установками. При управлении, контроле, диагностике и испытаниях вентиляторных установок, сушильных агрегатов важной задачей является создание энергоэффективных комплексных автоматизированных систем управления. В настоящее время все большее значение приобретают вопросы энергосбережения. Экономия электроэнергии за счёт внедрения регулируемого электропривода достигает 25-30% и более.

При помощи системы управления на основе доплеровских ультразвуковых измерений открывается возможность контролировать не только скорость вращения вентилятора, но и характеристики воздушного

потока. С помощью доплеровского ультразвукового прибора возможно получение информации о наличии примеси в воздушном потоке, что позволяет, например, в зерносушилках уменьшить вынос зерна из слоя, оптимально отрегулировав скорость потока, а контроль турбулентности и разброса скоростей потенциально дает возможность высушивать зерно равномерно. Перечисленные особенности позволяют более оптимально строить систему управления электроприводами вентиляторов.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 101 наименований, четырех приложений. Основной текст рукописи содержит 127 страниц, включая 76 рисунков и 6 таблиц.

### **Анализ содержания диссертационной работы**

Структура диссертации является стандартной и общепринятой для научных работ: обзор литературы и постановка задачи, теоретическая часть, экспериментальные исследования, сопоставление теоретических и экспериментальных результатов, выводы, приложения.

**Введение** содержит обоснование актуальности темы диссертационной работы, формулировку целей и задач, раскрывает структуру работы.

**В первой главе** показывается необходимость создания систем энергоэффективного регулирования и автоматического управления вентиляторными установками при контроле не только режимов работы электропривода вентилятора, но и характеристик воздушных потоков.

Представлен обзор существующих способов регулирования производительности вентиляторов, контактных и бесконтактных методов измерения расхода и скорости газовых потоков, новейших разработок в области доплеровских устройств контроля потока.

В обзоре в целом обозначена проблематика работы, однако вопросы, связанные с электроприводом вентиляторов раскрыты, на наш взгляд, недостаточно полно.

**Вторая глава** посвящена идентификации звеньев системы управления электроприводом вентилятора по интегральной по сечению скорости (расходу) воздушного потока. Для этого используется математическое моделирование интегрального доплеровского ультразвукового рассеяния в воздушном потоке вентилятора, приводятся оценки. При моделировании в качестве возмущающих воздействий использовались заслонка и момент нагрузки асинхронного двигателя вентилятора.

**В третьей главе** описана методика экспериментальных исследований, специально созданная лабораторная установка и опытный образец ультразвукового прибора для регистрации и цифровой обработки доплеровских ультразвуковых сигналов. Приводятся результаты экспериментальных измерений при доплеровском ультразвуковом контроле воздушного потока с фазовыми включениями (мелкая древесная стружка), получены зависимости скорости воздушного потока от частоты вращения вентилятора в стационарном и нестационарных режимах работы, выполнено моделирование структуры потока. Исследовалась возможность использования для обработки сигналов аппарата искусственных нейронных сетей.

**Четвертая глава** диссертации посвящена синтезу и анализу системы автоматического управления электроприводом вентилятора на основе экспериментальных данных. Показана возможность регулирования режимов вентиляторной установки с учетом скорости потока воздуха. Приведены примеры переходных процессов при закрытии/открытии заслонки на выходе вентиляторной установки. Предлагается использование доплеровского ультразвукового контроля за расходом агента сушки при высушивании сыпучих материалов конвективным способом.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы. Список использованной литературы состоит из 101 наименований, из которых 14 – на английском языке. Оформление работы в целом

соответствует ГОСТ и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

**Соответствие паспорту специальности 05.09.03 –  
Электротехнические комплексы и системы**

Диссертация и автореферат в целом соответствуют областям исследования паспорта специальности 05.09.03, а именно:

п.3 – разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления;

п.4 – исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

**Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты, полученные в процессе ее выполнения.

**Методы исследования**

Использованы теоретические основы электротехники, методы теории автоматического управления, математической физики и теории измерений. Применялись методы цифровой обработки сигналов, аппарат искусственных нейронных сетей.

Методы исследования вполне отвечают современным требованиям, предъявляемым к научным работам.

**Апробация работы**

Результаты исследований и основные положения диссертационной работы достаточно полно были представлены и обсуждались на всероссийских и межрегиональных конференциях и конкурсах.

## **Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати**

Основные результаты исследований отражены в 25 печатных работах, в том числе 10 работ опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

### **Основные научные результаты и их оценка**

Наиболее важными результатами диссертации, обладающими признаками новизны являются:

1. Методика контроля скорости генерируемого вентилятором потока воздуха на основе доплеровских ультразвуковых измерений, на базе которой показана возможность синтеза замкнутой системы автоматического управления приводом вентилятора при возмущающем воздействии, меняющем аэродинамические характеристики системы. Особенность ультразвукового контроля в данном случае связана с высокой чувствительностью к рассеянию звука на турбулентности потока.

