

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4 (48). С. 56–64
Vestnik Kurganskoj GSXA. 2023; (4-48): 56–64

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.372:631.3-1/9:631.3.022

EDN: QZGNBY

Код ВАК 4.3.1

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Григорий Александрович Иовлев¹✉, Ирина Игоревна Голдина², Любовь Михайловна Стахеева³

^{1, 2, 3} Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

¹ gri-iovlev@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

² ir.gjldina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

³ staheeva53@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2188-6276>

Аннотация. Статья посвящена изучению влияния конструктивных особенностей технологического тракта кормоуборочных комбайнов на изменение объёмной массы кормовых культур (кукурузы) и наполняемость кузова транспортных средств. Актуальность исследования заключается в том, что от устройства технологического тракта, его конструктивных решений зависит производительность транспортных средств и всего уборочно-транспортного комплекса (УТК), его эффективность. Целью исследования являлся ретроспективный анализ технологических трактов силосоуборочных и кормоуборочных комбайнов современности, их конструктивных особенностей, определение математических зависимостей, объёмной массы в кузове транспортного средства от скорости движения в технологическом тракте. Научная новизна исследования состоит в формировании оптимального состава УТК с учётом конструктивных особенностей кормоуборочных комбайнов, экономической эффективности их использования и влияния на производительность транспортных средств. Объектом изучения являлись кормоуборочные комбайны и их технологические тракты. Проанализированы конструктивные особенности основных компонентов технологических трактов: измельчающего аппарата, доизмельчителя, ускорителя выброса. Приведён анализ параметров объёмной массы при уборке кукурузы на силос силосоуборочным комбайном и различными кормоуборочными комбайнами. Выведена зависимость объёмной массы кукурузы от скорости движения в технологическом тракте. Определены показатели производительности транспортных средств, экономическая эффективность транспортного процесса при использовании различных кормоуборочных комбайнов. Рассчитаны грузоподъёмность транспортного средства, скорость движения с грузом и без груза, производительность тракторного транспортного агрегата, расход топлива, амортизационные отчисления на единицу выполненной работы, затраты на топливо, затраты на оплату труда. Предложены рекомендации по использованию кормоуборочных комбайнов различной мощности в зависимости от объёмов заготовки кормов.

Ключевые слова: наполняемость, размер частиц, скорость движения, технологический тракт, длина резки, поток массы, набор компонентов, линейная скорость, грузоподъёмность, кукуруза.

Для цитирования: Иовлев Г.А., Голдина И.И., Стахеева Л.М. Влияние конструкции измельчительного устройства на производительность транспортных средств // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4 (48). С. 56–64. EDN: QZGNBY.

Scientific article

EFFECT OF THE SHREDDING DEVICE DESIGN ON VEHICLE PERFORMANCE

Grigory A. Iovlev¹✉, Irina I. Goldina², Lyubov M. Stakheeva³

^{1, 2, 3} Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

¹ gri-iovlev@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

² ir.gjldina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

³ staheeva53@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2188-6276>

Abstract. The article is devoted to the study of the influence of the design features of the forage harvester technological channel on the change in the bulk mass of forage crops (corn) and the filling capacity of the vehicle bulk. The relevance of the study is in the fact that the vehicle performance and the entire harvesting and transport complex (HTC), as well as its effectiveness depend on the structural scheme of the technological channel, its design solutions. The purpose of the study was a retrospective analysis of the technological channels of modern silage and forage harvesters, their structural features, and determination of mathematical dependencies that determine the dependence of the bulk mass in the vehicle bulk on the bulk mass movement rate in the technological channel. The scientific novelty of the research consists in formation of

the HTC optimal composition, taking into account the design features of forage harvesters, the economic efficiency of their use and impact on the vehicle performance. The object of study was forage harvesters and their technological channels. The design features of the main components of the technological channels are analyzed: a shredding machine, an additional crusher unit, a discharge accelerator. The bulk mass parameters during harvesting corn for silage by a silo harvester as well as various forage harvesters are analyzed. The dependence of the corn bulk mass on the movement rate in the technological channel is deduced. The research determined the vehicle performance indicators, the economic efficiency of the transport process when using various forage harvesters. The calculations were carried out for the vehicle load capacity, its speed being loaded and unloaded, the productivity of the tractor transport aggregate, fuel consumption, depreciation charges per unit of work performed, fuel costs, labor costs. The recommendations on operating forage harvesters of various capacities, depending on the volume of forage harvesting, are proposed.

Keywords: filling capacity, particle size, movement rate, technological channel, cutting length, mass flow, set of components, linear velocity, load capacity, corn.

For citation: Iovlev G.A., Goldina I.I., Stakheeva L.M. Effect of the shredding device design on vehicle performance. Vestnik Kurgan-skoj GSHA. 2023; (4-48): 56–64. EDN: QZGNBY. (In Russ).

