

ISSN 1817-7204(Print)

ISSN 1817-7239(Online)

УДК 631.553:631.353.6

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-481-491>

Поступила в редакцию 30.05.2018

Received 30.05.2018

П. П. Казакевич<sup>1</sup>, С. Г. Яковчик<sup>2</sup>, И. М. Лабоский<sup>2</sup>, Л. И. Трофимович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства, Минск, Беларусь

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛЕВОЙ СУШКИ ТРАВ: ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

**Аннотация:** Качественные травяные корма (сено, сенаж, силос) существенно снижают себестоимость, улучшают потребительские свойства и повышают конкурентоспособность продукции крупного рогатого скота, являющейся для Республики Беларусь основной составляющей аграрного экспорта. Важным элементом процесса заготовки травяных кормов является ускорение сушки скошенных трав. Сокращение времени сушки или ее ускорение положительно влияет на их качество. Для достижения этой цели применяют укладку скошенных трав на стерню, в валки или растил, ворошение и кондиционирование. На основе их практического опыта применения и анализа обоснована актуальность повторного плющения (рекондиционирование) скошенных трав в валках. Разработана конструкция и рабочий процесс нового устройства для такого плющения трав. Его рабочий орган выполнен как бильно-дековый или вальцевый плющильный аппарат. Экспериментально установлены кинематические параметры работы верхнего и нижнего вальцов: соотношение их вращения должно быть  $1,01 \leq \omega_{\text{в}} / \omega_{\text{н}} \leq 1,03$ . Полевыми испытаниями устройства на бобовых травах определено, что его применение способствует ускорению сушки на 15–20 %, уменьшает потери протеина на 10–15 % по сравнению с сушкой без обработки. Представленные материалы исследования являются развитием теории механизации заготовки травяных кормов. Их использование на практике будет способствовать повышению качества травяных кормов благодаря ускорению сушки скошенной травы.

**Ключевые слова:** травы, сушка, заготовка сена, качество кормов, повторное плющение, макетный образец, подборщик, бильно-дековый кондиционер, плющильные вальцы

**Для цитирования:** Механизация полевой сушки трав: пути совершенствования / П. П. Казакевич, С. Г. Яковчик, И. М. Лабоский, Л. И. Трофимович // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, №4. – С. 481–491. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-481-491>

P. P. Kazakevich<sup>1</sup>, S. G. Yakovchik<sup>2</sup>, I. M. Labotsky<sup>2</sup>, L. I. Traphimovich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Mechanization of Agriculture, Minsk, Belarus

## MECHANIZATION OF FIELD DRYING HERBS: WAYS IMPROVEMENT

**Abstract:** High-quality grass feeds (hay, haylage, silage) decrease cost price, improve consumer properties and increase competitiveness of cattle products significantly being the main component of agricultural export for the Republic of Belarus. An important issue of grass feed procurement is acceleration of mowed grass drying process. Reduction of drying time or drying process acceleration has a positive effect on feed quality. To achieve this goal, technique of laying the mowed grass on stubble, in rolls or spreading, turning and conditioning is applied. Based on practical experience of application and analysis, the relevance of repeated rolling (reconditioning) of mowed grasses in rolls is substantiated. Design and workflow of new device for such grass rolling has been developed. Its working unit is designed as a sawn-deck or roller flattening apparatus. The kinematic parameters of the upper and lower rollers have been determined experimentally: the rollers rotation ratio should make  $1.01 \leq \omega_{\text{v}} / \omega_{\text{n}} \leq 1.03$ . Field tests of the device with legumes helped to determine that it accelerates drying by 15–20%, reduces protein loss by 10–15% compared to drying with no treatment. The presented research materials present the development of the theory of grass feeds procurement mechanization. Use of the materials in practice will improve the quality of grass feeds by accelerating the mowed grass drying process.

**Keywords:** grasses, drying, hay preparation, quality of feed, re-bending, mock-up pattern, pick-up, bilo-deco conditioner, crushing rollers

**For citation:** Kazakevich P.P., Yakovchik S.G., Labotsky I.M., Trofimovich L.I. Mechanization of field drying herbs: ways improvement. *Vesti Natsyonal'nyay akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 4, pp. 481–491 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-481-491>

**Введение.** Для полноценного кормления крупного рогатого скота в Беларуси убирают на сено и сенаж естественные, сеянные бобовые и злаковые травы, травосмеси. Особенность уборки заключается в необходимости ее проведения в сжатые сроки, определяемые биологическими свойствами растений, достигающих и сохраняющих максимальную питательную ценность в непродолжительной (10–15 дней) фазе вегетации (бобовые – бутонизация, злаковые – колошение). Запаздывание с уборкой или ее затягивание ведет к снижению качества кормов, повышению потерь и уменьшению выхода питательных веществ с единицы площади. В конечном итоге возрастают затраты на производство продукции животноводства, снижается её конкурентоспособность. Лимитирующим фактором, определяющим темпы заготовки и качество травяных кормов, является продолжительность полевой сушки скошенной массы до кондиционной влажности. Неустойчивые погодные условия, характерные для республики в период сенокоса, усложняют задачу получения качественных кормов. Экспериментально установлены и подтверждены на практике зависимости потерь и снижения качества травяных кормов от продолжительности полевой сушки трав, которые могут достигать 50 % [1–4].

Имеется ряд технологических приемов (способов) и устройств, позволяющих ускорить процесс полевой сушки трав и снизить потери кормов. Однако они имеют специфические, присущие каждому способу (приему) недостатки, что не всегда позволяет заготовить высококачественные корма с минимальными потерями [5–8].

Цель работы – обоснование основных технологических и конструктивных параметров устройства для подбора, повторного плющения и вспушивания скошенных в волок трав, обеспечивающего ускорение их сушки и снижение потерь при заготовке сена, сенажа и травяного силоса; определение эффективности процесса повторного плющения на ускорение полевой сушки и качество заготавливаемых кормов.

