

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научно-организационной работе Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ",
член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
профессор РАН



А. С. Дорохов

« 06 » _____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) на диссертационную работу Миндрова Константина Анатольевича «Повышение энергоэффективности сегментной косилки с изменяющейся длиной шатуна», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства в диссертационный совет Д 212.117.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

1. Актуальность темы диссертации

В современном кормопроизводстве используются различные типы косилок, как с опорным, так и безопорным принципом действия. Среди косилок с опорным принципом действия особое место занимают сегментные, которые более полувека успешно используются в сельском хозяйстве благодаря простоте их конструкции, невысокой стоимости и более низкими удельными энергозатратами в сравнении с роторными. Среди сегментно-пальцевых косилок наиболее популярными являются косилки КС-2,1. Они успешно агрегируются с тракторами тягового класса до 1,4 тонны, в крупных сельхозпредприятиях, фермерских, а также в личных подсобных хозяйствах для скашивания естественных и сеяных трав. Требуемое качество среза сегментно-пальцевых косилок обеспечивается при определенном соотношении скорости резания и скорости передвижения агрегата и для

большинства тракторов требует поддержания более высоких оборотов двигателя, что в итоге приводит к увеличению энергозатрат. Многочисленные попытки снижения энергетических затрат в приводах сегментно-пальцевых косилок на основе электро или гидропривода существенных результатов не дали. В связи с этим исследование, направленное на снижение энергозатрат при скашивании трав сегментно-пальцевыми косилками на основе разработки комбинированного гидромеханического привода с обеспечением требуемого качества среза, является актуальным и практически значимым.

2.Значимость, полученных автором диссертации результатов

Для науки значимыми являются:

- способ и схемное решение увеличения скорости ножа сегментно-пальцевой косилки с гидрораздвижным шатуном под действием колебаний давления масла в замкнутом контуре;
- математические модели функционирования кривошипно-ползунного механизма с периодически изменяющейся длиной шатуна сегментно-пальцевого режущего аппарата и приращения длины гидрораздвижного шатуна при различных колебаниях давления масла в замкнутом контуре;
- методика оценки энергетических затрат сельскохозяйственного агрегата для кошения трав на базе сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна.

Для практики значимыми являются:

- схема замкнутого гидравлического контура для генерирования импульсов давления;
- энергоэффективные режимы работы СХА на базе МЭС класса 1,4 и сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна под действием колебаний давления в замкнутом гидравлическом контуре;
- конструкция гидрораздвижного шатуна с воздушным упругим звеном и ударного узла для создания колебаний давления в замкнутом гидравлическом контуре (патент РФ № 177025);

- результаты технико-экономической оценки функционирования сегментно-пальцевой косилки КС-2,1 с изменяющейся длиной шатуна.

3. Рекомендации по использованию полученных результатов

Результаты проведенных соискателем исследований рекомендуются к использованию при совершенствовании существующих конструкций приводов сегментных косилок, а также при обосновании параметров и режимов функционирования новых косилок имеющих привод с изменяющейся длиной гидрораздвижного шатуна.

Кроме того, полученные результаты диссертационных исследований рекомендуются к использованию в учебном процессе при подготовке специалистов высшей квалификации.

4. Степень обоснованности, достоверность и новизна выводов

Обоснованность и достоверность результатов исследований, выводов и рекомендаций не вызывает сомнения. Это обусловлено использованием современных цифровых систем сбора и обработки данных и оборудования, высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований сформулировано восемь выводов.

Вывод 1 показывает, что снижение удельных энергозатрат СХА на базе сегментно-пальцевой косилки при кошении трав, возможно за счет увеличения скорости резания на частичных режимах работы двигателя МЭС. Вывод достоверен, поскольку базируется на анализе публикаций, рекомендованных в изданиях из перечня ВАК.

Вывод 2 показывает, что на основании проведенных лабораторных исследований получены способ и схемное решение привода ножа сегментно-пальцевой косилки КС-2,1 с приращением длины гидрораздвижного шатуна за счет использования гидродинамических сил при резком прерывании движения потока масла в замкнутом контуре, позволяющие увеличить скорость резания и снизить удельные энергозатраты в два раза и более при

снижении частоты вращения привода на 50 %, а также ограничить инерционные составляющие усилий за счет использования податливости воздуха в гидрораздвижном шатуне. Вывод сделан на основе многочисленных экспериментальных данных. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью.

