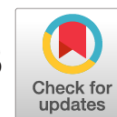


ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ УБОРКЕ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС В УСЛОВИЯХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ



EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF TRANSPORT SERVICES FOR FORAGE HARVESTERS WHEN HARVESTING MAIZE FOR SILAGE IN NOVOSIBIRSK REGION

Р.Р. ГАЛИМОВ^{1,2}
К.Ю. МАКСИМОВИЧ^{1,2}
В.В. ТИХОНОВСКИЙ¹, К.Т.Н.
С.А. ВОЙНАШ¹

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
² Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия
Rufangalimov@yandex.ru, kiri-maksimovi@mail.ru, tvv@nsau.edu.ru, sergey_voi@mail.ru

R.R. GALIMOV^{1,2}
K.YU. MAKSIMOVICH^{1,2}
V.V. TIKHONOVSKIY¹, PhD in Engineering
S.A. VOYNASH¹

¹ Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russia
² Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the RAS, Novosibirsk, Russia
Rufangalimov@yandex.ru, kiri-maksimovi@mail.ru, tvv@nsau.edu.ru, sergey_voi@mail.ru

Выполнена оценка эффективности работы предприятия по уборке кукурузы на силос за счет позиционирования и мониторинга транспортных средств. Проведен расчет необходимой мощности кормоуборочного комбайна для выполнения бесперебойной работы обслуживающих транспортных средств, которые отвечают за транспортировку зеленой массы. Выявлена несогласованность между отъездами загруженных транспортных средств и приездами порожних транспортных средств. Отсутствие средств позиционирования и мониторинга негативно сказывается на производительности уборочно-транспортного процесса. В результате исследований было установлено, что фактическая производительность кормоуборочного комбайна при уборке кукурузы на силос значительно ниже, чем теоретическая производительность. Путем экспериментов были выявлены простои кормоуборочных комбайнов на поле из-за неправильной организации транспортного обслуживания. При анализе состояния парка кормоуборочных комбайнов и транспортных средств выявлены требования новых подходов в решении транспортных задач, способствующих коренному улучшению транспортного процесса при уборке силосных культур. Полученные расчеты и закономерности изменения технико-технологических параметров могут быть использованы для проектирования новых специальных сельскохозяйственных транспортных средств, а также в уборочно-транспортном процессе для определения требуемого количества транспортных единиц при транспортировке измельченной зеленой массы. Получены на основании экспериментальных данных закономерности изменения объема кузова транспортного средства от массы прицепа и зависимости изменения объема кузова транспортного средства от массы прицепа при транспортировках зеленой массы. На основании анализа статистических данных и производственной эксплуатации на сельскохозяйственных предприятиях Новосибирской области выявлена острая нехватка технологического транспорта или его отсутствие.

Ключевые слова: кормоуборочный комбайн, заготовка кормов, логистика, позиционирование, уборочно-транспортный процесс.

Для цитирования: Галимов Р.Р., Максимович К.Ю., Тихоновский В.В., Войнаш С.А. Оценка эффективности транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов при уборке кукурузы на силос в условиях Новосибирской области // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 73–80. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-73-80.

An assessment of the efficiency of the enterprise for harvesting corn for silage through positioning and monitoring of vehicles was carried out. The calculation of the required power of the forage harvester for the smooth operation of service vehicles, that are responsible for the transportation of green mass, was done. An inconsistency was revealed between the departures of loaded vehicles and the arrivals of empty vehicles. The lack of positioning and monitoring tools negatively affects the productivity of the harvesting and transport process. As a result of the research, it was found that the actual performance of the forage harvester when harvesting maize for silage is significantly lower than the theoretical performance. Through experiments, the downtime of forage harvesters in the field due to improper organization of transport services was revealed. When analyzing the state of the park of forage harvesters and vehicles, the requirements of new approaches in solving transport problems were revealed. These contribute to a radical improvement of the transport process when harvesting silage crops. The obtained calculations and patterns of change in technical and technological parameters can be used for the design of new, special agricultural vehicles, as well

as in the harvesting and transport process to determine the required number of transport units, when transporting chopped green mass. On the basis of experimental data the regularities of changes in the volume of the vehicle bed on the mass of the trailer and the dependence of the change in the volume of the vehicle bed on the mass of the trailer during transportation of green mass were obtained.

