

References

1. Burdejko, V. A. Mashina i rabochie organy dlya sbora koloradskogo zhuka / V. A. Burdejko, I. V. Duben' // Vestnik BarGu. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2018. – № 6. – S. 87-95.
2. Zayac, P. V. Analiz metodov bor'by s koloradskim zhukom pri vzdelyvanii ekologicheskoi chistogo kartofelya / P. V. Zayac // Agropanorama. – 2008. – № 6. – S. 35-38.
3. Medvedeva, A. Proizvodstvo i pererabotka kartofelya: chto pokazyvaet dinamika poslednih let / A. Medvedeva. – Tekst: elektronnyj // AgroXXI.ru: Agropromyshlennyj portal. - URL: <https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskohozjajstvennyh-tovarov/proizvodstvo-i-pererabotka-kartofelja-chto-pokazyvaet-dinamika-poslednih-let.html> (data obrashcheniya: 07.12.2020).
4. Patent 2733285. Rossijskaya Federaciya. A01M 5/04. Ustrojstvo dlya unichtozheniya koloradskih zhukov na posadkah kartofelya: 2020101590: zayavl. 16.01.2020: opubl. 01.10.2020 / A. I. Kuznecov, A. V. Taryshkin. – 6 s.
5. Patent 2120750. Rossijskaya Federaciya. A01M 1/00. Sposob zashchity kartofelya ot koloradskogo zhuka i drugih nasekomyh-vreditel'ej i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya: 96118444/13: zayavl. 11.09.1996: opubl. 27.10.1998 / S. M. Nadezhdin. – 4 s.
6. Patent 2649590. Rossijskaya Federaciya. A01B 79/02. Sposob posadki kartofelya: 2017102113: zayavl. 23.01.2017: opubl. 04.04.2018 / V. P. Topilin. – 8 s.
7. Pleshkova, YU. A. Povyshenie effektivnosti processa peredachi opticheskoi informacii nasekomym s primeneniem metoda vneshnej fil'tracii / YU. A. Pleshkova, A. M. Lihter // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. — 2012. — № 3. — S. 62-71.
8. Rodionov, L. A. Mobil'naya SVCH-ustanovka dlya bor'by s koloradskim zhukom / L. A. Rodionov, S. S. Nugmanov // Materialy 64-j studencheskoj nauchno-prakticheskoi konferencii inzhenernogo fakul'teta FGBOU VO «Samsarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet»: sbornik statej. – Kinel': RIO SamGAU, 2019. – C. 118-124.
9. Savel'eva, E. N. Obosnovanie primeneniya elektromagnitnogo izlucheniya v zashchite kartofelya ot koloradskogo zhuka: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoi stepeni kandidata biologicheskikh nauk / E. N. Savel'eva. – Kinel', 2010. – C.19.
10. Tradicionnaya selekciya – ekologichnyj metod resheniya problemy zashchity kartofelya ot koloradskogo zhuka / I. S. Mardanshin, R. I. Ibragimov, Umarov I. A. [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2010. – № 01. – S. 22-24.
11. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat): oficial'nyj sajt. – Moskva. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (data obrashcheniya 15.12.2020). – Tekst: elektronnyj.
12. Federal'naya sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru (Rossel'hoznadzor): oficial'nyj sajt. – Moskva. - URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/press/656306.html> (data obrashcheniya 07.12.2020). – Tekst: elektronnyj.
13. Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives / Martina Kadoic Balaško, Katarina M. Mikac, Renata Bažokand [et. al.] // Insects. – 2020. – N 1. – P. 581.

Information about the author

Zotikov Artemy Sergeevich, postgraduate student of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428000, Cheboksary, st. K. Marx, 29.

УДК 629.113

РАБОТА КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ СО ВСТРОЕННЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ

Ю. Ф. Казаков, В. С. Павлов, В. П. Мазяров, А. Г. Юрнов, Н. Е. Лавренов

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлены результаты системного анализа работы колесного движителя со встроенным колесным дифференциалом. Новизной разработанного колеса мобильного энергетического средства (МЭС) является отделение точки приложения вертикальной нагрузки и продольной толкающей силы от геометрической оси вращения колеса. Встроенный колесный планетарный редуктор, по сути, является дифференциалом – бесступенчатым механическим трансформатором крутящего момента. Принципиальная особенность редуктора заключается в том, что вал одного из сателлитов является ведущим и несущим. К конструкционным особенностям также относятся отсутствие солнечной шестерни, наличие центрирующего диска. В результате анализа были установлены особенности входных и выходных элементов, имеющих реальные связи друг с другом, процессов формирования движущего момента на колесе, элементов системы. Также был обоснован набор переменных, характеризующих состояние системы, и показатели, определяющие ее поведение – определенную последовательность состояний во времени. Были разработаны методы и способы целенаправленного изменения внешних воздействий на систему и представлен анализ

