

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ОПЕРАТОР-КОМБАЙН-ТРАНСПОРТ» НА УБОРКЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

А. Н. Орда¹, А. Л. Мисун²

¹Д. т. н., профессор, профессор кафедры механики материалов и деталей машин
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Беларусь, e-mail: SLM_90@mail.ru

²К. т. н., старший преподаватель кафедры технологии и организация технического сервиса
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Беларусь, e-mail: LLM_90@mail.ru

Реферат

Получена статистическая характеристика функциональных отказов кормоуборочных комбайнов при их эксплуатации в течение рабочего дня от компонентов технологической системы «оператор-комбайн-транспорт». Установлена средняя продолжительность нахождения оператора мобильной сельскохозяйственной техники в травмоопасной зоне, рассчитан ущерб от простоя кормоуборочного комбайна, обусловленный, в том числе, от недоиспользования труда оператора.

Ключевые слова: безопасность, кормоуборочный комбайн, отказы, травмоопасная зона, оператор мобильной сельскохозяйственной техники, транспорт.

STUDY OF THE SAFETY AND EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEM "OPERATOR-HARVESTER-TRANSPORT" IN FORAGE CROPS HARVESTING

A. N. Orda, A. L. Misun

Abstract

A statistical characteristic of the functional failures of forage harvesters during their operation during the working day from the components of the technological system "operator-combine-transport" is obtained. The average duration of the stay of the operator of mobile agricultural machinery in the traumatic zone was established, the damage from the downtime of the forage harvester, due, among other things, to the underutilization of the operator's labor, was calculated.

Keywords: safety, forage harvester, failures, trauma zone, operator of mobile agricultural machinery, transport.

Введение

Как любые факторы производственной среды, так и любые действия персонала в трудовом процессе становятся опасными для работника только в определенной взаимосвязи в рамках производственной ситуации. Проведенный анализ статистических данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты, литературных источников показал, что, с одной стороны, современная мобильная сельскохозяйственная техника (МСХТ) способствует повышению производительности труда, выполнению наиболее трудоемких работ в растениеводстве, с другой – при ее эксплуатации довольно часто имеет место травматизм обслуживающего персонала, а к числу наиболее травмоопасных технологических процессов производства продукции растениеводства относится заготовка кормов и более 60 % заготавливаемых кормов занимают измельченные, производство которых осуществляется кормоуборочными комбайнами [1]. Поэтому целью исследований является оценка безопасности и эффективности функционирования технологической системы «оператор-комбайн-транспорт» на уборке кормовых культур. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач: проанализировать временные показатели функционирования элементов технологической системы на уборке кормовых культур («оператора», «комбайна», «транспорта»); обосновать причины и ущерб от простоя кормоуборочного комбайна, в том числе связанный с недоиспользованием труда «оператора».

Основная часть

Экспериментальные исследования показателей работы кормоуборочных комбайнов. Для проведения исследований по определению потенциальной травмоопасности кормоуборочных комбайнов при восстановлении их работоспособности все непроизводительные затраты времени их работы (простой) принимались за условные

отказы [2]. Это простои комбайна при устранении эксплуатационных и технологических отказов; простои, когда оператор МСХТ не управляет комбайном по организационным причинам, а также физиологическим потребностям; простои комбайна при контроле качества уборки [3] и в случае выпадения осадков, когда техническое средство не может выполнять технологический процесс из-за состояния убираемой растительной массы. По результатам хронометражных наблюдений были составлены статистические ряды временных характеристик технологического процесса кормоуборки [4–5]. Продолжительностью рабочего дня считалось время от начала передвижения (доставки) оператора МСХТ к месту стоянки комбайна до отвозки его на стоянку после работы (конец рабочего дня). Результаты обработки статистических рядов основных временных характеристик приведены в таблице 1.

