

УДК 631.312.3

UDC 631.312.3

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЁСНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА С ВЕСОРАСПРЕДЕЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

CALCULATION OF THE LATERAL STABILITY PARAMETERS OF A WHEELED TRACTOR UNIT WITH A WEIGHT DISTRIBUTION DEVICE

Соколов Максим Сергеевич
аспирант

РИНЦ SPIN-код: 5254-5217

email: Sokolmaxs@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Sokolov Maxim Sergeevich
graduate student

RSCI SPIN-code: 5254-5217

email: Sokolmaxs@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Сенников Вячеслав Анатольевич

к-т. тех. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 5904-6790

email: sennikovva@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Sennikov Vyacheslav Anatolyevich

Candidate of technical sciences, docent

RSCI SPIN-code: 5904-6790

email: sennikovva@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Сурин Роман Олегович

аспирант

РИНЦ SPIN-код: 4783-9527

email: roman_surin81.81@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Surin Roman Olegovich

student

RSCI SPIN-code: 4783-9527

email: roman_surin81.81@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Михайлов Андрей Валентинович

аспирант

РИНЦ SPIN-код: 2055-9931

email: Razvedka6@gmail.com

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Mikhailov Andrey Valentinovich

student

RSCI SPIN-code: 2055-9931

email: Razvedka6@gmail.com

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Якименко Андрей Владимирович

к-т. тех. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 4527-4055

email: avsata@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Yakimenko Andrey Vladimirovich

Candidate of technical sciences, docent

RSCI SPIN-code: 4527-4055

email: avsata@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Кузнецов Евгений Евгеньевич

д-р. техн. наук, профессор

РИНЦ SPIN-код: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Kuznetsov Evgeny Evgenievich

Doctor of technical sciences, Professor

RSCI SPIN-code: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

В современных условиях, наряду с обязательной

In modern conditions, along with the mandatory

диверсификацией производства в целях достижения продовольственной безопасности и технологического суверенитета, агропромышленное производство сталкивается с такой фактором, как недостаточность средств механизации в необходимых классах техники. В связи с чем, организации принимают ответственные решения по необходимой модернизации серийных образцов машинно-тракторных и тракторно-транспортных агрегатов, адаптируя их собственными силами к нуждам непосредственных производителей и условиям использования. В работе предложена конструкция нового весораспределяющего устройства для МТА, которое может быть применено для расширения эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата, используемого с навесным почвообрабатывающим орудием, а также приведён расчёт угла поперечной и статической устойчивости экспериментального агрегата

Ключевые слова: КОЛЁСНЫЙ ТРАКТОР, НАВЕСНОЕ ОРУДИЕ, ВЕСОРАСПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-208-014>

diversification of production in order to achieve food security and technological sovereignty, agro-industrial production is faced with such a factor as insufficient means of mechanization in the necessary classes of equipment. In this regard, organizations make responsible decisions on the necessary modernization of serial samples of machine-tractor and tractor-transport units, adapting them on their own to the needs of direct manufacturers and conditions of use. The article proposes a design of a weight distribution device for an MTA designed to improve the operational characteristics of an MTA with a mounted agricultural implement, in particular, to improve the parameters of longitudinal stability during transportation in mountainous, hilly and rough terrain, and calculates the angle of transverse and static stability of the experimental unit

Keywords: WHEELED TRACTOR, MOUNTED IMPLEMENT, WEIGHT DISTRIBUTION DEVICE, LATERAL STABILITY, EFFICIENCY

Введение.

Стабильность технологических процессов в растениеводстве базируется на высоком уровне насыщенности сельскохозяйственных предприятий средствами производства, устойчивом финансировании и параметральности основных средств механизации [1,3]. Однако в современных условиях, наряду с обязательной диверсификацией производства в целях достижения продовольственной безопасности и технологического суверенитета [2,13], агропромышленное производство сталкивается с такой фактором, как недостаточность средств механизации в необходимых классах техники [11,12].