реакции системы на выходе. К конструкционным методам относятся следующие: управление точкой приложения к колесу внешней нагрузки и ведущего (тормозного) момента; использование неполнокруглых колесных движителей с переменным диаметром, с шириной и высотой профиля шины по периметру обода. К эксплуатационным способам изменения ведущего момента относятся регулирование давления в шинах, управление величиной и распределением сцепного веса, применение съемных грунтозацепов, монтируемых на шине в плоскости вращения колеса, а также вне этой плоскости, выбор рационального передаточного отношения трансмиссии МЭС с колесным дифференциалом.

Ключевые слова: колесный движитель, опорная поверхность, внешние нагрузки, работа колеса как системный процесс, входные и выходные элементы.

Введение. Колесный движитель часто используется на транспортных и транспортно-технологических средствах, в том числе, предназначенных для работы на грунтах с невысокой несущей способностью. Этому способствует их широкий типоразмерный ряд, универсальность, малая стоимость по сравнению с гусеничными движителями [3]. Эксплуатационные показатели использования пахотных машино-тракторных агрегатов, разгон которых осуществляется на рабочей передаче, зависят от режимов работы в этот период [5], [10]. На кафедре транспортно-технологических машин и комплексов Чувашского ГАУ были разработаны колесные движители, применение которых приводит к тому, что транспортные средства осуществляют двухэтапный разгон, сопровождающейся плавным нарастанием нагрузки на двигатель [4], [12], [14]. Целью исследования является установление факторов, влияющих на процесс взаимодействия модернизированного колеса с опорной поверхностью, и выявление характера этого влияния. Объект исследования – колесный движитель со встроенным дифференциалом – колесным трансформатором крутящего момента. Предмет исследования – процесс взаимодействия модернизированного колеса с опорной поверхностью.

Материалы и методы исследования. Разгон мобильного энергетического средства (МЭС), оснащенного колесным дифференциалом, происходит в два этапа [4], [12]. В колесном трансформаторе крутящего момента сателлит 2 радиусом r_1 является ведущим и несущим, к нему приложена сила тяжести Q , продольная сила P_T (рисунок 1). Вал 3 редуктора-дифференциала 1 опирается на подшипники 4 центрирующего диска 5 радиусом r . Небольшой крутящий момент вращает ведущий сателлит по эпициклической шестерне, при этом изменяются координаты точки приложения внешней нагрузки L по горизонтали и H по вертикали. Это первая фаза разгона МЭС, она проходит при неподвижном колесе. За счет силы P_T и абсциссы, изменяющейся в пределах $0...L_2$, формируется кантующий момент переменной величины. Образуется также переменный рычажный момент за счет вертикальной нагрузки Q и ординаты, изменяющейся в диапазоне $H_1...H_3$. Когда сумма кантующего и рычажного моментов и ведущего момента превысит момент сопротивления перекачиванию колеса, эпициклическая шестерня (ЭШ) начинает движение, планетарный редуктор переходит в режим дифференциальной передачи, начинается вторая фаза разгона МЭС.

