

## Список использованных источников

1. Бобров, В. П. Применение систем технического зрения / В. П. Бобров // Механизация и автоматизация пр-ва. – 1989. – № 9. – С. 23–25.
2. Бусаров, Н. А. Сбор и товарная обработка плодов и ягод / Н. А. Бусаров. – М. : Колос, 1970. – 247 с.
3. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия: СТБ 2288-2012. – Введ. 08.11.12. – Минск : Госстандарт, 2012. – 11 с.
4. Гурьянов, Д. В. Повышение эффективности сортирования яблок на основе цветных телевизионных датчиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д. В. Гурьянов ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Зерноград, 2004. – 19 с.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 235 с.
6. Гордеев, А.С. Автоматизация товарной обработки плодов / А. С. Гордеев, В. И. Горшенин // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – №2. – С.48–51.
7. Гордеев, А. С. Автоматизированная обработка яблок : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.07 / А. С. Гордеев ; Моск. гос. агроинж. ун-т. – М., 1996. – 42 с.
8. Старовойтов, В. И. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов / В. И. Старовойтов, А. М. Башилов, А. Л. Андержанов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 197 с.
9. Протокол приемочных испытаний линии технологической сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 от 25 февр. 2022 г. № 004-1/3-2022 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2022. – 99 с.

УДК 631.353.2

Поступила в редакцию 04.10.2022

Received 04.10.2022

**В. В. Микульский, Э. В. Дыба, Л. И. Трофимович, П. В. Яровенко**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: mikulskyvadim@yandex.by*

### **ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГРАБЛЕЙ-ВАЛКОВАТЕЛЕЙ ГРЕБЁНЧАТОГО ТИПА**

*Аннотация.* В статье представлены лучшие промышленно освоенные образцы конструкций гребённых граблей-валкователей, а также указаны их достоинства и недостатки, которые были учтены РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» при разработке отечественного аналога гребённых граблей-валкователей ГВГ-9,5 на базе ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш».

*Ключевые слова:* корма, травы, сгребание, валок, засорение, гребённые грабли-валкователи, конструкции, обзор, анализ.

**V. V. Mikulski, E. V. Dyba, L. I. Trofimovich, P. V. Yarovenko**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: mikulskyvadim@yandex.by*

### **REVIEW AND ANALYSIS OF STRUCTURES OF RAKE-SWATHERS COMB TYPE**

*Abstract.* The article presents the best industrially developed designs of comb swath collector rakes and indicates their advantages and disadvantages, which were taken into account by RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization» when constructing the domestic analogue of comb swath collector rakes CSCR-9,5 on the basis of PS «Management Company of the Holding «Lidselmash».

*Keywords:* feed, grass, raking, swath, clogging, comb swath collector rakes, constructions, review, analysis.

## **Введение**

В Республике Беларусь технологическая операция сгребания высушенной или провяленной массы выполняется с помощью граблей-валкователей ротационного или колесно-пальцевого типа,

которым присущ один существенный технологический недостаток, заключающийся в принципе работы самой машины. Дело в том, что процесс сгребания травяной массы как ротационными, так и колёсно-пальцевыми граблями-валкователями происходит путем волочения рабочих органов по поверхности поля, в связи с чем увеличивается вероятность увлечения в валок камней и других инородных тел. При уборке таких валков увеличивается и вероятность повреждения и выхода из строя рабочих органов кормоуборочной техники, что в свою очередь приводит к увеличению сроков уборки и потере кормов. Кроме того, постоянный контакт рабочих органов граблей с поверхностью почвы приводит к увеличению засорения формируемого валка землей и пылью, особенно при валковании трав на торфяных почвах, что приводит и к потере энергетической ценности кормов [1]. Последнее уже доказано исследованиями, проведенными в регионе интенсивного животноводства в Германии, в результате которых установлено, что увеличение содержания примесей в сухой массе собранного урожая с 2 до 4 % приводит к снижению их энергетической ценности до 4 %, а энергия, усваиваемая коровой, сокращается до 7,5 %. Исследованиями также установлено, что для производства кормов с уровнем содержания примесей не 4, а 2 %, в корма необходимо добавлять концентраты на сумму около 89 евро на 1 гектар в год [2].

