

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАГОТОВКЕ СЕНА И СЕНАЖА В РУЛОНАХ

Б. В. Карманов, В. А. Крючков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье описаны особенности процесса заготовки сена и сенажа с применением рулонного пресс-подборщика. Показаны недостатки процесса погрузки рулонов для транспортировки с поля на хранение. Предложен метод повышения эффективности погрузки рулонов за счет использования прицепного накопителя рулонов в паре с пресс-подборщиком. На примере реального хозяйства рассчитаны временные затраты на погрузку рулонов. Показана экономия времени за счет применения накопителя рулонов. Рассчитаны показатели экономической эффективности от его применения.*

***Ключевые слова:** грубые корма; заготовка кормов; сено; сенаж; пресс-подборщик; рулон; накопитель; транспортный процесс; временные затраты.*

OPTIMIZATION OF TRANSPORT PROCESSES WHEN HARVESTING HAY AND HAYLAGE IN ROLLS

B. V. Karmanov, V. A. Kryuchkov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The article describes the features of the process of harvesting hay and haylage using a roll baler. The disadvantages of the process of loading rolls for transportation from the field to storage are shown. A method is proposed to increase the efficiency of loading rolls by using a trailed roll accumulator paired with a baler. Using the example of a real farm, the time spent on loading rolls is calculated. Time savings are shown due to the use of a roll storage device. The indicators of economic efficiency from its application are calculated.*

***Keywords:** coarse feed; forage harvesting; hay; haylage; baler; roll; accumulator; transport process; time costs.*

Летний период для животноводов связан с процессом заготовки грубых/сочных кормов для скота на зимний и

ранневесенний периоды. В зависимости от технологии заготавливается силос, корнаж и грубые корма [1].

Грубые корма заготавливают с помощью трактора в агрегате с пресс-подборщиком [1, 2]. Пресс-подборщик относится к специализированной кормозаготовительной технике и создан для работы со скошенными рядами травы: подбора и прессования с одновременным обвязыванием валков сеткой либо шпагатом, с последующим выталкиванием рулона или тюка по мере его готовности на обработанную поверхность поля за трактором. Использование таких машинно-тракторных агрегатов (МТА) ведет к снижению трудозатрат, сокращению потерь при заготовке сена, повышению качества кормов, упрощению процессов транспортировки и хранения готового продукта [3]. Особенность рулонных пресс-подборщиков заключается в необходимости остановки МТА для выталкивания рулона. В противном случае подбора кормовой массы для формирования нового рулона происходить не будет. По этой причине рулоны разбросаны по полю хаотично.

Для погрузки рулонов в поле используют трактор с навесным фронтальным погрузчиком, т.н. копновозом универсальным навесным (КУН), оборудованным вилами. Данный МТА собирает рулоны и загружает их в прицеп.

Основополагающим фактором, определяющим эффективность транспортного процесса при заготовке сена и сенажа, является процесс перемещения трактора с КУН по полю при погрузке рулонов. Это наиболее трудоемкая операция с точки зрения затрат времени и ГСМ. Из-за упомянутых особенностей технологии прессования травяной массы рулоны на поле располагаются по одному. Трактор с КУН совершает множество заездов между рулонами и прицепом, что сопровождается быстрыми переходами с режима на режим: передний/задний ход, маневрирование, подъем/опускание вил и т.д. Это приводит к повышенной нагрузке на оператора. А если сбор урожая производится с поля, засаженного многолетними травами, которые могут давать по два-три укоса, то количество проездов МТА по одним и тем же участкам поля увеличится многократно. Ко всему прочему добавляются проблемы переуплотнения верхнего слоя почвы [4], т.е. снижению урожайности в конечном счете.

Практика показала, что эффективность сбора рулонов можно повысить, если осуществлять их погрузку в прицеп попарно, накалывая по рулону на каждый зуб вил КУН. Однако в этом случае все равно требуются дополнительные перемещения трактора по полю. Сократить траекторию и время движения МТА при погрузке рулонов возможно за счет использования накопителя рулонов в паре с пресс-подборщиком. При этом готовый рулон перемещается в накопитель (рисунок 1а). По готовности второй рулон выкачивается в накопитель к первому и в паре укладываются на поле (рисунок 1б). Оптимизируется погрузка рулонов, т.к. появляется возможность захвата одновременно двух рулонов.



