

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 62.94:631.3-1/9:631.3.022:631.372

doi: 10.28983/asj.y2024i9pp121-127

**Физические закономерности, определяющие параметры измельченной массы
в процессе уборки кормовых культур**

Григорий Александрович Иовлев, Ирина Игоревна Голдина, Татьяна Борисовна Попова

Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются конструктивные особенности кормоуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства и их влияние на скорость движения измельченной зеленой массы в технологическом тракте. Выявлено, что в результате использования различного сочетания, расположения компонентов технологического тракта, различной кинематики зеленой массе в технологическом тракте придается различная линейная скорость. Установлено, что в зависимости от скорости зеленой массы в технологическом тракте изменяется объемная масса убираемой культуры в кузове транспортного средства. Выявлено, что на объемную массу оказывает влияние статическое и динамическое давление, которое, в свою очередь, зависит от степени загрузки кузова, от скорости зеленой массы в технологическом тракте, от степени измельчения сельскохозяйственной культуры.

Ключевые слова: технологический тракт; компоненты; поступательная скорость; линейная скорость; объемная масса; степень измельчения; влажность; импульс; плотность укладки

Для цитирования: Иовлев Г. А., Голдина И. И., Попова Т. Б. Физические закономерности, определяющие параметры измельченной массы в процессе уборки кормовых культур // Аграрный научный журнал. 2024, № 9, С. 121–127. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i9pp121-127>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Physical laws that determine the parameters of the crushed mass during the harvesting of forage crops

Grigory A. Iovlev, Irina I. Goldina, Tatyana B. Popova

Ural State Agricultural University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Abstract. The article discusses the design features of forage harvesters of domestic and foreign production and their influence on the speed of movement of chopped green mass in the technological channel. It was revealed that as a result of using different combinations, locations of components of the technological channel, different kinematics, the green mass in the technological channel is given different linear speeds. It has been established that depending on the speed of the green mass in the technological channel, the volume weight of the harvested crop in the body of the vehicle changes. It was revealed that the volume weight is influenced by static and dynamic pressure, which in turn depends on the degree of loading of the body frame, on the speed of the green mass in the technological channel, and on the degree of grinding the crop.

Keywords: technological channel; components; travelling speed; linear speed; volume weight; degree of grinding; humidity; impulse; packing density

For citation: Iovlev G. A., Goldina I. I., Popova T. B. Physical laws that determine the parameters of the crushed mass during the harvesting of forage crops. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(9):121–127. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i9pp121-127>.

Введение. В технологиях заготовки сочных кормов применяются разнообразные кормоуборочные комбайны: от простейших КИР-1,5 и современных комбайнов Sterh, разработанных на их базе, до мощных отечественных (RSM F 2650) и зарубежных (JAGUAR 900). Все эти комбайны отличаются конструктивным решением, кинематическими схемами технологического тракта. Простейшие технологические тракты состояли из питающего устройства и измельчающего устройства. По этому принципу работали кормоуборочные комбайны КСС-2,6, КС-1,8 «Вихрь», КПИ-2,4, КПКУ-75, самоходные КСК-100, позднее КСК-600. По мере развития технологий, повышения интенсивности сельскохозяйственного производства, изменения





требований к качеству кормов совершенствовалась и конструкция кормоуборочных комбайнов. В технологическом тракте появились такие компоненты, как ускорители выброса зеленой массы, доизмельчители зерна. Конструктивно технологические тракты выполнены по следующим схемам: питающее устройство – измельчитель – ускоритель выброса – доизмельчитель зерен (ДОН-680М); питающее устройство – измельчитель – доизмельчитель зерен – ускоритель выброса (RSM F 2650, KBK-8060, JAGUAR 900 и др.).

Цель данного исследования – рассмотреть основные физические закономерности, оказывающие влияние на параметры зеленой массы при заготовке кормов, изучить действие основных физических величин, определяющих закономерности.

