

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет»

На правах рукописи

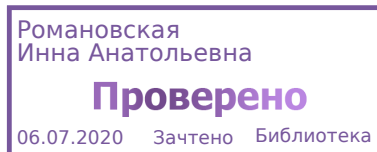
Головко Максим Вадимович

**Разработка и исследование
энергоэффективных электромеханических
систем**

Направление подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
доцент кафедры Васильченко
Сергей Александрович

Рецензент

Менеджер по поддержке
производства филиала АО "Талес
Авионикс"
Круговой Роман Николаевич

Защита состоится «29» июня 2020 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 17 июня 2020 г.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы- Улучшение энергоэффективности электромеханических систем обуславливает уменьшение потребления энергоносителей и соответственно уменьшение удельной стоимости производства продукции и услуг для реализации которых необходима электрическая энергия. Это определяет актуальность темы диссертационной работы.

Цель работы –разработка энергоэффективных электромеханических систем, увеличивающих энергоэффективность работы электрических приводов путем снижения потерь активной электрической энергии в силовых элементах электрических приводов и в элементах питающей их сети.

Поставленная цель достигается за счет снижения потерь активной энергии от передачи реактивной энергии, то есть за счет уменьшения потребляемой из сети реактивной мощности и соответственно увеличения коэффициента мощности регулируемых электроприводов.

Основные задачи магистерской диссертации:

- Разработка системы электропривода постоянного тока на основе двухмостовоготиристорного выпрямителя с поочередным двухзонным управлением тиристорными мостами, разработка имитационной модели для исследования энергетических характеристик и переходных процессов в такой системе электропривода, разработка имитационной модели двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным четырехзонным управлением вентильными группами тиристорных мостов, предназначенного для использования в качестве источника питания электроприводов постоянного тока с пониженным потреблением реактивной мощности.

- Сравнительные оценки снижения потребления из сети реактивной мощности электроприводом постоянного тока с двухмостовымтиристорным преобразователем с поочередным двухзоннымуправлением тиристорными мостами и электроприводом постоянного тока с двухмостовымтиристорным

выпрямителем с поочередным четырехзонным управлением вентильными группами тиристорных мостов, по сравнению с электроприводом с мостовым тиристорным преобразователем с обычным фазовым управлением, выполненные с использованием разработанных имитационных моделей.

- Сравнительная оценка потерь активной электрической мощности и активной электрической энергии в системах электроприводов на основе обычных одномостовых тиристорных преобразователей и на основе двухмостовых преобразователей с поочередным двухзонным управлением.

Характеристика объекта и предмета исследования - электротехнические устройства и способы управления ими и энергетические показатели этих устройств.

Характеристика методологического аппарата - При исследовании используются основные положения и электротехники, теории автоматического регулирования и силовой электроники.

Научная новизна магистерской диссертации –Разработка имитационных моделей электроприводов постоянного тока на основе двухмостовых тиристорных преобразователей и с поочередным двухзонным управлением тиристорными мостами и с поочередным четырехзонным управлением вентильными группами тиристорных мостов.

Практическая ценность магистерской диссертации –Исследуемые в работе электроприводы постоянного тока на основе двухмостовых тиристорных преобразователей с поочередным управлением, обеспечивающие уменьшенное потребление реактивной мощности, целесообразно использовать в технологических установках промышленных предприятий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность.

В первой главе рассмотрена актуальность решения задач и проблем энергоэффективных электромеханических систем. Обоснование энергоэффективности электроприводов, частотно-регулируемых приводов переменного тока.

Во второй главе рассмотрены методы решения проблем энергоэффективности электромеханических систем на основе применения ЧРП на насосах и вентиляторах обеспечивающих интегральное снижение потребляемой мощности на 25-40% и позволяющих увеличить мощность энергоблока в среднем на 1-2% за счет исключения в водяных и воздушных трактах дросселей и заслонок, а также улучшения технологических процессов выработки электроэнергии.