Keywords: forage harvester, forage procurement, logistics, positioning, harvesting and transportation process.

Cite as: Galimov R.R., Maksimovich K.YU., Tikhonovskiy V.V., Voynash S.A. Evaluation of the efficiency of transport services for forage harvesters when harvesting maize for silage in Novosibirsk region. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 73–80 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-73-80.

Введение

Значительные потери урожая сельскохозяйственных культур на силос возникают от несоблюдения агротехнических сроков проведения уборки. Удлинение сроков уборки из-за недостатка кормоуборочных комбайнов или транспортных средств приводит к значительной потере урожая [1]. Большие объемы и короткие агротехнические сроки выполнения кормозаготовительных работ на сельскохозяйственных предприятиях требуют привлечения значительного числа техники и трудовых ресурсов. Главный резерв увеличения продукции кормопроизводства – снижение потерь урожая при сокращении сроков выполнения работ путем повышения производительности безбункерных уборочных машин за счет создания эффективных технологических систем использования транспорта [2, 3]. Во время уборочно-транспортного процесса требуется строгая слаженность транспортных средств с кормоуборочными комбайнами, в противном случае, из-за случайного изменения рабочих циклов кормоуборочных комбайнов и транспортных средств, падает производительность уборочно-транспортного комплекса. На сегодняшний день технический ресурс на основе старой техники иссяк и ему некуда расти. На селе сокращается трудовой ресурс, и аграрное предприятие вынуждено закупать дорогостоящую высокопроизводительную технику в больших количествах.

Целесообразно предпочтение технических средств для обеспечения технологического процесса заготовки кормов и организация их эффективного использования в условиях, когда недостаточно современной методической и рекомендательной базы, а фирмы-производители сельскохозяйственной техники и их дилеры ограничиваются лишь данными рекламного характера и краткой технической характеристики машин, что является значимой проблемой [1–6]. Уменьшение технической оснащенности и недоиспользование воз-

можностей машин существенно повышает фактическую длительность уборочных работ по сравнению с расчетными данными и создают большие потери урожая, которое доходит до четверти урожая. Данная проблема была разрешена на основе слаженности параметров функционирования сложных процессов, установления взаимовлияния динамики созревания различных по скороспелости сортов, культур и технического оснащения уборочных процессов, введения резервных и компенсирующих элементов. При заготовке силоса наиболее важным звеном является транспортировка зеленой массы от кормоуборочных комбайнов к местам силосования [7–9]. В настоящее время многие сельскохозяйственные предприятия при заготовке силоса используют высокопроизводительные кормоуборочные комбайны, пропускная способность которых достигает 200 т/ч. При анализе состояния парка кормоуборочных комбайнов и транспортных средств выявилось требование новых подходов в решении транспортных задач, способствующих коренному улучшению транспортного процесса при уборке силосных культур [10–12]. Сложно использовать потенциал такого кормоуборочного комбайна при ограниченном количестве устаревших, изношенных транспортных средств, а простои кормоуборочных комбайнов приносят значительные материальные затраты [1]. Актуальность нашего исследования обусловлена и тем, что на большинстве сельскохозяйственных предприятий Новосибирской области стоит проблема обновления парка транспортных средств, задействованных на уборке зеленой массы.

Цель исследований

Цель исследований является оценка эффективности работы высокопроизводительных кормоуборочных комбайнов на базе Claas Jaguar 850 и обслуживающих его транспортных средств, предназначенных для уборки

кукурузы на силос, а также производительности кормоуборочных комбайнов за счет мониторинга и позиционирования.