Анализ результатов исследований (таблица 2) показывает, что наибольшие простои наблюдаемых кормоуборочных комбайнов имели место при устранении их эксплуатационных отказов, а наибольшее время простоев наблюдалось по причине «комбайн»: от 1,50 ч («Клаас Ягуар») до 1,63 ч (КВК-800 «Палессе») таблица 3. Причиной этому в основном являются поломки режущих и подбирающих механизмов. Средняя продолжительность нахождения оператора МСХТ в травмоопасной зоне для устранения отказов комбайна составляет 1,53 ч. Следующий в порядке убывания показатель продолжительности простоев (условных отказов) – непроизводительное время на подготовку комбайна к работе с учетом его заправки. Отсутствие простоев по метеоусловиям объясняется тем, что уборка кормовых культур проводилась в хорошую погоду. Также комбайны простаивали и в ожидании транспортных средств для загрузки убираемой растительной массы. Результаты хронометражных наблюдений за технологическим процессом кормоуборки приведены в таблицах 4–6.

Таблица 1 – Временные показатели работы кормоуборочных комбайнов

№ п/п	Временные показатели	КВК-800 «Палессе»		«Клаас Ягуар»		К-Г-6 «Палессе»	
		ч	%	ч	%	ч	%
1	Время начала рабочего дня, $T_{\text{дн}}^{\text{н}}$	8,394	-	7,893	-	8,950	-
2	Затраты времени на передвижение комбайнера от места отдыха до стоянки комбайна, $t_{\text{м-с}}$	0,212	2,4	0,267	3,3	0,294	3,7
3	Время на подготовку комбайна к работе, $t_{\text{на}}$	0,384	4,3	0,362	4,5	0,617	7,7
4	Время простоя комбайна по организационным причинам, $t_{\text{орг}}$	0,059	0,7	0,043	0,5	0,376	4,7
5	Продолжительность времени простоя по физиологическим причинам, $t_{\text{ф}}$	1,058	11,9	1,079	13,4	1,416	17,6
6	Время на техническое обслуживание комбайна, $t_{\text{т}}$	0,113	1,3	0,087	1,07	0,432	5,4
7	Время на устранение эксплуатационных отказов, $t_{\text{н}}$	0,569	6,4	0,481	5,96	1,059	13,2
8	Время на устранение технологических отказов, $t_{\text{тм}}$	0,092	1,0	0,039	0,5	0,068	0,8
9	Время на заправку комбайна, $t_{\text{з}}$	0,054	0,6	0,051	0,6	0,052	0,6
10	Подготовительное время, $t_{\text{подг}}$	0,764	8,7	0,588	7,3	2,063	25,7
11	Заклучительное время, $t_{\text{зкл}}$	0,315	3,6	0,236	2,9	0,894	11,1
12	Продолжительность работы, $T_{\text{р}}$	7,719	87,5	7,9	97,8	7,1	88,3
13	Время на организационные мероприятия, $t_{\text{о}}$	9,423	-	9,281	-	11,01	-
14	Продолжительность переезда комбайна после окончания последнего рабочего хода до места его межсменной стоянки, $t_{\text{р}}^{\text{к}}$	17,09	-	16,23	-	18,17	-
15	Непроизводительное время комбайна, $\Delta t_{\text{нпр}}^{\text{т}}$ за период $T_{\text{р}}$	3,561	40,4	2,289	28,3	3,884	48,3
16	Время безотказной (чистой) работы комбайна, $t_{\text{р}}$	4,189	47,5	5,153	63,8	3,826	47,6
17	Время конца рабочего дня, $T_{\text{дн}}^{\text{к}}$	17,2	-	16,0	-	17,0	-
18	Продолжительность рабочего дня, $T_{\text{дн}}$	8,821	100,0	8,076	100,0	8,040	100,0

Таблица 2 – Статистическая характеристика непроизводительных затрат времени рабочего дня при эксплуатации кормоуборочных комбайнов