а)



б)

Рисунок 1 – Технология выгрузки рулонов с применением накопителя:

а – перевозка рулонов в накопителе; *б* – выгрузка в паре.

На рисунке 2 приведены траектории движения трактора с КУН при традиционной погрузке рулонов (*а*) и при использовании прицепного накопителя (*б*).

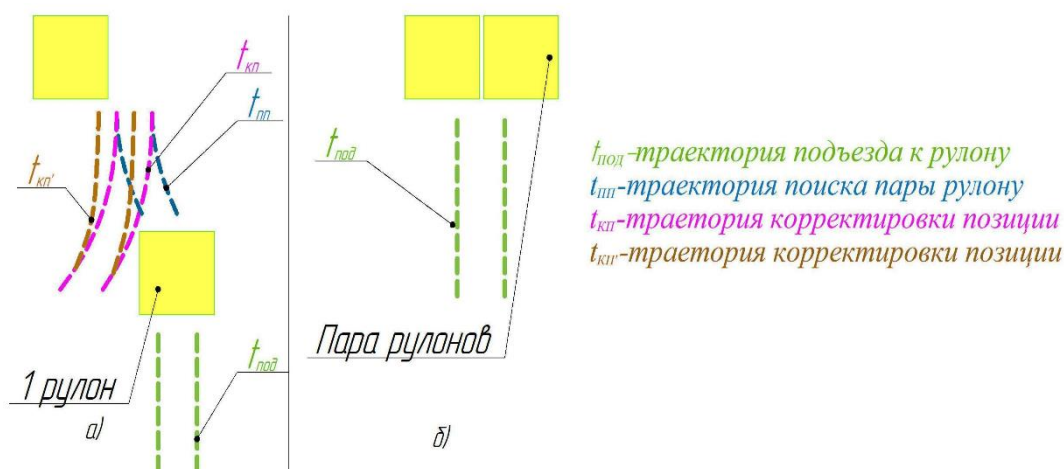


Рисунок 2 – Траектория перемещения при подборе рулонов:
а – без накопителя; *б* – с применением прицепного накопителя.

Как видно из рисунка 2а, общую траекторию движения можно разделить на 4 участка. Время t погрузки рулонов можно определить по выражению:

$$t = (t_{\text{под}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{кп}} + t_{\text{п}}) \frac{n}{2} \quad (1),$$

где $t_{\text{под}}$ – время подъезда к рулону, $t_{\text{пп}}$ – время поиска парного рулона, $t_{\text{кп}}$ – время корректировки позиции трактора задним ходом, $t_{\text{п}}$ – время погрузки рулонов в прицеп. Вне зависимости от наличия накопителя в обоих случаях сбор рулонов ведется попарно, что также отражено в выражении (1).

Экспериментальные замеры временных интервалов были проведены в процессе сбора сена и сенажа, запрессованного в рулоны, в хозяйстве «КФХ Карманова» в период с 09.08.23 по 23.09.23. При проведении замеров осуществлялась аудио- и видеофиксация процесса с последующим ручным отсчетом затрачиваемого времени (таблица 1).

Таблица 1 – Результат натуральных замеров временных затрат при сборе рулонов

Обозначение интервала	Наименование операции	Время, сек.	
		Без накопителя	С накопителем
$t_{\text{под}}$	Время подъезда к рулону	31	
$t_{\text{пп}}$	Время поиска пары для рулона	17	отсутствует
$t_{\text{кп}}$	Время корректировки позиции	16	отсутствует
$t_{\text{п}}$	Время погрузки пары рулонов	24	
Суммарное время сбора одной пары рулонов:		88	55

Средняя экономия времени на подборе одной пары рулонов составит:

$$\tau = t_{\text{т}\Sigma} - t_{\text{тн}\Sigma} \approx 30 \dots 40 \text{ с},$$

а общая экономия времени сбора рулонов в процентном отношении составит:

$$\tau_{\%} = 100(t_{\text{т}\Sigma} - t_{\text{тн}\Sigma})/t_{\text{т}\Sigma} = 37,5 \%$$

где $t_{\text{т}\Sigma}$, $t_{\text{тн}\Sigma}$ – суммарное время сбора одной пары рулонов соответственно без применения и с применением накопителя.