**Теоретический анализ.** Ускорить процесс полевой сушки (проявление) трав, соответственно, снизить потери до допустимых уровней, позволяют следующие мероприятия: время и высота скашивания травостоя; способ укладки травяной массы на стерню; дополнительная обработка массы при скашивании; ворошение, валкование массы и оборачивание валков; повторное плющение скошенной травяной массы. Рассмотрим действия этих мер на ускорение процесса сушки трав.

**1. Время и высота скашивания травостоя** влияют на скорость его естественной сушки (проявление). Начинать скашивание необходимо в утренние часы после схода росы. В это время скорость сушки максимальна, растения легче отдают влагу, не требуется время на высушивание росы. Высота скашивания трав (стерни) должна быть в пределах 4–6 см. Сушка скошенной травяной массы на стерне проходит быстрее, чем на почве, при этом условия отрастания трав для последующих укосов не ухудшаются, минимален недобор массы [9, 10].

**2. Скошенные травы укладывают в валки или расстил** в зависимости от урожайности. В валках меньше потери и готовый корм меньше загрязняется почвой. Способ применяется при урожайности до 150 ц/га. Сушка трав урожайностью свыше 150 ц/га осуществляется при их укладке в расстил, сопровождается значительными потерями и более низким качеством корма из-за повышенного загрязнения почвой. Это обусловлено тем, что площадь контакта трав с почвой при расстиле в несколько раз превышает аналогичную площадь при укладке их в валки. Кроме того, оба приема сушки зависимы от погодных условий и не позволяют получить качественные корма<sup>1</sup> [11–14].

**3. Травмированием (разрушением) поверхности растений** специальными устройствами ускоряется процесс влагоотдачи и сокращается продолжительность сушки. Прием называют – *кондиционированием*, а устройства – *кондиционерами*. Наибольшее применение получили кондиционеры бильно-декового типа (рис. 1), у которых рабочий орган выполнен в виде вала со свободно подвешенными на нем металлическими билами Y-образной формы. Он помещен под рифленой декой. Кондиционер является дополнительным оборудованием косилки, которым скошенная масса протаскивается в зазор между билами и декой. При этом повреждается восковой

<sup>1</sup> Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов : рекомендации / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по мех. сель. хоз-ва ; подгот. : В. К. Павловский [и др.]. – Минск, 2013. – 74 с.

налет на стеблях растений, что способствует освобождению и выходу влаги на поверхность стеблей, где проходит ее ускоренное испарение. Использование кондиционеров позволяет на 10–15 % сократить продолжительность полевой сушки трав. Однако этот способ эффективен и оправдан только на злаковых травяных культурах. Наиболее ценные с питательной точки зрения бобовые травы (клевер, люцерна и др.) имеют большую долю по массе тонких листьев и тяжелых бутонов, которые при обработке бильно-дековым кондиционером обламываются и легко теряются. Кроме того, бобовые травы имеют толстые и мясистые стебли, высушить которые в полевых условиях сложно. Выходом является их **плющение** специальными вальцевыми плющилками (рис. 2). При такой обработке обрывы листьев и бутонов минимальны, а стебли расплющиваются и интенсивно испаряют влагу. Скорость сушки бобовых трав возрастает на 15–20 % [15, 16].

Сушка трав, обработанных кондиционером или плющильным аппаратом, в первые 3–4 ч идет с наибольшей скоростью. Далее процесс постепенно замедляется, а через 8–10 ч обработанная масса сохнет с одинаковой скоростью, как и необработанная. Снижение скорости сушки объясняется тем, что выходу влаги из внутренней части растений препятствует образующаяся на разрывах, надломах растений пленка скоагулированного белка (протеина). Для ускорения сушки требуется разрушение этой пленки. Таким образом, выполняемые при скашивании дополнительные обработки травяной массы недостаточны для существенного ускорения процесса их сушки [17, 18].

Практический опыт показывает, что сушка трав по высоте валка идет неравномерно. Верхние слои всегда суше нижних, влажность их различается, что является причиной снижения качества корма. Досушивание массы до кондиционной влажности продолжительно и растягивается до 7 дней при заготовке сена.

**4. Ворошением трав** обеспечивается равномерность высушивания и ускорение процесса сушки. При этом травяная масса вспушивается, улучшается ее воздухопроницаемость и равномерное просушивание. Скорость удаления влаги увеличивается до 2 % в час по сравнению с неворошенной массой (до 1 % в час).

Для ворошения (вспушивания) растительной массы, ее сгребания в валки и оборачивания сформированных валков применяются ротационные ворошилки-вспушиватели и грабли. Ворошилки-вспушиватели предназначены только для ворошения массы. Их производят зарубежные фирмы Kverneland<sup>2</sup> (рис. 3), KUHN<sup>3</sup> (рис. 4), CLAAS, KRONE, отечественное ОАО «Лидсельмаш».

Во избежание больших механических потерь ворошение травяной массы эффективно проводить при достижении влажности 50÷55 % бобовых трав и 40÷45 % злаковых. Потери после двух-, трехкратного ворошения не превышают 7 %. Однако ворошилка не обеспечивает выравнивание скоростей высушивания всех частей растений (стеблей, листьев, бутонов), поскольку



Рис. 1. Схема бильно-декового кондиционера  
Fig. 1. Layout of sawn-deck conditioner

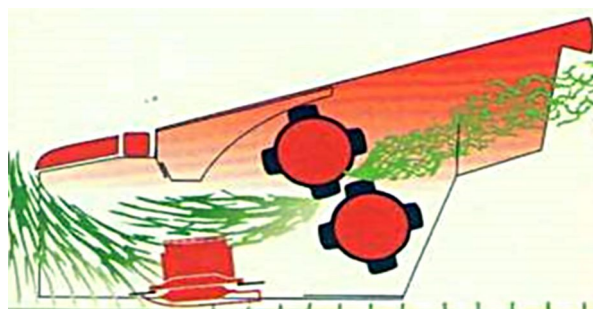


Рис. 2. Схема вальцевого плющильного аппарата  
Fig. 2. Layout of roller flattening apparatus

<sup>2</sup> Kverneland 8555-8568-8576-8590-85112 [Электронный ресурс] // Kverneland. – Режим доступа: <https://ru.kverneland.com/Kormozagotovitel-naya-tehnika/Grabli-i-Voroshilki/Navesnye-voroshilki/Kverneland-8555-8568-8576-8590>. – Дата доступа: 03.05.2018.