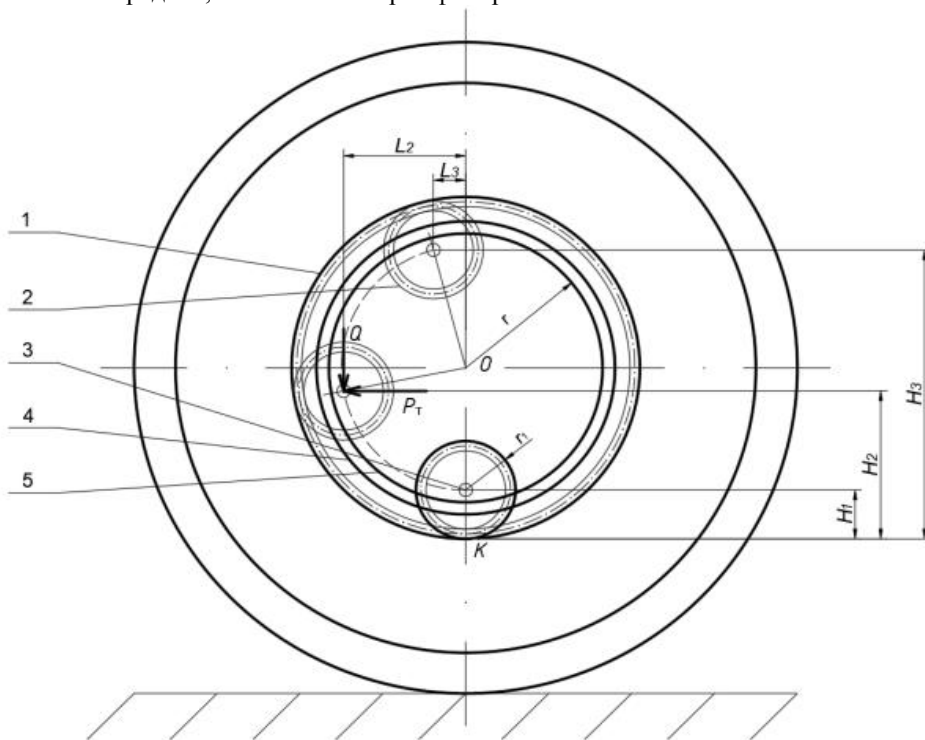


Рис. 1. Схема колеса с планетарным редуктором – дифференциалом

С помощью системно-структурного анализа процесса взаимодействия колесного движителя со встроенным дифференциалом с опорной поверхностью было установлено, что при работе колеса одновременно происходят взаимообусловленные процессы.

Были решены следующие задачи:

- установлены элементы, имеющие реальные связи друг с другом (в частности, элементами системы могут выступать процессы);
- обоснован набор переменных, характеризующих состояние системы;
- установлены показатели, определяющие поведение системы, – определенную последовательность ее состояний во времени;
- выявлены методы и способы целенаправленного изменения внешних воздействий на систему, проанализированы реакции системы на выходе.

Результаты исследований и их обсуждение. Процесс взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью (дорогой, поверхностью поля) должен соответствовать различным требованиям: эксплуатационным, экологическим, безопасности движения, а также обусловленной характеристиками трансмиссии и двигателя МЭС. В связи с этим появляется необходимость проанализировать как энергетическую, так и технологическую подсистемы процесса работы колеса (рис. 2).