Для достижения цели был поставлен ряд задач: сравнить теоретические и фактические данные по производительности кормоуборочного комбайна, изучить взаимодействие транспортных средств с кормоуборочными комбайнами, предложить способ оптимизации уборочно-транспортной системы по уборке кукурузы на силос.

Материалы и методы

Исследования проводили на территории сельскохозяйственных предприятий Ордынского района Новосибирской области, в 2018–2019 гг. Сбор материала проводили в осенний период агрономических работ во время уборки кукурузы на силос. Материалами исследования послужили данные о работе уборочно-транспортного комплекса в условиях различной урожайности полей при одинаковом удалении транспорта от поля. В качестве транспортных средств использовались грузовые автомобили и тракторы с прицепами следующей грузоподъемности: 6, 7, 9 и 12 тонн, при скорости кормоуборочного комбайна в 10–15 км/ч. В качестве примера были взяты расчеты зависимости времени заполнения кузова автомобиля КАМАЗ 55102 и прицеп 2ПТС-12, агрегируемый К-744. Данные были получены путем натуральных испытаний с помощью GPSнавигатора, находящегося на кормоуборочном комбайне. Обработка полученных данных производилась с помощью статистических методов. Исследование уборочно-транспортного процесса произведено методами моделирования на ПК в GoogleEarthPro и КОМПАС-3D 16v. Проведен технико-экономический анализ уборочно-транспортного процесса для различных схем взаимодействия уборочно-транспортных машин; применялось программное обеспечение Microsoft Word, Excel.

Расчет теоретической производительности кормоуборочных комбайнов:

$$W_{\text{уб}} = 0,1B_p V_p \tau H. \quad (1)$$

На с/х предприятиях используется самый распространенный вариант взаимодействия кормоуборочного комбайна и транспортных средств – погрузка зеленой массы в рядом идущий транспортное средство. При этом

транспортное средство в процессе загрузки совершает пробег по полю, длительность которого определяется в значительной мере производительностью комбайна и грузоподъемностью транспортного средства. Кроме того, при замене загруженных транспортных средств на порожние кормоуборочные комбайны, последние вынуждены простаивать. Высокой производительности кормоуборочного комбайна может достичь только при правильном выборе и согласовании отъезда и приезда обслуживающих транспортных средств.

Общее время транспортного цикла можно разбить на три части:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{загр}} + t_{\text{отх}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{пр}}$ – время прибытия транспортного средства к уборочному агрегату, определяемое по формуле:

$$t_{\text{пр}} = S_{\text{поля}} / V_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где $S_{\text{поля}}$ – расстояние от поля до места силосования, км; $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения транспортного средства, км/час;

$t_{\text{загр}}$ – время загрузки транспортного средства, час., определяемое по формуле:

$$t_{\text{загр}} = t_{\text{зап}} + t_{\text{выгр}}, \quad (4)$$

$t_{\text{зап}}$ – время заполнения бункера, час; $t_{\text{выгр}}$ – время выгрузки урожая с бункера в кузов транспортного средства, час, определяемое по формуле:

$$t_{\text{зап}} = Q_6 / (W \cdot Y), \quad (5)$$

где Q_6 – емкость бункера уборочной техники, т; W – производительность уборочной техники, га/час; Y – урожайность поля, т/га;

$t_{\text{отх}}$ – время отъезда транспортного средства от уборочной техники до пункта разгрузки.

Очевидно, к этому времени нужно добавить время взвешивания груза, т.е.:

$$t_{\text{отх}} = t_{(\text{дв.гр})} + t_{\text{взвеш}}, \quad (6)$$

где $t_{(\text{дв.гр})} = S_{(\text{поля})} / V_{\text{отх}}$, где $V_{\text{отх}}$ – скорость движения с грузом.