В третьей главе рассмотрено потребление из сети мощностей преобразователями переменного напряжения в постоянное, используемыми для питания электроприводов постоянного тока. Показано, что применение в качестве источников питания электроприводов постоянного тока двухмостовых тиристорных преобразователей с поочередным двухзонным управлением последовательно включенными тиристорными мостами и двухмостовых тиристорных преобразователей с поочередным четырехзонным управлением вентильными группами этих мостов, является действенным средством уменьшения потребляемой электроприводом из сети реактивной мощности и энергии и соответственно уменьшения потерь активной электрической энергии. Упрощенные схемы таких преобразователей приведены на рисунке 1.

Графики мощностей потребляемых из сети преобразователями с поочередным двухзонным управлением с соответствующие им графики изменения углов отпирания тиристоров мостов приведены на рисунке 2.

Графики мощностей потребляемых из сети преобразователями с поочередным четырехзонным управлением с соответствующие им графики изменения углов отпирания тиристоров вентильных групп мостов приведены на рисунке 3.

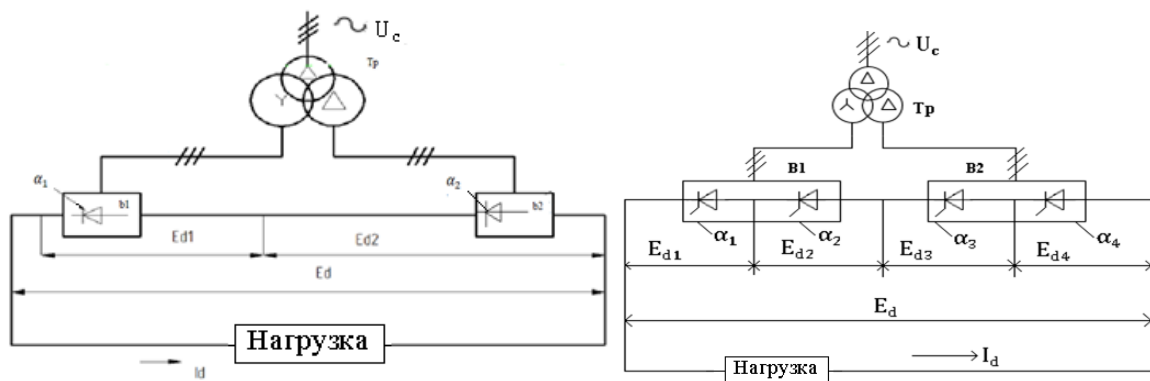


Рисунок 1 - Схемы двухмостовых преобразователей с поочередным двухзонным и четырехзонным управлением