Материалы и методы. Исследования по влиянию конструкции измельчительных устройств на изменение объемной массы убираемых сельскохозяйственных культур и на производительность транспортных средств проводились в сельскохозяйственных организациях Свердловской области различных форм собственности, включая учебно-опытное хозяйство Уральского ГАУ [4–6]. При уборке кукурузы на силос использовались различные кормоуборочные комбайны отечественного и зарубежного производства, для транспортировки зеленой массы с поля использовались автомобили и тракторные транспортные агрегаты различной грузоподъемности.

Исследования выполнялись с использованием экономических, статистических методов и приемов, таких как наблюдение и сбор фактов, анализ и синтез, системный подход, сопоставление и сравнение, группировки и др. При расчете технологического тракта у Fendt Katana 65 был использован расчетно-графический метод.

Для расчетов использовались классические математические зависимости физических величин. Для определения зависимости объемной массы от скорости в технологическом тракте использована программа MATLAB.

Результаты исследований. В разных конструктивных решениях производителей сельскохозяйственной техники в технологических трактах измельченной зеленой массе придается разная поступательная скорость, что в свою очередь влияет на объемную массу убираемой культуры в кузове транспортного средства, а в конечном итоге на производительность транспортного процесса. Разная поступательная скорость зеленой массы обеспечивается за счет диаметров и частоты вращения компонентов технологического тракта. Основные технико-экономические показатели наиболее распространенных кормоуборочных комбайнов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики технологических трактов основных кормоуборочных комбайнов [7, 8, 12–14]

Table 1 – Characteristics of technological channel of the main forage harvesters [7, 8, 12–14]

Марка к/у комбайна	Измельчающий аппарат		Доизмельчитель		Ускоритель выброса	
	Диаметр, мм	Обороты, мин ⁻¹	Диаметр, мм	Обороты, мин ⁻¹	Диаметр, мм	Обороты, мин ⁻¹
Fendt Katana 65	720	1150	300	I – 3075 II – 3998	550	2765
John Deer 8500	668	1100	240	4013	560	1800
New Holland FR 9060	700	1132	250	I – 3110 II – 3527	525	2119
JAGUAR 850	630	1200	196	I – 3392 II – 4486	540	2400
KRONE BiG X770	660	1250	250	I – 3095 II – 3715	560	2360
KBK-8060	630	1230	196	I – 3528 II – 4453	396	2430
RSM F2650	630	1200	190	I – 3735 II – 4713	540	2400
КПИ-2,4	750	1010				
КСК-600	750	1173				



В данной таблице представлена характеристика основных современных зарубежных и отечественных кормоуборочных комбайнов с аналогичным технологическим трактом, отличающимся диаметром, оборотами измельчающих аппаратов, доизмельчителей, ускорителей выброса зеленой массы. В таблице также представлены характеристики кормоуборочных комбайнов с простейшими технологическими трактами, состоящими из измельчающего аппарата и силосопровода. Кормоуборочный комбайн КСК-600 является глубокой модернизацией первого самоходного отечественного кормоуборочного комбайна КСК-100, а КПИ-2,4 пришел на смену легендарным КСС-2,6 и КС-1,8 «Вихрь».

Используя классические формулы по определению линейной скорости частиц измельченной массы через частоту вращения и диаметр последнего компонента технологического тракта, определим линейные скорости движения зеленой массы в силосопроводе. При этом необходимо учесть, что конструкция силосопровода должна сводить к минимуму сопротивление движению зеленой массы. Данные расчетов по определению линейной скорости частиц измельченной массы в кормоуборочных комбайнах различной конструкции представлены на рисунке 1.