Зависимость размера уборочной площади от объема кузова при перевозках зеленой массы из трав ($F_{\text{сил}}$) рассчитывается путем произведения эмпирического показателя ($c_{\text{сил}} = 0,017$) и ($V_{\text{к}}$) объема кузова транспортного средства:

$$F_{\text{сил}} = c_{\text{сил}} \cdot V_{\text{к}}. \quad (7)$$

Расчет зависимости размера уборочной площади от объема кузова при перевозках зеленой массы из кукурузы ($F_{\text{сил.к}}$) рассчитывается путем произведения эмпирического показателя ($c_{\text{сил.к}} = 0,02$) и ($V_{\text{к}}$) объема кузова транспортного средства:

$$F_{\text{сил.к}} = c_{\text{сил.к}} V_{\text{к}} \quad (8)$$

Производительность на перевозках силосной массы в зависимости от объема кузова прицепа рассчитывается путем произведения производительности комбайна ($W_{\text{сил}}$) и эмпирического показателя ($v_{\text{сил}} = 0,43$):

$$W_{\text{сил}} = v_{\text{сил.к}} V_{\text{к}} \quad (9)$$

Зависимость потребной мощности изменяется от объема кузова пропорционально:

$$N_{\text{сил}} = a_{\text{сил}} V_{\text{к}} \quad (10)$$

Изменение массы прицепа от объема кузова:

$$P = k_n V_{\text{к}} \quad (11)$$

где P – масса прицепа, кг; $V_{\text{к}}$ – объем кузова прицепа, м³; k_n – эмпирический коэффициент, имеющий размерность кг/м³ и равный 125.

Результаты и обсуждение

Сельскохозяйственные предприятия расположены в Ордынском районе Новосибирской области. Основным видом деятельности хозяйств является животноводство. В сельскохозяйственных предприятиях при уборке кукурузы на силос используются кормоуборочные комбайны ClaasJaguar 850 с жаткой 4,5 и транспортные средства КАМАЗ 55102 + 2ПТС-7, тракторы с прицепами 2ПТС-6, 2ПТС-7, 2ПТС-9, 2ПТС-12, оснащенные современными технологиями ГЛОНАСС, GPS (также используются мобильные приложения «Умный фермер», Storio и др.), средняя время загрузки которых составляет от 2 до 10,59 минут с учетом простоев и непроизводительных пробогов по полю. Расстояние до места силосования составляет 3 километра [13, 14]. На рис. 1 и 2 представлены схемы движения кормоуборочного комбайна с пометками простоя: начало загрузки, конец загрузки – и непроизводительные пробеги на поле.

На основании экспериментальных данных были получены закономерности изменения объема кузова транспортного средства от требуемой мощности комбайна (рис. 3) и зависимости изменения объема кузова комбайна

от массы прицепа при транспортировках зеленой массы (рис. 4). Результаты исследования за 2018 и 2019 гг. по сельскохозяйственным предприятиям Ордынского района Новосибирской области показали различия между теоретической и фактической производительностью кормоуборочных комбайнов. За 2019 г. при рабочей ширине жатки 4,275 м расчетная производительность кормоуборочного комбайна ClaasJaguar 850 на примере уборки силоса с урожайностью 25 т с га составляет 136,27 т/ч, фактическая производительность – 84 т/ч (табл.). Показатель достаточно низкий; это связано с тем, что происходят простои кормоуборочного комбайна из-за неправильной организации транспортного обслуживания [16]. Данные по фактической производительности за 2018 г. при той же теоретической производительности – 136,27 т/ч и той же урожайности – 25 т с га (расстояние от поля до места силосования – 4,2 км) – составили 60 т/ч.



Рис. 1. Схема траектории движения кормоуборочного комбайна за 2018 г.

Fig. 1. Diagram of the trajectory of the forage harvester for 2018



Рис. 2. Схема траектории движения кормоуборочного комбайна за 2019 г.