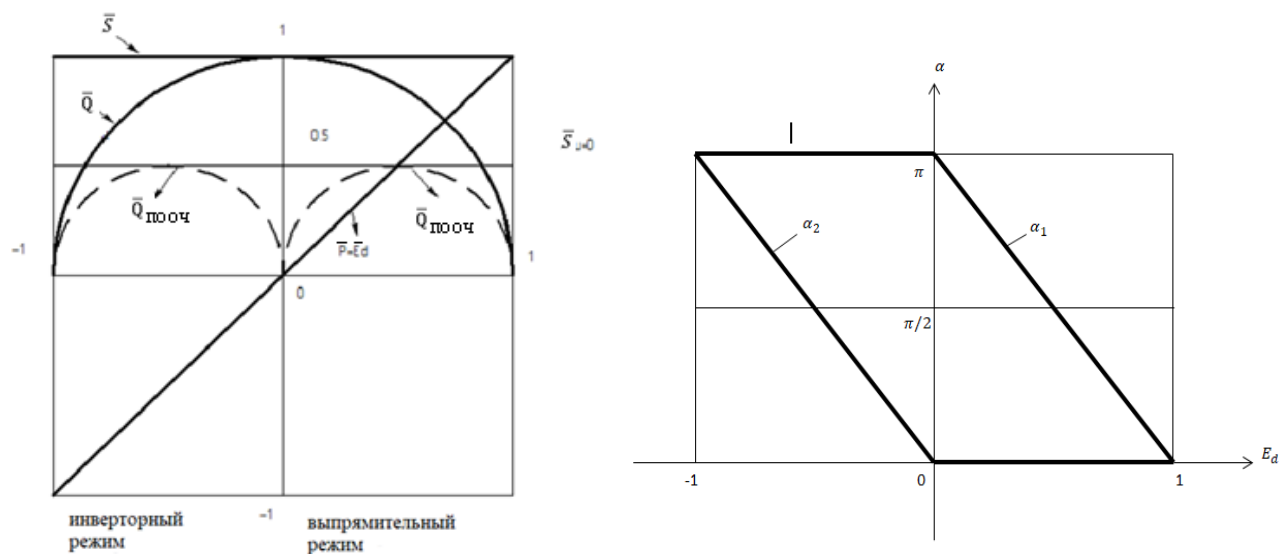


Рисунок 2 - Графики потребляемых мощностей и углов управления двухмостовых преобразователей с поочередным

двухзонным управлением

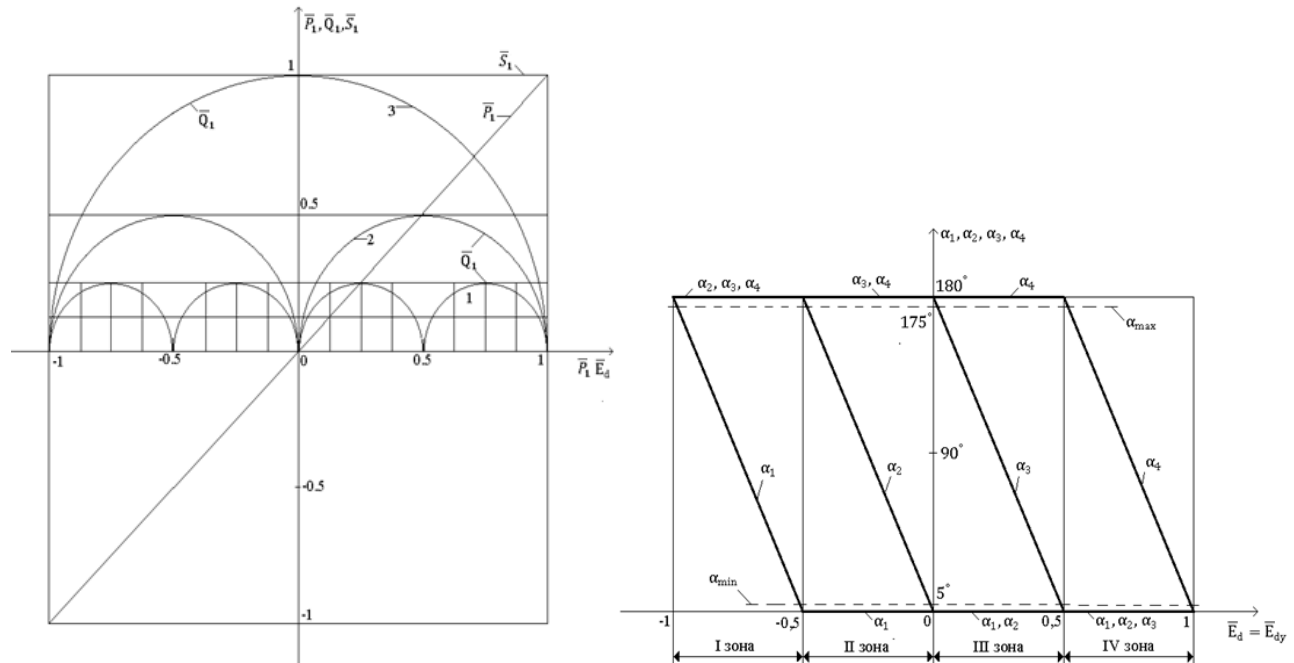


Рисунок 3 - Графики потребляемых мощностей и углов управления двухмостовых преобразователей с поочередным четырехзонным управлением

Разработаны цифровые имитационные модели для исследования энергетических и динамических характеристик рассмотренных выше преобразователей с соответствующими им способами управления, которые будут использоваться в качестве источников питания системы электропривода.