№ пп	Элементы времени, их продолжительность	Ср. значение продолжительности		Среднее квадратическое отклонение, σ	Дисперсия, D	Минимальное значение, X_{min}	Максимальное значение, X_{max}
		Абсол. величина, ч	% к $T_{\text{дн}}$				
1	Затраты времени на передвижение комбайнера от места отдыха до стоянки комбайна, $t_{\text{м-с}}$	0,373	3,1	0,109	0,012	0,128	0,798
2	Время на подготовку комбайна к работе, $t_{\text{пк}}$	0,746	6,2	0,150	0,023	0,255	1,209
3	Время на заправку комбайна, $t_{\text{з}}$	0,120	1,0	0,033	0,001	0,041	0,195
4	Холостой ход от места стоянки (заправки) до поля, $t_{\text{х}}$	0,265	2,2	0,074	0,005	0,091	0,429
5	Подготовка поля, $t_{\text{п}}$	-	-	-	-	-	-
6	Холостые повороты, $t_{\text{хп}}$	0,482	4,0	0,130	0,011	0,165	0,780
7	Холостые переезды по полю, $t_{\text{хз}}$	0,457	3,8	0,097	0,009	0,157	0,741
8	Технологическое обслуживание, $t_{\text{т}}$	1,276	10,6	0,385	0,149	0,474	2,242
9	Время на устранение технологических отказов, $t_{\text{тм}}$	0,482	4,9	0,130	0,017	0,165	0,780
10	Время на техническое обслуживание комбайна, $t_{\text{т}}$	0,229	1,9	0,063	0,004	0,078	0,370
11	Время на устранение эксплуатационных отказов, $t_{\text{н}}$	2,023	16,8	0,626	0,393	0,770	3,646
12	Время простоя комбайна по организационным причинам, $t_{\text{орг}}$	0,325	2,7	0,090	0,008	0,111	0,526
13	По метеоусловиям, $t_{\text{мту}}$	-	-	-	-	-	-
14	Продолжительность времени по физиологическим причинам, $t_{\text{ф}}$	1,096	9,1	0,305	0,093	0,375	1,774
15	Контроль качества работы, $t_{\text{к}}$	0,072	0,6	0,071	0,005	0,025	0,860

Таблица 3 – Продолжительность простоев («условных отказов») кормоуборочных комбайнов по причинам «оператор» и «комбайн»

№ п/п	Продолжительность простоев по причинам	КВК-800 «Палессе»		К-Г-6 «Палессе»		«Клаас Ягуар»	
		ч	%	ч	%	ч	%
1	«Оператор», $t_{\text{о}}$	0,339	3,8	1,042	13,5	0,838	7,7
2	«Комбайн», $t_{\text{т}}$	1,628	19,3	1,568	19,4	1,501	13,5

Таблица 4 – Результаты хронометражных наблюдений за технологическим процессом уборки кормовых культур до и после устранения отказов (причина «оператор»)

№ п/п	Наименование непроизводительного элемента времени рабочего дня (отказа)	Обозначения	До устранения отказа		После устранения отказа		Величина снижения времени простоев		Проведенные мероприятия в ряде агропредприятий по снижению простоев
			ч	%	ч	%	ч	%	
1	Продолжительность перемещения оператора МСХТ от места стоянки комбайна	$t_{м-с}$	0,37	3,1	0,17	1,5	0,19	1,6	Организация доставки операторов МСХТ транспортом агропредприятия к месту стоянки комбайна
2	Время на подготовку комбайна (без заправки)	$t_{пм}$	0,75	6,2	0,6	5	0,14	1,2	Выделение помощи оператору из числа подсобных рабочих. Полнокомплектное оснащение инструментами
3	Простои по организационным причинам	$t_{ор}$	0,32	2,7	0,22	1,8	0,11	0,9	Планерки и выдача заданий оперативнее и после работы
4	Простои по физиологическим причинам	$t_{ф}$	1,09	9,1	0,702	5,8	0,4	3,3	Своевременная доставка обеда и ужина на поле с поочередным подъездом к каждому комбайну

Таблица 5 – Результаты хронометражных наблюдений за технологическим процессом уборки кормовых культур до и после устранения отказов (причина «комбайн»)

№ п/п	Наименование непроизводительного элемента времени рабочего дня (отказа)	Обозначения	До устранения отказа		После устранения отказа		Величина снижения времени простоев		Проведенные мероприятия в ряде агропредприятий по снижению простоев
			ч	%	ч	%	ч	%	
1	Продолжительность устранения эксплуатационных отказов	t_n	2,25	18,7	1,23	10,2	1,02	8,5	Оснащение комбайнов запчастями, устранение неисправностей
2	Техническое обслуживание во время работы	t_y	0,23	1,9	0,12	0,8	0,11	0,8	Организация технического обслуживания и регулировки комбайнов
3	Устранение непредвиденных нарушений технологического процесса	t_m	0,48	4,0	0,28	2,3	0,2	0,7	Более тщательный осмотр комбайна и его заблаговременная подготовка
4	Продолжительность холостых переездов (условный отказ)	$\sum t_x$	0,60	5,0	0,25	2,10	0,35	2,9	Оптимальная скорость движения. Приближение полевого стана непосредственно к убираемым полям. Выбор рационального способа движения. Окультуривание полей, снижение различных препятствий