Fig. 2. Diagram of the trajectory of the forage harvester for 2019

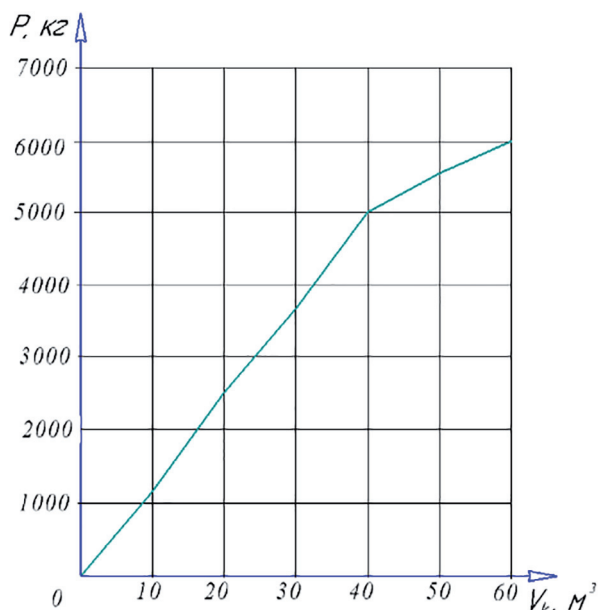


Рис. 3. Зависимость объема кузова от требуемой мощности комбайна

Fig. 3. Dependence of the body volume on the required power of the combine

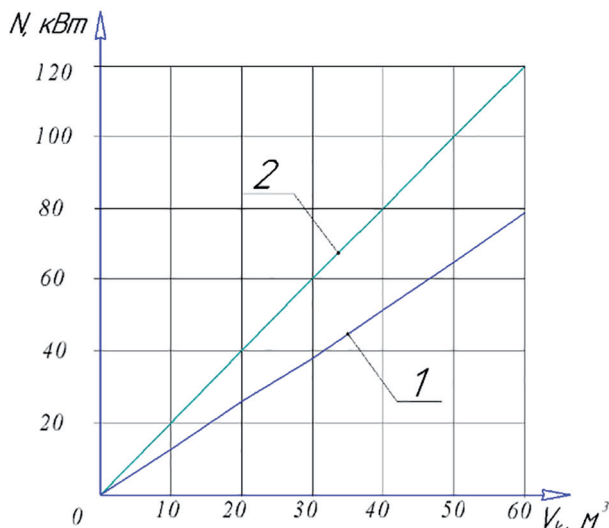


Рис. 4. Зависимость объема кузова от зеленой массы:

1 – при перевозке сенажной массы из трав;
 2 – при перевозке силосной массы из кукурузы
Fig. 4. Dependence of bed volume on green mass:
 1 – when transporting grass silage;
 2 – when transporting corn silage

Таблица

Теоретическая и фактическая производительность кормоуборочного комбайна ClaasJaguar 850 за 2018–2019 гг.

Table. Theoretical and actual performance of the Jaguar 850 forage harvester for year 2018–2019

Параметр	2018 г.	2019 г.
Урожайность, т/га	30	25
Теоретическая производительность, т/ч	136,27	136,27
Фактическая производительность, т/ч	60	84

На рис. 5 представлена графическая зависимость времени заполнения кузова от урожайности кукурузы на силос кормоуборочного комбайна ClaasJaguar 850 при транспортном обслуживании с прямоточными перевозками (при условиях: А – малая урожайность кукурузы, Б – большая урожайность кукурузы). Как видно из рис. 5, совпадение времени заполнения кузова, приезда и отъезда транспорта происходит только при определенных условиях, в остальных случаях нужно согласовывать время и место.