Вывод 3 показывает, что разработанная математическая модель кривошипно-шатунного механизма с периодически изменяющейся длиной шатуна сегментно-пальцевого режущего аппарата с учетом соотношения длин кривошипа и шатуна, приращения длины шатуна, позволяет прогнозировать скорость, ускорение и усилие ножа в зависимости от угловой скорости приводного вала и фазы приращения длины шатуна. Вывод сделан на основе проверки адекватности расчетных и экспериментальных значений скорости движения ножа. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью.

Вывод 4 показывает, что разработанная математическая модель приращения длины шатуна при различных колебаниях давления масла в замкнутом гидравлическом контуре, позволяет прогнозировать амплитуду приращения длины шатуна в зависимости от начального давления масла в замкнутом контуре и параметров звеньев. Вывод сделан на основе лабораторных испытаний и многократной практической проверки приращения объема масла в гидрораздвижном шатуне. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью.

Вывод 5 сделан на основе лабораторных и полевых испытаний и показывает, что устройство для создания колебаний давления в замкнутом гидравлическом контуре в виде одноклапанного ударного узла, позволяет осуществлять его синхронизацию с периодом работы ножа в широком диапазоне углов поворота приводного шкива. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью.

Вывод 6 показывает, что приращение скорости движения ножа зависит только от параметров гидродинамического контура, а их экспериментальные

зависимости согласуются с теоретическими, полученными на модели, в пределах 8 %.

Вывод 7 показывает, что методика оценки удельных энергозатрат СХА на половине периода хода ножа, учитывает, как активные, так и реактивные сопротивления МЭС и сегментно-пальцевой косилки. Вывод сделан на основе лабораторных и полевых испытаний. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью.

Вывод 8 свидетельствует о том, что снижение удельного расхода топлива, повышение производительности СХА в составе сегментно-пальцевой косилки КС-2,1 с изменяющейся длиной шатуна и МЭС тягового класса 1,4 на кошени трав достигается в результате оптимизации скорости резания. Результаты достоверны, обладают новизной и практической значимостью. Достоверность выводов подтверждена экспериментальными исследованиями, актами внедрения результатов работы в производство.

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов и приложения, изложена на 138 страницах, включает 13 таблиц, 94 рисунка и список литературы из 121 наименования.

Во введении охарактеризованы основные направления повышения производительности сегментно-пальцевых косилок, выполнен анализ энергозатрат сельскохозяйственного агрегата при кошени трав, оценен потенциал их снижения, обоснованы актуальность темы, ее практическая значимость, цель и задачи исследования, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор научной литературы по тематике исследования. В нем проанализированы теоретические и экспериментальные исследования в области повышения производительности и эффективности сельскохозяйственных агрегатов с сегментно-пальцевым режущим аппаратом. На основании изученной литературы определены основные направления повышения производительности сельскохозяйственных

агрегатов с сегментно-пальцевым режущим аппаратом, сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе представлены математические модели кривошипно-ползунного механизма с изменяющейся длиной шатуна сегментно-пальцевого режущего аппарата и приращения длины шатуна при различных колебаниях давления масла в замкнутом гидравлическом контуре, в виде дифференциальных уравнений. Проверка адекватности полученных выражений для расчета скорости резания и энергетических цепей осуществлялась на экспериментальной установке в лабораторных и эксплуатационных условиях.

В третьей главе приводится описание экспериментального образца сегментно-пальцевой косилки с гидрораздвижным шатуном под действием колебаний давления масла в замкнутом контуре. В частности, экспериментально определялись отдельные параметры энергетической цепи колебательного гидропривода, проверялась адекватность разработанных математических моделей, и оптимальные режимы резания модернизированной сегментно-пальцевой косилки. При проведении измерений с первичных измерительных преобразователей, установленных на режущем аппарате, был разработан программный комплекс, в котором реализованы алгоритмы определения скорости и ускорения резания, в том числе при движении агрегата, строились переходные и частотные характеристики, а также оценивались энергозатраты при работе сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна.

