

Данные косилки обеспечивают полноценный уход за лугопастбищными угодьями, что, в свою очередь, ведет к повышению продуктивности травяных кормов.

### Заключение

В приведенном анализе конструкций косилок видно, что наиболее широкое распространение получили ротационные косилки с шарнирно закрепленными ножами, поскольку они имеют повышенную производительность, способны работать на более высоких скоростях резания, чем сегментно-пальцевые. Однако, как и сегментно-пальцевые, ротационные косилки не способны выполнять комплексный уход за лугопастбищными угодьями.

Несомненную актуальность имеет направление, связанное с созданием ротационных косилок-измельчителей, способных разбрасывать экскременты животных, а также измельчать несъеденные остатки трав.

21.06.11

### Литература

1. Яковчик, Н.С. Кормопроизводство: Современные технологии / Н.С. Яковчик; под ред. С.И. Плященко. – Барановичи: РУПП «Баранов. укрупн. тип.», 2004. – 278 с.
2. Современные технологии и машины для улучшения естественных и окультуренных сенокосов и пастбищ: аналит. обзор / В.В. Азаренко [и др.]. – Минск: Белорусский институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2003. – 46 с.
3. Кондратьев, В.Н. Особенности конструкций отечественных и зарубежных косилок для ухода за мелиоративными системами / В.Н. Кондратьев // Мелиорация переувлажненных земель. – 2007. – № 1 (57). – С. 31-38.
4. ОАО «БобруйскСельмаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bobruiskselmash.com/ru/product/two-beam-mowing-mashine-kds-4-0.html>. – Дата доступа: 21.05.2011.
5. Мажугин, Е.И. Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов: пособие. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – 336 с.
6. ОАО «Кохановский экскаваторный завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kez.by/ru/production/~showobj/id/631>. – Дата доступа: 21.05.2011.

УДК 631.363

**В.Г. Самосюк, И.М. Лабоцкий,  
Н.А. Горбацевич**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЮКОВЫХ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКОВ**

### Введение

Природно-климатические условия хозяйств Республики Беларусь позволяют получать высокие урожаи зеленой массы травяных кормовых культур. Однако при их заготовке и хранении имеют место значительные потери урожая и питательной ценности (до 50%). Снизить потери до технологически неизбежных можно, используя современные технологии заготовки кормов в прессованном виде, особенно с применением рулонных и тюковых пресс-

подборщиков. Например, при прессовании общий сбор сена увеличивается на 25–30%, затраты труда уменьшаются на 13–15, а себестоимость – на 21% по сравнению с заготовкой его в рассыпном виде. При этом улучшается его качество: содержание протеина увеличивается на 10–12%, а каротина – в 2 раза благодаря сохранению листьев и соцветий [1, 2].

В парке машин для прессования кормов (имеется более 7500 единиц) преобладают рулонные пресс-подборщики, составляющие примерно 80%, остальные – тюковые. Несмотря на сложность конструкции тюковых пресс-подборщиков, в мировой практике просматривается устойчивая тенденция увеличения объемов их производства и закупок сельхозпроизводителями. Это связано с высокой производительностью, компактностью и высоким качеством тюков, минимальными потерями при уборке и прессовании растительной массы.

Ведущие фирмы-производители постоянно совершенствуют конструкции пресс-подборщиков высокого давления для прессования кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки и стремятся снизить ресурсоемкость процесса. В связи с этим целью настоящей работы является определение эффективности применения тюковых пресс-подборщиков высокого давления.

### **Основная часть**

Технология заготовки сена, а также других грубых кормов в прессованном виде сегодня занимает доминирующее место в мировой практике. Для прессования кормов применяют поршневые пресс-подборщики, тюковые, рулонные прессы, а также прессы высокого давления для формирования крупногабаритных тюков. При этом следует отметить, что производство пресс-подборщиков, формирующих небольшие тюки с размером в поперечном сечении  $0,36 \times 0,46$  м, существенно снизилось, поскольку их использование требует больших затрат труда при складировании тюков. В Республике Беларусь заводом ОАО «Бобруйскагромаш» выпускается подобный пресс-подборщик типа ПТ-165. Основным потребителем являются мелкотоварные и фермерские хозяйства [3].