Введение. При формировании уборочно-транспортных комплексов (УТК) для заготовки сочных кормов необходимо обеспечить безостановочную работу кормоуборочных комбайнов при минимальных простоях транспортных средств [1]. Производительность транспортных средств в свою очередь зависит от конструкции и набора компонентов технологического тракта кормоуборочного комбайна. На производительность транспортных средств будут оказывать влияние и другие технико-экономические показатели, характеризующие эксплуатационные свойства комбайна: это и мощность двигателя, ширина захвата жатки, рабочая скорость движения и т. д.

Производительность транспортных средств будет зависеть от наполняемости кузова, которая в свою очередь будет зависеть от размера частиц измельчённой массы и скорости движения массы в технологическом тракте, начиная с питающего аппарата и заканчивая силосопроводом [2–4].

В современных кормоуборочных комбайнах длина резки обеспечивается изменением потока массы через изменение оборотов питающих вальцов, переключением редуктора и изменением количества ножей. С использованием обоих способов обеспечивается длина резки от 2,5 мм до 29 мм, при числе ножей от 6 до 18 шт. (в одном ряду) – для заготовки кормов, при количестве до 24 ножей – при использовании зелёной массы для получения биогаза. Скорость движения массы находится в пределах от 46 м/с (КСК-600) до 69,1 м/с (KRONE BiG X770). Рост скорости движения массы позволяет повысить степень загрузки транспортного средства, более плотно распределить массу в кузове.

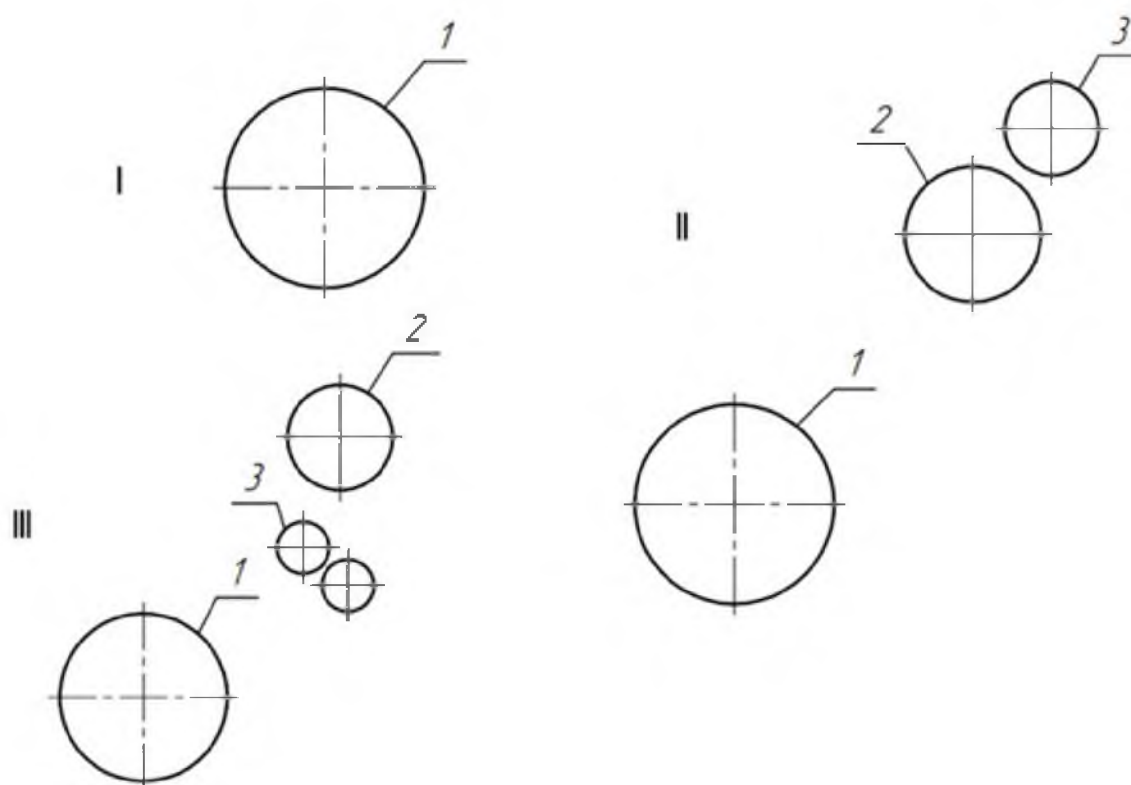
Скорость движения массы в технологическом тракте зависит от набора компонентов (измельчающего устройства, доизмельчителя зёрен, ускорителя выброса), их конструктивного исполнения (ширины, диаметра, частоты вращения). Необходимо отметить, что набор компонентов, их кон-

структивное исполнение и расположение в технологическом тракте у различных кормоуборочных комбайнов может быть самое разнообразное.