На рис. 4 представлена графическая зависимость изменения объема кузова транспортного средства от массы прицепа, при перевозках силосной массы. Обнаружено, что изменение массы кузова транспортного

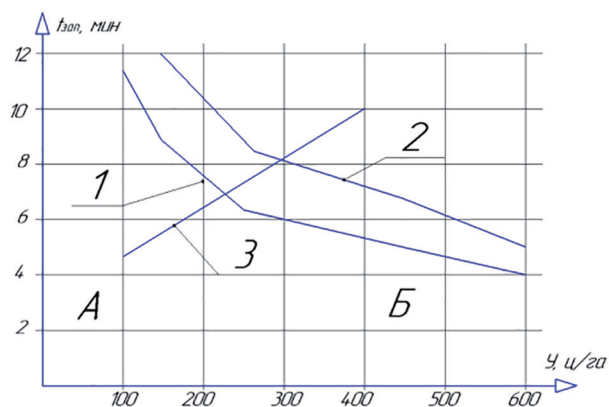


Рис. 5. Зависимость времени заполнения кузова от урожайности зеленой массы кукурузы при работе кормоуборочного комбайна ClaasJaguar 850, $t_{\text{зап}} = f(y)$:

1 – КАМАЗ 55102; 2 – 2ПТС-12;
 3 – зависимость времени прихода и отхода транспорта от расстояния до поля ($t_{\text{пр}} + t_{\text{отх}} = f(S_{\text{поля}})$)

Fig. 5. Dependence of the time of filling the bed on the yield of green mass of corn, during the operation of the forage harvester ClaasJaguar 850, $t_{\text{зап}} = f(y)$: 1 – KAMAZ 55102; 2 – 2PTS-12; 3 – dependence of the time of arrival and departure of vehicles on the distance to the field ($t_{\text{пр}} + t_{\text{отх}} = f(S_{\text{поля}})$)

средства от объема кузова обладает пропорциональной зависимостью. Также на рис. 3 можно увидеть, что зависимость объема кузова транспортного средства от требуемой мощности

кормоуборочного комбайна растет прямо пропорционально, т.е. имеет прямую зависимость.

В данных хозяйствах не использовали средства мониторинга, позиционирования и логистически управляемую модель уборочно-транспортного процесса. Между кормоуборочными комбайнами и транспортными средствами отсутствовали средства связи, которые напрямую влияют на координацию движения транспортных средств на поле. Несогласованность транспортного обеспечения на поле стала причиной простоев кормоуборочных комбайнов (рис. 1 и 2). Обусловлено это тем, что в настоящих условиях время наполнения прицепа транспортного средства силосной массой и время прихода другого ТС на поле не совпадают.

Ввиду разномарочных прицепных составов и их принадлежности целесообразно проводить классификацию по объему кузова с интервалом 10 м³. Транспортные средства объемом кузова от 10 до 20 м³ целесообразно отнести к первому классу, транспортные средства с объемом кузова 21...31 м³ – ко второму классу, к третьему классу – 32...42 м³, к четвертому – 43...53 м³ и к пятому – 54...64 м³.

Для уменьшения транспортных издержек, при использовании на уборке транспортных средств, необходимо обеспечить сокращение простоев кормоуборочных комбайнов при ожидании ТС путем уменьшения непродуктивных пробегов машин за счет применения средств позиционирования, мониторинга и совершенствования технических средств.

Работу взаимодействия транспортных средств в процессе заготовки силоса нужно организовать так, чтобы кормоуборочные комбайны работали с меньшей потерей времени в ожидании транспортных средств. Но исходя из того, что расстояние от поля до мест silosования, время оборота ТС не является постоянной величиной и изменяется в больших границах, в работу привелось бы подключить значительное число ТС, которые значительную долю рабочего времени смены простаивали, что экономически не рационально.

В результате двухлетних исследований установлено, что фактическая производительность кормоуборочного комбайна при уборке кукурузы на силос значительно ниже, чем теоретическая производительность. Это происходит за счет простоев кормоуборочного комбайна на поле из-за неправильной организации транс-

портного обслуживания. В связи с большим снижением количества тракторов необходимо разработка новых методов, учитывающий возраст техники и неприспособленность ее к полевым работам. Необходимы новые разработки с использованием современных средств позиционирования и мониторинга с учетом состояний транспортных средств в настоящее время.