Порядка 80% мирового рынка принадлежит продажам рулонных пресс-подборщиков. Это объясняется простотой конструкции, а самое главное, меньшей их стоимостью в сравнении с пресс-подборщиками высокого давления. Тем не менее, получает распространение способ заготовки кормов с применением пресс-подборщиков высокого давления, формирующих прямоугольные крупногабаритные тюки, которые имеют ряд преимуществ в сравнении с другими типами машин.

Ведущие машиностроительные фирмы мира (John Deere; Claas; Krone и др.) предлагают около 20 моделей пресс-подборщиков крупногабаритных тюков. К современным машинам относятся пресс-подборщики Квадрант 2200 и Квадрант 2200RC фирмы Claas, выпуск которых начат с 2000 года. У этих мо-

делей сечение прессовальной камеры составляет  $0,7 \times 1,2$  м. Длина тюка регулируется в пределах от 1 до 3 м. Оснащены подборщиком шириной 2,1 м, который опирается на почву двумя копирующими колесами. С помощью гидравлической системы подъем и опускание осуществляет тракторист из кабины трактора. За подборщиком установлен поперечный шнек, встречной навивкой которого поток травяной массы, поднятый подборщиком, заужается до ширины прессовальной камеры. На прессах Квадрант 2200RC установлена система доизмельчения травяной массы, которая состоит из ротора с четырьмя рядами захватов и 25 ножей, которыми обеспечивается измельчение травяной массы. Управление измельчительной системой осуществляется с пульта, установленного в кабине трактора. Тракторист может включать в работу 6, 13 или 25 ножей, изменяя длину резки, может вывести из работы все ножи, и прессование будет идти без измельчения травяной массы. Кроме того, пресс оснащен электронным терминалом, который информирует механизатора о влажности травяной массы, степени заполнения прессовальной камеры, плотности прессования, о работе вязального аппарата, положении ножей доизмельчителя [4, 5].

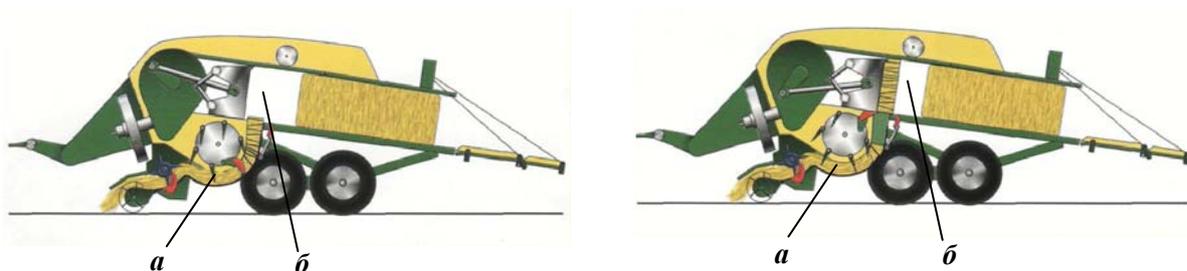
Пресс-подборщики крупногабаритных тюков Big Pack фирмы Krone различаются размерами прессовальных камер:  $1,2 \times 0,9$  м;  $1,2 \times 0,7$  м;  $0,8 \times 0,9$  м;  $1,2 \times 1,3$  м. Это позволяет рационально подбирать и комплектовать технологический комплекс машин по производительности и грузоподъемности для погрузки, перевозки, складирования и скармливания кормов. Эти машины оснащаются также измельчающими системами, электронными датчиками и бортовыми компьютерами для контроля основных функций пресс-подборщика.

Рассмотрим технологические процессы прессования кормов рулонным и тюковым пресс-подборщиками. У машин обоих типов механизмы для подбора растительной массы и доизмельчения принципиально не различаются. Процессы уплотнения массы выполняют механизмы, которые различаются принципиально и конструктивно.