Материалы и методы. Данное исследование выполнено на материалах, ранее полученных авторами «полевых» исследований, проведённых в сельскохозяйственных организациях Свердловской области [5–7], и другими исследователями [8]. Сельхозорганизации представлены в широком диапазоне – от высокоэффективных, занимающих лидирующие позиции в аграрном производстве региона до учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ, где многие технологические операции по возделыванию сельскохозяйственных культур выполняют студенты университета. Кормоуборочные комбайны представлены следующими моделями: КСК-600, JAGUAR 830 (850), KRONE BiG X770, транспортные средства от высокопроизводительных: КАМАЗ-55102 с прицепами до тракторных транспортных агрегатов в составе Беларус 82.1 + 2ПТС-4.

Исследовалось влияние конструктивных особенностей технологического тракта кормоуборочных комбайнов на изменение объёмной массы кормовых культур (кукурузы) и наполняемость кузова транспортных средств. Для этого проведён аналитический обзор существующих конструкций кормоуборочных комбайнов на основе «Руководств по эксплуатации» комбайнов, использовались данные, полученные во время «полевых» исследований. Для оценки эффективности работы транспортных средств с разными кормоуборочными комбайнами использовались и рассчитывались следующие показатели: грузоподъёмность транспортного средства, скорость движения с грузом и без груза, производительность тракторного транспортного агрегата, расход топлива, амортизационные отчисления на единицу выполненной работы, затраты на топливо, затраты на оплату труда.

При исследовании были использованы экономические и статистические методы и приёмы,



1 – измельчающее устройство, 2 – ускоритель выброса, 3 – доизмельчитель зёрен
 I – технологический тракт КСК-600, II – технологический тракт ДОН-680М,
 III – технологический тракт KBK-800 (8060), RSM-1401 (F2650), JAGUAR 850, KRONE BiG X770

Рисунок 1 – Схемы технологических трактов кормоуборочных комбайнов

Таблица 1 – Характеристики технологических трактов основных кормоуборочных комбайнов

Марка к/у комбайна	Измельчающий аппарат		Доизмельчитель		Ускоритель выброса	
	Диаметр, мм	Обороты, об./мин	Диаметр, мм	Обороты, об./мин.	Диаметр, мм	Обороты, об./мин
КСК-600	750	1173				
KBK-800	630	1200	196	I- 3528 II- 4453	396	2430
KBK-8060	630	1230	196	I- 3528 II- 4453	396	2430
ДОН-680	750	838	353	3848	510	1687
RSM-1401	630	1200	190	I- 3735 II- 4713	510	2160
RSM F2650 [9-13]	630	1200	190	I- 3735 II- 4713	540	2400
JAGUAR 850	630	1200	196	I- 3392 II- 4486	540	2400
KRONE BiG X770	660	1250	250	I- 3095 II- 3715	560	2360
KCC-2,6	630	1410	Для загрузки используется транспортёр		Линейная скорость 1,65 м/сек	

такие как наблюдение и сбор фактов, анализ и синтез, системный подход, сопоставление и сравнение, группировки и др.

Результаты исследований и их обсуждение. Схемы технологических трактов основных кормоуборочных комбайнов, используемых в сельскохозяйственном производстве, представлены на рисунке 1, характеристики технологических трактов кормоуборочных комбайнов представлены в таблице 1.

Измельчающий аппарат силосоуборочного комбайна КСС-2,6 обеспечивает линейную скорость измельчённой зелёной массы 46,5 м/с, но для загрузки транспортного средства используется выгрузной транспортёр, он придаёт зелёной массе линейную скорость 1,65 м/с, с которой она падает под собственным весом в кузов транспортного средства. Объёмная масса в этом случае составляет 0,25-0,3 т/м³ [14–15] (для дальнейших расчётов принимаем 0,275 т/м³). При ранее про-

ведённых исследованиях на уборке кукурузы на силос при работе с кормоуборочным комбайном KRONE BiG X770 объёмная масса в прицепе LMR-10 составила 0,61 т/м³, с комбайном КСК-600 – 0,48 т/м³ (транспортное средство ГАЗ-САЗ-3507).

Для моделирования объёмной массы с использованием данных таблицы 1 определим скорости движения массы в технологическом тракте различных кормоуборочных комбайнов, расчёты представим в таблице 2.

Данные расчётов по определению зависимости объёмной массы в кузове транспортного средства от скорости движения в технологическом тракте представим на рисунке 2. Данная зависимость определяется математическим выражением: $y = 47,610^{-4}x + 0,267$.