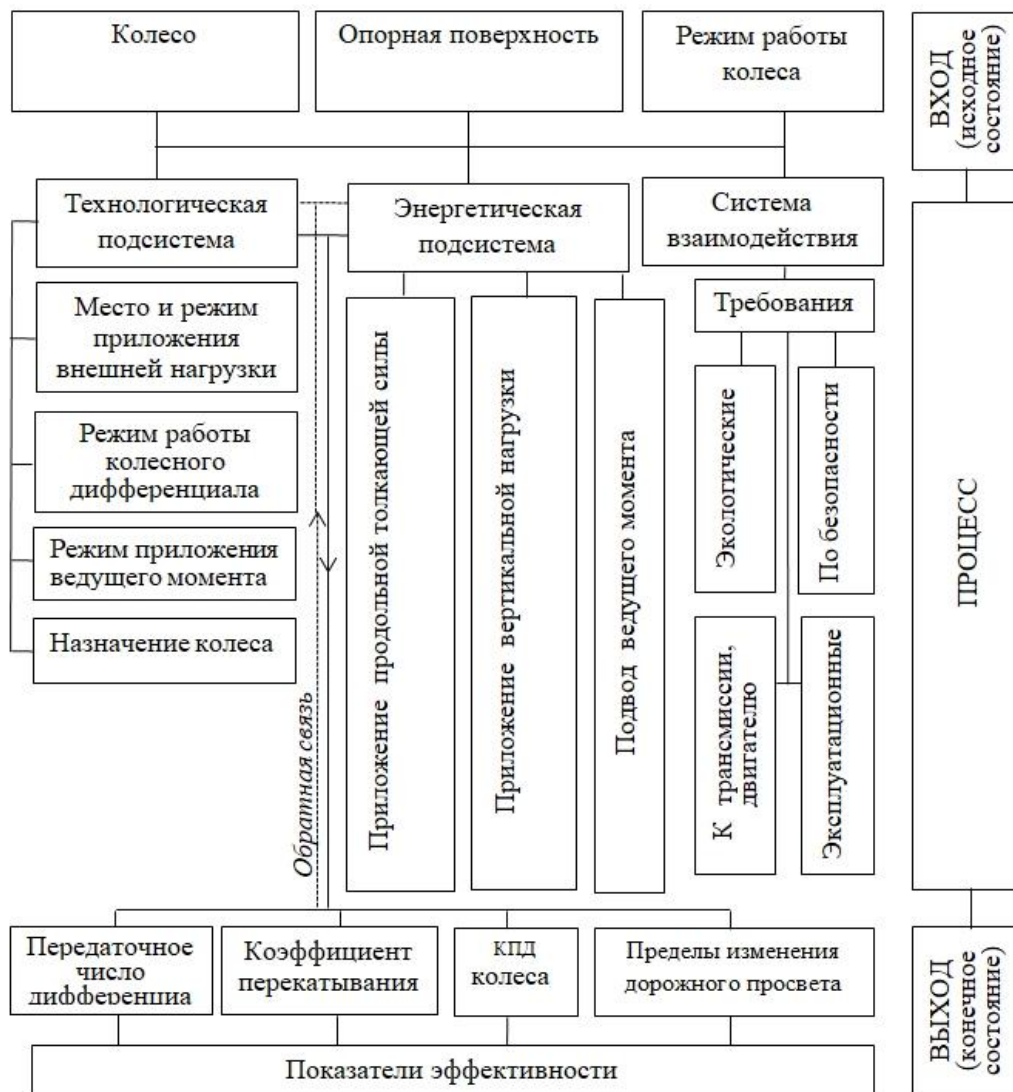


Рис. 2. Представление работы колеса со встроенным дифференциалом как системного процесса

Основными составляющими работы колеса как системного процесса, одновременно являющимися элементами энергетической и технологической подсистем, являются колесо, опорная поверхность, режим нагружения (рис. 3).

К параметрам колеса как входного элемента системы относятся:

- диаметр колеса, который в зависимости от задач анализа может быть представлен конструкционным, кинематическим, динамическим, свободным;

– ширина шины и высота ее профиля, соотношение между ними; конструкция шины (радиальная, диагональная) и давление в ней (постоянное или регулируемое) и т.д.;

– жесткость колеса, его форма: недеформируемая (круглая, неполнокруглая, эллипсная или иной формы) или деформируемая.

Параметры опорной поверхности как входного элемента системы: деформируемая или недеформируемая поверхность; коэффициент объемного смятия; модуль сдвига; коэффициент трения; реологические параметры деформируемой опорной поверхности.

К параметрам режима нагружения, отражающим особенности взаимодействия колеса с опорной поверхностью, относятся точка приложения (центральная или эксцентричная) ведущего момента, внешних сил (продольной толкающей силы и вертикальной нагрузки), кинематический режим работы.

Работа колеса как системного процесса характеризуется также выходными элементами, их параметрами и показателями.

Эффективность системы «колесо – опорная поверхность» оценивается параметрами на выходе. К ним относятся проходимость (геометрическая, профильная), дорожный просвет, транспортирующая способность – отношение вертикальной нагрузки к тяговому сопротивлению, относительная величина преодолеваемого дорожного препятствия (высоты порога, ширины канавы) и др. [14].

Показателями системы на выходе являются касательная сила, развиваемая колесом, движущий момент на колесе, момент сопротивления движению колеса, коэффициент полезного действия колеса. Характер обратной связи выходных показателей с подсистемами зависит, прежде всего, от назначения колеса (ведущий, ведомый, опорный – периодически подключаемый), от кинематики точки приложения внешних нагрузок и моментов (ведущего, торможения, сопротивления), их модуля и направления, режима приложения. На рисунке 3 представлена схема взаимосвязей в работе колеса, оснащенного механическим трансформатором крутящего момента.

Расширение перечня конструктивных и эксплуатационных методов и путей приспособления колесного движителя к изменяющимся дорожным условиям связано с изменением характера движения колеса с дифференциалом по опорной поверхности.

К конструктивным методам относится также и управление точкой приложения к колесу внешней нагрузки и ведущего (тормозного) момента. Их точка приложения, как правило, постоянная – к центру колеса. Появляется возможность, сохранив приложение силы тяжести колеса со встроенным дифференциалом к его центру, также приложить эксцентрично силу тяжести транспортируемого груза и продольную толкающую силу.

К конструктивным методам относится и управление точкой приложения к колесу внешней нагрузки и ведущего или тормозного момента. Это достигается введением несущего ведущего сателлита планетарного редуктора, положение которого во время работы автоматически изменяется. Как следствие, при использовании движителей, оснащенных колесным дифференциалом, появляется возможность управлять коэффициентом перекачивания колеса при неизменных свойствах опорной поверхности [12], [13], [14].