С целью снижения загрязнения примесями травяной массы при сгребании ее в валок ряд зарубежных фирм провели соответствующие исследования, по результатам которых разработали новые грабли-валкователи гребенчатого типа [3–8], принцип работы которых основан на минимальном контакте зубьев с поверхностью почвы.

Исследованиями данных фирм установлено, что именно благодаря минимальному контакту зубьев с поверхностью почвы земля и камни не поднимаются и не оседают на валке, что снижает риск повреждения рабочих органов кормоуборочного комбайна или пресс-подборщика, а также обеспечивает получение более высокого качества корма.

Кроме того, к преимуществам новых граблей-валкователей можно отнести отсутствие в сравнении с ротационными дорогостоящих кулачковыми редукторами и карданного привода рабочих органов валкователя, что значительно снижает стоимость машины и сокращает энергопотребление на выполнение процесса сгребания в валок, обеспечивает вспушивание трав и, следовательно, более высокую скорость их сушки в валке, обеспечивает полное оборачивание валков с перемещением их на новое место.

Учитывая весьма убедительные достоинства гребенчатых граблей-валкователей перед ротационными и колесно-пальцевыми, а также приведенный экономический эффект от снижения количества примесей в кормах, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» была поставлена задача разработать на базе ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш» отечественный аналог полуприцепных гребенчатых граблей-валкователей. В данной работе рассмотрены лучшие промышленно освоенные образцы конструкций гребенчатых граблей-валкователей зарубежных производителей, а также указаны их достоинства и недостатки, которые были учтены при разработке отечественного аналога.

## Основная часть

Анализ конструкций граблей-валкователей гребенчатого типа осуществлялся по данным патентных исследований, в которых были приведены лучшие промышленно освоенные объекты техники таких фирм, как «New Holland North America» (США), «Berrima Engineering» (США), «ELHO» (Финляндия), «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» (Италия), «SaMASZ» (Польша), «Umwelttechnik» (Германия). Так лучшим промышленно освоенным образцом гребенчатых граблей-валкователей фирмы «New Holland North America» является модель Rolabar rakes 230 (рис. 1) с рабочей шириной захвата 9,1 м [3].

На рис. 1 видно, что данные грабли-валкователи состоят из дышла 1, на конце которого шарнирно закреплены две балки 2. Каждый конец балки жестко закреплен с поворотной кареткой 3, на которой шарнирно закреплен гребенчатый рабочий орган 4. Поворотная каретка состоит из гидрофицированной рамы 5 и двух задних копирующих колес 6.

Гребенчатый рабочий орган 4 состоит из ведущего 7 и ведомого 8 роторов, которые в свою очередь устанавливаются на оси, расположенные на обоих концах рамы 9, и шести либо семи гре-