В четвертой главе приведены методики лабораторных и эксплуатационных испытаний экспериментального образца сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна, планирования эксперимента, обработки экспериментальных данных и технико-экономического расчета.

Предложенные решения отличаются простотой модернизации штатных систем, незначительными затратами труда и денежных средств. Во всех случаях экономический эффект был получен в результате снижения

агрегатов с сегментно-пальцевым режущим аппаратом, сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе представлены математические модели кривошипно-ползунного механизма с изменяющейся длиной шатуна сегментно-пальцевого режущего аппарата и приращения длины шатуна при различных колебаниях давления масла в замкнутом гидравлическом контуре, в виде дифференциальных уравнений. Проверка адекватности полученных выражений для расчета скорости резания и энергетических цепей осуществлялась на экспериментальной установке в лабораторных и эксплуатационных условиях.

В третьей главе приводится описание экспериментального образца сегментно-пальцевой косилки с гидрораздвижным шатуном под действием колебаний давления масла в замкнутом контуре. В частности, экспериментально определялись отдельные параметры энергетической цепи колебательного гидропривода, проверялась адекватность разработанных математических моделей, и оптимальные режимы резания модернизированной сегментно-пальцевой косилки. При проведении измерений с первичных измерительных преобразователей, установленных на режущем аппарате, был разработан программный комплекс, в котором реализованы алгоритмы определения скорости и ускорения резания, в том числе при движении агрегата, строились переходные и частотные характеристики, а также оценивались энергозатраты при работе сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна.

В четвертой главе приведены методики лабораторных и эксплуатационных испытаний экспериментального образца сегментно-пальцевой косилки с изменяющейся длиной шатуна, планирования эксперимента, обработки экспериментальных данных и технико-экономического расчета.

Предложенные решения отличаются простотой модернизации штатных систем, незначительными затратами труда и денежных средств. Во всех случаях экономический эффект был получен в результате снижения

нерациональных потерь энергии, повышения производительности СХА за счет увеличения скорости резания. Экономический эффект получен путем сопоставления приведенных затрат базового и нового вариантов. На предельной скорости движения (12 км/ч) он составил 30,2 тыс. руб. на один агрегат. Результаты полевых испытаний на участках КФХ «Перякин И. Д.», филиале ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» Мордовской государственной сортоиспытательной станции Старосиндровского государственного сортоиспытательного участка свидетельствуют о снижении удельного расхода топлива и обеспечении качества среза.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

6. Завершенность и качество оформления диссертации

Проведенные автором исследования соответствуют пункту п. 6 «Исследование условий функционирования сельскохозяйственных и мелиоративных машин, агрегатов, отдельных рабочих органов и других средств механизации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, в т.ч. с применением альтернативных видов топлива» паспорта специальности 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Диссертация структурирована и представляет собой законченный научный труд, материалы изложены достаточно грамотно. По структуре, содержанию и стилю изложения, глубине научных исследований работа соответствует уровню кандидатской диссертации.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований достаточно полно отражены в 13 научных публикациях, включая 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 1 патенте на полезную модель.

Основные положения диссертационной работы доложены и представлены на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях и выставках.

По структуре и оформлению работа соответствует требованиям ГОСТ 7.0.11-2011.

7. Общие замечания по диссертационной работе

1. В обзоре литературы (п.1.1, стр.9) недостаточно использовались зарубежных источников, посвященных проблеме снижения удельных энергетических затрат на резание различными типами режущих аппаратов косилок.

2. В начале главы 2 «Теоретические исследования» (стр. 33-34) вводится допущение, не учитывающее величину дезаксиала на кинематические и силовые параметры предлагаемого гидромеханического привода режущего аппарата сегментной косилки, однако величина ошибки не приводится.

3. При моделировании гидропривода сегментно-пальцевой косилки (стр. 63-66) диапазон приращения гидроподвижного шатуна принят от 10 мм до 20 мм без соответствующего обоснования.