К конструктивным способам управления величиной ведущего момента колеса относится также изменение параметров колеса по периметру обода: диаметра, ширины и высоты профиля шины. В неполнокруглых колесных движителях, разработанных в Чувашском ГАУ, происходит периодическое изменение этих параметров за счет выемок, выполненных равномерно по периметру шины [9], [10]. Совмещение функций колесного движителя и почвообрабатывающего рабочего органа является оптимальным конструктивным и эксплуатационным методом, повышающим эффективность его использования [1], [7].

К эксплуатационным способам управления выходными показателями работы колеса являются следующие: регулирование давления в шинах [11], [15], управление величиной сцепной массы и ее распределением [7], [11], применение съемных грунтозацепов, монтируемых на шине в плоскости вращения колеса, а также вне этой плоскости [3], [8], [10], выбор рационального передаточного отношения трансмиссии МЭС с колесным дифференциалом [2], [6], [15].

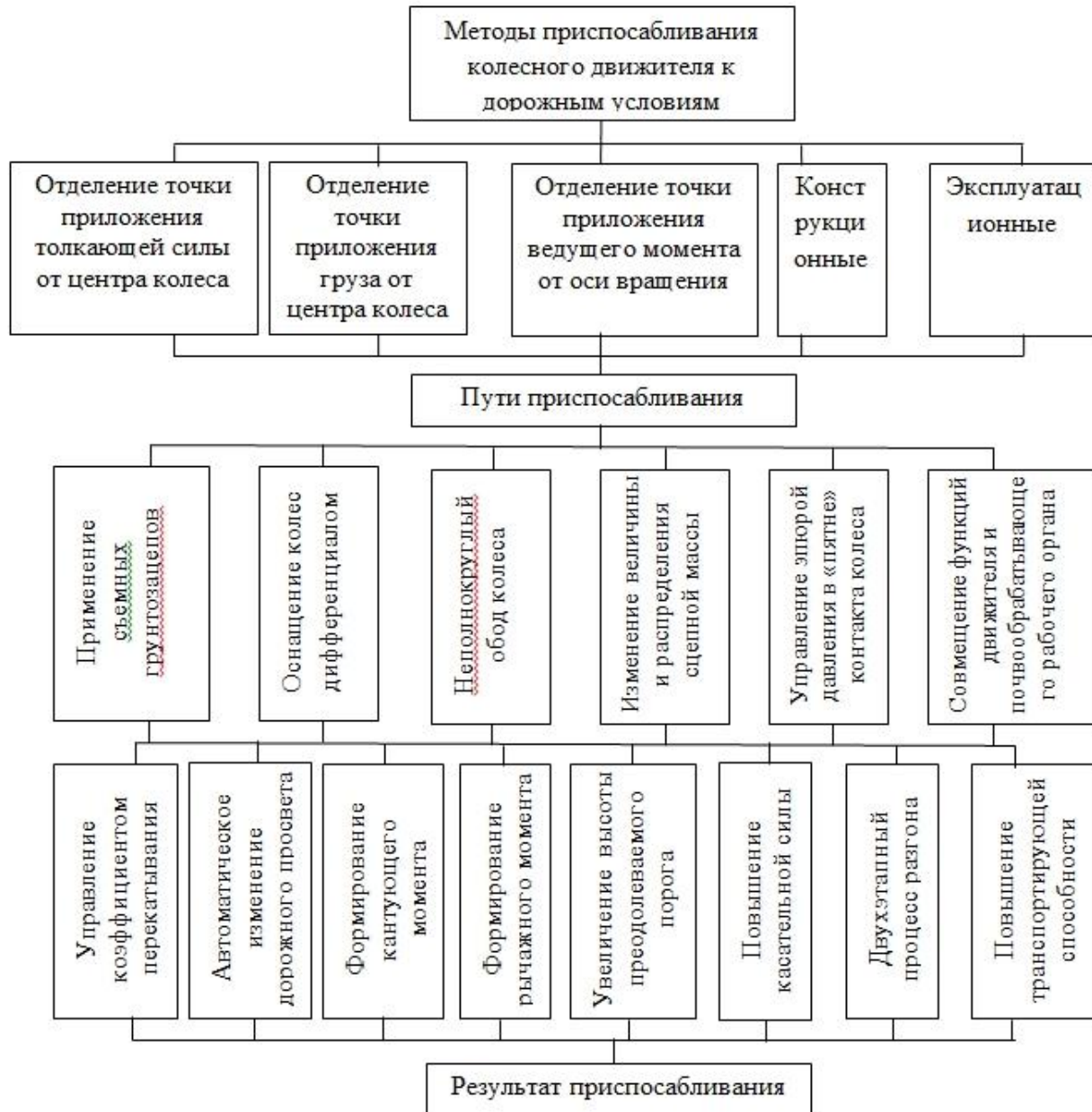


Рис. 3. Схема взаимосвязей в процессе приспособливания колесного движителя к дорожным условиям