<sup>3</sup> Ворошилки [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника KUHN. – Режим доступа: <http://www.kuhn.ru/ru/range/hay-silage-making/gyrotedders.html>. – Дата доступа: 03.05.2018.



Рис. 3. Ворошилка 8576 фирмы Kverneland (Германия)  
Fig. 3. Agitator 8576 Kverneland (Germany)



Рис. 4. Ворошилка GF 7802 фирмы KUHN (Франция)  
Fig. 4. Agitator GF 7802 KUHN (France)

ее рабочими органами не производится расплющивание стеблей. Кроме того, наиболее ценная листовая часть бобовых трав теряется, поэтому роторные ворошилки на бобовых применять не рекомендуется [19–22].

Ротационные грабли, выполняющие операции ворошения, сгребания и оборачивания валков трав, имеют рабочие органы в виде вращающихся поворотных граблин, которыми масса сгребается и укладывается в валок. Применяются однороторные и многороторные грабли, обеспечивающие сгребание травяной массы с прокоса до 15 м. Однороторные навесные грабли-валкообразователи серии LINER моделей 350S, 390S, 430S и 470S компании CLAAS<sup>4</sup> имеют захват 3,5; 3,8; 4,2 и 4,6 м соответственно. Двухроторные валкообразователи выпускаются прицепными (рис. 5). В процессе их работы возможно встречное вращение роторов и образование одного валка между ними (модели TS 800 D фирмы FELLA и GA 7301 фирмы KUHN). Широко применяются на заготовке кормов грабли-ворошилка<sup>5</sup> ГВР-630 (рис. 6) производства ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» с шириной захвата 6,3 м [23, 24].

Эти конструкции граблей в парке кормоуборочных машин получили наибольшее распространение в Беларуси. Вместе с тем, они имеют технологический недостаток – загрязнение корма почвой, особенно на торфяниках, плохое копирование почвы при большой ширине захвата.



Рис. 5. Грабли-валкователи LINER 700 фирмы CLAAS (Германия)  
Fig. 5. Swath collector rake LINER 700 CLAAS (Germany)



Рис. 6. Грабли ГВР-630 ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» (Беларусь)  
Fig. 6. Rake GVR-630 OJSC «УКХ «Bobruyskagromash» (Belarus)

<sup>4</sup> Валкователь LINER [Электронный ресурс] // CLAAS. – Режим доступа: <https://www.claas.ru/produksiya/tehnika-dlya-kormoproizvodstva/liner>. – Дата доступа: 03.05.2018.

<sup>5</sup> Грабли-ворошилки роторные ГВР-630 [Электронный ресурс] // Бобруйскагромаш. – Режим доступа: <http://bobruiskagromach.com/ru/catalog/topmachines-for-harvesting-and/gvr-630>. – Дата доступа: 03.05.2018.

Таким образом, в технологических процессах заготовки травяных кормов (сена, сенажа, травяного силоса) для ускорения процесса их сушки предусматривается проведение ряда мероприятий: плющение, укладку трав в валки или расстил, двух- или трехкратное ворошение, сгребание (валкование) трав в валки и досушивание оборачиванием валков. Несмотря на применение этих мероприятий, качество заготавливаемых кормов остается невысоким, а потери значительны (например, при заготовке сена 40 %). Рабочими органами ворошилок, граблей корма загрязняются почвой. Содержание золы достигает 10 %. Специальных средств механизации для сушки или досушивания трав в валках нет. При сушке травяной массы в расстил необходимо использовать две специальные машины: ворошитель трав и грабли-валкователи, как следствие, затраты труда и топлива остаются высокими [25, 26].

С учетом изложенного, создание специальной машины, обеспечивающей повышение скорости сушки трав в валках, снижение потерь и затрат, является актуальной задачей.

На мировом рынке кормоуборочной техники появились созданные зарубежными фирмами такие новые специальные средства механизации. Компания AG SHIELD MSg<sup>6</sup> создала и выпускает рекондиционеры типа RECON 300 (рис. 7), которые обеспечивают подбор, повторное плющение и оборачивание валков скошенных трав. Машина содержит ребристые плющильные вальцы и установленные на раме сместители-дефлекторы, которые перемещают обработанный вальцами валок в сторону и укладывают его на сухое место. Опыт работы машин в Канаде, США, Австралии показал, что повторное плющение ускоряет сушку трав в поле от 20 до 30 %. Основным недостатком конструкции является отсутствие подбирающего механизма. Подбор трав выполняют плющильные вальцы, которые не обеспечивают чистого с минимальными потерями подбора скошенных трав, особенно прошитых отрастающими растениями.

Аналогичную конструкцию имеет финская сеноворошилка ELHO7 (рис. 8). Она оснащена кондиционером с металлическими пружинными пальцами, позволяющими дополнительно обрабатывать растительную массу и формировать вспушенный легко продуваемый валок, что способствует интенсификации сушки трав в поле.