Для снижения времени нахождения оператора МСХТ в травмоопасной зоне, повышения оперативности устранения эксплуатационных отказов кормоуборочных комбайнов первой и второй группы сложности в период проведения уборочных работ предусматривалось применение передвижных ремонтно-диагностических средств, укомплектованных на базе автомобилей ГАЗ 2705 фургон, ГАЗ-3309, ГАЗ-3308, МАЗ-457043 [6]. Количество запасных частей, которыми укомплектовывалась передвижная ремонтная мастерская, определялись из условия минимизации суммарных потерь от простоя кормоуборочного комбайна и издержек хранения запаса. Определение ущерба от наличия в течение рабочего простоя (таблица 5), например отказа по причине «комбайн» КВК-800 «Палессе», включало в себя потери, вызванные уменьшением питательной ценности кормовых культур в результате увеличения срока уборки Π_{yp} , а также ущерб, связанный с недоиспользованием техники Π_{mex} , и труда комбайнера Π_k :

$$C_M = \Pi_{yp} + \Pi_{mex} + \Pi_k. \quad (1)$$

Поскольку на агропредприятиях республики зеленый корм, сенаж и обезвоженный корм (травяная мука, гранулы и брикеты) приготавливаются в основном из многолетних сеянных и естественных трав, а силос – из кукурузы, то при рассмотрении первой составляющей выражения (1) Π_{yp} учитывалось влияние увеличения срока уборки из-за простоев комбайна на питательную ценность многолетних трав и кукурузы. При этом учитывалось, что продолжительность периода максимального выхода веществ при заготовке кормов из многолетних трав и кукурузы невелика и полная уборка в этот период практически невозможна, так как требует огромного количества материальных и трудовых ресурсов. Уборка же раньше этого периода приводит к недобору питательной ценности кормов, позже – к их потере. С учетом вышеизложенного потери урожая за час простоя кормоуборочного комбайна можно определить из зависимости:

$$\Pi_{yp} = 0,5(C_3 - C_{n,d})I_{nl}K_dW_rT_{B,P}(0,5 + K_{np}), \quad (2)$$

где C_3 – цена сенажа (силоса, зеленого корма);

$C_{n,d}$ – стоимость послеуборочной обработки травы (кукурузы);

I_{nl} – плановая урожайность;

K_d – коэффициент дифференциальных потерь урожая, отражающий относительные потери, вызванные несвоевременным выполнением работ;

W_r – производительность комбайна за час сменного времени;

K_{np} – коэффициент, учитывающий простои комбайна по техническим причинам в общем рабочем времени.

Расчет потерь питательной ценности кормов Π_{yp} , вызванных увеличением срока уборки, проведен для многолетних трав, убираемых на сенаж, зеленый и обезвоженный корм, а также кукурузы – на силос. Потери из-за недоиспользования комбайнов во времени определялись по формуле

$$\Pi_{mex} = \frac{Z \cdot C \cdot (E + d + \varepsilon)}{T_r}, \quad (3)$$

где Z – число технических средств, необходимых для выполнения планируемой работы на одну единицы техники в установленный срок ($Z = 0,16$);

C – балансовая стоимость кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» $C = 1.267.000$ руб.); E, d, ε – нормативные коэффициенты соответственно эффективности капиталовложений, годовых отчислений на реновацию и хранение комбайна (принимаются следующие значения: $E = 0,15$; $d = 0,142$; $\varepsilon = 0,029$);

T_r – продолжительность работы комбайна [7] корректируется по результатам хронометражных наблюдений с учетом простоев по организационным причинам и из-за непогоды (принимаем $T_r = 750$ ч). Подставив исходные данные в формулу 3, получим $\Pi_{mex} = 86,76$ руб/ч.