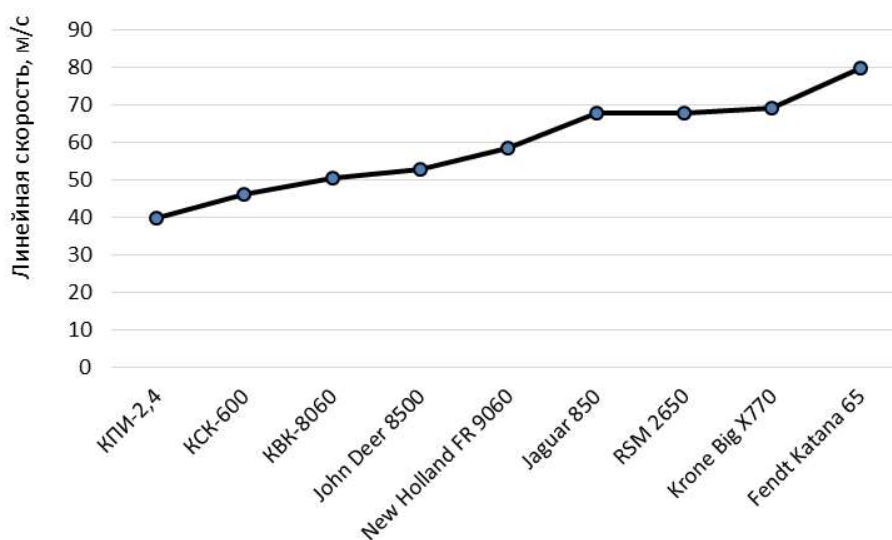


Рисунок 1 – Расчетные значения скорости движения массы в технологическом тракте кормоуборочных комбайнов

Figure 1 – Calculated values of the mass movement velocity in the technological channel of forage harvesters

У современных кормоуборочных комбайнов линейная скорость движения зеленой массы практически в два раза превышает скорость движения массы в технологическом тракте комбайнов, выпущенных 40–45 лет назад. Практически одинакова линейная скорость движения зеленой массы у комбайнов JAGUAR 850, RSM F2650, KRONE BiG X770, самая высокая скорость у Fendt Katana 65. В свою очередь, скорость движения в силосопроводе влияет на объемную массу и распределение груза в кузове транспортного средства. В кузове транспортного средства при загрузке комбайном Fendt Katana 65 вес груза будет больше, чем при загрузке транспортного средства комбайном КСК-600 или КВК-8060. При ранее проведенных исследованиях была выведена математическая зависимость $y = 47,6 \cdot 10^{-4}x + 0,267$, определяющая значение объемной массы от аргумента «скорость движения в технологическом тракте».

При обработке данных исследования в программе MATLAB выявлена зависимость $y = 66,67 \cdot 10^{-7}x^3 - 11,86 \cdot 10^{-4}x^2 + 7,47 \cdot 10^{-2}x - 1,11$, представленная на рисунке 2.

Особенность этой зависимости заключается в том, что при скорости зеленой массы в технологическом тракте около 60 м/с изменяется кривизна графика: если до 60 м/с график был выпуклостью вверх, то после значения 60 м/с график был выпуклостью вниз. С физической точки зрения объемная масса увеличивается более быстрыми темпами от 45 до 55 м/с, затем от 55 м/с до 60 м/с практически линейная зависимость, интенсивность возрастания объемной массы снижается. При скорости свыше 65 м/с объемная масса также резко увеличивается.

Поэтому дальнейшие исследования заключаются в определении физических закономерностей, определяющих параметры измельченной массы, в нашем случае это изменение объемной массы сельскохозяйственных культур при заготовке сочных кормов.

