

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**М. А. Прищепов, Е. М. Прищепова, В. А. Дайнеко**

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ  
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ  
АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Минск  
БГАТУ  
2022**

**Прищепов, М. А.** Энергоэффективный частотно-регулируемый асинхронный электропривод в сельском хозяйстве / М. А. Прищепов, Е. М. Прищепова, В. А. Дайнеко. – Минск : БГАТУ, 2022. – 312 с.: ил. – ISBN 978-985-25-0183-5.

В монографии рассмотрены разработанные системы ЧРАЭП со скалярным и векторным управлением, полученные выражения для расчета коэффициентов передачи, постоянных времени ПИ-регуляторов, передаточных функций разомкнутых и замкнутых по управлению и возмущению контуров регулирования тока, потокосцепления и скорости, которые используются при их настройке и анализе качества работы. Разработаны системы стабилизации загрузки и управления взаимосвязанным ЧРАЭП вальцовых плющилок-измельчителей фуражного зерна, предложена перспективная система взаимосвязанного ЧРАЭП обкаточно-испытательных стендов механических передач.

Для научных работников, аспирантов и инженерно-технического персонала, занимающихся разработкой и эксплуатацией регулируемых электроприводов.

Табл. 12. Ил. 74. Библиогр.: 130 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом  
учреждения образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»  
(протокол № 1 от 11 января 2022 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры систем управления  
УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники» *А. П. Кузнецов*;  
кандидат технических наук, доцент,  
заместитель директора по научной работе и проектированию  
РНПУП «Институт энергетики НАН Беларуси» *Н. Е. Шевчик*

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
Глава 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ КООРДИНАТ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЛЮЩИЛКИ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ЗЕРНА	
1.1. Способы регулирования координат асинхронных электроприводов и их энергетическая эффективность .....	8
1.2. Исследование влияния физико-механических свойств зерна и скорости его деформации на энергоемкость процессов плющения и измельчения зерна .....	12
1.3. Теоретические исследования производительности вальцовых плющилок-измельчителей зерна различных конструкций с учетом влияния проскальзывания зерновки по поверхности вальца .....	27
1.4. Обоснование эффективного конструктивно- технологического решения плющилки-измельчителя фуражного зерна .....	45
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ПЛЮЩЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦАМИ	
2.1. Исследование мощности привода и распорного усилия вальцовых плющилок зерна различных конструкций .....	50
2.2. Исследование мощности привода и распорного усилия вальцовых плющилок-измельчителей зерна различных конструкций .....	67
2.3. Теоретические и экспериментальные исследования производительности и энергоемкости вальцовых плющилок зерна .....	78
Глава 3. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАЛЬЦОВЫХ ПЛЮЩИЛОК- ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА	
3.1. Обзор и анализ регулируемых систем электропривода .....	85
3.2. Обоснование энергоэффективной силовой схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода вальцовых плющилок-измельчителей зерна .....	91

3.3. Обоснование целевой функции и критерия оптимизации конструктивных и технологических параметров вальцовых плющилок-измельчителей зерна .....	95
<b>Глава 4. РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДИК РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАЛЬЦОВЫХ ПЛЮЩИЛОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ</b>	
4.1. Определение областей работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода плющилок-измельчителей .....	112
4.2. Определение параметров схемы замещения асинхронных двигателей и построение их естественных механических и электромеханических характеристик .....	125
4.3. Расчет основных параметров и выбор типа преобразователя частоты и способа управления скоростью двигателя в системе ПЧ-АД.....	142
4.4. Математическое описание, структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и расчет параметров ее элементов в системе ПЧ-АД.....	145
4.5. Расчет предельных механических и электромеханических характеристик разомкнутой системы ПЧ-АД и оценка работы электропривода в допустимой области .....	162
4.5.1. Скалярное управление.....	162
4.5.2. Векторное управление.....	184
4.6. Определение параметров структурной схемы системы ПЧ-АД частотно-регулируемого электропривода плющилки-измельчителя зерна .....	194
4.6.1. Системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярным управлением.....	195
4.6.2. Системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением.....	216
4.6.3. Структурная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода с бездатчиковым векторным управлением .....	224
4.7. Разработка системы стабилизации загрузки вальцовой плющилки-измельчителя зерна .....	241

Глава 5. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ВЗАИМОСВЯЗАННЫМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ  
АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ  
ВАЛЬЦОВЫХ ПЛЮЩИЛОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ  
ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

5.1. Разработка алгоритма оптимального управления  
взаимосвязанным частотно-регулируемым асинхронным  
электроприводом вальцовых плющилок-измельчителей  
фуражного зерна ..... 251

5.2. Разработка электромеханической системы  
взаимосвязанного электропривода вальцовых  
плющилок-измельчителей фуражного зерна ..... 259

5.3. Работа системы управления взаимосвязанным  
частотно-регулируемым асинхронным электроприводом  
вальцовых плющилок-измельчителей фуражного зерна ..... 264

Глава 6. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ И МЕТОДИКИ  
РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ТОРМОЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ  
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ  
И ОБКАТКИ ПЕРЕДАЧ

6.1. Обоснование перспективной системы электропривода  
обкаточно-испытательных стендов механических передач ..... 267

6.2. Методика расчета мощности приводного и тормозного  
асинхронного двигателя при частотном регулировании  
скорости в обкаточно-испытательных стендах  
механических передач ..... 276

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ..... 296

ПРИЛОЖЕНИЕ ..... 308

Научное издание

**Прищепов** Михаил Александрович,  
**Прищепова** Елена Михайловна,  
**Дайнеко** Владимир Александрович

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ  
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ  
АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*  
Редактор *Д. А. Значёнок*  
Корректор *Д. А. Значёнок*  
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского, Д. А. Значёнок*  
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 01.12.2022. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 18,13. Уч.-изд. л. 14,18. Тираж 100 экз. Заказ 558.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–1, 220023, Минск.