Потери, связанные с недоиспользованием труда комбайнера Π_k :

$$\Pi_k = \kappa \cdot v \sum_{i=1}^n C_{r_i}, \quad (4)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю тарифной ставки, подлежащей оплате за простои ($K = 0,5$);

v – подлежащая оплате доля времени простоя комбайнера (принимается $v = 0,6$);

n – количество комбайнеров, обслуживающих технику (в нашем случае $n = 1$);

C_{pi} – повременная тарифная ставка по III разряду II группы i -го комбайнера ($C_{pi} = 0,79$ руб/ч).

Выполнив соответствующие вычисления (формула 4), имеем $P_k = 0,24$ руб./ч. В результате расчетов по формуле (2) получены следующие значения величин потерь урожая из-за простоя комбайна ($P_{ур}$): при уборке многолетних трав на зеленый и обезвоженный корм – 24,7, на сенаж 9,7, кукурузу на силос – 42,0 руб. за 1 ч. Учитывая, что в среднем из общей занятости комбайна на уборку трав для заготовки зеленого и обезвоженного корма приходится 39 %, сенажа и кукурузы на силос соответственно 33 и 28 %, получено средневзвешенное значение потерь урожая из-за простоев комбайна КВК-800 «Палессе» равное 24,6 руб. за 1 ч.

Ущерб от простоя кормоуборочного комбайна, обусловленный от недоиспользования комбайна и труда оператора МСХТ составил 111,60 руб/ч.

Задачей исследований также было определение непроизводительных затрат времени («условных отказов») по причине «транспорт» (таблица 6), так как если отвозка убранных кормовых культур запаздывает, то комбайн простаивает [8].

Таблица 6 – Результаты хронометражных наблюдений за технологическим процессом уборки кормовых культур до и после устранения отказов (причина «транспорт»)

№ п/п	Наименование непроизводительного элемента времени рабочего дня (отказа)	Обозначения	До устранения отказа		После устранения отказа		Величина снижения времени простоев		Проведенные мероприятия в ряде агропредприятий по снижению простоев
			ч	%	ч	%	ч	%	
1.	Затраты времени на технологическое обслуживание	t_r	1,38	11,5	0,96	8,0	0,45	3,5	Привлечение дополнительного транспорта для отвозки растительной массы. Устройство промежуточных накопителей (стационарных или передвижных)
2.	Продолжительность холостых переездов	$\sum t_x$	0,6	5,0	0,25	2,1	0,35	2,9	Подготовка подъездных дорог. Снижение простоев транспорта на гонах. Выгрузка на ходу без остановки комбайнов

Следует также отметить, что в период заготовки кормов часто выпадают дожди, ухудшается состояние внутрихозяйственной дорожной сети, что приводит к снижению безопасности и эффективности функционирования технологической системы на кормоуборке и, в частности, при выполнении транспортных работ [9].

Заключение

В результате проведенных исследований проанализированы отказы технологической системы «оператор-комбайн-транспорт» по причинам ее компонентов. Определена средняя продолжительность (1,53 ч) нахождения оператора МСХТ в течение рабочего дня в травмозоне для устранения отказов кормоуборочного комбайна.

Список цитированных источников

1. Мисун, А. Л. Прогнозируемая травмоопасность при восстановлении работоспособности кормоуборочных комбайнов / А. Л. Мисун // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. Химическая технология. Охрана труда. – 2016. – № 3. – С. 179–185.

2. Агейчик, В. А. Снижение воздействия вредных и опасных производственных факторов на операторов мобильной сельскохозяйственной техники / В. А. Агейчик, А. Л. Мисун // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–6 июня 2014 г. в 2 ч. / под общ. ред. И. Н. Шило, Н. А. Лабушева. – Минск : БГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 403–406.

3. Муравский, А. К. Оценка травмобезопасности рабочих мест для целей их аттестации по условиям труда как элемент оценки профессионального риска / А. К. Муравский // Материалы Международной науч.-практ. конф., Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та. – 13–14 ноября 2007 г. – Пермь, 2007. – С. 126–130.

4. Справочник по вероятностным расчетам / Г. Г. Абезгауз [и др.]. – М: Воениздат, 1970. – 536 с.