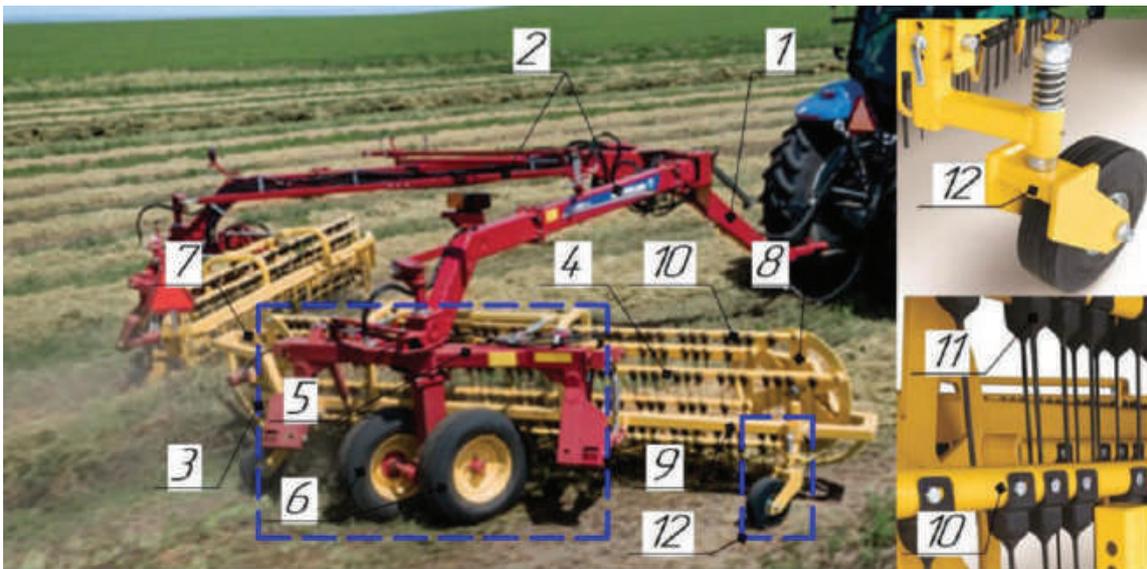


Рис. 1. Гребенчатые грабли-валкователи Rolabar rakes 230 фирмы «New Holland North America»:  
 1 – дышло; 2 – балки; 3 – поворотная каретка; 4 – гребенчатый рабочий орган

белчатых балок 10, каждая из которых с обеих сторон шарнирно закреплена по периметру окружности роторов с одинаковым шагом и параллельно друг относительно друга. Каждая гребенчатая балка 10 оснащена резинометаллическими зубьями 11 для чистого (без засорения примесями) сгребания скошенных трав в валок.

Рама гребенчатого рабочего органа опирается на два подпружиненные копирующие передние колеса 12. Регулируемые подпружиненные передние колеса обеспечивают одинаковую высоту установки рабочих органов машины относительно почвы, а сдвоенные оси задних копирующих колес позволяют граблям плавно перемещаться по неровной поверхности, обеспечивая максимально чистое сгребание скошенных трав.

Привод ведущего ротора гребенчатого рабочего органа осуществляется от гидромотора. Регулировка ширины валка осуществляется путем увеличения или уменьшения расстояния между балками. Подъем-опускание и складывание гребенчатых рабочих органов осуществляются соответствующими гидроцилиндрами. Кроме того, гидроцилиндры, обеспечивающие их подъем-опускание, работают в режиме плавающего положения для более уверенного преодоления различных препятствий и неровностей почвы, а система регулируемых пружин (рис. 2), на которые подвешены гребенчатые рабочие органы, воспринимает часть их веса с целью обеспечения минимизации оказываемой силы при аварийном контакте последних с землей.

Управление граблями-валкователями Rolabar rakes 230 осуществляется из кабины трактора при помощи блока управления с интуитивной раскладкой цветокодированных кнопок.

К недостаткам можно отнести то, что работа гидрооборудования данных граблей-валкователей осуществляется от гидросистемы тракторов 1,4–2,0 тяговых классов с расходом масла не менее 34 л/мин, что в свою очередь может привести к перегреву гидронасоса при эксплуатации граблей с отечественными тракторами, так как ёмкость их гидросистемы не превышает 28 л.

Не меньший интерес представляют промышленно освоенные гребенчатые грабли-валкователи фирмы «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» модификации 7500FP с рабочей шириной захвата до 7,5 м [4].

В отличие от граблей-валкователей Rolabar rakes 230 грабли-валкователи 7500FP можно агрегатировать как на передней навеске трактора (фронтально), так и на задней (рис. 3). Фронтальное использование граблей-валкователей позволяет выполнять сгребание и укладку скошенных трав в более комфортных условиях, так как в этом случае оператор имеет хорошую обзорность, обеспечивающую максимальный контроль качества выполнения процесса. Кроме того, при фронтальном способе сгребания трав колеса трактора не прижимают скошенную массу, следовательно, после



*a*



*б*

Рис. 2. Система регулируемых пружин гребенчатых рабочих органов Rolabar rakes 230: *a* – вид слева; *б* – вид спереди



*a*



*б*



*в*

Рис. 3. Гребенчатые грабли-валкователи mod. 7500FP фирмы «Reposi Macchine Agricole S.R.L.»:  
*a* – расположение граблей-валкователей спереди (фронтальное);  
*б* – расположение граблей-валкователей сзади; *в* – в комбинации с пресс-подборщиком

ее сгребания в валок травы будут содержать меньше примесей, нежели при заднем использовании граблей. А прочная, легкая рама граблей позволяет в агрегате с тракторами тягового класса 1.4 значительно экономить топливо по сравнению с использованием полуприцепных граблей аналогичного типа, что в конечном итоге положительно влияет на себестоимость заготавливаемых кормов.

Еще одним достоинством mod. 7500FP является возможность их использования на передней навеске трактора, благодаря чему расширяются функциональные возможности агрегата. Так, появляется возможность одним трактором одновременно выполнять две разные операции: валкование и тюкование, что также приводит к экономии топлива и снижению затрат времени на уборку (рис. 4, в).