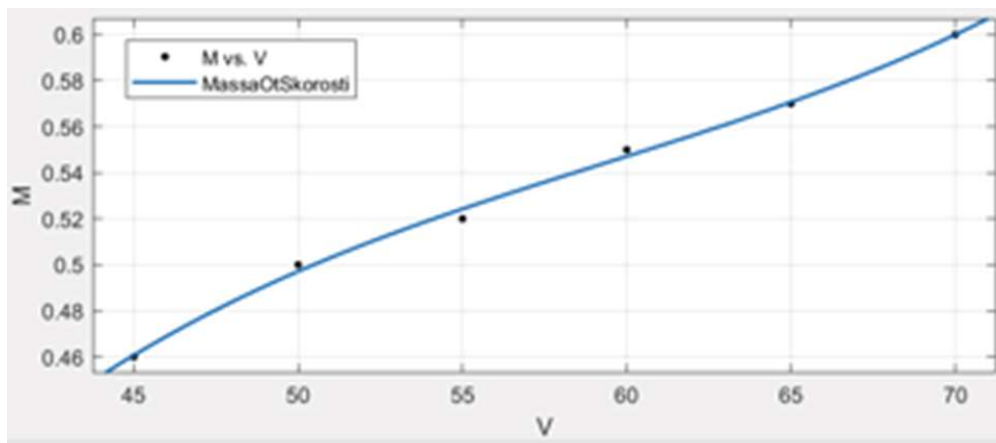


Рисунок 2 – Зависимость объемной массы от скорости движения в технологическом тракте кормоуборочного комбайна

Figure 2 – Dependence of the volume weight on the speed of movement in the technological channel of the forage harvester

На изменение объемной массы будут оказывать влияние следующие параметры: степень измельчения (длина резки), масса частиц, кривизна, сечение и длина силосопровода, материал силосопровода, сила соударения измельченных частиц между собой и о поверхности кузова транспортного средства, давление верхних слоев на нижние в кузове и др.

Перемещение зеленой массы вдоль технологического тракта (в т.ч. силосопровода) происходит за счет придания измельченным частицам убираемой культуры определенной линейной скорости компонентами технологического тракта. На линейную скорость, кроме конструктивных особенностей компонентов технологического тракта, будет оказывать влияние степень измельчения, влажность, а также размер сечения, длина и радиус закругления силосопровода. Скорость перемещения зеленой массы будет зависеть от совокупности всех вышеперечисленных факторов.

Для определения физических закономерностей, определяющих параметры измельченной массы, примем, что режим движения измельченной зеленой массы в технологическом тракте комбайна установившийся, т.е. количество массы, входящей в измельчающий барабан и выходящей из ускорительного барабана или доизмельчителя зерен в силосопровод, является постоянным. С практической же точки зрения режим движения измельченной зеленой массы в процессе работы комбайна будет изменяться бесконечное количество раз. На это будет оказывать влияние урожайность зеленой массы, рабочая скорость движения комбайна. Определенное влияние на параметры измельченной массы будет оказывать время прохождения измельченной зеленой массы по технологическому тракту до кузова транспортного средства. Данные расчетов по определению времени представлены в таблице 2.

Время прохождения измельченной зеленой массы через технологический тракт свидетельствует о пропускной способности кормоуборочного комбайна. По времени прохождения зеленой массы через технологический тракт представленные кормоуборочные комбайны можно условно разделить на три группы: 0,13–0,15 с (КСК-600, КВК-8060, John Deer 8500); 0,09–0,1 с (NH FR 9060, RSM F2650, Jaguar 850, Krone BiG X770); 0,08 с (Fendt Katana 65). Расчетная пропускная способность технологического тракта кормоуборочных комбайнов с учетом линейной скорости и времени прохождения измельченной зеленой массы через технологический тракт представлена в таблице 2.

Кроме того, измельченные частицы, в силу разных линейных скоростей, разных масс имеют разную кинетическую энергию т.к. сельскохозяйственное растение, например, кукуруза состоит из стебля, листьев, початков. Таким образом, у разных частиц будет разная дальность разлета и разная сила соударения с кузовом транспортного средства, друг с другом во время разлета и с другими частицами в кузове транспортного средства.

Плотность укладки измельченного материала в кузов определяется силой давления подаваемого материала на ранее поданный материал. Это давление складывается из статического давления и динамического, зависящего от скорости движения подаваемого материала.