Заключение

В результате двухлетних исследований была обнаружена разница между фактической и теоретической производительностью кормоуборочного комбайна при уборке кукурузы на силос. олучены фактические данные по производительности кормоуборочных комбайнов: 2018 г. – 60 т/ч; 2019 г. – 84 т/ч – на поле при уборке кукурузы на силос с урожайностью 25 тонн в час с рабочей шириной жатки в 4,275 м.

Исследование взаимодействия транспортных средств с кормоуборочными комбайнами выявило несогласованность между отъездами загруженных транспортных средств и приездами порожних транспортных средств. Отсутствие средств позиционирования и мониторинга негативно сказывается на производительности уборочно-транспортного процесса. Необходим контроль процесса погрузки зеленой массы и согласованное распределение мест при окончании заполнения кузова.

Увеличить производительность возможно путем изменения технически установленной производительности кормоуборочного комбайна в зависимости от количества и объема кузова транспортных средств. Полученные расчеты и закономерности изменения технико-технологических параметров могут быть применены при проектировании новых специальных сельскохозяйственных транспортных средств, а также в уборочно-транспортном процессе для определения требуемого количества транспортных единиц при транспортировке измельченной зеленой массы.

Литература

1. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // Remote sensing. 2015. Vol. 7. №. 4. P. 4026–4047.
2. Bershickiy Y.I. et al. Application of "flexible" durations of field work in the economic justification of the composition combine fleet of agriculture

- organizations // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2015. P. 1715–1729.
3. Кузнецова Н.А., Ильина А.В., Пукач Г.В. Ресурсосберегающие технологии и проблемы их внедрения в полеводстве // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2017. № 3 (67). С. 62–66.
 4. Ткачев А.Н. и др. Приоритетные направления развития агропромышленного комплекса России. 2018. 413 с.
 5. Усанова З.И., Фаринюк Ю.Т., Павлов М.Н. Резервы интенсификации производства кукурузы на силос в условиях Верхневолжья // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2018. № 1. С. 79–83.
 6. Машков С.В., Казакова Е.С. Теоретические основы и практические методы определения потребности аграрных предприятий в технике // Вестник СамГУПС. 2018. № 1. С. 15–20.
 7. Кушнарев Л.И. и др. Модернизация системы технического сервиса аграрно-промышленного комплекса. Scientificmagazine Kontsep, 2015. 440 с.
 8. Школяренко А.М. Влияние высоких технологий на мировой рынок сельскохозяйственных товаров: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.14 [место защиты: ФГАОУ ВО «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации»]. 2018. 212 с.
 9. Терехин Э.А. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур // Исследование Земли из космоса. 2015. № 1. С. 23–31.
 10. Зеленская Т.Г. и др. Экологические аспекты органического земледелия // Вестник АПК Ставрополья. 2019. № 3. С. 51–56.
 11. Полухин А.А. Техническая модернизация сельского хозяйства России в условиях международной интеграции и экономических санкций // RJOAS: Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2015. № 6. С. 41.
 12. Зубина В. А. Разработка программного средства для формирования оптимального состава тракторного парка в условиях ограниченности ресурсов // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 50. С. 142–147.
 13. Галимов Р.Р., Максимович К.Ю. Оценка эффективности работы модели уборки кормовых культур в условиях Западной Сибири // Ползуновский альманах. 2020. № 1. С. 69–71.
 14. Галимов Р.Р. Анализ состояния машинно-тракторного парка и кормоуборочных комбайнов в НСО // Молодежь, инновации, технологии. 2019. С. 34–35.
 15. Rogovskii I.L., Hneniuk M.V., Voinash S.A., Galimov R.R., Sokolova V.A. and Bespalova V.V. Research on losses of technical preparedness of forage harvesters combines by level of seasonal service accumulation // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2020. T. 1679. №. 4. С. 042035.
 16. Galimov R., Maksimovich K., Tikhonovskiy V. Evaluation of combines transport support effectiveness for harvesting silage crops in Western Siberia // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. T. 175. С. 05030.