В республике расширяется применение технологии возделывания совместных полосовых посевов крестоцветных и озимых зерновых культур, которые используют для заготовки кормов, упакованных в пленку. Особенность способа состоит в том, что смеси скашивают и провяливают в валках, при этом площадь контакта массы с почвой минимальна, минимально загрязнение почвой. Для ускорения провяливания этих кормов необходимо проводить подбор, повторное плющение и оборачивание валков, поскольку крестоцветные культуры содержат свыше 25 % протеина и плохо сохнут. Кроме того, в Беларуси около 600 тыс. га угодий заняты травами на торфяниках. Заготовка кормов на таких угодьях сопряжена с высокими потерями и низким ка-



Рис. 7. Рекондиционер RECON 300 фирмы AG SHIELD MSg (Канада)

Fig. 7. Reconditioner RECON 300 AG SHIELD MSg (Canada)



Рис. 8. Сеноворошилка TR-220 фирмы ELHO (Финляндия)

Fig. 8. Hay agitator TR-220 ELHO (Finland)

<sup>6</sup> ReCon 300 [Electronic resource] // AG SHIELD. – Mode of access: <http://www.agshield.com/re-con-300/recon-300.html>. – Date of access: 03.05.2018.

<sup>7</sup> Tr-220 [Electronic resource] // ELHO. – Mode of access: <https://www.elho.fi/products/swathers-2/tr-220>. – Date of access: 03.05.2018.

чеством вследствие загрязнения их торфом рабочими органами кормоуборочных машин, особенно, граблями и ворошилками. Снижение загрязнения обеспечивается сушкой трав в валках. Для ворошения и впускивания валков используются оборачиватели валков, грабли однороторные, которые не выполняют повторного плющения и не способствуют ускорению процесса сушки [27–29].

**Теоретические исследования.** Для изучения эффективности применения повторного плющения скошенных трав в Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства разработан экспериментальный образец устройства (рекондционер). Новизна разработки и технических решений подтверждена заявкой на изобретение<sup>8</sup>. Агрегат состоит из рамы с прицепным устройством и колесным ходом 1, на которой смонтирован подбирающий механизм 2 с опорными колесами 3, плющильный аппарат 4 с валкообразователем 5, а также общий механизм привода 6 устройства (рис. 9).

Вальцово-конический рифлёный плющильный аппарат предназначен для обработки бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей. Агрегат включает: корпус 7 и установленные в нем два плющильных вальца – нижний 8 и верхний 9. При этом нижний валец 8, вращается в неподвижных опорах, закрепленных в корпусе 7, а верхний валец 9 выполнен с возможностью смещения в корпусе 7 вверх или вниз относительно нижнего вальца 8 и оснащен системой 10 для регулирования давления вальца 9 на травяную массу (рис. 10).

Рекондционер работает следующим образом. При движении агрегата над валком трав подбирающий механизм 2 (см. рис. 9) переводится в рабочее положение и колеса 3 опираются на почву. От трактора посредством механизма привода 6 приводится в работу подбирающий механизм, который поднимает и подает валок скошенной травы в зазор между вращающимися плющильными вальцами 8 и 9 (см. рис. 10). В зазоре валок травы шириной ( $B$ ) и высотой ( $H$ ) растягивается по поверхности кольцевых выступов и впадин. При этом толщина его уменьшается, что способствует более качественному плющению трав, соответственно, повышается влагоотдача и скорость сушки. Насечка глубиной ( $h$ ), направленная под углом ( $\alpha$ ) к оси вращения вальцов, и разная частота их вращения разрывают и раздавливают стебли растений примерно по их середине, что повышает влагоотдачу из внутренней части стеблей, ускоряет их сушку.

Экспериментально определены рациональные параметры насечки (рифлей), глубина ( $h$ ), соотношение частот вращения вальцов, обеспечивающие повышение пропускной способности, качества плющения и ускорение сушки трав.

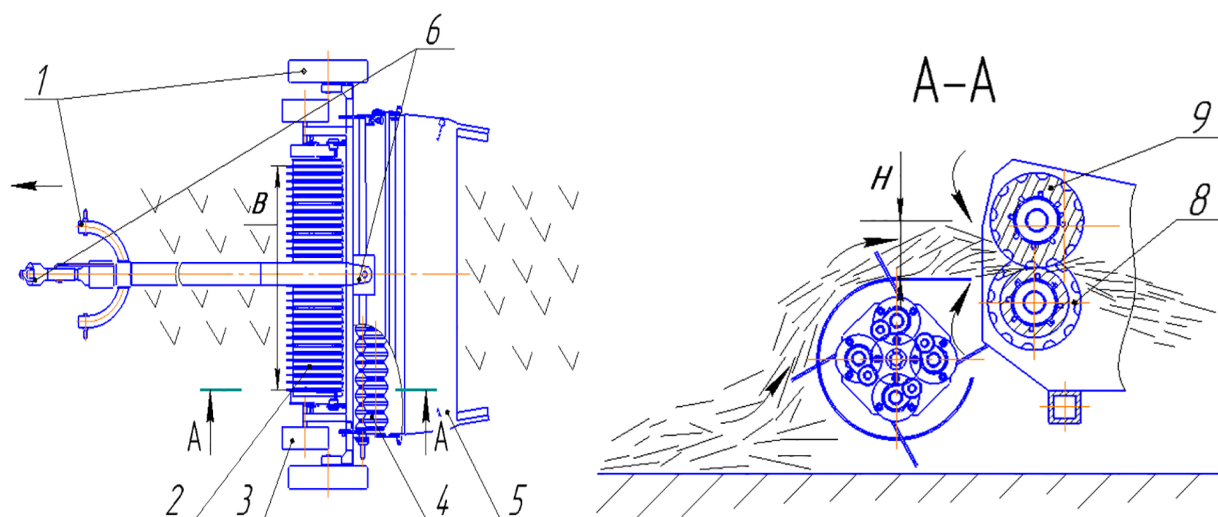


Рис. 9. Устройство для повторного плющения и оборачивания валков скошенных трав

Fig. 9. Unit for repeated flattening and mowed grass rolls wrapping

<sup>8</sup> Устройство для подбора и плющения скошенных трав : заявка ВУ 20180127 / И. М. Лабодкий, Л. И. Трофимович. – Оpubл. 02.04.2018.