Грабли-валкователи mod. 7500FP доступны потребителям в двух исполнениях: с частично независимой гидравлической системой (стационарный насос активирует вращение роторов, а подъем-опускание секций гребенчатых рабочих органов осуществляется от распределителя трактора); с зависимой гидросистемой (вращение роторов с гребнями и подъем-опускание секций гребенчатых рабочих органов осуществляются от распределителя трактора).

Регулировка копирующих колес граблей-валкователей осуществляется с помощью винтовой системы.

Благодаря полунавесной конструкции рабочие органы граблей легко переводятся в транспортное положение, что позволяет безопасно их транспортировать по дороге, а близкое расположение центра массы граблей-валкователей к трактору повышает сцепление задних колес трактора с почвой.

Адаптация гребенчатых рабочих органов к неровной поверхности почвы осуществляется за счет качающихся шарниров и плавающих гидроцилиндров (рис. 4). По мнению производителей, данная система самая надежная и безопасная среди существующих.

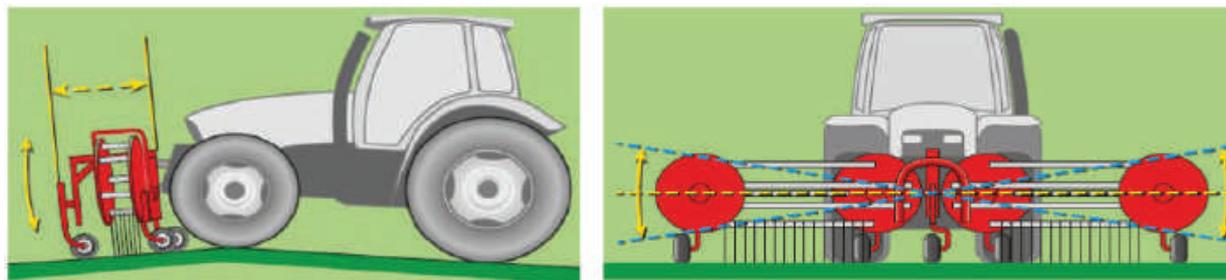


Рис. 4. Работа системы адаптации граблей-валкователей гребенчатого типа mod. 7500FP

Следует также отметить, что производители данных граблей-валкователей совместно с Миланским университетом провели исследования качества сгребания ими кормов, по результатам которых было установлено, что за счет уникальных гребенчатых рабочих органов корм, собранный ими в валок, до 75 % менее загрязнен почвой, чем валки, сформированные роторными или колесно-пальцевыми граблями-валкователями [4].

Фирма «SaMASZ» (Польша) также предлагает полунавесные грабли-валкователи гребенчатого типа под маркой TWIST 600 с шириной захвата 6 м (рис. 5) [5].

По данным производителя, грабли-валкователи TWIST 600 предназначены для быстрого, эффективного и чистого сгребания зеленого корма. Как и грабли-валкователи mod. 7500FP, грабли TWIST 600 могут быть присоединены как спереди, так и сзади трактора, что предполагает их агрегатирование в сочетании с пресс-подборщиком.

Конструкция TWIST 600 аналогична конструкции mod. 7500FP, соответственно, и преимущества их также схожие. Отличием является только то, что производители «SaMASZ» отказались от выполнения гидросистемы граблей-валкователей в двух исполнениях, как на mod. 7500FP. Привод гребенчатых рабочих органов у модели TWIST 600 осуществляется только от гидросистемы трактора.

Фирма «Umwelttechnik» (Германия) также представила полунавесные гребенчатые грабли-валкователи серии Clementer. В данной серии наибольший интерес вызывают грабли-валкователи модели 550 F (рис. 6) [6].



Рис. 5. Грабли-валкователи гребенчатого типа TWIST 600 фирмы «SaMASZ»



Рис. 6. Грабли-валкователи гребенчатого типа Clementer 550 F фирмы «Umwelttechnik»

Основной особенностью данных граблей-валкователей в сравнении с другими является то, что формирование скошенных трав в валок осуществляется не между гребенчатыми рабочими органами, а сбоку. Это достигается за счет параллельного расположения гребенчатых рабочих органов друг относительно друга, а по отношению к трактору они расположены под таким углом, при котором и обеспечивается смещение скошенных трав сторону.