То есть у каждого представленного в таблице 2 кормоуборочного комбайна будет разная по тоннажу наполняемость кузова транспортного средства, а в результате и производительность

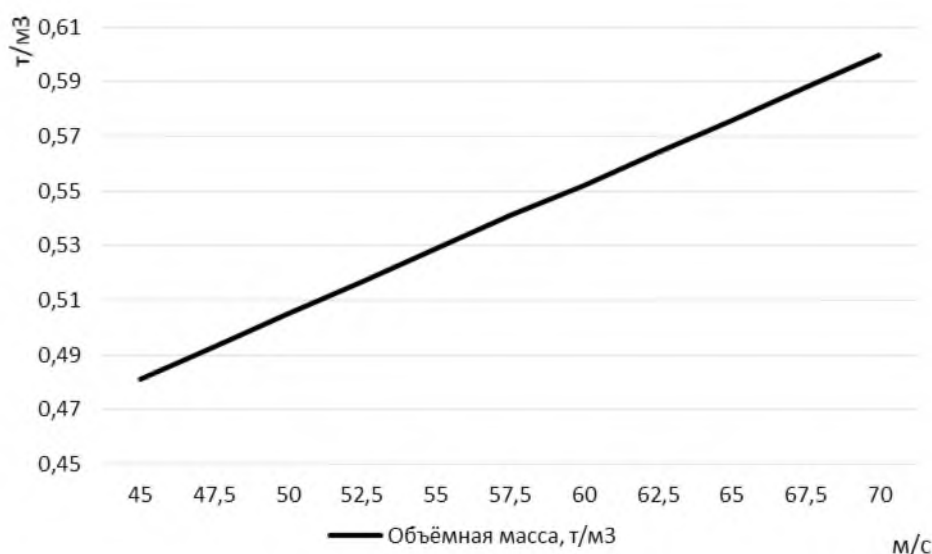


Рисунок 2 – Зависимость объёмной массы кукурузы от скорости движения в технологическом тракте кормоуборочного комбайна

Таблица 2 – Расчётные значения скорости движения массы в технологическом тракте кормоуборочных комбайнов

Марка кормоуборочного комбайна	Скорость движения массы, м/с
КСК-600	46,0
КВК-800 (8060)	50,4
ДОН-680М	45,0
RSM-1401	57,6
RSM F2650	67,8
JAGUAR 850	67,8
KRONE BiG X770	69,1

транспортного средства. Для сравнения приведём грузоподъёмность тракторного прицепа LMR-10 с коэффициентом заполнения кузова $\lambda_K = 1,05$ (в соответствии с технологической дисциплиной, принятой в сельскохозяйственной организации, т. е. уровнем загрузки транспортных средств) при заполнении кормоуборочными комбайнами KRONE BiG X770 и КСК-600.

$$\text{KRONE BiG X770} - P = Q_K \rho_{\text{ЗМ}} \lambda_K = 11,90,611,05 = 7,62 \text{ т}$$

$$\text{КСК-600} - P = 11,90,481,05 = 6 \text{ т}$$

где Q_K – вместимость кузова транспортного средства, м^3 ;

$\rho_{\text{ЗМ}}$ – объёмная масса зелёной массы кукурузы, $\text{т}/\text{м}^3$;

λ_K – коэффициент заполнения кузова.

Для сравнения приведём грузоподъёмность прицепа при заполнении силосоуборочным комбайном КСС-2,6 – 3,44 т, поэтому в технологиях заготовки сочных кормов для уплотнения массы в кузове использовали специальных рабочих для утаптывания зелёной массы, что было сопряжено с определённой опасностью для их здоровья. В последствии было категорически запрещено выполнять данную операцию.

С учётом того, что время транспортной операции складывается из времени ожидания загрузки, времени загрузки, времени транспортного цикла, складывающегося из времени движения до весовой, до силосной траншеи, времени разгрузки, времени движения от траншеи до поля, проанализируем экономическую эффективность транспортного процесса при работе с различными кормоуборочными комбайнами [16–18].

При работе с кормоуборочным комбайном KRONE BiG X770, при ранее проведённых исследованиях время ожидания загрузки транспортного агрегата в составе DF Agrofarm 115G + LMR-10 составило 2,09 мин, время загрузки – 2,56 мин, при пропускной способности 48,6 кг/с. При работе с КСК-600 время загрузки составило 5,17 мин, при пропускной способности 30 кг/с. Время транспортного цикла составило 16,7 мин.

Время транспортной операции при загрузке KRONE BiG X770: $T_{\text{ТР}} = 21,35$ мин; при загрузке КСК-600 - $T_{\text{ТР}} = 23,96$ мин. За время рабочей смены (10 часов с учётом времени на обед и ужин) транспортные агрегаты выполняют соответственно 25 и 22 рейса. За рабочую смену агрегат в составе DF Agrofarm 115G + LMR-10 с кормоуборочным

комбайном KRONE BiG X770 перевезёт 190,5 т, с КСК-600 – 132 т. Эти сведения получены в результате сбора статистических данных во время «полевых» исследований.