Выводы. Были выявлены пути и способы целенаправленного изменения внешних воздействий на систему «колесо – опорная поверхность», установлены подсистемы (технологическая и энергетическая), максимально обеспечивающие соответствие требованиям, предъявляемым к работе колесного движителя со встроенным дифференциалом, обоснованы его выходные параметры и их основные показатели. Задачей дальнейших исследований является определение границ изменения переменных, которые обеспечивают достижение рациональных значений выходных показателей, установление степени взаимодействия технологической и энергетической подсистем.

Литература

1. Акимов, А. П. Работа колес: монография / А.П. Акимов, В.И. Медведев, В.В. Чегулов. – Чебоксары: ЧПИ МГОУ, 2011. – 168 с.
2. Антонов, А. С. Силовые передачи колесных и гусеничных машин. Теория и расчет / А.С. Антонов – Ленинград: Машиностроение, 1975. – 480 с.
3. Батманов, В. Н. Повышение эффективности работы тракторов класса 1,4 при использовании неполнокруглых движителей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. Н. Батманов. – Чебоксары, 2006. – 132 с.

4. Ильин, В. В. Обоснование параметров физических величин и режимов работы механического трансформатора крутящего момента / В. В. Ильин // Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию инженерного факультета: сборник научных трудов. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – С. 116-120.
5. Исследование процесса буксования сельскохозяйственных тракторов: монография / А. А. Лопарев, К. В. Новиков, А. М. Венглинский [и др.]. – Киров: Радуга-пресс, 2014. – 263 с.
6. Ксенович, И. П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов / И. П. Ксенович, В. П. Тарасик. – Москва: Машиностроение, 1979. – 640 с.
7. Марков, Д. А. К вопросу управления сцепной массой колесного трактора и ее распределением / Д. А. Марков, Д. Н. Логунов, Ю. Ф. Казаков // Молодежь и инновации: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2019. – С. 375-377.
8. Махмутов, М. М. Повышение функциональных качеств колесных движителей со съёмными зацепами: монография / М. М. Махмутов. – Казань: Издательство Казанского университета, 2006. – 160 с.
9. Медведев, В. И. Динамическая характеристика работы неполнокруглых ведущих колес / В. И. Медведев // Совершенствование конструкции, теории и расчета тракторов, автомобилей и двигателей внутреннего сгорания: межведомственный сборник научных трудов юбилейной XV региональной научно-практической конференции вузов Поволжья и Предуралья. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. – С. 179-184.
10. Медведев, В. И. Энергетика машинных агрегатов с рабочими органами-двигателями: монография / В. И. Медведев. – Чебоксары: Чувашское книжное издательство, 1972. – 180 с.
11. Медведев, В. И. Эффективность неполнокруглых тракторных пневмошин на поверхностях с малой несущей способностью и беспокойным микрорельефом / В. И. Медведев, А. П. Акимов, В. Н. Батманов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 5. – С. 32-34.
12. Обоснование концепции совершенствования движителей колесных тракторов / Ю. Ф. Казаков, В. Н. Батманов, К. С. Казаков [и др.] // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова. В 2 частях. Часть 2. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 247-252.
13. Скворцов, М. Как устроены велосипеды без спиц / М. Скворцов. – Текст: электронный // Velofans.ru [сайт]. – URL: <https://velofans.ru/vibor/kak-ustroeny-velosipedy-bez-spic> (дата обращения: 11.06.2020).
14. Работа колесного дифференциала при разгоне мобильного энергетического средства / Ю. Ф. Казаков, А. Г. Юрнов, Д. А. Юнусов [и др.] // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова. В 2 частях. Часть 2. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2020. – С. 253-257.
15. Charles, S. Effects of ballast and inflation pressure on tractor tire performance / S. Charles // Agr. Eng. – 1984. – N 2. – P. 65.

Сведения об авторах

1. **Казаков Юрий Федорович**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: ura.kazakov@mail.ru, тел. 8-903-359-66-75;
2. **Павлов Владимир Степанович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: pvstolikovo@mail.ru, тел. 8-927-862-30-04;
3. **Мазяров Владимир Порфирьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: mazyarov@polytech21.ru, тел. 8-906-380-44-54;
4. **Юрнов Александр Георгиевич**, магистрант, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; тел. 8-905-344-43-19;
5. **Лавренов Николай Евгеньевич**, магистрант, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: n.lavr.lavrenov@yandex.ru; тел. 8-937-015-70-60.