Рулонные пресс-подборщики получили наибольшее распространение вследствие простоты конструкции и неприхотливости в обслуживании, невысокой металлоемкости и относительно низкой стоимости. Рулонные пресс-подборщики по конструкции прессовальной камеры разделяются на прессы с камерами постоянного и переменного сечения. Камеры первого типа образованы вальцами или цепно-планчатыми транспортерами, а другого – ременными контурами и др. Формирование рулона осуществляется путем послойного наматывания стеблей при вращении его под действием транспортеров или ремней. Поскольку камеры прессования незакрытые, то при формировании рулона вследствие постоянного вращения происходит перетирание массы, и самая ценная часть корма – листья и соцветия – безвозвратно теряются, что приводит к снижению качества корма. Рулоны пресс-подборщиков с постоянной камерой прессования имеют неравномерную плотность, а именно плотность в центральной части ниже, чем во внешней. По данным авторов, плот-

ность массы в центре рулона ниже в  $1,2\div 1,5$  раза [2]. Этот недостаток приводит к деформации рулонов, потере формы и ухудшает условия измельчения при работе измельчителей. Процесс обвязки рулонов шпагатом или сеткой происходит только при остановке агрегата, кроме того, при выгрузке рулона необходимо сдать назад. Процесс обвязки рулонов и выгрузка рулона (перемещение агрегата назад) занимают практически одинаковое время, что подбор и прессование. Это приводит к резкому снижению производительности прессования.

Основное технологическое преимущество современных тюковых пресс-подборщиков высокого давления для прессования кормов в крупногабаритные тюки состоит в том, что обеспечивается стабильная форма и оптимальное равномерное прессование тюков независимо от размеров валков и скорости движения машины. Это достигается применением системы предварительного или двойного прессования массы в транспортирующем канале перед подачей массы в прессовальную камеру (рисунок 91).



**Рисунок 91 – Схема пресс-подборщика высокого давления для прессования кормов в крупногабаритные тюки с системой двойного прессования в транспортном (подающем) канале (а) и прессовальной камере (б)**

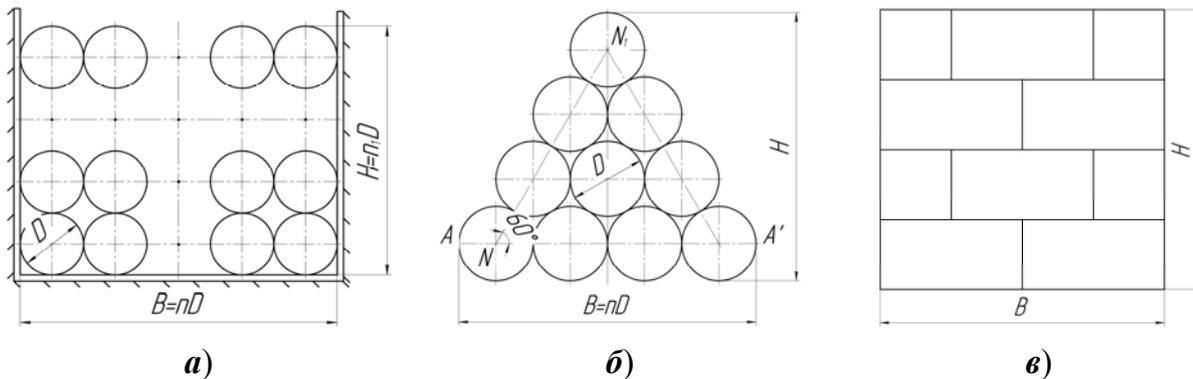
В подающем (транспортном) канале прессуемый материал собирается и предварительно уплотняется, при этом деформируются и равномерно укладываются стебли и заполняются пустоты. На этом этапе происходит взаимное сближение частиц. Только после полного заполнения транспортирующего канала осуществляется подача предварительно спрессованного материала в прессовальную камеру. На этом этапе под действием высокого давления происходит деформация самих частиц, что и позволяет получить высокую плотность материала.