Также у транспортного средства с загрузкой от разных кормоуборочных комбайнов будет разная экономическая эффективность осуществления транспортного процесса [19]. Рассмотрим это на примере затрат на топливо, на оплату труда, амортизацию.

Теоретические расчёты производительности тракторного транспортного агрегата, удельного расхода топлива, амортизации, приходящейся на 1 т перевезённого груза, представим для DF Agrofarm 115G + LMR-10 с кормоуборочным комбайном KRONE BiG X770, результаты работы с комбайном КСК-600 представим в таблице 3.

Для определения производительности тракторного транспортного агрегата используем формулу:

$$W_{\text{ТР}} = W_{\text{ТР}}^{\text{ч}} \times T_{\text{СМ}}$$

где $W_{\text{ТР}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность, т;
 $T_{\text{СМ}}$ – время смены, ч.

Часовая производительность рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ТР}}^{\text{ч}} = \frac{Q \times V_{\text{СР}}}{L_{\text{ТР}}} \times \tau_v$$

где, Q – грузоподъёмность транспортного средства, т.

$$Q = V_{\text{КУЗ}} \times \rho \times \lambda_K$$

$V_{\text{КУЗ}}$ – объём кузова, м^3 ;

ρ – объёмная масса перевозимого груза, $\text{т}/\text{м}^3$,
 $\rho = 0,61 \text{ т}/\text{м}^3$;

λ_K – коэффициент заполнения кузова;

$V_{\text{СР}}$ – средняя скорость движения транспортного средства, $\text{км}/\text{ч}$;

$$V_{\text{СР}} = V_{\text{СР}} = \frac{2V_{\text{СГР}} \times V_{\text{БГР}}}{V_{\text{СГР}} + V_{\text{БГР}}}$$

$V_{\text{СГР}}$ – скорость движения с грузом, $\text{км}/\text{ч}$;

$V_{\text{БГР}}$ – скорость движения без груза, $\text{км}/\text{ч}$;

$L_{\text{ТР}}$ – расстояние грузоперевозки (расстояние от поля до траншеи со взвешиванием и обратно), км ;

τ_v – коэффициент использования скорости движения. Для трактора тягового класса 14 кН $\tau_v = 0,77$ [20].

Грузоподъёмность LMR-10Q = 11,90,611,05 = 7,62 т (74,7 кН).

Для определения средней скорости движе-

ния необходимо определить скорость движения с грузом, т. е. после загрузки до силосной траншеи и скорость движения без груза, т. е. от силосной траншеи до поля. Для этого необходимо определить тяговое сопротивление тракторного прицепа с грузом и без него. Тяговое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R = P \times k,$$

где P – суммарный вес тракторного прицепа, кН;

k – коэффициент сопротивления перекачиванию; $k = 0,05$ (для уплотнённой полевой дороги).

$$R_{СГР} = (38,2 + 74,7) \cdot 0,05 = 5,64 \text{ кН};$$

$$R_{БГР} = 38,2 \cdot 0,05 = 1,91 \text{ кН}.$$

Тяговое сопротивление тракторного прицепа LMR-10 с грузом удовлетворяет тяговому усилию трактора DF Agrofarm 115G на передаче IV3 с понижающим редуктором (17,8 км/ч), без груза – на передаче IV5 без понижающего редуктора (36,4 км/ч).

Часовая производительность:

$$W_{ТР}^ч = \frac{7,62 \times 23,9}{7,05} \times 0,77 = 19,89.$$

Сменная производительность тракторного транспортного агрегата $W_{ТР} = 19,89 \times 10 = 198,9$ т.

Расчёт расхода топлива.

$$g_T = \frac{G_{Т.Р} + G_{Т.П} + G_{Т.ПЕР} + G_{Т.ХД}}{W_{ч}},$$

где $G_{Т.Р}$, $G_{Т.П}$, $G_{Т.ПЕР}$, $G_{Т.ХД}$ – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч, при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива определяются расчётным путём через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

$$g_T = \frac{11,17 \times 0,75 + 6,17 \times 0,25}{19,89} = \frac{8,38 + 1,54}{19,89} = 0,5 \text{ кг/т}.$$

Расчёт примерной себестоимости одной перевезённой тонны зелёной массы. Для этого используем амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу выполненной работы, и стоимость топлива, расходуемого на одну перевезённую тонну.

Исходными данными для расчёта амортизационных отчислений являются:

- стоимость трактора DF Agrofarm 115G – 6916667 руб;

- стоимость тракторного прицепа LMR-10 – 950000 руб;

- норма амортизации – 9,1 % (для обеих машин);

- число рабочих дней в году – 247.

