

Научная статья

УДК 631.372:629.114.2

doi: 10.34655/bgsha.2024.74.1.018

ВЫБОР МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЯМЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ

Щитов С.В.¹, Раднаев Д.Н.², Кузнецов Е.Е.³, Кривуца З.Ф.⁴, Поликутина Е.С.⁵

^{1,3,4,5}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

² Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

¹shitov.sv1955@mail.ru

Аннотация. Рентабельность производства является одним из основных показателей, характеризующих эффективность производства сельскохозяйственной продукции. При этом в большинстве хозяйств основным направлением повышения эффективности являются агротехнологические показатели (семенной материал, внесение удобрений, применение гербицидов и т.д.). В то же время в современных условиях немаловажной составляющей, способной обеспечить повышение объемов производства, является оснащение организаций средствами механизации, так как обоснованный подбор средств механизации во многом влияет на конечный результат (выдерживание агротехнических сроков выполнения операций, минимальное негативное воздействие на почву, снижение травмированности семян и растений и т.д.). Таким образом, рациональное сочетание двух перечисленных выше показателей агротехнологических и средств механизации во многом влияют на себестоимость полученной продукции, а следовательно, и на рентабельность производства. Особенно значительно совместное влияние этих показателей выражено в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ), где из-за низкой степени финансирования не всегда имеется возможность их полного выполнения. Вместе с тем, небольшие крестьянско-фермерские хозяйства наряду с личными подсобными хозяйствами (ЛПХ) вносят значительный вклад в объем валового продукта региона. В представленной работе предлагается при выборе машинно-тракторных агрегатов (МТА) использовать в качестве основного критерия коэффициент эффективности использования прямых энергозатрат. Представлена блок-схема, позволяющая определить коэффициент эффективности использования прямых энергозатрат, способствующий рациональному подбору сельскохозяйственной техники и, как следствие, снизить себестоимость производимой продукции.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, сельскохозяйственная операция, хронометражные наблюдения, прямые энергозатраты, полные энергозатраты, коэффициент эффективности использования прямых энергозатрат.

Original article

CHOICE OF A MACHINE AND TRACTOR UNIT BASED ON THE APPLICATION OF DIRECT POWER CONSUMPTION FACTOR

Sergey V. Shchitov¹, Daba N. Radnaev², Evgeny E. Kuznetsov³, Zoya F. Krivutsa⁴, Elena S. Polikutina⁵

^{1,3,4,5}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

²Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

Abstract. Profitability of production is one of the main indicators characterizing the efficiency of agricultural production. At the same time, in most farms, the main direction of efficiency improvement is agricultural technological indicators (seed material, fertilization, the use of herbicides, etc.). At the same time, in modern conditions, an important component that can ensure an increase in production volumes is the equipping of organizations with mechanization means, since the justified selection of mechanization means largely affects the final result (maintaining the agro technical deadlines for operations, minimal negative impact on the soil, reducing injury to seeds and plants, etc.). Thus, the rational combination of the two above indicators-agro technological and mechanization means largely affects the cost of production, and, therefore, the profitability of production. Especially significantly, the joint influence of these indicators is expressed in small peasant farms (KFH), where, due to the low degree of funding, there is not always the possibility of their full implementation. At the same time, small peasant farms, along with personal subsidiary farms (private farms), make a significant contribution to the gross product of the region. In the presented work, when choosing machine-tractor units (MTU), it is proposed to use the coefficient of efficiency of using direct energy consumption as the main criterion. A flow chart is presented that allows determining the efficiency factor of direct energy consumption, which contributes to the rational selection of agricultural machinery and, as a result, reduces the cost of production.

Keywords: machine-tractor unit, agricultural operation, time-keeping observations, direct power consumption, full power consumption, efficiency factor of direct power consumption use.

Введение. Одним из основных факторов, влияющих на эффективность производства любой сельскохозяйственной культуры, являются затраты на её производство. Вместе с тем не всегда представляется возможность заблаговременно оценить предстоящие затраты и произвести оптимальный подсчёт прибыли, что может быть объяснено как колебаниями цены в зависимости от конъюнктуры рынка, так и инфляционными издержками [1, 2, 3, 4].

Поэтому предприятия, занятые производством сельскохозяйственной продукции, не всегда точно предвидят конечный результат своей работы. В этих условиях особенно затруднительно приходится небольшим действующим или вновь открывающимся крестьянско-фермерским или личным подсобным хозяйствам вследствие того, что крупные агрохолдинги, как правило, уже арендовали наиболее вы-

годные сельскохозяйственные площади и им приходится осваивать оставшиеся небольшие по площади, мелконтурные, находящиеся в отдалении от основных дорог, или посевные площади, которые ранее были заброшены или выведены из землепользования из-за каких-либо причин.