Прессование корма (формирование тюка) осуществляется в закрытой прессовальной камере, при этом потери самой ценной части – листьев и соцветий – сводятся практически к нулю. Процессы прессования и обвязки тюков шпагатом осуществляются непрерывно без остановки агрегата, что является существенным преимуществом по сравнению с рулонными машинами и обеспечивает повышение производительности в  $2\text{--}2,5$  раза.

В части выявления эффективности применения тюковых пресс-подборщиков рассмотрим сравнительные показатели укладки рулонов и прямоугольных тюков.

Допустим, что рулоны и тюки имеют правильную цилиндрическую и, соответственно, прямоугольную форму, при складировании не деформируются и имеют одинаковую плотность  $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , травяной массы.

Возьмем некоторое количество рулонов диаметром  $D$  и смоделируем возможные способы укладки, представленные на рисунке 92.



**Рисунок 92 – Поперечные сечения укладки рулонов (а и б), тюков (в)**

Укладка рулонов (рисунок 92а) характеризуется как неустойчивая. Она сохраняет устойчивость при наличии подпорных стенок и может быть реализована только в хранилищах.

Определим коэффициент полноты использования складского помещения при таком виде укладки.

Из рисунка 92а следует, что площадь поперечного сечения занимаемого рулонами помещения составляет:

$$S_{\text{п}} = n \cdot D \cdot n_1 \cdot D = D^2 \cdot n \cdot n_1,$$

где  $n$  и  $n_1$  – число рулонов в горизонтальном и вертикальном рядах.

Соответственно, площадь поперечного сечения уложенных рулонов

$$S_{\text{р}} = \frac{\pi \cdot D^2 n_{\text{общ}}}{4},$$

где  $n_{\text{общ}}$  и  $D$  – общее число и диаметр рулонов.

Составив отношение величины заполненного пространства к занимаемому, получим коэффициент полноты заполнения (использования)  $K_{\text{н}}$  помещений при неустойчивом виде укладки:

$$K_{\text{н}} = \frac{S_{\text{р}}}{S_{\text{п}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 n_{\text{общ}}}{D^2 n \cdot n_1}. \quad (1)$$

Поскольку в рассматриваемом случае  $n \cdot n_1 = n_{\text{общ}}$ , то выражение (1) примет вид:

$$K_{\text{н}} = 0,25 \cdot \pi = 0,785.$$

При рассмотрении других, а именно устойчивых укладок, которые имеют место и в помещениях, а главное, при скирдовании на открытой горизонтальной поверхности (рисунок 92б), введем понятие «угол давления рулонов друг на друга», а именно угол между горизонталью  $AA_1$  и общей нормалью  $NN_1$  к

линии соприкосновения рулонов, или в точке их соприкосновения в сечении рулонов. В зависимости от способа укладки рулонов одинакового диаметра угол  $\beta$  может меняться в пределах  $0^\circ < \beta < 60^\circ$ . Например, в первом случае (рисунок 92а)  $\beta = 0^\circ$ . С учетом принятых допущений значение ширины скирды будет  $B = n \cdot D$ , а высота  $H = D + 0,86 \cdot D \cdot (n_1 - 1)$ , где  $n$  и  $n_1$  – число рулонов в горизонтальном и наклонном рядах рулонов скирды.

Тогда площадь поперечного сечения пространства, занимаемого стогом  $S_3$  в прямоугольном хранилище с устойчивой укладкой рулонов, будет ограничена прямоугольником со сторонами  $H$  и  $B$ :

$$S_3 = n \cdot D [D + 0,86 D (n_1 - 1)].$$

С учетом значения площади поперечного сечения уложенных рулонов определим коэффициент заполнения  $K_y$  для устойчивых упаковок рулонов:

$$K_y = \frac{S_p}{S_3} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 n_{\text{общ}}}{n \cdot D [D + 0,86 D (n_1 - 1)]} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot n_{\text{общ}}}{n \cdot (0,14 + 0,86 \cdot n_1)}. \quad (2)$$

По расчетам численное значение коэффициентов в зависимости от вида укладки рулонов варьирует от 0,54 до 0,785.