В связи с чем организации принимают ответственные решения по необходимой модернизации серийных образцов машинно-тракторных и тракторно-транспортных агрегатов [4,6], адаптируя их собственными силами к нуждам непосредственных производителей и условиям

<http://ej.kubagro.ru/2025/04/pdf/14.pdf>

использования [8,10]. Одним из образцов успешной производственной модернизации, проведённой совместно специалистами ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ и КФХ «Жуковин С.А.» Благовещенского района Амурской области является весораспределительное устройство по патенту РФ на изобретение № 2823307 [5], предназначенное для повышения мобильности, скоростных характеристик, устранения явления увода трактора при проведении пахоты, улучшения параметров продольной, курсовой и поперечной устойчивости при транспортировке навесного орудия в условиях гористой, холмистой и пересечённой местности (рис. 1).



Рис. 1. Весораспределяющее устройство, установленное на плуг ПЛН 3-35 (положение транспортировки)

Эксплуатация опытного устройства в КФХ «Жуковин С.А.» Благовещенского района Амурской области показала его высокую эффективность при транспортном движении и полевой обработке мелкоконтурных полей, расположенных в холмистых рельефах местности.

Учитывая, что для формирования производственных рекомендаций для использования предлагаемого устройства при его масштабном внедрении в технологию растениеводства необходимо проведение специальных расчётов [9] целью исследования обозначено рассмотрение граничных параметров агрегата, к которым можно отнести условия поперечной устойчивости и предельный угол статической устойчивости для экспериментального агрегата с весораспределяющим устройством и серийного машинно-тракторного агрегата при транспортном положении сельскохозяйственного орудия.

Материалы и методы.

Исследованиями авторов [4,6,11] доказано, что условие поперечного опрокидывания представляет собой выражение

$$tg\beta = \frac{B}{2h},$$

Где β – угол бокового наклона дороги (поверхности движения), град, B – ширина колеи, м, h – высота центра тяжести, м.

Также надо принимать во внимание, что при $\frac{B}{2h} > \varphi'$

Где φ' – коэффициент сцепления ходовых частей с почвой при сползании агрегата в поперечном направлении, скольжение агрегата наступит раньше опрокидывания, а при $\frac{B}{2h} < \varphi'$ опрокидывание раньше скольжения.

Учитывая, что одним из технических эффектов предлагаемой конструкции является её неограниченное использование на полях с переменным рельефом необходим расчёт параметров её поперечной устойчивости. В связи с чем рассмотрим параметры поперечной устойчивости машинно-тракторного агрегата с весораспределяющим устройством и определим условие статического равновесия МТА относительно оси B_3 - B_4 для неполноприводного трактора.

Коэффициент поперечной устойчивости против бокового скольжения $K_{\text{пут}}$ задней оси трактора предлагается определять по ранее преобразованной формуле, учитывающей геометрические и силовые показатели агрегата [7,11]

$$K_{\text{пут}} = \sqrt{\varphi'^2 \left(1 + \gamma \frac{C}{a}\right)^2 - \frac{(\gamma \frac{L}{a})^2}{1 + (\frac{2\varphi' C}{B})^2}}, \quad (1)$$

Где γ – коэффициент тягового усилия, равный отношению суммарного тягового усилия на колёсах к весу, приходящемуся на ведущую ось, a – расстояние по горизонтали от центра тяжести до передней оси трактора, м, L – продольная база трактора, м.

Для нашего случая изменяются все известные показатели формулы, за исключением B .

Определим условие статического равновесия МТА-предельный угол статической устойчивости агрегата относительно оси V_3 - V_4 для неполноприводного трактора МТЗ-80. В расчёте используем формулу, адаптированную для рассматриваемого агрегата [7,11]

$$\text{tg} \beta_{\text{lim}} = \frac{Gb - \frac{G_M e c}{d+e}}{Gc + G_M H - G_M c \left(\frac{H-h}{d+e}\right)}. \quad (2)$$

для экспериментального МТА

$$G_M = G_{\text{пл}} + G_{\text{км}}. \quad (3)$$

Где $G_{\text{пл}}$ – вес навесного орудия (плуга), Н, $G_{\text{км}}$ – вес колёсного модуля, Н.