В таких условиях необходимо правильно спрогнозировать агротехнологические показатели (семенной материал, внесение удобрений, применение гербицидов и т.д.) и рационально подобрать необходимые средства механизации. При этом постоянный рост цен на энергоносители и услуги оказывает значительное влияние на подбор и формирование машинно-тракторных агрегатов (МТА), так как они оказывают существенное влияние на стоимость конечного производимого продукта, а значит и на его конкурентоспособность, что особенно важно для развития сельского хозяй-

ства как региона, так и предприятий России в целом [5, 6, 7, 8].

В представленной работе предлагается при обосновании подбора машинно-тракторных агрегатов учитывать методику расчёта прямых энергозатрат как наиболее важную составляющую полных энергозатрат, что позволит в меньшей степени ориентироваться на ценовые перепады.

Материалы и методы. С целью подтверждения результатов теоретических исследований по выбору машинно-тракторного агрегата на основе применения коэффициента использования прямых энергозатрат были проведены экспериментальные исследования. При этом необходимо решить задачу сравнительного анализа машинно-тракторного агрегата на предпосевной подготовке почвы и дать энергетическую оценку его работы.

Анализ исследований показывает, что наличие большого разнообразия МТА вносит свои коррективы в технологию работ сельскохозяйственных культур. При этом в качестве объектов исследований выбирались различные МТА, используемые в сельскохозяйственном производстве Амурской области [9, 10, 11]. В работе рассмотрены элементы методологии системно-структурного анализа для построения эффективных моделей сложных объектов и процессов технологического проектирования при разработке блок-схемы [12].

Результаты и обсуждение. Для эффективного производства сельскохозяйственной продукции очень важно, чтобы в конечном итоге полные энергозатраты на производство продукции были меньше энергии, содержащейся в конечном продукте

$$E_{\text{пол}} < E_{\text{эк}} \quad (1)$$

где $E_{\text{пол}}$ – полные энергозатраты связанные с производством продукции, МДж; $E_{\text{эк}}$ – энергосодержание в конечном продукте, МДж.

При оценке полных энергозатрат, связанных с производством сельскохозяйственной продукции за счет использования машинно-тракторных агрегатов, для

одной i -й сельскохозяйственной операции на основании методики, предложенной [1, 2, 3], применяется выражение

$$E_{\text{пол}i} = E_{\text{пр}i} + E_{\text{ж}i} + E_{\text{уд}i}, \quad (2)$$

где $E_{\text{пр}i}$ – прямые энергозатраты на одной i -й сельскохозяйственной операции, МДж; $E_{\text{ж}i}$ – затраты живого труда на одной i -й сельскохозяйственной операции, МДж; $E_{\text{уд}i}$ – удельные энергозатраты машинно-тракторного парка на одной i -й сельскохозяйственной операции, МДж.

Как показали ранее проведенные исследования [4, 5, 6], при проведении сельскохозяйственных работ полные энергозатраты во многом зависят от достаточного количества факторов (площади посева, урожайности, техногенного воздействия на почву МТА, марки энергетического средства, состава МТА и т. д.).

Известно, что основной составляющей полных энергетических затрат являются прямые энергозатраты. Таким образом, для снижения полных энергозатрат необходимо стремиться к снижению прямых энергозатрат, которые определяются по формуле [7]:

$$E_{\text{пр}i} = H_m (a_m + f_m), \quad (3)$$

где H_m – расход топлива на проведение i -й сельскохозяйственной операции, кг/га; a_m – теплосодержание топлива, МДж/кг; f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг.

Анализируя формулу (3), необходимо отметить, что величина прямых энергозатрат напрямую зависит от расхода топлива на проведение i -й сельскохозяйственной операции или, иными словами, от рационально подобранного МТА. В связи с этим будет уместно при подборе МТА использовать так называемый коэффициент эффективности использования прямых энергозатрат

$$K_{\text{эп}} = \frac{E_{\text{пр}i}}{E_{\text{пол}i}}. \quad (4)$$

К примеру, при выборе одного из двух МТА предпочтение должно отдаваться

тому, у которого коэффициент эффективности использования прямых энергозатрат будет меньше, иными словами, должно выполняться условие:

$$K_{\text{ЭП}} = \frac{E_{\text{пр}i}}{E_{\text{пол}i}} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Более наглядно процесс подбора можно проследить по алгоритму, приведенному на рисунке 1.