4. В диссертации следовало бы оценить, какое влияние оказывает ширина зоны вылета гидрораздвижного шатуна (рис. 4.2, 4.3) и как она согласовывалась с моментами начала и конца резания?

5. Энергетические затраты сельскохозяйственного агрегата на базе модернизированной сегментно-пальцевой косилки КС-2,1 оценивались на примере мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 тонны (стр. 120-122), оценок энергозатрат для мобильных энергетических средств с меньшими тяговыми классами не приводится.

6. При проведении многофакторного эксперимента принимались факторы отражающие параметры режущего аппарата (давление масла, относительная скорость режущих элементов) и скорость движения агрегата (стр. 113), а целесообразно было бы включить еще фактор, отражающий свойства скашиваемой травы и потребляемую мощность на компрессор для поддержания необходимого давления воздуха в ресивере.

7. Не корректная расшифровка формулы (2.61, стр. 62). Величины с обозначениями b_n , Δb и m отсутствуют в формуле.

8. Не корректно указана формула (4.29, стр. 118) расчета сменной производительности кормоуборочного СХА, не указан переводной коэффициент, дающий размерность в га, и в результате на стр. 120 п. 4.7 при подстановке значений он также не учитывается.

9. Вывод на странице 116 (При решении системы уравнений минимальное значение удельного расхода топлива $G = 2,73$ кг/га получено при следующих значениях факторов: $P = 0,814$ МПа, $V_n = 2,9$ м/с, $V_m = 7,95$ км/ч.) противоречит результатам эксперимента, так как среднее значение критерия оптимизации (удельный расход топлива) в опыте № 11 $\bar{Y} = 1,63$ кг/га (стр. 115).

10. Желательно расчет технико-экономической эффективности от применения сегментно-пальцевой косилки с гидромеханическим приводом ножа (раздел 4.6) выполнять по методике, представленной в ГОСТ 34393–2018.

Указанные замечания вполне возможно вызваны организационными трудностями и ограниченностью времени на завершение данной работы соискателем.

8. Заключение

Диссертационная работа Миandroва Константина Анатольевича на тему «Повышение энергоэффективности сегментной косилки с изменяющейся длиной шатуна» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получено новое обоснованное техническое решение энергоэффективного гидромеханического привода сегментной косилки с изменяющейся длиной шатуна под действием генерирования колебаний давления масла в замкнутом контуре, внедрение которого вносит значительный вклад в развитие экономики страны. Содержание диссертации, логика проведенного исследования и полученные результаты соответствуют поставленной цели и Паспорту специальности 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Несмотря на отмеченные недостатки диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Миндров Константин Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Можно полагать, что во время защиты соискатель сможет ответить на сделанные замечания или устранить их в последующей работе.

Диссертация, автореферат и отзыв рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании отдела технологии и оборудование для зерновых, зернобобовых и масличных культур ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, протокол № 2 от «06» марта 2020 г.

Заведующий отделом технологии и оборудование для зерновых,
зернобобовых и масличных культур,

Главный научный сотрудник
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ»,

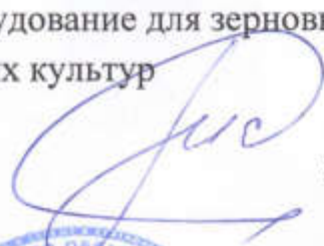
д-р техн. наук, проф.
05.20.01 (технические науки)



Эдуард Викторович Жалнин

Старший научный сотрудник
отдела технологии и оборудование для зерновых,
зернобобовых и масличных культур
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ»,

канд. техн. наук
05.20.01 (технические науки)



Михаил Евгеньевич Чаплыгин

*Подписи Жалнина Эдуарда Викторовича и Чаплыгина Михаила Евгеньевича
заверяю:*

Ученый секретарь,
д-р. техн. наук



Смирнов И.Г.

Адрес: 109428, Москва, ул. 1-й Институтский проезд, д. 5.
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ»)
Тел.: 8 (499) 171-19-33, 8 (499) 171-43-49
E-mail: vim@vim.ru
Сайт учреждения: <http://vim.ru>