Результаты и обсуждение

Подставление полученных значений позволило получить показатели коэффициента поперечной устойчивости при $B = 1,97$ м.:

для трактора МТЗ-80- 0,81, для трактора МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35- 0,72, для трактора МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35 и весораспределяющим устройством- 0, 89. Полученные

значения исследуемых показателей представлены в виде диаграммы на рис. 4. Анализ полученных параметров показывает, что МТА с предложенным весораспределяющим устройством обладает коэффициентом поперечной устойчивости на 23 % большим, чем МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35.

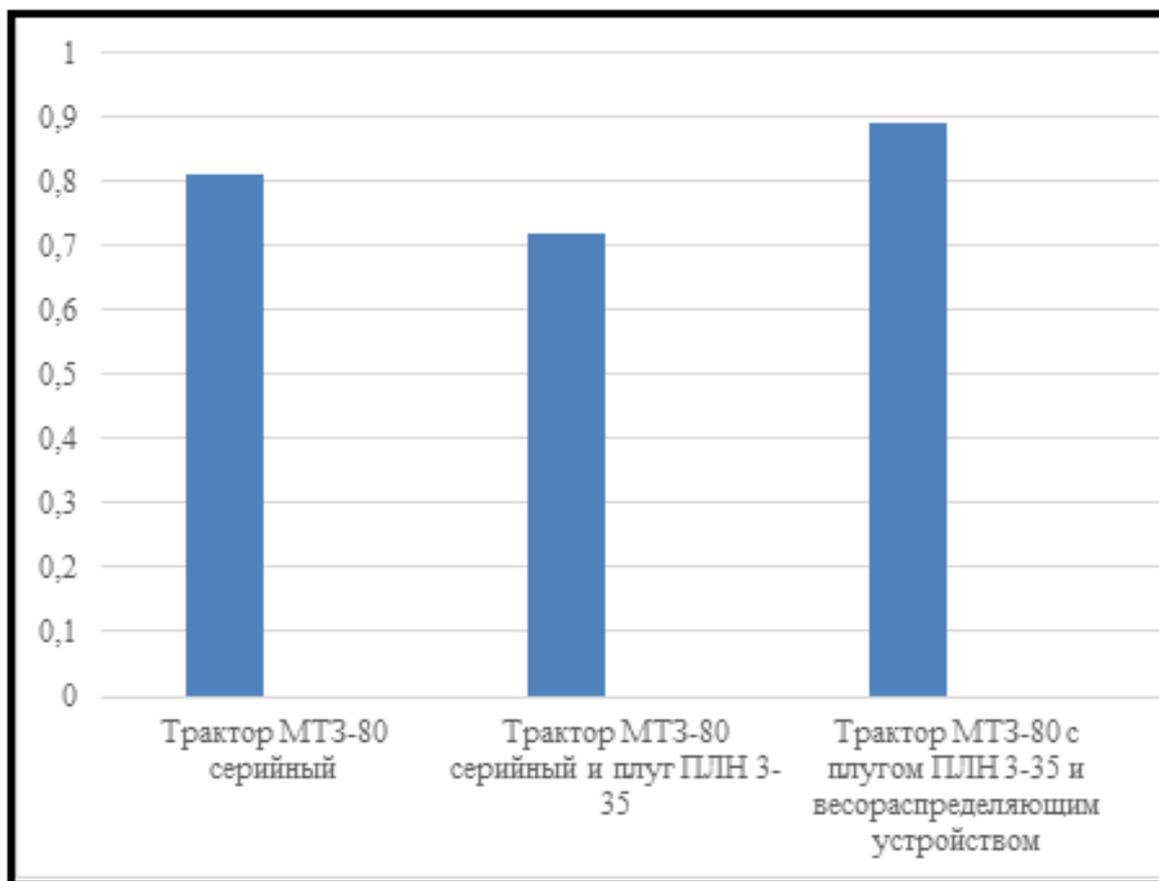


Рис. 4. Расчётные значения показателей поперечной устойчивости