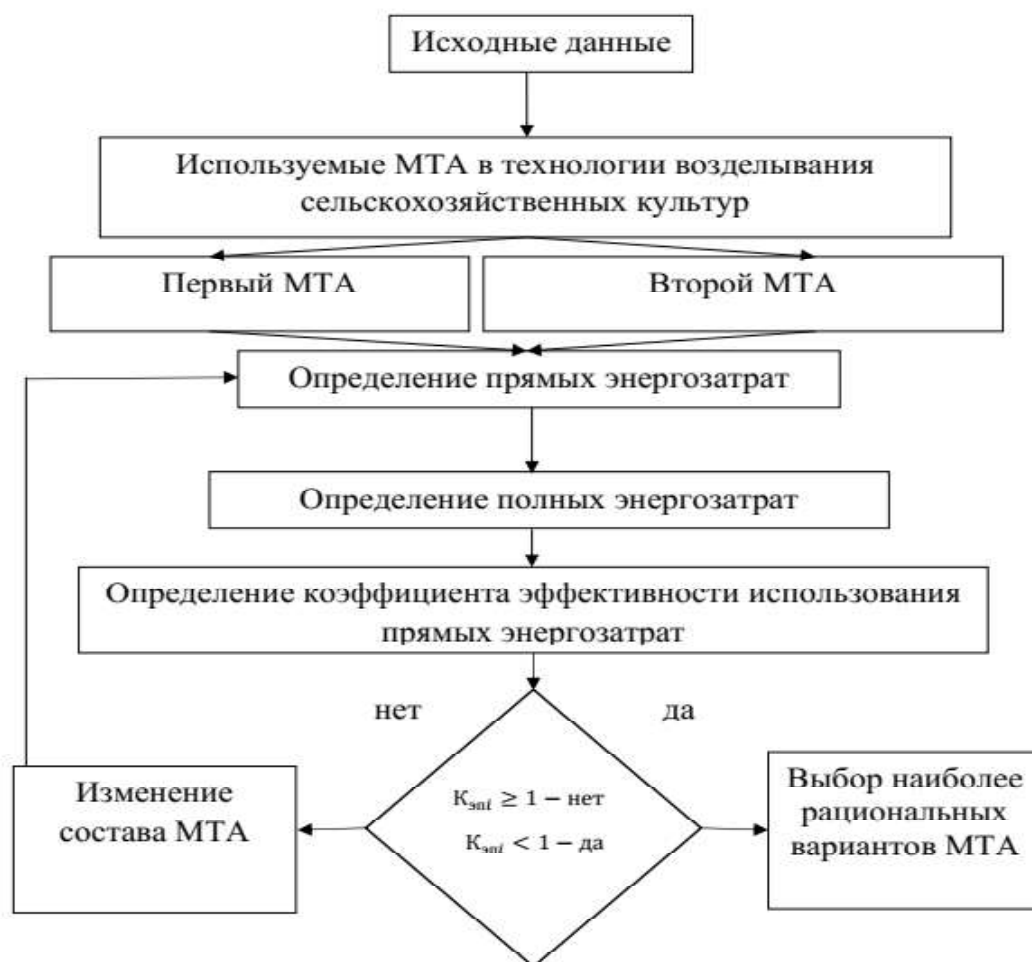


Рисунок 1. Блок-схема для определения коэффициента эффективности машинно-тракторного агрегата

Из блок-схемы следует, что процесс выбора начинается с операции поиска технологических процессов-аналогов в массиве накопленного опыта информационного банка данных. Если такие процессы найдены, то управление передается блоку выбора по аналогии. В этом блоке целенаправленным способом синтезируется некоторое количество вариантов технологического процесса, удовлетворяющих заданным техническим требованиям. Процесс последовательного улучшения оканчивается, когда вариант по всем основным показателям удовлетворяет

заданным требованиям и дальнейшее его совершенствование не приводит к существенному улучшению критерия.

При выборе рационального машинно-тракторного агрегата МТА с использованием энергозатрат в качестве критерия оптимальности предложен коэффициент эффективности как отношение прямых затрат к полным затратам.

Данный коэффициент при выборе машинно-тракторного агрегата позволяет учитывать прямые энергозатраты, так как они непосредственно влияют на себестоимость произведенной продукции.