Для оценки эффективности погрузки рулонов с применением накопителя рассмотрим транспортный процесс на примере

модельного хозяйства. Затраты на сбор рулонов можно выразить в денежном эквиваленте в зависимости от полученных интервалов (таблица 2).

Таблица 2 – Стоимость работ при сборе рулонов в пересчете на один рулон

Наименование статьи расходов	Финансовые затраты, руб.	
	Без накопителя	С накопителем
Расходы на ГСМ	15	11
Оплата труда	100	90
Амортизация техники	20	16
Суммарные затраты при сборе одного рулона:	135	117

Предположим, суммарный объем работ от двух урожаев многолетней травы за сезон составит 3000 рулонов плюс еще 45 рулонов, за счет снижения давления на почву, которые уйдут чистой прибылью по 1500 руб. за рулон. Тогда исходя из данных в таблицы 2 можно посчитать, что суммарная прибыль от использования накопителя составит:

$$П = 3000(135 - 117) + 45 \cdot 1500 = 124\ 000 \text{ руб.}$$

Накопитель рулонов стоимостью 250 тыс. руб. окупится за 2 сезона.

Важно отметить, что применение в МТА дополнительного технологического модуля – накопителя рулонов, не увеличивает затраты на проведение технического обслуживания и ремонта базового МТА [5].

В качестве направления дальнейших исследований, помимо разработки простой и надежной отечественной конструкции прицепного накопителя рулонов, необходимо продолжить совершенствование транспортного процесса. Например, за счет замены прицепов малогабаритными транспортными средствами с самосвальными кузовами и конструкторско-технологическими решениями увеличения тягово-сцепных свойств [6]. Как правило, прицепы ПТС модернизируются в хозяйствах для размещения на них максимального количества рулонов, что ограничивает их мобильность и маневренность. Малогабаритные транспортные средства способны максимально адаптироваться под транспортный процесс,

сокращая дистанцию до трактора с погрузчиком и обеспечивая оперативный вывоз сельскохозяйственных грузов с поля [6].

Выводы

1. Показаны преимущества применения накопителей рулонов сена/сенажа за счет обеспечения их попарной погрузки в прицеп.

2. Рассчитаны временные затраты процесса погрузки рулонов. Определено снижение трудозатрат при парной погрузке рулонов в среднем на 37,5 %.

3. Выявлены преимущества применения накопителя рулонов при заготовке сена и сенажа: снижение нагрузки на оператора, износа агрегатов трактора с КУН; затрат на ГСМ, уплотняющего воздействия на почву за счет меньшего числа проездов техники, вероятности повреждения упаковочной сетки и нарушения целостности рулонов.

4. На примере модельного хозяйства определено, что срок окупаемости накопителя рулонов составит всего два сезона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прогрессивные технологии производства и заготовки кормов : учебное пособие / А.П. Еряшев и др. – Саранск : МГУ, 2013.

2. Подольников, В. Е. Прогрессивные технологии в приготовлении кормов / В. Е. Подольников, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 128 с.

3. Пресс-подборщики. Типы, стоимость, различия [Электронный ресурс] // Максим-Агро. – Режим доступа: <https://maximum-agro.ru/news/Press-podborshhiki-Tipy-stoimost-razlichiya> (дата обращения: 26.10.2023).

4. Уплотнение почвы – каковы причины и как этого избежать? [Электронный ресурс] // ООО «Вадерштад». – Режим доступа: <https://www.vaderstad.com/ru/know-how/osnovy-zemledeliya/diagnostika-i-zashchita-pochvy/uplotnenie-pochvy/> (дата обращения: 26.10.2023).

5. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (74). – С. 104-113.

6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

7. Parameters of the electric drive of a cargo electric vehicle for breeding and seed production / A. S. Dorokhov, R. S. Fedotkin, V. A. Kryuchkov, K. Dmitriev // International Conference on Remote Sensing of the Earth: Geoinformatics, Cartography, Ecology, and Agriculture (RSE 2022) : CONFERENCE PROCEEDINGS, Dushanbe, 19-21 апреля 2022 года. Vol. 12296. – Dushanbe: SPIE, 2022. – P. 122960.

8. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. – 232 с.

Об авторах:

Карманов Бадма Викторович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Крючков Виталий Алексеевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, kryuchkov.vitaliy@gmail.com.

About the authors:

Badma V. Karmanov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Vitaly A. Kryuchkov, associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), kryuchkov.vitaliy@gmail.com.