Таблица 2 – Параметры, характеризующие время прохождения измельченной зеленой массы по технологическому тракту

Table 2 – Parameters characterizing the passage time of the crushed green mass along the technological channel

Параметр	Кормоуборочные комбайны*							
	КСК-600	КВК-8060	JD 8500	NH FR 9060	RSM F2650	Jaguar 850	Krone BiG X770	Fendt Katana 65
Длина технологического тракта**, м	6,86	7,83	6,75	5,89	6,33	6,0	6,29	6,04
Линейная скорость массы, м/с	46,0	50,4	52,7	58,2	67,8	67,8	69,1	79,6
Время прохождения, с	0,15	0,15	0,13	0,1	0,09	0,09	0,09	0,08
Пропускная способность***, кг/с	22,7	28,6	31,7	39,1	51,9	51,9	53,6	68,5

*Длина технологического тракта у КСК-600, КВК-8060, JD 8500, NH FR 9060, RSM F2650, Jaguar 850, Krone BiG X770 определена во время полевых исследований, у Fendt Katana 65 длина определена с помощью расчетно-графического метода.

**Длина технологического тракта складывается из расстояния от последнего компонента, придающего ускорение зеленой массе, через основание силосопровода, силосопровод, козырьки.

***Пропускная способность кормоуборочных комбайнов определена авторами во время полевых исследований с учетом [1–3, 9–11, 15].

Статическое давление P_1 можно выразить через следующую математическую зависимость:

$$P_1 = \rho gh, \quad (1)$$

где ρ – плотность подаваемого материала; g – ускорение свободного падения; h – высота складываемого материала.

Динамическое давление P_2 можно выразить через следующую математическую зависимость:

$$P_2 = \frac{F}{S}, \quad (2)$$

где F – равнодействующая (суммарная) сила, действующая со стороны падающих частиц; S – площадь распределения зеленой массы в кузове транспортного средства.

Суммарную силу F можно определить следующим образом:

$$F = \sum f_i, \quad (3)$$

где f_i – сила, действующая со стороны отдельной частицы.

В то же время силу, действующую на поверхность от потока падающих частиц измельченной зеленой массы, можно выразить через следующую математическую зависимость:

$$F = \rho S' V^2, \quad (4)$$

где S' – площадь сечения силосопровода на выходе; V – линейная скорость движения зеленой массы в силосопроводе.

Из представленных зависимостей (1), (2), (4) видно, что статическое давление зеленой массы в кузове транспортного средства будет увеличиваться по мере загрузки транспортного средства, динамическое давление будет также увеличиваться по мере загрузки в результате уменьшения площади распределения зеленой массы в кузове транспортного средства. Поток зеленой массы от козырька силосопровода до дна, а затем до поверхностного слоя груза можно представить в виде неправильной усеченной четырехугольной пирамиды с основанием у дна кузова, т. е. по мере заполнения основание пирамиды S будет уменьшаться.

У кормоуборочного комбайна КСК-600 площадь сечения силосопровода на выходе $S' = 0,057 \text{ м}^2$, площадь распределения зеленой массы на дне кузова транспортного средства $S = 0,267 \text{ м}^2$, у комбайна Krone BiG X770 $S' = 0,078 \text{ м}^2$, $S = 0,366 \text{ м}^2$. Кроме того, у этих комбайнов будет значительно отличаться сила, действующая на поверхность, от потока падаю-



щих частиц измельченной зеленой массы (3), т. к. она зависит от скорости движения зеленой массы в силосопроводе во второй степени. Отличаются также и сами скорости: у кормоуборочного комбайна КСК-600 линейная скорость $V = 46$ м/с, у Krone BiG X770 $V = 69,1$ м/с.

Плотность укладки сыпучего материала определяется условием равновесия давления вышележащих слоев и силой сопротивления нижележащих, зависит от угла естественного откоса сыпучего материала, который, в свою очередь, определяется свойствами частиц этого сыпучего материала, их размером, формой, плотностью (объемом внутренних пор) частиц зеленой массы, их шероховатостью, влажностью материала и другими параметрами (например, их электризуемостью). В процессе исследований выявлено, что с увеличением скорости падения частиц угол откоса уменьшается и, как следствие, увеличивается плотность укладки материала.