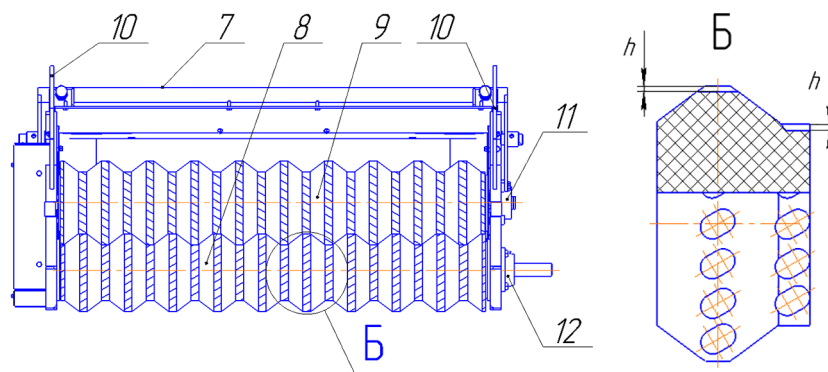


Рис. 10. Плющильный аппарат с кольцевыми выступами и впадинами

Fig. 10. Flattening apparatus with ring collars and slots

Наличие и глубина насечки на вальцах влияют на число расплющенных стеблей скошенных трав. Максимальное содержание (от 40 до 50 %) обеспечивают вальцы с насечкой от 1,0 до 3,0 мм. При глубине насечки выше 3,0 мм содержание расплющенных стеблей снижается и стабилизируется на уровне 40 %, вследствие того что стебли диаметром менее 5 мм сжимаются в полости насечки и проходят между вальцами неразрушенными.

Частота вращения вальцов и их соотношение определяют пропускную способность плющильного аппарата и эффективность обработки трав. Минимальные значения частот вращения приняты равными частоте вращения плющильных вальцов, устанавливаемых на косилки, а именно  $550 \text{ мин}^{-1}$ , поскольку пропускная способность плющильного аппарата достаточна для работы косилки на скорости до 15 км/ч и пропускает (обрабатывает) скошенную массу без задержки. Нами принята частота вращения нижнего вальца постоянной, равной  $550 \text{ мин}^{-1}$ . Изменяли частоту вращения верхнего вальца.

Установлено, что при соотношении частот вращения верхнего и нижнего вальцов меньше 1,01 интенсивность соскабливания кутикулярного слоя со стеблей невысокая, поэтому продолжительность сушки трав растягивается свыше трех дней. При больших значениях соотношения интенсивность соскабливания защитного слоя возрастает, скорость сушки также возрастает, что позволяет снизить потери протеина до минимального уровня. Повышение соотношения приводит к обрыву самой богатой по содержанию протеина листовые части растений, при этом резко снижается качество корма. Рациональное значение частот вращения вальцов находится по такому соотношению:

$$1,01 \leq \frac{\omega_{\text{в}}}{\omega_{\text{н}}} \leq 1,03. \quad (1)$$

Применение устройства для подбора и повторного плющения скошенных трав, оснащенного вальцами с кольцевыми выступами и впадинами, насечкой на их поверхности показали, что скорость сушки массы возрастает, а потери снижаются.

Экспериментальные исследования проводили на бобовых травах в условиях ОАО «Гастелловское» Минского района в 2018 г. Травы скашивали косилкой-плющилкой KUNN FC 353 GC с кондиционером. Через 24 ч при влажности травы 68,6 % провели обработку травяных валков рекондиционером (рис. 11). В качестве контроля опыта произведена обработка ворошением (вспушивание) валков ворошилкой GF 8702 фирмы KUNN, а также оставлены валки без обработки (ворошения).

Значения влажности, содержания протеина в процессе сушки сена до кондиционной влажности определяли с помощью портативного анализатора кормов AgriNir. Полученные результаты представлены на рис. 12.

Исследованиями установлено, что обработанные рекондиционером с плющильными вальцами валки сохнут быстрее. За 99 ч валки люцерны высыхают и достигают кондиционной влажности сена 16,8 %, соответственно, высушенные валки с применением ворошилки имели влажность 20,2 %, а необработанные – 34,8 % (рис. 12, а).



Рис. 11. Устройство для повторного плющения и вспушивания скошенных трав: *a* – подбор валка; *b* – повторное плющение растительной массы вальцевым плющильным аппаратом

Fig. 11. Unit for repeated flattening and mowed grass conditioning: *a* – roll pick up; *b* – repeated flattening of grass mass with roller flattening apparatus