Применённый метод в сравнении с ранее полученными результатами авторов [13, 14, 15] позволяет предложить новый способ рационального подбора сельскохозяйственной техники, снизить совокупные издержки, наиболее оптимально использовать материальные и трудовые ресурсы агропромышленных предприятий.

Как отмечалось выше, прямые энергозатраты напрямую зависят от расхода топлива на проведение *i*-й сельскохозяйственной операции или, иными словами, от правильно и рационально выбранного МТА. Конечно, наиболее достоверные данные могут быть получены при прове-

дении хронометражных наблюдений, которые предусматривают определение расхода топлива на *i*-й сельскохозяйственной операции. При этом существует множество способов по определению расхода топлива [8]. Наибольшее распространение получили следующие: заливка полного бака перед началом работы и слив остатков с проведением замеров после проведения операции; использование высокоточных расходомеров топлива.

Наиболее достоверный результат может быть получен с использованием высокоточного расходомера топлива, представленного на рисунке 2.



Рисунок 2. Общий вид контроллера расхода топлива J-LCD-M с сенсором US211M модели OF 052AT

При использовании первого способа определения расхода топлива результат не в полной мере отражает реальную картину рабочего процесса, так как при непредвиденных обстоятельствах (наличие кратковременных остановок) энергетическое средство будет расходовать топливо, но при этом не выполняя *i*-ю сельскохозяйственную операцию.

Так, для определения пройденного расстояния, времени движения и скорости движения хорошо себя зарекомендовал приборный комплекс на базе GPS-навигатора MAGENE C406 Pro, представленный на рисунке 3.

Преимущества приборного комплекса заключаются в возможности применять как датчик скорости и датчик частоты вра-

щения колеса, при этом приборный комплекс можно использовать с большинством приложений для смартфонов и головных устройств, поддерживающих стандарт GPS, т.к. выносные датчики используют беспроводные протоколы связи Bluetooth 4.0 и ANT+.

При проведении хронометражных наблюдений необходимо и важно точно определить расход топлива [2, 4, 6]. Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на бороновании приведены в таблице 1.



Рисунок 3. Приборный комплекс GPS-навигатор MAGENE C406 Pro

Таблица 1 – Исходные и расчетные показатели агрегатов

Показатели	Агрегаты						
	Трактор К-700	Сцепка СГ-21М	Трактор Т-150К	Сцепка СГ-21М	Трактор МТЗ-80	Сцепка СП-11	Орудие БЗСС-1,0
Исходные данные							
Количество машин, шт	1	1	1	1	1	1	
Производительность: - часовая, га/ч; - сменная	9,1 63,2		6,7 40,9		2,3 16,1		
Расход топлива, кг/га	5,1		4,03		6,4		
Масса, кН	125,0	18,0	79,95	18,0	48,40	9,15	0,35
Годовая загрузка, ч	1350	1050	1350	1050	1350	1050	1050
Обслуживающий персонал, чел	1		1		1		
Отчисления: - на реновацию, %; - на ремонт и ТО, %	18,1 27,0	20,0 20,0	18,1 27,0	20,0 20,0	18,1 27,0	20,0 20,0	20,0 20,0
Расчетные данные							
Энергоемкость: - машин, МДж/ч; - БЗСС-1,0, МДж/ч; - агрегата, МДж/ч; - топлива, МДж/ч; - живого труда,	360 1206 1594 269,3 208,2	28 905 964,3 212,8 208,6	231 905 964,3 212,8 208,6	28 602 770,5 337,9 84,6	140 602 770,5 337,9 84,6	28 602 770,5 337,9 84,6	
Количество орудий	42		21		12		

Представленные расчеты позволяют рекомендовать оптимальный состав машинно-тракторного агрегата К-701+СГ-

21М+БЗСС-1,0, где коэффициент эффективности составит $K_{\text{эп}} = 0,17$ (табл. 2, рис.1).

Таблица 2 – Энергетические затраты МТА при проведении боронования

Марка трактора	Марка сцепки	Марка бороны	Кол-во борон	Прямые энергозатраты	Полные энергозатраты	Коэффициент эффективности, $K_{эл}$
К-701	СГ-21М	БЗСС-1,0	42	269,3	1594	0,17
Т-150К	СГ-21	БЗСС-1,0	21	212,8	964,3	0,22
МТЗ-80	СП-11	БЗСС-1,0	12	337,9	770,5	0,44

Заключение. Разработан коэффициент эффективности машинно-тракторного агрегата, который прямо пропорционален прямым энергозатратам и обратно пропорционален полным энергозатратам.