Для обеспечения хорошей адаптации граблей к почве производители решили копирующие колеса рабочих органов расположить как можно ближе к зубьям граблей, что, на наш взгляд, является весьма хорошим конструктивным решением.

Каждое копирующее колесо можно регулировать по высоте винтовым механизмом с помощью рукоятки. Следует также отметить, что конструкция гребенчатых граблей-валкователей серии Clementer 550 F имеет модульную систему, то есть при необходимости уменьшения рабочей ширины захвата граблей одну из секций рабочих органов можно снять или, наоборот, для увеличения рабочей ширины захвата машины к двум имеющимся секциям можно добавить еще одну. Меньшую ширину захвата целесообразно использовать при высоких урожаях скошенных трав или в труднопроходимой местности, большая ширина захвата – для трав с низкой урожайностью на ровной почве (рис. 7).

Фирма «Umwelttechnik» также предлагает потребителям при необходимости дополнительное оборудование к граблям – независимую гидросистему подачи масла, обеспечивающую более надежный привод граблей.

Однако, несмотря на большое количество достоинств полунавесных гребенчатых граблей-валкователей перед полуприцепными, присутствует всё же один, но очень важный недостаток, заключающийся в низкой их производительности. Так, по данным производителей полунавесных гребенчатых граблей-валкователей, максимальная разрешенная рабочая их скорость не превышает 10 км/ч, при этом максимальная скорость полуприцепных граблей-валкователей может достигать



Рис. 7. Модульная система граблей-валкователей Clementer 550 F:  
*а* – одна секция рабочих органов, *б* – три секции рабочих органов

16 км/ч. Кроме того, из-за конструктивных особенностей полунавесных гребёноччатых граблей-валкователей, увеличить их ширину захвата выше 7,5 м довольно затруднительно, что также является ограничивающим фактором в отношении увеличения производительности данных граблей. Конструкция же полуприцепных граблей-валкователей аналогичного типа данного недостатка лишена, и ширина захвата может достигать 12 м и более. Таким образом, по производительности выполнения технологического процесса разница между полуприцепными гребёноччатыми граблями-валкователями и полунавесными может достигать 2–3 раз.

Так, на американском рынке по производству гребёноччатых граблей-валкователей фирма «Berrima Engineering» разработала пять моделей гребёноччатых граблей-валкователей серии BR. Все пять моделей имеют полуприцепную систему навески на трактор. В данной серии наибольший интерес вызывают грабли-валкователи модели 1200С (рис. 8) с шириной захвата 12 м [7].

Отличительной особенностью данной серии от рассмотренных ранее типов гребёноччатых граблей-валкователей является их универсальность. Кроме функции сгребания скошенных трав в валок, грабли-валкователи BR1200С могут при необходимости качественно оборачивать валок (валки) со смещением (рис. 8, *а*), ворошить валок с одновременным формированием его обратно в валок или без формирования (рис. 8, *б*, *в*).

Следует отметить, что рассмотренные полунавесные гребёноччатые грабли-валкователи также могут оборачивать валок, однако из-за недостаточного угла наклона рабочих органов относительно трактора масса валка при оборачивании может переплетаться, образуя так называемую «веревку». Грабли-валкователи BR1200С лишены данных недостатков, так как за счет прочной, надежной и универсальной конструкции их рамы, секции рабочих органов граблей можно отрегулировать на любой угол наклона, который необходим для предотвращения образования «веревки» при оборачивании валков.

Несмотря на внушительные размеры граблей BR1200С разработчикам всё же удалось спроектировать широкозахватные многофункциональные грабли-валкователи с весьма хорошо продуманной системой перевода секций гребёноччатых рабочих органов в компактное транспортное положение (рис. 8, *г*). Так, транспортная ширина данной модели составляет всего 2,5 м, что позволяет так же безопасно транспортировать её по дороге общего назначения, как и полунавесные модели TWIST 600 или mod. 7500FP.

Для копирования неровностей почвы разработчики, кроме установки стандартной системы в виде копирующих колес с простой регулировкой их по высоте, как у полунавесных граблей-валкователей, используют систему, схожую с Rolabar rakes 230 – плавающие гидроцилиндры с демпферной системой погашения вибраций и резких перепадов неровностей почвы. Однако в качестве демпфирующего устройства выступают не пружины, как у Rolabar rakes 230, а пневмоподушки, разработанные известной канадской фирмой Timbren.