Амортизационные отчисления на единицу выполненной работы определим по следующей формуле:

$$A_{ГА} = \frac{(Ц_{ТР} + Ц_{П}) \times N_{ам}}{D_p \times W_{СМ}},$$

где $Ц_{ТР}$, $Ц_{П}$ – стоимость трактора и прицепа, руб.;

$N_{ам}$ – норма амортизации, %;

D_p – число рабочих дней в году.

$$A_{ГА} = \frac{(6916667 + 950000) \times 9,1\%}{247 \times 198,9} = 14,57.$$

Стоимость топлива, расходуемого на транспортировку 1 т, определяем по формуле:

$$З_T = g_T \times Ц_T,$$

где $Ц_T$ – стоимость топлива, руб/кг. Для расчётов стоимость топлива взята по состоянию на 28.08.2023 года.

$$З_T = 0,5 \times 52,3 = 26,15 \text{ руб/т}.$$

Затраты по заработной плате, приходящейся на перевозку 1 т, определяем по формуле:

$$З_{от} = \frac{\tau_{час} \times T_{СМ}}{W_{СМ}},$$

где $\tau_{час}$ – часовая тарифная ставка, руб.

Таблица 3 – Показатели, характеризующие работу тракторных транспортных агрегатов

Показатели	Кормоуборочный комбайн	
	KRONE Big X770	KCK-600
Часовая производительность, т/ч	19,89	15,66
Удельный расход топлива, кг/т	0,5	0,63
Амортизационные отчисления, руб./т	14,57	18,51
Стоимость топлива, руб./т	26,15	32,95
Оплата труда, руб./т	16,87	21,43
Суммарные затраты, руб/т	57,59	72,89

$$Z_{от} = \frac{335,57 \times 10}{198,9} = 16,87 \text{ руб./т.}$$

Из представленных данных видно, что часовая производительность тракторного транспортного агрегата при работе с кормоуборочным комбайном KRONE BiG X770 выше, чем с комбайном КСК-600, на 27 %, удельный расход топлива ниже на 20,6 %, суммарные затраты ниже на 24,1 %.

Заключение. На производительность УТК существенное влияние будет оказывать конструкция и совершенство кормоуборочного комбайна, мощность его двигателя, набор компонентов технологического тракта, количество и мощность транспортных средств. В технологиях заготовки сочных кормов, в частности кукурузного силоса, используются самые различные кормоуборочные комбайны отечественного и зарубежного производства, с различным набором и исполнением компонентов технологического тракта. Определённый интерес представляет развитие технологического тракта во времени. Возможно, одним из первых механизмов этого типа с простейшим измельчающим устройством была косилка-измельчитель КИР-15. Для массового заготовления кормов использовались силосоуборочные комбайны КС-2,6 (позднее КСС-2,6), КС-1,8 «Вихрь», для заготовки зелёного корма, на корм животным, для обеспечения агрегатов АИСТ, использовались косилки-измельчители КУФ-1,8, затем КПИ-2,4, КПКУ-75. Первым отечественным самоходным комбайном был КСК-100. Зарубежным кормоуборочным комбайном того времени был довольно производительный, высокой надёжности комбайн Е-281 (российский аналог «Марал» Е-125).

Во всех представленных силосоуборочных и кормоуборочных комбайнах использовался простейший, по современным меркам, питающе-измельчающий аппарат, состоящий из подпрессовывающего подающего вальца и измельчающего барабана с противорезающей пластиной. Данная схема осталась и у кормоуборочного комбайна КСК-600, во всех остальных представленных в данном исследовании комбайнах используются технологические схемы различного исполнения и конструкции, состоящие из измельчительного барабана, доизмельчителя, ускорителя выброса. Каждый из узлов обеспечивал дополнительное ускорение измельчённой зелёной массе в силосопроводе, что позволяло осуществить более плотное и равномерное заполнение кузова транспортного средства. Различные обороты, конструктивные размеры позволяют обеспечить линейную скорость зелёной массы на выходе из силосопровода от 45 м/с (ДОН-680М) до 69 м/с (KRONE BiG X770). Это обеспечи-

вает разную объёмную массу убираемой культуры в кузове транспортного средства, что в свою очередь существенно влияет на производительность транспортного средства, на эффективность его работы. Полевые исследования, теоретические расчёты это подтверждают. Так, производительность транспортного агрегата в составе DF Agrofarm 115G + LMR-10 после загрузки кормоуборочным комбайном KRONE BiG X770 выше, чем при загрузке КСК-600, на 27 %, расход топлива ниже на 20,6 %, в результате суммарные затраты ниже на 21 %. Это всё влияет на себестоимость кормов.