Для функциональной схемы системы электропривода постоянного тока номинальной мощностью 1600 кВт на основе двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным двухзонным управлением мостами, приведенной на рисунке 4, составлена имитационная модель для исследования энергетических характеристик этой системы. Для выполнения сравнительного анализа энергетических характеристик этой системы разработана имитационная модель аналогичной системы, но выполненной на основе одномостовоготиристорного

преобразователя с обычным фазовым управлением. Графики изменения коэффициента мощности этих систем приведены на рисунках 5 и 6.

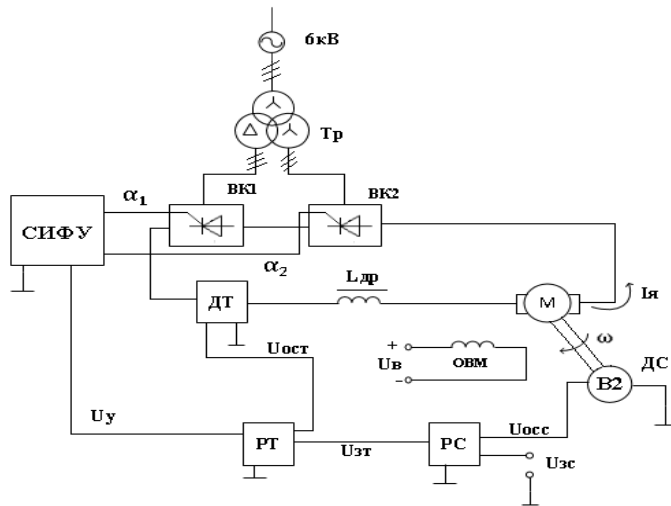


Рисунок 4 - Функциональная схема системы электропривода

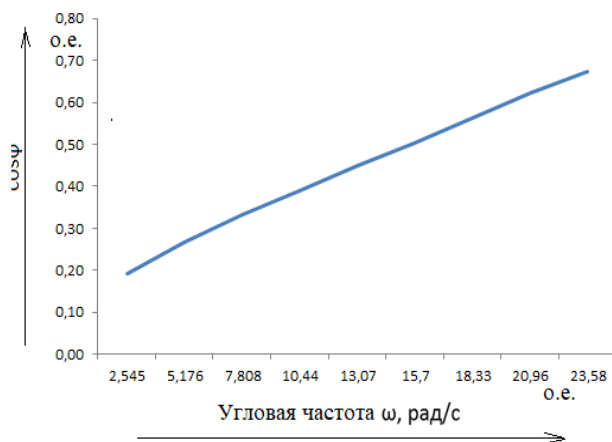


Рисунок 5 – Коэффициент мощности системы электропривода на основе двухмостового преобразователя с двухзонным управлением

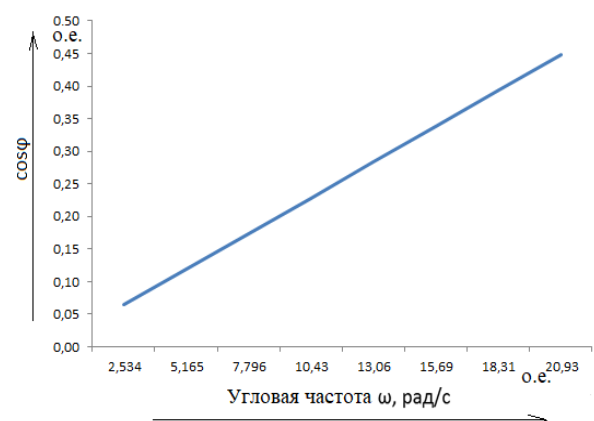


Рисунок 6 – Коэффициент мощности системы электропривода на основе одномостового преобразователя с фазовым управлением

На рисунке 7 приведены графики процессов в системе электропривода номинальной мощностью 1600 кВт на основе двухмостового тиристорного преобразователя с поочередным двухзонным управлением тиристорными мостами. Графики снимались при ступенчатом сигнале задания скорости,

соответствующей 30% от номинальной угловой частоты вращения якоря двигателя и моменте нагрузки соответствующем 50 % номинального момента электрического двигателя. На рисунке в едином масштабе времени, измеряемом в секундах, сверху вниз показаны графики: фазных мгновенных напряжений на первичной обмотке трансформатора, В; фазных мгновенных токов, А; полной потребляемой из сети мощности, кВА; потребляемой из сети активной мощности, кВт; коэффициента мощности.