В кормоуборочных комбайнах с различным конструктивным решением по-разному реализуются физические закономерности, влияющие на параметры измельченной массы в процессе уборки кормовых культур. На параметры зеленой массы, т.е. на ее состояние, будет оказывать влияние грузоподъемность транспортного средства, габаритные размеры кузова, высота выгрузного устройства, выравненность поля, конструктивные особенности технологического тракта комбайна. Объемная масса убираемой культуры будет зависеть от высоты загрузки в кузове, от скорости подачи измельченного материала в кузов транспортного средства, степени измельчения, влажности убираемой культуры. От этого будет зависеть грузоподъемность транспортного средства, а также его производительность.

Заключение. С развитием сельскохозяйственного производства и повышением требований к качеству кормов развивалась и совершенствовалась конструкция кормоуборочных комбайнов, появлялись новые компоненты технологического тракта, совершенствовалась кинематика и динамика технологического процесса измельчения и транспортировки зеленой массы. Частота вращения измельчающего барабана увеличилась с 1010 мин^{-1} (КПИ-2,4) до 1250 мин^{-1} (Krone BiG X770), появились доизмельчители зерен, ускорители выброса зеленой массы с частотой вращения от 1800 мин^{-1} (John Deere 8500) до 2765 мин^{-1} (Fendt Katana 65).

Появление дополнительных компонентов, увеличение их частоты вращения позволило увеличить линейную скорость зеленой массы на выходе из силосопровода. По сравнению с КПИ-2,4 у Fendt Katana 65 скорость движения массы выше в два раза, это сказывается на объемной массе груза в кузове. В ранее проведенных исследованиях выведена математическая зависимость объемной массы от скорости движения в силосопроводе, подтвержденная при обработке данных в программе MATLAB.

При выявлении физических закономерностей, влияющих на изменение объемной массы, выявлено следующее:

статическое давление массы в кузове транспортного средства зависит от высоты загруженного материала и вида сельскохозяйственной культуры;

динамическое давление будет зависеть от конструктивных особенностей кормоуборочного комбайна, т.е. от сечения силосопровода, от диаметра и частоты вращения последнего компонента технологического тракта, задающего линейную скорость измельченной зеленой массы. Кроме того, динамическое давление будет зависеть от состояния поверхности поля, качества его обработки, выравненности, которые будут влиять на разброс потока зеленой массы в кузове транспортного средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Н. В., Автономов О. В., Гаврилова Е. М. Кормоуборочные комбайны: испытания прошли // Сельскохозяйственные вести. 2017. № 3 (110). С. 28–30.
2. Галимов Р. Р., Максимович К. Ю. Оценка эффективности работы модели уборки кормовых культур в условиях Западной Сибири // Ползуновский альманах. 2020. № 1. С. 69–71.
3. Демчук Е. В. Конструктивные особенности кормоуборочных комбайнов «РОСТСЕЛЬМАШ» // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2023. № 3 (34).
4. Иовлев Г. А., Голдина И. И., Несговорцов А. Г. Технологическое обеспечение уборки силосных культур // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2023. № 2 (18). С. 40–53.





5. 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.
6. Иовлев Г. А., Голдина И. И. Формирование уборочно-транспортного комплекса на заготовке сенажа // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2021. № 3 (11). С. 4–19.
7. Кокунова И. В. Кормоуборочный комбайн КПИ-2,4: методические указания для выполнения лабораторной работы. Великие Луки: Изд-во ФГОУ ВПО «Великолукская ГСХА», 2011. 33 с.
8. Кормоуборочный комбайн РОСТСЕЛЬМАШ F 2650: с рекордом по полю // Техника и оборудование для села. 2023. № 7 (313). С. 8–9.
9. Пилюгин К. А., Ишутко А. С., Демчук Е. В. Питательно-измельчающие аппараты кормоуборочных комбайнов // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2017. № 1–2 (123). С. 245–248.
10. Соколов Б. В., Сухопаров А. И., Гайдидей С. В. Модель управления технологическим процессом заготовки силоса // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 1 (110). С. 133–142.
11. Сорокина Т. И. Анализ состояния и пути совершенствования использования тракторного парка, зерноуборочной и кормоуборочной техники агропредприятия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 170–176.
12. Технические характеристики кормоуборочного комбайна. Режим доступа: <https://manualmachine.com/newholland/fr9080/824007-user-manual>. Дата обращения: 27.12.2023.
13. Технические характеристики. Режим доступа: <https://agroprof.com/uploads/2021/10/fc7f96b0-faa6-412b-8cd8-183e204e9c74.pdf?ysclid=lqneqgbmx1107387934>. Дата обращения: 27.12.2023.
14. Fendt Katana. Режим доступа: <http://byxo.de/data/2019021165901-fendtkatana-1801-en.pdf>. Дата обращения: 27.12.2023.
15. JAGUAR – подтвержденная испытаниями производительность и надежность // АгроФорум. 2019. № 6. С. 46–47.