В целом эффективность того или иного уборочно-транспортного комплекса в составе с кормоуборочными комбайнами различной мощности будет зависеть от объёмов заготовки кормов: силоса, сенажа, на «зелёный корм», объёмы заготовки в свою очередь будут зависеть от поголовья крупного рогатого скота, его продуктивности. Комбайны с большой мощностью двигателя, большой пропускной способностью массы (RSM F2650, JAGUAR 850 (870), JAGUAR 900-й серии, KRONE BiG X770) целесообразно использовать в сельскохозяйственных организациях с площадью кормовых культур не менее 4500 га. От 1500 га до 4500 га целесообразно использовать комбайны среднего диапазона – КВК-800 (8060), RSM-1401, JAGUAR 830. Для малых форм хозяйствования и небольших СХО – прицепные кормоуборочные комбайны: ПН-400 «Простор», КПФ-2,4, КДП-3000, КСД-2 Sterh (чтобы была возможность использовать мобильное энергетическое средство в других технологических операциях) или самоходные комбайны КСК-600, ДОН-680М.

Список источников

1. Оценка эффективности работы транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов при уборке кукурузы на силос в условиях Новосибирской области / Р.Р. Галимов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88. № 1. С. 73-80.
2. Белов М.И. Методика расчёта длины резки растений кормоуборочными комбайнами: роторным и двойного измельчения // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 2. С. 279-294.
3. Ростсельмаш делает ставку на интеллектуальные системы // Техника и оборудование для села. 2020. № 11 (281). С. 6-7.
4. Петухов Д.А., Свиридова С.А., Юрченко Т.В. Оценка эффективности кормоуборочной техники отечественного производства // Техника и оборудование для села. 2019. № 12 (270). С. 41-46.
5. Иовлев Г.А. Экономика сельскохозяйственного транспорта // Аграрный вестник Урала. 2022. № S13. С. 18-30.

6. Iovlev G.A., Sahakyan M.K., Nesgovorov A.G., Sadov A.A. Optimization of the Harvesting and Transport Complex Work in Forage Conservation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Aboard, DAICRA 2021». 2022. P. 012028.

7. Иовлев Г.А. Анализ коэффициентов перевода тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы в годы изменения нормативов // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 8. С. 50-55.

8. Малыха Е.Ф., Катаев Ю.В. Экономическое обоснование оптимального состава машинно-тракторного парка в растениеводстве // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 3. С. 76-80.

9. Ростсельмаш готовит к запуску в производство кормоуборочные комбайны серии F // Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 8-9.

10. Кормоуборочный комбайн РОСТСЕЛЬМАШ RSM F 2650: впечатления // Техника и оборудование для села. 2020. № 1 (271). С. 6-7.

11. Кормоуборочный комбайн РОСТСЕЛЬМАШ F 2650: с рекордом по полю // Техника и оборудование для села. 2023. № 7 (313). С. 8-9.

12. Кормоуборочный комбайн РОСТСЕЛЬМАШ RSM F 2650. Тест на профпригодность // Техника и оборудование для села. 2020. № 2 (272). С. 8-9.

13. Кормоуборочному комбайну РОСТСЕЛЬМАШ F 2650 добавили «лошадей» // Техника и оборудование для села. 2023. № 2 (308). С. 7.

14. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве / В.Н. Кузьмин [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 316 с.

15. Плотность сельскохозяйственных грузов [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/24_45829_plotnost-selskohozyaystvennih-gruzov.html?ysclid=lnu3h6sjsjp394497596 (дата обращения: 17.08.2023).

16. Оценка эффективности кормоуборочных самоходных косилок / Н.П. Мишуров [и др.] // Техника и оборудование для села. 2021. № 12 (294). С. 42-45.

17. Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях / А.Ю. Измайлов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 1. С. 4-9.

18. Ряднов А.И. Метод выбора транспортных

средств при уборке сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 349-356.

19. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А.В. Бортник [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 9. С. 33-36.

20. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Сельское хозяйство, транспорт и карбоновые проблемы // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. № 1. С. 25-35.

References

1. Galimov R.R. et al. Ocenka jeffektivnosti raboty transportnogo obsluzhivaniya kormouborochnyh kombajnov pri uborke kukuruzy na silos v uslovijah Novosibirskoj oblasti [Evaluation of the efficiency of transport services for forage harvesters when harvesting corn for silage in the conditions of the Novosibirsk region]. *Tractors and agricultural machinery*. 2021; (88-1): 73-80. (In Russ).

2. Belov M.I. Metodika raschjota dliny rezki rastenij kormouborochnymi kombajnami: rotornym i dvojnogo izmel'chenija [Methodology for calculating the cutting length of plants using forage harvesters: rotary and double chopping]. *Engineering technologies and systems*. 2019; (29-2): 279-294. (In Russ).

3. Rostsel'mash delaet stavku na intellektual'nye sistemy [Rostselmash relies on intelligent systems]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; (11-281): 6-7. (In Russ).