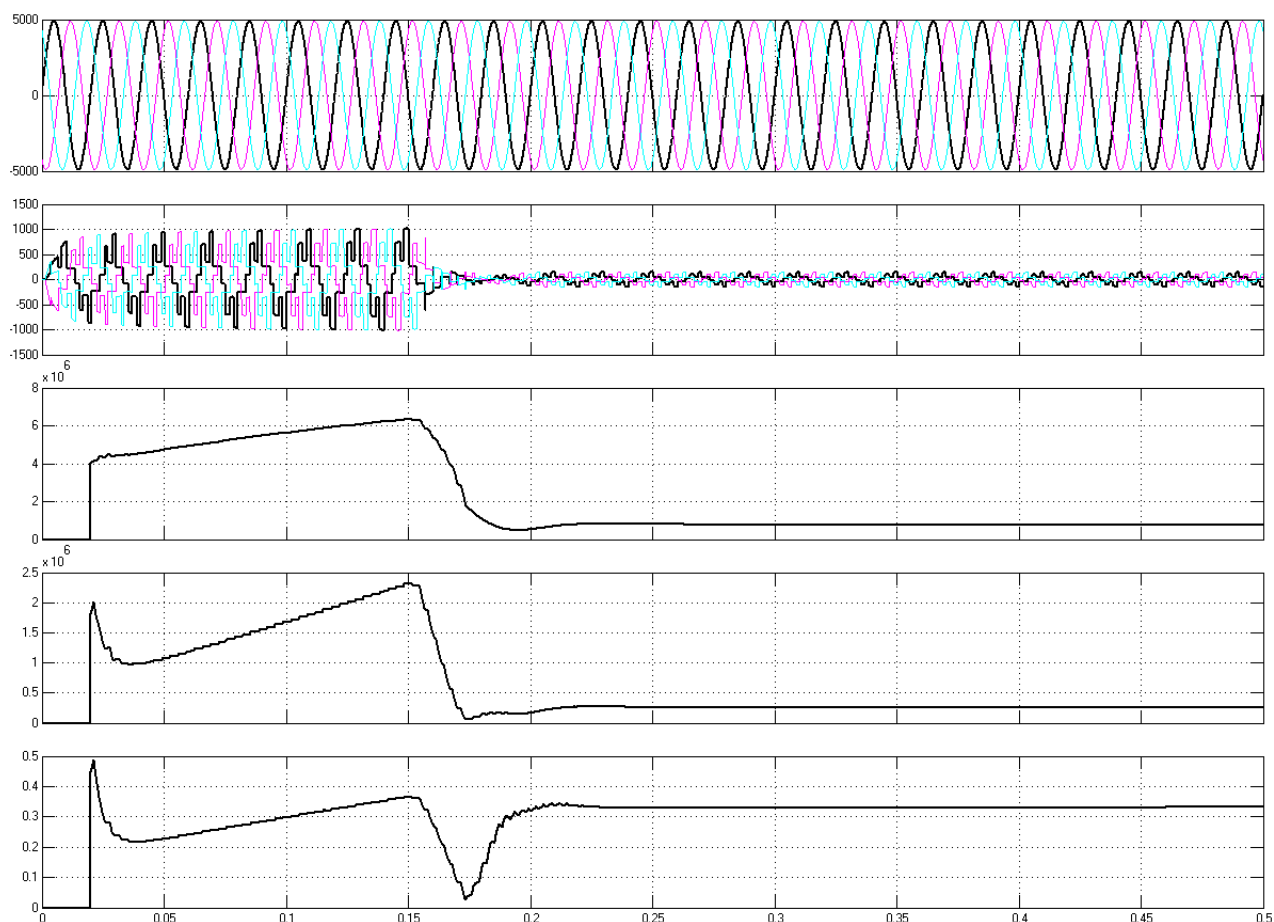


Рисунок 7 – Процессы в системе электропривода на основе двухмостового тиристорного преобразователя с поочередным двухзонным управлением