WHEEL DRIVE OPERATION WITH INTEGRATED DIFFERENTIAL

Yu. F. Kazakov, V. S. Pavlov, V. P. Mazyarov, A. G. Yurnov, N. E. Lavrenov
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. The article presents the results of a system analysis of the operation of a wheel motor with a wheel integrated differential. The novelty of the developed wheel of a mobile power plant (MPP) is the separation of the point of application of the vertical load and longitudinal pushing force from the geometric axis of rotation of the wheel. The integrated wheel planetary gearbox is essentially a differential - a continuously variable mechanical torque transformer. The fundamental feature of the gearbox is that the shaft of one of the satellites is the driving and carrying one. The design features also include the absence of a sun gear, the presence of a centering disc. As a result of the analysis, the features of the input and output elements that have real connections with each other, the processes of the formation of the driving moment on the wheel, the elements of the system were established. Also, a set of variables characterizing the state of the system, and indicators that determine its behavior - a certain sequence of states in time were justified. Methods and methods of purposeful change of external influences on the system were developed and an analysis of the system's response at the output was presented. Structural methods include the following: control of the point of application of external load and driving (braking) torque to the wheel; the use of non-full-round wheel propellers with variable diameter, with the width and height of the tire profile along the rim perimeter. The operational methods of changing the driving moment include the regulation of tire pressure, control of the value and distribution of the adhesion weight, the use of removable lugs mounted on the tire in the plane of rotation of the wheel, as well as outside this plane, the choice of a rational gear ratio of the MPP transmission with a wheel differential.

Key words: wheel drive, support surface, external loads, wheel operation as a system process, input and output elements.

Литература

1. Akimov, A. P. Rabota koles: monografiya / A.P. Akimov, V.I. Medvedev, V.V. Chegulov. – CHEboksary: CHPI MGOU, 2011. – 168 s.
2. Antonov, A. S. Silovye peredachi kolesnyh i gusenichnyh mashin. Teoriya i raschet / A.S. Antonov – Leningrad: Mashinostroenie, 1975. – 480 s.
3. Batmanov, V. N. Povyshenie effektivnosti raboty traktorov klassa 1,4 pri ispol'zovanii nepolnokruglyh dvizhitelej: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / V. N. Batmanov. – CHEboksary, 2006. – 132 s.
4. Il'in, V. V. Obosnovanie parametrov fizicheskikh velichin i rezhimov raboty mekhanicheskogo transformatora krutyashchego momenta / V. V. Il'in // Povyshenie effektivnosti mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu inzhenernogo fakul'teta: sbornik nauchnyh trudov. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2011. – S. 116-120.
5. Issledovanie processa buksovaniya sel'skohozyajstvennyh traktorov: monografiya / A. A. Loparev, K. V. Novikov, A. M. Venglinskij [i dr.]. – Kirov: Raduga-press, 2014. – 263 s.
6. Ksenevich, I. P. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya stupenchatymi transmissiyami traktorov / I. P. Ksenevich, V. P. Tarasik. – Moskva: Mashinostroenie, 1979. – 640 s.
7. Markov, D. A. K voprosu upravleniya scepnoj massoj kolesnogo traktora i ee raspredeleniem / D. A. Markov, D. N. Logunov, YU. F. Kazakov // Molodezh' i innovacii: materialy XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh, aspirantov i studentov. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2019. – S. 375-377.
8. Mahmutov, M. M. Povyshenie funkcional'nyh kachestv kolesnyh dvizhitelej so s"emnymi zacepami: monografiya / M. M. Mahmutov. – Kazan': Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 2006. – 160 s.
9. Medvedev, V. I. Dinamicheskaya harakteristika raboty nepolnokruglyh vedushchih koles / V. I. Medvedev // Sovershenstvovanie konstrukcii, teorii i rascheta traktorov, avtomobilej i dvigatelej vnutrennego sgoraniya: mezhdvedomstvennyj sbornik nauchnyh trudov yubilejnoj XV regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii vuzov Povolzh'ya i Predural'ya. – Kirov: Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2004. – S. 179-184.
10. Medvedev, V. I. Energetika mashinnyh agregatov s rabochimi organami-dvizhiteleyami: monografiya / V. I. Medvedev. – CHEboksary: CHuvashskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972. – 180 s.
11. Medvedev, V. I. Effektivnost' nepolnokruglyh traktornyh pnevmoshin na poverhnostyah s maloj nesushchej sposobnost'yu i nespokoynym mikrorel'efom / V. I. Medvedev, A. P. Akimov, V. N. Batmanov // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. – 2005. – № 5. – S. 32-34.
12. Obosnovanie koncepcii sovershenstvovaniya dvizhitelej kolesnyh traktorov / YU. F. Kazakov, V. N. Batmanov, K. S. Kazakov [i dr.] // Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo deyatelya nauki Rossijskoj Federacii, CHuvashskoj ASSR, Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya Rossijskoj Federacii, doktora sel'skohozyajstvennyh nauk, professora Aleksandra Ivanovicha Kuznecova. V 2 chastyah. CHast' 2. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2020. – S. 247-252.