Методом подставления в формулу геометрических и силовых показателей агрегатов получены значения угла поперечной статической устойчивости для серийного трактора МТЗ-80- $35,1^{\circ}$, для трактора МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35- $26,4^{\circ}$, для трактора МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35 и весораспределяющим устройством- $32,7^{\circ}$. Результаты приведены в виде диаграмм на рис. 5.

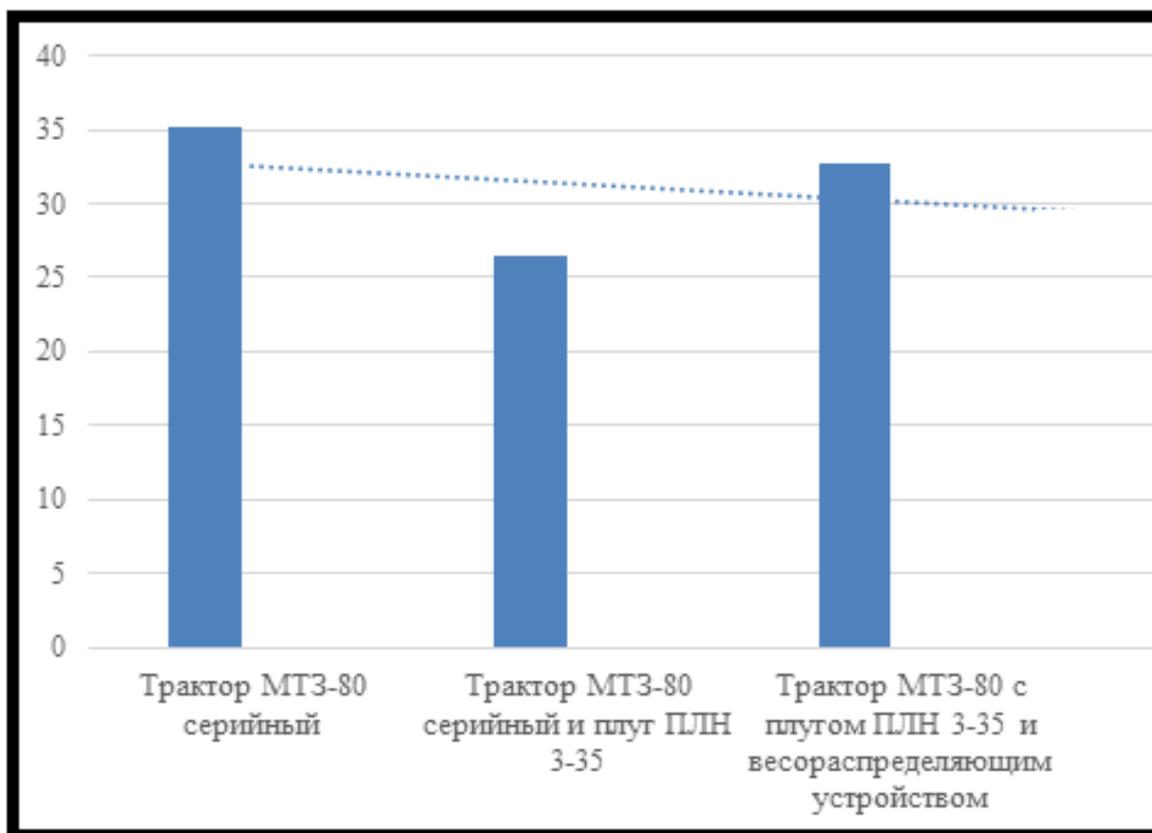


Рис. 5. Расчётные значения показателей статической устойчивости

Результаты расчёта показывают, что предельный угол статической устойчивости для трактора МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35 и весораспределяющим устройством на 23,8 % выше, чем у МТЗ-80 с навесным орудием-плугом ПЛН 3-35. Что приближает его показатели к серийному трактору МТЗ-80 без почвообрабатывающего орудия.