С использованием разработанной имитационной модели двухмостового тиристорного преобразователя с поочередным четырехзонным управлением вентильными группами тиристорных мостов была выполнена оценка энергетических характеристик для случая, когда в качестве нагрузки этого

преобразователя будет использоваться якорная цепь электрического двигателя номинальной мощностью 1600 кВт. Соответствующий этому график коэффициента мощности представлен на рисунке 8.

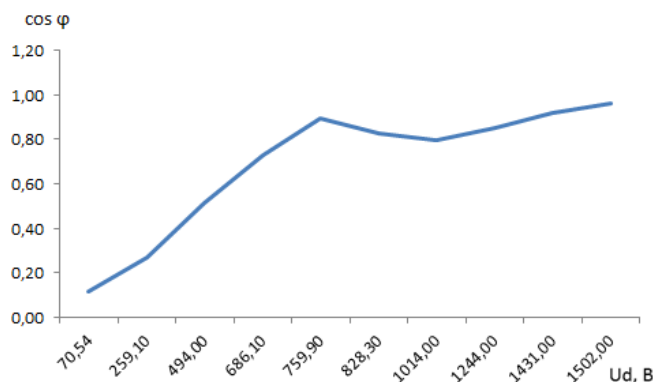


Рисунок 8 –Зависимость коэффициента мощности от напряжения на якоре двигателя

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана имитационная модель системы электропривода постоянного тока на основе двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным двухзонным управлением тиристорами мостов.

2. С использованием разработанной модели системы электропривода постоянного тока номинальной мощностью 1600 кВт на основе двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным двухзонным управлением показано, что максимум потребления из сети реактивной мощности при использовании двухмостового преобразователя с двухзонным поочередным управлением будет примерно в 1,26 раза меньше, а значение коэффициента мощности в середине диапазона регулирования выпрямленного напряжения будет примерно в 1,48 раза больше, чем при использовании обычного одномостовоготиристорного преобразователя.

3. Разработана имитационная модель двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным четырехзонным управлением тиристорами

вентильных групп мостов, предназначенного для питания системы электропривода постоянного тока.

4. С использованием разработанной модели двухмостовоготиристорногопреобразователя с поочередным четырехзонным управлением тиристорами вентильных групп мостов показано, что коэффициент мощности при питании активно-индуктивных нагрузок, например якорных цепей электрических двигателей постоянного тока номинальной мощностью 1600 кВт, в середине диапазона регулирования скорости при использовании двухмостовоготиристорного преобразователя с поочередным четырехзонным управлением больше, чем при использовании двухмостового преобразователя с двухзонным управлением в 1,43 раза, и больше, чем при использовании одномостового преобразователя в 2,25 раза.

5. С использованием результатов моделирования показано, что потери активной электроэнергии в комплектном электроприводе номинальной мощностью 1600 кВт на основе двухмостового преобразователя с поочередным двухзонным управлением в 3,94 раза меньше, чем в электроприводе с обычным одномостовым преобразователем.

6. Показана энергоэффективность используемых частотных-регулируемых электроприводов в турбомеханизмах.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Головки, М.В. Использование электроприводов переменного тока в прокатных цехах металлургических предприятий / М.В. Головки, С.А. Васильченко// Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Ч.1., Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КнАГУ» 08-12 апреля 2019 г., с.263-264.

2. Головки, М.В. Преимущества насосов с частотным управлением и перспективы его применения / М.В. Головки, И.В. Хаустов, С.А. Васильченко// Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Ч.1., Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КНАГУ» 08-12 апреля 2019 г., с.265-267.