Составляя значения коэффициентов укладки, видим, что обеспечение устойчивой укладки рулонов приводит к снижению коэффициента полноты использования складского помещения. Далее, получив значения коэффициентов с учетом стоимости кубического метра хранилища, можно рассчитать издержки (убытки) при хранении кормов, запрессованных в рулоны.

Складирование тюков сопровождается наличием только межтюковых зазоров (рисунок 92в), которых можно избежать. Отличительная особенность новейших тюковых пресс-подборщиков состоит в том, что длина тюков варьирует в широких пределах (от 1 до 3 м и более). Это позволяет заготавливать тюки той длины, которая согласуется с параметрами кузовов автомашин, вагонов, складских помещений, грузоподъемностью погрузочных средств. В общем случае значение коэффициента использования помещения можно принять  $\kappa = 1$ .

На основании изложенного приходим к выводу о том, что прессование кормов и других стебельчатых материалов в крупногабаритные прямоугольные тюки позволяет с минимальными издержками использовать емкость хранилищ и транспортных средств, погрузочные средства и другие машины.

### Заключение

1. Заготовка кормов в прессованном виде – способ, обеспечивающий снижение потерь и повышение их качества.
2. Реализацию способа в республике и мировой практике обеспечивают рулонные и тюковые пресс-подборщики.
3. Пресс-подборщики тюковые высокого давления для прессования кормов в крупногабаритные тюки имеют ряд технологических преимуществ, а именно: большую плотность и компактность упаковок тюков в сравнении с ру-

лонами, меньшие потери кормовой массы при подборе и прессовании, обеспечивают заметное повышение темпов уборочных работ благодаря высокой производительности этих машин.

15.07.11

### Литература

1. Шелюто, А.А. Кормопроизводство / А.А. Шелюто, В.Н. Шлапунов, Б.В. Шелюто. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2006. – С. 355-363; 369-371.
2. Шпаар, Д. Кормовые культуры. Производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов / Д. Шпаар. – М: ИД ООО «ДЛВ Агродело», 2009. – С. 45-52.
3. Шпилько, А.В. Техника для заготовки грубых кормов в крупногабаритных тюках / А.В. Шпилько // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 12.
4. Буклагин, Д.С. Тенденции развития кормоуборочной техники за рубежом / Д.С. Буклагин // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 5. – С. 5-7.
5. Федоренко, В.Ф. Технологии и технические средства для заготовки кормов: каталог-справочник / В.Ф. Федоренко, Н.Ф. Соловьева. – М.: ФГНУ «Росинфорормагротех», 2005. – С. 184.

УДК 636.085:7:631.363.21

**А.И. Пунько, Д.И. Романчук**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*  
**В.Н. Савиных, А.Н. Гуд**  
*(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛЬЦОВЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ЗЕРНОФУРАЖА**

#### **Введение**

Важнейшим направлением развития сельского хозяйства Республики Беларусь является повышение эффективности производства и экономия всех видов ресурсов. Создание энергосберегающих технологий и оборудования при одновременном снижении их металлоемкости является одной из ключевых задач научно-технического прогресса.

При проектировании вальцовых дробилок рациональная организация процесса измельчения в них отодвигалась на второй план. В результате сложилось противоречие между наличием большого числа конструкторских решений для вальцовых дробилок как машины и отставанием моделирования и оптимизации в ней самого рабочего процесса.

В связи с этим исследование, моделирование и оптимизация рабочего процесса измельчения в вальцовых дробилках с целью энергосбережения является весьма актуальной задачей.

#### **Основная часть**

Измельчающие машины в зависимости от технологических задач и свойств продуктов измельчения классифицируются по видам воздействия ра-