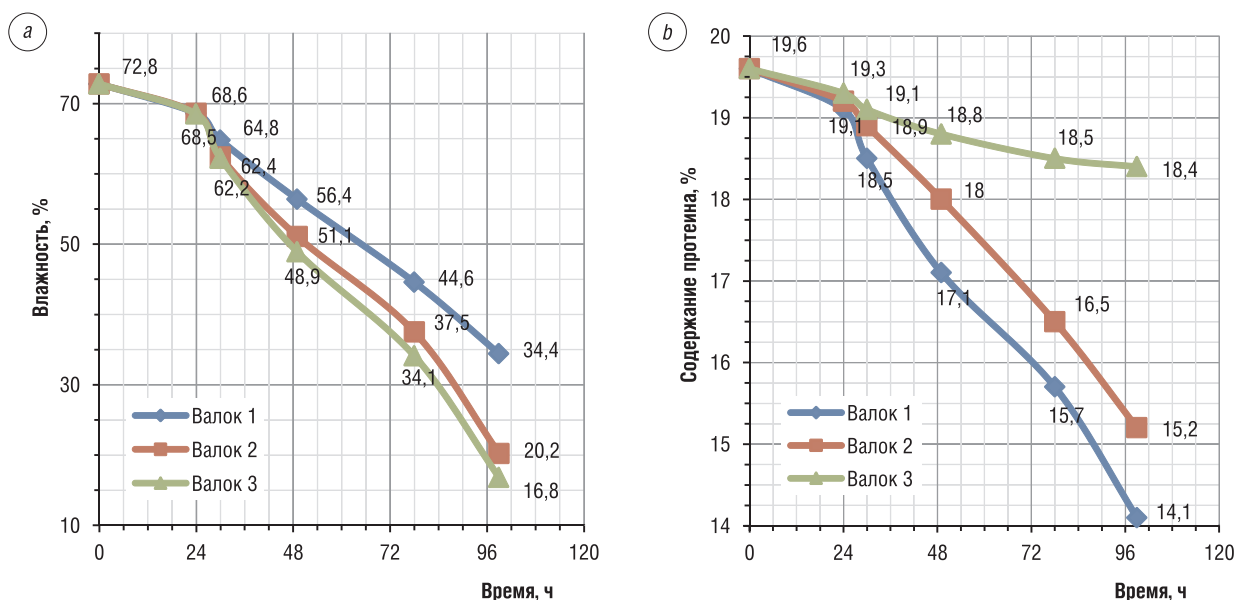


Рис. 12. Изменение влажности (*a*) и содержания протеина (*b*) скошенных трав в валке при полевой сушке в зависимости от типа обработки валка: 1 – необработанные валки, 2 – обработанные валки ворошилкой, 3 – обработанные валки рекондиционером с вальцевым плющильным аппаратом

Fig. 12. Variability of moisture content (*a*) and protein level (*b*) of mowed grass in roll at field drying depending on the type of roll treatment: 1 – untreated rolls, 2 – rolls treated with agitator, 3 – rolls treated with conditioner with roller flattening apparatus

Содержание протеина снизилось на 1,4 % (с 19,8 до 18,4 %) у трав, обработанных рекондиционером, соответственно, у трав, обработанных ворошилкой, – на 4,6 % (с 19,8 до 15,2 %), необработанных – на 5,2 % (с 19,8 до 14,1 %) (рис. 12, *b*).

С целью установления эффективности (целесообразности) повторного плющения различных видов трав (злаковых, бобовых и травосмесей) в валке плющильный аппарат экспериментального рекондиционера выполнен быстросъемным с унифицированным присоединительным устройством. Это позволяет производить его замену и устанавливать другие типы рабочих органов. Создание универсального рабочего органа для повторной обработки скошенных трав является приоритетной задачей исследования.



**Заклучение.** Заготовка травяных кормов в республике, как правило, проходит в неустойчивых погодных условиях. Сокращение сроков сушки (проявления) трав, особенно бобовых, положительно сказывается на качестве заготавливаемых кормов. При повторном плющении стеблей в волокнах, их ворошении увеличивается площадь испарения, что способствует интенсификации процесса поступления влаги из центра к поверхности стебля и благоприятно влияет на ход сушки. Такое плющение бобовых трав способствует ускорению процесса сушки на 15–20 %, уменьшает потери протеина на 10–15 по сравнению с сушкой без обработки.

Результатами экспериментального исследования разработанного образца устройства (рекондиционера) для повторного плющения скошенных трав с бильно-дековым или вальцево-коническим рифлёным рабочим органом установлено, что выполненный им технологический процесс соответствует данному назначению.

Совершенствование механизации полевой сушки трав применением рекондиционера является перспективным и эффективным мероприятием при заготовке травяных кормов.

### Список использованных источников

1. *Борисенко, Е. И.* Эффективность заготовки и использования сенажа / Е. И. Борисенко, А. А. Матох. – Минск : Ураджай, 1975. – 80 с.
2. *Савченко, Г. Ф.* Силосный конвейер / Г. Ф. Савченко. – М. : Знание, 1977. – 64 с.
3. *Бойко, И. И.* Консервирование кормов / И. И. Бойко. – М. : Россельхозиздат, 1980. – 174 с.
4. *Хохрин, С. Н.* Корма и кормление животных / С. Н. Хохрин. – СПб. : Лань, 2002. – 512 с.
5. *Титенкова, О. С.* Разработка универсального технического средства для заготовки качественных кормов в нестабильных погодных условиях / О. С. Титенкова, И. В. Кокунова // Изв. Великолук. гос. с.-х. акад. – 2013. – №4. – С. 14–18.
6. *Кокунова, М. В.* Технические средства для интенсификации процесса сушки трав в поле / И. В. Кокунова, М. В. Стречень, О. С. Титенкова // Изв. Великолук. гос. с.-х. акад. – 2013. – №1. – С. 20–30.
7. *Попов, В. Д.* Обоснование технологических решений при сушке травы / В. Д. Попов, А. М. Валге, А. И. Сухопаров // Технологии и техн. средства механизир. пр-ва продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – Вып. 93. – С. 64–70.
8. *Особов, В. И.* Механическая технология кормов / В. И. Особов. – М. : Колос, 2009. – 333 с.
9. *Шупилов, А. А.* Косилки с плющильными устройствами бильного типа для интенсификации сушки трав (теоретические и экспериментальные исследования, результаты проектирования) / А. А. Шупилов ; Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск : [б. и.], 2007. – 118 с.
10. *Пиуновский, И. И.* Машины для уборки трав и силосных культур (теория и расчет рабочих органов) / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко. – Горки : БГСХА, 2016. – 325 с.
11. *Клочков, А. В.* Заготовка кормов зарубежными машинами / А. В. Клочков, В. А. Попов, А. В. Адашь. – Горки : [б. и.], 2001. – 201 с.
12. Способы и технологические процессы заготовки высококачественного сена в условиях повышенного увлажнения / В. Д. Попов [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Сев.-Запад. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва. – СПб. : ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2012. – 72 с.
13. *Пиуновский, И. И.* Инновационные решения в технологических процессах заготовки кормов из стебельчатых культур / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2015. – 269 с.
14. *Пиуновский, И. И.* Машины для уборки трав и силосных культур / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец ; Белорус. гос. с.-х. акад., Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Горки : [б. и.], 2014. – 435 с.
15. *Соколов, А. В.* Теоретические основы сушки трав, расчет и выбор технологического оборудования / А. В. Соколов // Вестн. Рос. гос. аграр. заоч. ун-та. – 2012. – Вып. 12 (17). – С. 76–83.
16. *Отрошко, С. А.* Устройства для ускорения сушки трав / С. А. Отрошко, А. В. Шевцов, Ю. Д. Ахламов // Техника и оборудование для села. – 2011. – №4. – С. 22–23.
17. *Пиуновский, И. И.* Классификация машин для полевой сушки скошенных трав / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Д. В. Греков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – №3. – С. 116–122.
18. *Сидорчук, С. С.* Исследование ускорения сушки растительной массы трав при обработке плющением и электрическими разрядами / С. С. Сидорчук, В. Р. Петровец // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – №3. – С. 123–126.
19. Ротационная косилка с кондиционером / Ю. Д. Ахламов [и др.] // Кормопроизводство. – 2017. – №1. – С. 45–48.
20. *Кокунова, И. В.* Ускоренная сушка трав в поле / И. В. Кокунова, М. В. Стречень, Ю. И. Волошин // Сел. механизатор. – 2012. – №7. – С. 13.
21. *Кокунова, И. В.* К выбору конструкторско-технологической схемы машины для заготовки растительных кормов с плющением / И. В. Кокунова, О. С. Титенкова // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2014 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; ред.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 1. – С. 104–106.