Заключение и выводы

Полученные и проанализированные зависимости, результаты расчётов позволяют утверждать, что исследуемое устройство в виде весораспределяющего модуля обладает высокими потенциальными характеристиками и способно оказать технически значимое воздействие на технологические показатели МТА при его использовании в условиях склонового земледелия. Таким образом его внедрение в конструкцию навесных сельскохозяйственных орудий и расширенное применение с энергетическими средствами представляется перспективным

направлением аграрного машиностроения в современных условиях перехода к высокоэффективному и ресурсосберегающему хозяйствованию.

Список литературы:

1. Алдошин, Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5–7.
2. Баранов, А.С. Пути повышения эксплуатационных свойств мобильной машины / А.С. Баранов, А.С. Павлюк // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2019. - № 1 (49). - С. 79-90.
3. Беляев, В.И. Современная техника и информационные технологии в земледелии Алтайского края/ В.И. Беляев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2018.- № 8 (166). - С. 158-162.
4. Бережнов, Н.Н. Анализ эффективности способов повышения тягово-цепных качеств и агротехнических показателей колесных тракторов / Н.Н. Бережнов, К.В. Понимасов, Е.В. Кожабеков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы.: материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. -Кемерово, 2022. - С. 89-97.
5. Колёсный модуль для навесного сельскохозяйственного почвообрабатывающего орудия. Патент на изобретение № 2823307. Заявка № 2024108954 от 04.04.2024. Патентообл. Дальневосточный ГАУ. авторы: Кузнецов Е.Е., Соколов М.С. Опубликовано 22.07.2024. Бюл. № 21.
6. Кузнецов, Е.Е. Повышение агротехнической проходимости тракторов с прицепной сельскохозяйственной техникой / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2024.- № 201 (07). –8 с. (1,08 Мб)
7. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. – Благовещенск: ДальГАУ, 2017. – 272 с.
8. Лимаренко, Н.В. Обоснование выбора оптимального маршрута транспортировки зерна при внутрихозяйственных перевозках / А.С. Степашкина, Н.В. Лимаренко, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2022. - Т. 14. - № 1. – С. 141-149.
9. Раднаев, Д.Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. - 2011. - № 1 (22). - С. 71-75.
10. Фролов, В.Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии почвообрабатывающих агрегатов / В.Ю. Фролов, В.Н. Ефремова // Сельский механизатор.- 2021.- № 1. - С.10-11.
11. Шахов, В.А. Курсовая стабилизация движущегося колёсного транспортного средства с навесным орудием на наклонной опорной поверхности / В.А. Шахов, С.В. Тарасова, Е.М. Асманкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2023. – 6 (104). - С.124-130.
12. Шахов, В.А. Современные тенденции развития техники АПК / В.А. Шахов, А.С. Растопчин, П.Г. Учкин, А.Н. Кондрашов, О.А. Жупиков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем Материалы национальной научно-практической

конференции с международным участием. Оренбургский государственный аграрный университет.- 2023. - С.71-73

13. Шишлов, С.А. Теоретические предпосылки повышения эффективности предпосевной подготовки почвы и посева сои на основании оценки совокупных энергозатрат / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: материалы III национальной (всероссийской) научно-практической конференции в 3-х ч.: Ч.II – Технические и биологические науки. – Уссурийск, 2019. - С. 153-160.

References

1. Aldoshin, N.V. Stabil'nost' tehnologicheskikh processov v rastenievodstve // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – № 3. – С. 5–7.