REFERENCES

1. Vasiliev N. V., Avtonomov O. V., Gavrilova E. M. Forage harvesters: tests passed. *Agricultural News*. 2017;3(110):28–30. (In Russ.).
2. Galimov R. R., Maksimovich K. Yu. Evaluation of the effectiveness of the model of harvesting forage crops in the conditions of Western Siberia. *Polzunovskij Al'manah*. 2020;(1):69–71. (In Russ.).
3. Demchuk E. V. Design features of ROSTSELMASH forage harvesters. *Elektronnyj Naučno-Metodičeskij Žurnal Omskogo GAU*. 2023;3(34). (In Russ.).
4. Iovlev G. A., Goldina I. I., Nezgovorov A. G. Technological support for harvesting silage crops. *Scientific and Technical Bulletin. Technical Systems in the Agro-Industrial Complex*. 2023;2(18):40–53. (In Russ.).
5. Iovlev G. A., Goldina I. I., Stakhееva L. M. The influence of the design of the shredding device on the performance of vehicles. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2023;4(48):56–64. (In Russ.).
6. Iovlev G. A., Goldina I. I. Formation of a harvesting and transport complex on haylage harvesting. *Scientific and Technical Bulletin. Technical Systems in the Agro-Industrial Complex*. 2021;3(11):4–19. (In Russ.).
7. Kokunova I. V. Forage harvester KPI-2,4: guidelines for laboratory work. Velikiye Luki, 2011. 33 p. (In Russ.).
8. ROSTSELMASH F 2650 forage harvester: record in the field. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023;7(313):8–9. (In Russ.).
9. Pilyugin K. A., Ishutko A. S., Demchuk E. V. Feeding and chopping devices of forage harvesters. *Novaâ Nauka. Opyt, Tradicii, Innovacii*. 2017;1–2(123):245–248. (In Russ.).
10. Sokolov B. V., Sukhoparov A. I., Gaididei S. V. Control model of technological process of silage harvesting. *AgroEcoEngineering*. 2022;1(110):133–142. (In Russ.).
11. Sorokina T. I. Analysis of the state and ways to improve the use of tractor fleet, grain and forage harvesting equipment of agricultural enterprises. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;3(95):170–176. (In Russ.).
12. Technical specifications of the forage harvester. Available at: <https://manualmachine.com/newholland/fr9080/824007-user-manual>. Date of reference: 12/27/2023. (In Russ.).
13. Technical specifications. Available at: <https://agroprof.com/uploads/2021/10/fc7f96b0-faa6-412b-8cd8-183e204e9c74.pdf?ysclid=lqneqgbmx1107387934>. Date of reference: 12/27/2023. (In Russ.).
14. Fendt Katana. Available at: <http://byxo.de/data/2019021165901-fendtkatana-1801-en.pdf>. Date of reference: 12/27/2023.
15. JAGUAR – proven performance and reliability. *AgroForum*. 2019;(6):46–47.

Статья поступила в редакцию 14.01.2024; одобрена после рецензирования 08.03.2024; принята к публикации 12.03.2024.
The article was submitted 14.01.2024; approved after reviewing 08.03.2024; accepted for publication 12.03.2024.