22. Кокунова, И. В. Разработка комплекта сменных адаптеров к машине для плющения растительной массы / И. В. Кокунова, О. С. Титенкова, М. В. Стречень // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования : сб. науч. тр. / С.-Петербург. гос. аграр. ун-т ; гл. ред. В. А. Ефимов. – СПб., 2015. – Ч. 1. – С. 504–507.

23. Кондратьев, В. Н. Тенденции совершенствования косилок бильного типа / В. Н. Кондратьев, С. И. Оскирко, В. Н. Бобко // Мелиорация. – 2010. – №2 (64). – С. 97–103.

24. Лабоцкий, И. М. Техника для скашивания трав. Состояние и перспективы развития / И. М. Лабоцкий // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–20 окт. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, Л. Ж. Кострома. – Минск, 2017. – С. 97–102.

25. Самосюк, В. Г. Техника нового поколения для заготовки кормов из трав и силосных культур / В. Г. Самосюк, В. П. Чеботарев, И. М. Лабоцкий // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России : сб. науч. докл. междунар. науч.-техн. конф. / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – М., 2013. – Ч. 1. – С. 63–66.

26. Абилжанов, Д. Т. Обоснование технологии и разработка подборщика-измельчителя для заготовки измельченного сена / Д. Т. Абилжанов // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 7. – С. 14–18.

27. Лабоцкий, И. М. Повышение эффективности современных механизированных технологий заготовок сенажа и сена путем создания прицепной косилки-плющилки КДП-3,1 / И. М. Лабоцкий, П. В. Яровенко, С. В. Крылов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2010 г. : в 2 т. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, О. О. Дударев. – Минск, 2010. – Т. 2. – С. 18–22.

28. Новые технические аспекты кондиционирования трав / С. А. Отрошко [и др.] // Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использования кормов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 19–20 авг. 2009 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 2009. – С. 135–142.

29. Отрошко, С. А. Механизированные способы обработки трав при скашивании для ускорения влагоотдачи / С. А. Отрошко, А. В. Шевцов // Кормопроизводство. – 2010. – № 5. – С. 45–48.

## References

1. Borisenko E. I., Matokh A. A. *Efficiency of harvesting and using haylage*. Minsk, Uradzhai Publ., 1975. 80 p. (in Russian).
2. Savchenko G. F. *Silage conveyor*. Moscow, Znanie Publ., 1977. 64 p. (in Russian).
3. Boiko I. I. *Fodder preservation*. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1980. 174 p. (in Russian).
4. Khokhrin S. N. *Animal feed and feeding*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2002. 512 p. (in Russian).
5. Titenkova O. S., Kokunova I. V. Development of a universal technical means for production of high-quality fodder under unstable weather conditions. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of Velikoluksky State Agricultural Academy], 2013, no. 4, pp. 14–18 (in Russian).
6. Kokunova I. V., Strechen' M. V., Titenkova O. S. Technical means to intensify the process of herbs drying in the field. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of Velikoluksky State Agricultural Academy], 2013, no. 1, pp. 20–30 (in Russian).
7. Popov V. D., Valge A. M., Sukhoparov A. I. Substantiation of technological solutions for grass drying. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized manufacture of plant and animal products], 2017, iss. 93, pp. 64–70 (in Russian).
8. Osobov V. I. *Mechanical fodder technology*. Moscow, Kolos Publ., 2009. 333 p. (in Russian).
9. Shupilov A. A. *Mowers with flattening devices for intensification of grass drying (theoretical and experimental research, design results)*. Minsk, 2007. 118 p. (in Russian).
10. Piunovskii I. I., Petrovets V. R., Dudko N. I. *Machines for grass and silage crops harvesting (theory and calculation of working bodies)*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2016. 325 p. (in Russian).
11. Klochkov A. V., Popov V. A., Adas' A. V. *Preparation of fodder using foreign machines*. Gorki, 2001. 201 p. (in Russian).
12. Popov V. D., Perekopskii A. N., Akhmedov M. Sh., Terent'ev A. V. *Methods and technological process of harvesting high-quality hay under conditions of high moisture*. St. Petersburg, North-West Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2012. 72 p. (in Russian).
13. Piunovskii I. I., Petrovets V. R. *Innovative solutions in the technology of fodder production from grass crops*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2015. 269 p. (in Russian).
14. Piunovskii I. I., Petrovets V. R. *Grass and silage harvesting machines*. Gorki, 2014. 435 p. (in Russian).
15. Sokolov A. V. Theoretical bases of drying of herbs, calculation and choice of processing equipment. *Vestnik Rossiiskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta* [Herald of Russian State Agrarian Correspondence University], 2012, iss. 12 (17), pp. 76–83 (in Russian).
16. Otroshko S. A., Shevtsov A. V., Akhlamov Yu. D. Devices for herbs drying acceleration. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and Equipment for Rural Area], 2011, no. 4, pp. 22–23 (in Russian).
17. Piunovskii I. I., Petrovets V. R., Grekov D. V. Classification of the types of machines for field drying of cut grasses. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2013, no. 3, pp. 116–122 (in Russian).
18. Sidorchuk S. S., Petrovets V. R. Research of the grass green mass drying promotion during treatment with crushing and electric discharge. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2013, no. 3, pp. 123–126 (in Russian).
19. Akhlamov Yu. D., Otroshko S. A., Shevtsov A. V., Kosolapov V. M., Marczuk A. Rotary mower with a conditioner. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2017, no. 1, pp. 45–48 (in Russian).