References

1. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // Remote sensing. 2015. Vol. 7. №. 4. P. 4026–4047.
2. Bershickiy Y.I. et al. Application of "flexible" durations of field work in the economic justification of the composition combine fleet of agriculture organizations // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2015. P. 1715–1729.
3. Kuznetsova N.A., Il'ina A.V., Pukach G.V. Resource-saving technologies and problems of their implementation in field cultivation. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta. 2017. No 3 (67), pp. 62–66 (In Russ.).
4. Tkachev A.N. i dr. Prioritetn-yye napravleniya razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Priority directions of development of the agro-industrial complex of Russia]. 2018. 413 p.
5. Usanova Z.I., Farinyuk YU.T., Pavlov M.N. Reserves for intensifying the production of corn for silage in the conditions of the Upper Volga. Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve. 2018. No 1, pp. 79–83 (In Russ.).
6. Mashkov S.V., Kazakova YE.S. Theoretical foundations and practical methods for determining the need of agricultural enterprises in technology. Vestnik SaMGUPS. 2018. No 1, pp. 15–20 (In Russ.).
7. Kushnarev L.I. i dr. Modernizatsiya sistemy tekhnicheskogo servisa agrarno-promyshlennogo kompleksa [Modernization of the technical service system of the agro-industrial complex]. Scientificmagazine" Kontsep, 2015. 440 p.
8. Shkolyarenko A.M. Vliyaniye vysokikh tekhnologiy na mirovoy rynek sel'skokhozyaystven-

- nykh tovarov: dis. ... kand. ekon. nauk [Impact of high technologies on the global agricultural market: Dissertation for Degree of PhD in Economics]: 08.00.14 [mesto zashchity: FGAOU VO «Moskovskiy gosudarstvennyy institut mezhdunarodnykh otnosheniy (universitet) Ministerstva inostrannykh del Rossiyskoy Federatsii»], 2018. 212 p.
9. Terekhin E.A. Assessment of seasonal values of the vegetation index (NDVI) for the detection and analysis of the state of sowing of agricultural crops. *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*. 2015. No 1, pp. 23–31 (In Russ.).
 10. Zelenskaya T. G. i dr. Ecological aspects of organic farming. *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2019. No 3, pp. 51–56 (In Russ.).
 11. Polukhin A.A. Technical modernization of agriculture in Russia in the context of international integration and economic sanctions. *RJOAS: Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2015. No 6, pp. 41 (In Russ.).
 12. Zubina V. A. Development of software for the formation of the optimal composition of the tractor fleet in conditions of limited resources. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017. Vol. 50, pp. 142–147 (In Russ.).
 13. Galimov R.R., Maksimovich K.YU. Evaluation of the efficiency of the model of harvesting forage crops in the conditions of Western Siberia. *Polzunoskiy al'manakh*. 2020. No 1, pp. 69–71 (In Russ.).
 14. Galimov R.R. Analysis of the state of the machine and tractor fleet and forage harvesters in Novosibirsk region. *Molodezh', innovatsii, tekhnologii*. 2019, pp. 34–35 (In Russ.).
 15. Rogovskii I.L., Hneniuk M.V., Voinash S.A., Galimov R.R., Sokolova V.A. and Bespalova V.V. Research on losses of technical preparedness of forage harvesters combines by level of seasonal service accumulation. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. Vol. 1679. No 4, pp. 042035.
 16. Galimov R., Maksimovich K., Tikhonovskiy V. Evaluation of combines transport support effectiveness for harvesting silage crops in Western Siberia. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. Vol. 175, pp. 05030.