2. Baranov, A.S. Puti povyshenija jekspluacionnyh svojstv mobil'noj mashiny / A.S. Baranov, A.S. Pavljuk // Izvestija Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. I. Razzakova. - 2019. - № 1 (49). - S. 79-90.

3. Beljaev, V.I. Sovremennaja tehnika i informacionnye tehnologii v zemledelii Altajskogo kraja/ V.I. Beljaev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018.- № 8 (166). - S. 158-162.

4. Berezhnov, N.N. Analiz jeffektivnosti sposobov povyshenija tjagovo-scepnnyh kachestv i agrotehnicheskikh pokazatelej kolesnyh traktorov / N.N. Berezhnov, K.V. Ponimasov, E.V. Kozhabekov // Aktual'nye nauchno-tehnicheskie sredstva i sel'skohozjajstvennyye problemy.: materialy IX Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. -Kemerovo, 2022. - S. 89-97.

5. Koljosnyj modul' dlja navesnogo sel'skohozjajstvennogo pochvoobrabatyvajushhego orudija. Patent na izobretenie № 2823307. Zajavka № 2024108954 ot 04.04.2024. Patentoobl. Dal'nevostochnyj GAU. avtory: Kuznecov E.E., Sokolov M.S. Opublikovano 22.07.2024. Bjul. № 21.

6. Kuznecov, E.E. Povyshenie agrotehnicheskoy prohodimosti traktorov s pricepnoj sel'skohozjajstvennoj tehnikoj / E.E. Kuznecov, S.V. Shhitov [i dr.] // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – 2024.- № 201 (07). –8 s. (1,08 Mb)

7. Kuznecov E.E., Shhitov S.V. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija mobil'nyh jenergeticheskikh sredstv v tehnologii vozdeleyvanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur: Monografija. – Blagoveshhensk: Dal'GAU, 2017. – 272 s.

8. Limarenko, N.V. Obosnovanie vybora optimal'nogo marshruta transportirovki zerna pri vnutrihozjajstvennyh perevozkah / A.S. Stepashkina, N.V. Limarenko, I.A. Uspenskij, I.A. Juhin, D.S. Rjabchikov // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. - 2022. - T. 14. - № 1. – S. 141-149.

9. Radnaev, D.N. K metodike proektirovanija tehnologicheskikh processov // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. - 2011. - № 1 (22). - S. 71-75.

10. Frolov, V.Ju. Razrabotka resursosberegajushhej tehnologii pochvoobrabatyvajushhih agregatov / V.Ju. Frolov, V.N. Efremova // Sel'skij mehanizator.- 2021.- № 1. - S.10-11.

11. Shahov, V.A. Kursovaja stabilizacija dvizhushhegosja koljosnogo transportnogo sredstva s navesnym orudiem na naklonnoj opornoj poverhnosti / V.A. Shahov, S.V. Tarasova, E.M. Asmankin // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2023. – 6 (104). - S.124-130.

12. Shahov, V.A. Sovremennye tendencii razvitija tehniki APK / V.A. Shahov, A.S. Rastopchin, P.G. Uchkin, A.N. Kondrashov, O.A. Zhupikov // Sovershenstvovanie

inzhenerno-tehnicheskogo obespechenija proizvodstvennyh processov i tehnologicheskikh sistem Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Orenburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.- 2023. - S.71-73

13. Shishlov, S.A. Teoreticheskie predposylki povysheniya jeffektivnosti predposevnoj podgotovki pochvy i poseva soi na osnovanii ocenki sovokupnyh jenergozatrata / S.A. Shishlov, A.N. Shishlov // Rol' agrarnoj nauki v razvitii lesnogo i sel'skogo hozjajstva Dal'nego Vostoka: materialy III nacional'noj (vserossijskoj) nauchno-prakticheskoy konferencii v 3-h ch.: Ch.II – Tehnicheskie i biologicheskie nauki. – Ussurijsk, 2019. - S. 153-160.