В ходе проведения патентных исследований также было установлено, что фирма «SaMASZ» осуществляла разработку полунавесных граблей-валкователей гребёноччатого типа модели TWIST 600 по лицензии финской фирмы «ELHO», которая по настоящее время является национальным



Рис. 8. Грабли-валкователи гребенчатого типа BR1200С фирмы «Berrima Engineering»:  
*а* – оборачивание валков со смещением, *б* – ворошение валка с одновременным формированием его обратно в валок,  
*в* – ворошение валка, *г* – в транспортном положении

правообладателем данной разработки. В связи с этим при обзоре выпускаемой продукции «ELHO» было установлено, что в настоящее время данная фирма выпускает три модели гребенчатых граблей: полунавесные V-Twin 600 и V-Twin 4600; полуприцепные V-Twin 750 и V-Twin 950 Super. Среди данных моделей наибольший интерес вызывают полуприцепные грабли-валкователи модели V-Twin 950 Super (рис. 9) с рабочей шириной захвата 9,5 м [8].



Рис. 9. Грабли-валкователи гребенчатого типа V-Twin 950 Super фирмы «ELHO»

Грабли V-Twin 950 Super имеют гидравлически регулируемую рабочую ширину захвата диапазоном от 4,5 до 9,5 м. Также они оснащены подвеской HydroBalance, которая обеспечивает плавное копирование рельефа почвы. Стандартная модель V-Twin 950 Super также может формировать валок как справа, так и слева относительно трактора. Эта функция особенно полезна, если между прокосами небольшое пространство и необходимо избежать движения по ним. Еще одной стандартной опцией является использование только одного из роторов для укладки смещаемого валка граблями в уже сформированный валок или для оборачивания валка со смещением точно так же, как и при работе с BR1200C.

V-Twin 950 Super имеют небольшую ширину в транспортном положении – 2,4 м, причем имеется возможность её регулировки до 3,2 м путем смещения ходовых колес, что обеспечивает более высокую устойчивость граблей при перемещении их по дороге, а также при работе на склонах.

Так же, как и BR1200C, грабли-валкователи V-Twin 950 Super могут оснащаться дополнительно ворошилками, а также независимой гидросистемой подачи масла.

### Заключение

Таким образом, по результатам обзора и анализа лучших промышленно освоенных образцов конструкций гребёчатых граблей-валкователей установлено, что, несмотря на многочисленные достоинства полунавесной системы сгребания травяной массы в валок, по показателям производительности и функциональным возможностям они всё же уступают полуприцепной системе. Кроме того, несмотря на значительное повышение стоимости граблей-валкователей при установке дополнительного оборудования – независимой гидросистемы подачи масла, последние обеспечивают более надёжный привод граблей и предохраняют их гидросистему от возможного перегрева. При анализе конструкций граблей-валкователей с точки зрения их перевода из транспортного положения в рабочее и обратно, а также их компактности при транспортировке установлено, что и полунавесные и полуприцепные их системы перспективны и существенных недостатков не имеют.

### Список использованных источников

1. Техническое обеспечение кормоуборочных работ. Состояние и перспективы / И. М. Лабоцкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: в 2 т. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 2. – С. 3–10.
2. Тройные комбинации дисковых косилок // Проспект фирмы KUHN (Франция), 2017. – 20 с.
3. RAKES 230/258 // Проспект фирмы «New Holland North America» (США), 2019. – 8 с.
4. Передние и задние гидравлические гребенки с центральным валком mod. 6000FP/7500FP // Проспект фирмы «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» (Италия), 2017. – 4 с.
5. Ворошилки роторные, грабли роторные 2019/2020 // Проспект фирмы «SaMASZ» (Польша), 2019. – 17 с.
6. Leicht – futterschonend – geringer energieaufwand CLEMENTER // Проспект фирмы «BB-Umwelttechnik» (Германия), 2020. – 8 с.
7. Грабли для сена Roller Bar – это сила и простота, позволяющая преодолевать большие расстояния // Проспект фирмы «Berrima Engineering» (США), 2018. – 8 с.
8. Ассортимент продукции ELHO 2020 // Проспект фирмы «ELHO» (Финляндия), 2019. – С. 6–9.