2. Впервые для оценки зависимости между режимом работы привода вентилятора и параметрами генерируемого потока воздуха при обработке ультразвуковых сигналов использована рекуррентная нейронная сеть на основе многослойного персептрона.

Выводы и результаты, сформулированные в заключении, в целом соответствуют поставленным задачам.

Полученные в диссертации результаты обладают признаками новизны, потенциальное внедрение технических решений вносит значительный вклад в область разработки средств управления электротехническими комплексами и системами, способствует повышению энергоэффективности и уменьшению потерь продукта в сушильных агрегатах.

Все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат лично соискателю.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций является высокой.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректным использованием моделей, математического аппарата и согласием теоретических результатов с результатами экспериментальных измерений.

### **Ценность для науки и практики**

Научный интерес представляют показанные особенности переходных режимов работы привода вентилятора в газообразной (сжимаемой) среде и моделирование замкнутой системы управления при изменении аэродинамических характеристик; результаты моделирования и экспериментальные исследования доплеровского ультразвукового рассеяния в воздушном потоке на выходе вентиляторной установки.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемый подход позволяет дистанционно контролировать воздушный поток на выходе вентиляторной установки, с учетом концентрации примесей в агенте сушки, положения штор, жалюзи, заслонок, при изменении нагрузки на электродвигатель.

### **Рекомендации по использованию результатов исследования**

Результаты могут использоваться для совершенствования управления приводами в составе электротехнических комплексов с вентиляторными установками. Доплеровский ультразвуковой контроль может эффективно использоваться для оценки концентрации примесей в агенте сушки для управления приводами вентиляторов в сушильных агрегатах. Кроме того, полученные автором результаты могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров соответствующих направлений подготовки.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по диссертации**

Данные по основным исследованиям изложены логически и стилистически грамотно. Используемая автором терминология соответствует принятым нормам. Диссертация написана единолично, содержит выносимые на защиту автором новые научные результаты. Случаев использования

заимствованного материала без ссылок на источник заимствования не обнаружено.

При детальном рассмотрении диссертационного исследования возникают следующие **вопросы и замечания**:

1. В заключение диссертационной работы не показаны количественные результаты исследования, а именно параметры, которые были получены и присутствуют в тексте диссертации.
2. Из диссертационной работы неясно, как в системе управления вентиляторной установкой используется рекуррентная нейронная сеть на основе многослойного персептрона.
3. Для экспериментальных исследований используется однофазный асинхронный двигатель, почему не использован трехфазный с традиционным частотным электроприводом?
4. В диссертационной работе не ясно, каком объеме будет работать разработанное средство измерения, а именно прибор доплеровского контроля воздушного потока? Вызывает сомнение, возможность его использования в больших сушильных агрегатах или овощехранилищах.
5. По тексту диссертации и автореферата имеется ряд вопросов и редакционных замечаний не принципиального характера, например:
  - в тексте автореферата содержатся пронумерованные выражения и формулы, ссылки на которые по тексту отсутствуют;
  - на стр. 12, стр. 14 автореферата опечатки на рисунке 6 в слове выходные «Выходнве», на пятой строке сверху в слове сдвига «двига» соответственно;
  - в тексте автореферата не описаны: блок БА, используемый на рисунке 4 и блок ДД на рисунке 10;
  - в тексте диссертации на стр. 117 отсутствует интервал перед рисунком 71 .

Сформулированные замечания не снижают общей положительной оценки результатов диссертационной работы Ядаровой О.Н. Диссертация

представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача – разработка методики доплеровского ультразвукового контроля воздушного потока и синтез системы автоматического управления вентиляторной установкой на ее основе.

**Заключение.** Исследование Ядаровой Ольги Николаевны «Система управления вентиляторной установкой на основе доплеровского ультразвукового контроля расхода воздуха» соответствует требованиям п.п.(9-14) «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Ядарова О.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Отзыв на диссертацию составлен доктором технических наук, профессором Рыбаковым Леонидом Максимовичем. Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры электроснабжения и технической диагностики ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», протокол № 6 от «21» февраля 2018 г.

И.о. заведующего кафедрой  
«Электроснабжения и технической  
диагностики» ФГБОУ ВО «Марийский  
государственный университет», к.т.н.,  
доцент

Гарипов Ильсур Халилович  
«27» февраля 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Марийский государственный университет»  
424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1,  
Тел. (8362) 68-80-02  
E-mail: rector@marsu.ru

Подпись к.т.н., доцента Гарипов И.Х.  
удостоверяю:

Собственноручная подпись	1
<i>И.Х. Гарипов</i>	
УДОСТОВЕРЯЮЩИЙ документовед отдела кадров	
<i>Л.Н. Ярина</i>	
« <u>27</u> » <u>02</u> 20 <u>18</u> г.	