20. Kokunova I. V., Strechen' M. V., Voloshin Yu. I. Rapid drying of grasses in the field. *Sel'skii mekhanizator*, 2012, no. 7, pp. 13 (in Russian).
21. Kokunova I. V., Titenkova O. S. To the choice of the design-technological scheme of the machine for harvesting vegetable fodder with conditioning. *Tekhnicheskoe i kadrovoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologii v sel'skom khozyaistve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Minsk, 23–24 oktyabrya 2014 g.)* [Technical and institutional support of innovative technologies in agriculture: materials of the International scientific and practical conference (Minsk, October 23–24, 2014)]. Minsk, 2014, pt. 1, pp. 104–106 (in Russian).
22. Kokunova I. V., Titenkova O. S., Strechen' M. V. Development of a set of replacement adapters for crushers. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya: sbornik nauchnykh trudov* [Scientific support of the development of agro-industrial complex under the conditions of reforming: a collection of scientific papers]. St. Petersburg, 2015, pt. 1, pp. 504–507 (in Russian).
23. Kondrat'ev V. N., Oskirko S. I., Bobko V. N. Trends of improvement of strike cutting machines. *Melioratsiya* [Melioration], 2010, no. 2 (64), pp. 97–103 (in Russian).
24. Labotskii I. M. Technology for mowing herbs. State and prospects of development. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Minsk, 18–20 oktyabrya 2017 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and technical conference, Minsk, October 18–20, 2017]. Minsk, 2017, pp. 97–102 (in Russian).
25. Samosyuk V. G., Chebotarev V. P., Labotskii I. M. New generation machines for production grass and silage feeds. *Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii : sbornik nauchnykh dokladov mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [The system of technologies and machines for innovative development of agro-industrial complex of Russia: a collection of scientific reports of the international scientific and technical conference]. Moscow, 2013, pt. 1, pp. 63–66 (in Russian).
26. Abilzhanov D. T. Substantiation of technology and development of a pick-up chopper for preparation of chopped hay. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*, 2016, no. 7, pp. 14–18 (in Russian).
27. Labotskii I. M., Yarovenko P. V., Krylov S. V. Improving the efficiency of modern mechanized technologies of silage and hay making through creating a trailed mower-conditioner KDP-3,1. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Minsk, 19–20 oktyabrya 2010 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and technical conference, Minsk, October 19–20, 2010]. Minsk, 2010, vol. 2, pp. 18–22 (in Russian).
28. Otroshko S. A., Akhlamov Yu. D., Sokolov V. M., Shevtsov A. V., Sharikov N. D. New technical aspects of conditioning herbs. *Aktual'nye problemy zagotovki, khraneniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya kormov: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 19–20 avgusta 2009 g., Moskva* [Current issues of production, conservation and rational use of fodder: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, August 19–20, 2009, Moscow]. Moscow, 2009, pp. 135–142 (in Russian).
29. Otroshko S. A., Shevtsov A. V. Mechanized methods of treating herbs when mowing to speed up moisture-yielding capacity. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2010, no. 5, pp. 45–48 (in Russian).

### Информация об авторах

*Казакевич Петр Петрович* – член-корреспондент, доктор технических наук, профессор, заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси (пр. Независимости, 66, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: oan2011@mail.ru

*Яковчик Сергей Григорьевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 200007, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belagromech@tut.by

*Лабоцкий Иван Михайлович* – кандидат технических наук, заведующий лабораторией механизации заготовки кормов, Научно-практический центр Национальной академии наук по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 200007, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belagromech@tut.by

*Трофимович Леонид Иванович* – аспирант, научный сотрудник, Научно-практический центр Национальной академии наук по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 200007, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belagromech@tut.by

### Information about the authors

*Kazakevich Petr P.* – Corresponding Member, Ph. D. (Engineering), Professor. The Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus (66 Nezavisimosti Ave., Minsk 220072, Republic of Belarus). E-mail: oan2011@mail.ru

*Yakovchik Sergei G.* – Ph.D. (Engineering), Associate Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Mechanization of Agriculture (1 Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: belagromech@tut.by

*Labotsky Ivan M.* – Ph.D. (Engineering). The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Mechanization of Agriculture (1 Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: belagromech@tut.by

*Traphimovich Leonid I.* – Postgraduate student. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Mechanization of Agriculture (1 Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: belagromech@tut.by