Разработана блок-схема алгоритма определения коэффициента эффектив-

ности машинно-тракторного агрегата, которая позволяет обосновать итерационную модель процесса выбора, основной чертой которой является последовательное улучшение исходного варианта до требуемой степени совершенства.

Список источников

1. Никифоров А.Н., Борзенко В.А. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / под общ. ред. А.Н. Никифорова. М.: ВИМ, 1995. 96с.
2. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 200 с. EDN: XONHXY
3. Беляев В.И., Соколова Л.В. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (162). С. 5-12. EDN: XMZPZZ
4. Шишлов С.А., Шишлов А.Н. Теоретические предпосылки повышения эффективности предпосевной подготовки почвы и посева сои на основании оценки совокупных энергозатрат // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: материалы III национальной (всероссийской) научно-практической конференции. В 3 ч. Ч. II Технические и биологические науки. Уссурийск. 2019. С. 153-160. EDN: SOUAPZ
5. Концепция развития системы сохранения и воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий Ростовской области как инструмент экономической безопасности региона / А.М. Бондаренко, Л.С. Качанова, С.М. Челбин [и др.] // Экономика и предпринимательство. 2021. №10 (135). С. 366-371. EDN: JFYVZM. doi: 10.34925/EIP.2021.135.10.069.
6. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, З.Ф. Кривуца [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С.151-155. EDN: WLCWFW. doi:10.24411/1999-6837-2020-14063.
7. Алдошин Н.В., Мосяков М.А. Обеспеченность технологий обработки почвы интеллектуальными средствами и методами контроля // Доклады ТСХА. Выпуск 292 (часть 1). Москва. 2020. С. 396-400. EDN: ORYBOR
8. Использование математических численных методов при обосновании выбора модели зерноуборочной техники / Н.П. Кидяева, О.П. Митрохина, С.В. Щитов [и др.] // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». 2017. № 2 (28). 0,6 п.л. EDN: ZCQUPB
9. Применение численных методов и математическое моделирование оптимального использования технологических комплексов на базе зерноуборочных комбайнов в Амурской области // О.П. Митрохина, Н.П. Кидяева, С.В. Щитов [и др.] // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». 2017. № 2 (28). 0,7 п.л. EDN: WPJXWF
10. Современные тенденции развития техники АПК / В.А. Шахов, А.С. Растопчин, П.Г. Учкин [и др.] // 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. EDN: WHDSEI
11. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы / В.И. Беляев, В.Э. Буксман, В.В. Садов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. № 2 (17). С. 5-12. EDN: YJOCVS. doi: 10.22450/19996837_2023_2_5.
12. Раднаев Д.Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья: автореферат дис. ... доктора технических наук. Улан-Удэ. 2013. 41 с. EDN: ZOPEPZ

13. Analysis of the operation of sowing units based on DMC seeders in the Siberian Federal District farms / V.I. Belyaev, V. Buxmann, B.Ch. Meskhi [et al.] // *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Conference proceedings. Switzerland, 2023. Pp. 2023-2031. EDN: WVZIHA.*
doi: 10.1007/978-3-031-11051-1_208.

14. Комбинированное орудие для подготовки почвы и посева бахчевых культур / Н.В. Алдошин, Ф.М. Маматов, А.С. Васильев [и др.] // *Техника и оборудование для села. 2023. № 3 (309). С. 22-26.*
doi: 10.33267/2072-9642-2023-3-22-26 EDN: FAFFMC

15. Ploughing quality and energy consumption depending on plough bodies type / Y.P. Lobachevsky, I.V. Liskin, A.I. Panov [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 7. "VII International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPISE 2020" 2021. P. 012154. EDN: TNEKSR. doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012154.*

References

1. Nikiforov A.N., Borzenko V.A. Methodology of energy analysis of technological processes in agricultural production: under the general editor A.N. Nikiforov. M.: VIM, 1995. 96 p. (In Russ.)

2. Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Increasing the efficiency of using mobile energy means in crop cultivation technology: monograph. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2017. 200 p. (In Russ.)

3. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Perspective agricultural technologies of grain production in the Altai region. *Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018; No. 4 (162): Pp. 5-12 (In Russ.)*

4. Shishlov S.A., Shishlov A.N. Theoretical prerequisites for improving the efficiency of pre-sowing soil preparation and soybean sowing based on the assessment of total energy consumption. *Role of agrarian science in the development of forestry and agriculture of the Far East: materials of the III national (all-Russian) scientific and practical conference in 3 hours: Ch. II - Technical and biological sciences. Ussuriysk. 2019. Pp. 153-160 (In Russ.)*

5. Bondarenko A.M., Kachanova L.S., Chelbin S.M. [et al.] The concept of development of the system of conservation and reproduction of soil fertility of agricultural lands in the Rostov region as an instrument of economic security of the region. *Economics and business. 2021;10(135):366-371 (In Russ.)*

doi: 10.34925/EIP.2021.135.10.069.

6. Shchitov S.V., Kuznetsov E.E., Krivutsa Z.F. Optimization of energy costs of the transport and production process. *Far Eastern Agrarian Bulletin. 2020; 4(56):151-155 (In Russ.)*. doi:10.24411/1999-6837-2020-14063.

7. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Provision of soil tillage technologies with intelligent means and methods of control. *Reports of the TAA. Issue 292 (Part 1). Moscow. 2020:396-400 (In Russ.)*

8. Kidyayeva N.P., Mitrokhina O.P., Shchitov S.V. [et al.] The use of mathematical numerical methods in justifying the choice of a model of grain harvesting equipment. *Electronic scientific and production journal "AgroEcoInfo." 2017;2(28):0.6 pp. (0.3 Mb.) (In Russ.)*

9. Mitrokhina O.P., Kidyayeva N.P., Shchitov S.V. [et al.] Application of numerical methods and mathematical modeling of optimal use of technological complexes based on combine harvesters in the Amur Region. *Electronic Scientific and Production Journal "AgroEcoInfo" . 2017;2(28):0.7 (In Russ.)*

10. Shakhov V.A., Rastopchin A.S., Uchkin P.G. [et al.] Modern trends in the development of agro-industrial complex technology. *Improvement of engineering and technical support of production processes and technological systems: Materials of the national scientific and practical conference with international participation. 2023;71-73 (In Russ.)*

11. Belyaev V.I., Buksman V.E., Sadov V.V. [et al.] The effect of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat. *Far Eastern Agrarian bulletin. 2023;2(17):5-12 (In Russ.)*
doi: 10.22450/19996837_2023_2_5.

12. Radnaev D.N. Methodological basis for the development of technologies and technical means of sowing in the cultivation of grain crops in the conditions of Transbaikalia. Doctoral dissertation abstract. Ulan-Ude, 2013. 41p. (In Russ.)

13. Belyaev V.I., Buxmann V., Meskhi B.Ch. [et al.] Analysis of the operation of sowing units based on dmc seeders in the Siberian Federal District farms. *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Conf. proceedings. Switzerland. 2023:2023-2031. doi: 10.1007/978-3-031-11051-1_208*

14. Aldoshin N.V., Mamatov F.M., Vasiliev A.S. [et al.] Combined implement for soil preparation and sowing cucurbits. *Equipment and equipment for the village. 2023;3(309):22-26 (In Russ.)*

15. Lobachevsky Y.P., Liskin I.V., Panov A.I. [et al.] Ploughing quality and energy consumption depending on plough bodies type. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 7. "VII Int. Sci. Conf. "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPISE 2020". 2021: 012154. doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012154.*

Сведения об авторах

Сергей Васильевич Щитов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Даба Нимаевич Раднаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, daba01@mail.ru

Евгений Евгеньевич Кузнецов – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru

Зоя Фёдоровна Кривуца – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики, математики и информатики, Дальневосточный государственный аграрный университет, zfk20091@mail.ru.

Елена Сергеевна Поликутина – доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, e.polikytina@mail.ru.

Information about the authors

Sergey V. Shchitov – Doctor of Science (Engineering), Professor, Professor, Chair of the Transport and Energy means and Mechanization of the Agro-Industrial Complex, Far Eastern State Agrarian University;

Daba N. Radnaev – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Professor, Chair of Mechanization of Agricultural Processes, Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, daba01@mail.ru;

Evgeny E. Kuznetsov – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Professor, Chair of the Operation and Repair of Transport and Technological Machines and Complexes, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru;

Krivutsa Zoya Fedorovna – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Physics, Mathematics and Informatics, Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@mail.ru;

Elena S. Polikutina – Associate Professor, Chair of Transport and Energy Means and Mechanization of the Agro-Industrial Complex, Far Eastern State Agrarian University, e.polikytina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 07.11.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2024; принята к публикации 05.03.2024.

The article was submitted 07.11.2023; approved after reviewing 01.03.2024; accepted for publication 05.03.2024.