5. Мисун, А. Л. Продолжительность простоев кормоуборочных комбайнов КВК-800 «Палессе», К-Г-6 «Палессе», «Клаас Ягуар» по причинам «оператор» и «комбайн» / А. Л. Мисун, А. Г. Туник, А. М. Матусевич // Техсервис – 2020 : материалы науч.-практ. конф. студ. и магистр., Минск, 20–22 мая 2020 г. ; редкол.: А. В. Миранович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – С. 89–92.

6. Применение передвижных ремонтных мастерских на базе автомобилей для оперативного устранения отказов машин / В. С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – 2013. – № 1. – С. 43–45.

7. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности СТБ 1616 – 2011. – Минск: Госстандарт, 2011. – 14 с.

8. Азаренко, В. В. Исследование причин и условий возникновения опасной ситуации в процессе уборки кормовых культур / В. В. Азаренко, А. Л. Мисун // Вестн. Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2015. – № 4. – С. 105–113.

9. Загитовский, И. И. Интенсивные технологии механизированной заготовки кормов из трав и силосных культур : монография / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец. – Горки : БГСХА, 2012. – 397 с.

References

1. Misun, A. L. Prognoziruemaya travmoopasnost' pri vosstanovlenii rabotosposobnosti kormouborocznyh kombajnov / A. L. Misun // Vestn. Poloc. gos. un-ta. Ser. V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki. Himicheskaya tekhnologiya. Ohrana truda. – 2016. – № 3. – S. 179–185.

2. Agejchik, V. A. Snizhenie vozdejstviya vrednyh i opasnyh proizvodstvennyh faktorov na operatorov mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki / V. A. Agejchik, A. L. Misun // Sovremennye problemy osvoiniya novoj tekhniki, tekhnologij, organizacii tekhnicheskogo servisa v APK : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Минск, 4–6 iyunya 2014 g. v 2 ch. / pod obshch. red. I. N. Shilo, N. A. Labusheva. – Minsk : BGATU, 2014. – CH. 1. – S. 403–406.

3. Muravskij, A. K. Ocenka travmbezopasnosti rabochih mest dlya celej ih attestacii po usloviyam truda kak element ocenki professional'nogo riska / A. K. Muravskij // Materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf., Perm': Izd-vo Perm. gos. tekhn. un-ta.– 13–14 noyabrya 2007 g. – Perm', 2007. – S. 126–130.

4. Spravochnik po veroyatnostnym raschetam / G. G. Abezgauz [i dr.]. – M: Voenizdat, 1970. – 536 s.

5. Misun, A. L. Prodolzhitel'nost' prostoev kormouborocznyh kombajnov KVK-800 «Palesse», K-G-6 «Palesse», «Klaas YAguar» po prichinam «operator» i «kombajn» / A. L. Misun, A. G. Tunik, A.M. Matusevich // Tekhservis – 2020 : materialy nauchn.-prakt. konf. stud. i magistr., Минск, 20–22 maya 2020 g. ; redkol.: A. V. Miranovich [i dr.]. – Minsk : BGATU, 2020. – S. 89–92.

6. Primenenie peredvizhnyh remonnyh masterskih na baze avtomobilej dlya operativnogo ustraneniya otkazov mashin / V. S. Ivashko [i dr.] // Izobretatel'. – 2013. – № 1. – S. 43–45.

7. Tekhnika sel'skohozyajstvennaya. Pokazateli nadezhnosti STB 1616 – 2011. – Minsk: Gosstandart, 2011. – 14 s.

8. Azarenko, V. V. Issledovanie prichin i uslovij vozniknoveniya opasnoj situacii v processe uborki kormovyh kul'tur / V. V. Azarenko, A. L. Misun // Vesci Nacyanal'naj akademii navuk Belarusi. Ser. agrarnykh navuk. – 2015. – № 4. – S. 105–113.

9. Piunovskij, I. I. Intensivnye tekhnologii mekhanizirovannoj zagotovki kormov iz trav i silosnykh kul'tur : monografiya / I. I. Piunovskij, V. R. Petrovec. – Gorki : BGSKHA, 2012. – 397 s.

Материал поступил 20.01.2023, одобрен 05.03.2023, принят к публикации 06.03.2023