4. Petukhov D.A., Sviridova S.A., Yurchenko T.V. Ocenka jeffektivnosti kormouborochnoj tehniki otechestvennogo proizvodstva [Evaluating the efficiency of domestically produced forage harvesting equipment]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019; (12-270): 41-46. (In Russ).

5. Iovlev G.A. Jekonomika sel'skohozyajstvennogo transporta [Economics of agricultural transport]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2022; (S13): 18-30. (In Russ).

6. Iovlev G.A., Sahakyan M.K., Nesgovorov A.G., Sadov A.A. Optimization of the Harvesting and Transport Complex Work in Forage Conservation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Aboard, DAICRA 2021»*. 2022; 012028.

7. Iovlev G.A. Analiz koeficientov perevoda traktorov, zerno- i kormouborochnykh kombajnov v jetalonye edinicy v gody izmenenija normativov [Analysis of conversion factors for tractors, grain and forage harvesters into standard units in the years of changes in standards]. *Economics of agriculture of Russia*. 2020; (8): 50-55. (In Russ).
8. Malykha E.F., Kataev Yu.V. Jekonomicheskoe obosnovanie optimal'nogo sostava mashinno-traktornogo parka v rasteniievodstve [Economic justification for the optimal composition of the machine and tractor fleet in crop production]. *Economics of agriculture of Russia*. 2019; (3): 76-80. (In Russ).
9. Rostsel'mash gotovit k zapusku v proizvodstvo kormouborochnye kombajny serii F [Rostselmash is preparing to launch production of F series forage harvesters]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019; (7-265): 8-9. (In Russ).
10. Kormouborochnyj kombajn ROSTSEL'MASH RSM F 2650: vpechatlenija [Forage harvester ROSTSELMASH RSM F 2650: impressions]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; (1-271): 6-7. (In Russ).
11. Kormouborochnyj kombajn ROSTSEL'MASH F 2650: s rekordom po polju [Forage harvester ROSTSELMASH F 2650: with a field record]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023; (7-313): 8-9. (In Russ).
12. Kormouborochnyj kombajn ROSTSEL'MASH RSM F 2650. Test na profprigodnost' [Forage harvester ROSTSELMASH RSM F 2650. Proficiency test]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; (2-272): 8-9. (In Russ).
13. Kormouborochnomu kombajnu ROSTSEL'MASH F 2650 dobavili «loshadej» [«Horses» were added to the ROSTSELMASH F 2650 forage harvester]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023; (2-308): 7. (In Russ).
14. Kuzmin V.N. et al. *Normativno-spravochnye materialy po planirovaniju mehanizirovannykh rabot v sel'skohozjajstvennom proizvodstve* [Regulatory and reference materials on planning mechanized work in agricultural production]. M.: FGNU «Rosinformagroteh»; 2008: 316. (In Russ).
15. Plotnost' sel'skohozjajstvennykh gruzov [Density of agricultural cargo] [Internet]. URL: https://studopedia.ru/24_45829_plotnost-selskohozyaystvennykh-gruzov.html?ysclid=lnu3h6sjsp394497596 (Accessed: 17 August 2023).
16. Mishurov N.P. et al. Ocenka jeffektivnosti kormouborochnykh samohodnykh kosilok [Evaluating the effectiveness of self-propelled forage mowers]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021; (12-294): 42-45. (In Russ).
17. Izmailov A.Yu. et al. Obosnovanie uborochno-transportnykh processov v selekcionnykh tehnologijah [Justification of harvesting and transport processes in breeding technologies]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018; (12-1): 4-9. (In Russ).
18. Ryadnov A.I. Metod vybora transportnykh sredstv pri uborke sel'skohozjajstvennykh kul'tur [Method for selecting vehicles when harvesting crops]. *Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education*. 2020; (1-57): 349-356. (In Russ).
19. Bortnik A.V. Meroprijatija po povysheniju jekspluatacionnykh pokazatelej avtotraktornoj tehniki pri vnutrihozjajstvennykh perevozkah v APK [Measures to improve the performance indicators of automotive and tractor equipment during on-farm transportation in the agro-industrial complex]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019; (9): 33-36. (In Russ).
20. Iovlev G.A., Goldina I.I. Sel'skoe hozjajstvo, transport i karbonovye problemy [Agriculture, transport and carbon issues]. *Transport, transportnye sooruzeniã, èkologiã*. 2022; (1): 25-35. (In Russ).

Информация об авторах

Г.А. Иовлев – кандидат экономических наук, доцент; AuthorID 332034.

И.И. Голдина – AuthorID 654680.

Л.М. Стахеева – кандидат экономических наук, доцент; AuthorID 442717.

Information about the author

G.A. Iovlev – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; AuthorID 332034.

I.I. Goldina – AuthorID 654680.

L.M. Stakheeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; AuthorID 442717.

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; одобрена после рецензирования 05.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 28.09.2023; approved after reviewing 05.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.