13. Skvorcov, M. Kak ustroeny velosipedy bez spic / M. Skvorcov. – Tekst: elektronnyj // Velofans.ru [sajt]. – URL: <https://velofans.ru/vibor/kak-ustroeny-velosipedy-bez-spic> (data obrashcheniya: 11.06.2020).

14. Rabota kolesnogo differenciala pri razgone mobil'nogo energeticheskogo sredstva / YU. F. Kazakov, A. G. YUrnov, D. A. YUnusov [i dr.] // Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo deyatelya nauki Rossijskoj Federacii, CHuvashskoj ASSR, Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya Rossijskoj Federacii, doktora sel'skohozyajstvennyh nauk, professora Aleksandra Ivanovicha Kuznecova. V 2 chastyah. CHast'. 2. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2020. – S. 253-257.

15. Charles, S. Effects of ballast and inflation pressure on tractor tire performance / S. Charles // Agr. Eng. – 1984. – N 2. – P. 65.

Information about authors

1. **Kazakov Yuri Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: ura.kazakov@mail.ru, tel. 8-903-359-66-75;

2. **Pavlov Vladimir Stepanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: pvstolikovo@mail.ru, tel. 8-927-862-30-04;

3. **Mazyarov Vladimir Porfirievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: mazyarov@polytech21.ru, tel. 8-906-380-44-54;

4. **Yurnov Alexander Georgievich**, Master's student, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; tel. 8-905-344-43-19;

5. **Lavrenov Nikolay Evgenievich**, Master's student, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: n.lavr.lavrenov@yandex.ru; Tel. 8-937-015-70-60.

УДК 631.171

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ХМЕЛЯ

А. В. Коротков, П. А. Смирнов, Н. Н. Пушкаренко
Чувашский государственный аграрный университет
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. Авторами была разработана принципиально новая технология возделывания хмеля с механизацией трудоемких процессов, спроектированы и изготовлены опытные образцы хмелемашин: снегопах, двухрядного посадчика хмеля, бороновальных агрегатов шириной в 3,0 м и 6,0 м, трансформируемого окучника-разокучника, хмелесушилки для мелкотоварного производства. Они прошли испытания в полевых условиях и были внедрены на хмелеводческих предприятиях Чувашской Республики. Созданные новые технология и машины позволяют перейти на другой уровень возделывания хмеля: минимизировать ручной труд при выполнении операций и сэкономить средства.

Закладка рядов по новой схеме была применена при восстановлении хмельников в Мариинско-Посадском районе, ресурсосберегающая технология – в учебном научно-практическом центре «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашского ГАУ и на некоторых хмелеводческих предприятиях Чувашской Республики. Механизированная посадка стеблевых черенков в питомниках снижает трудозатраты до 112 чел./час. Химическая дефолиация десикантом «Суховой» после первой заводки хмеля на поддержке способствует снижению затрат до 128 чел./час на 1 га. При закладке новых насаждений хмеля с помощью посадчика производительность увеличивается до 2,9 га за смену по сравнению с ручной посадкой. Производительность хмелесушилки составляет 25-30 кг/час, сушка осуществляется конвекционным способом, источником энергии является природный газ. Развитие производства в этом направлении позволит осуществлять мероприятия по импортозамещению в области хмелеводства, развивать применение отечественных технологий и средств механизации, использовать технологию глубокой переработки хмеля, не уступающую зарубежным аналогам.

Ключевые слова: хмелеводство, посадка стеблевых и корневищных черенков хмеля, закладка новых насаждений, окучивание и разокучивание хмеля, хмелесушилка, техническое перевооружение, технология.

Введение. Увеличение объемов производства товарного хмеля требует технического перевооружения отрасли на основе внедрения современных инновационных технологий и машин, необходимых при возделывании и первичной переработке хмеля [9]. Предлагаемая технология предполагает осуществление