

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДПРЕССОВКИ ПИТАЮЩЕГО АППАРАТА НА КАЧЕСТВО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ В КОРМОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

С. Н. Бобьренко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

Состояние и уровень развития животноводства находятся в непосредственной зависимости от объема и качества заготавливаемых кормов. Прочной кормовой базе необходимы современные кормоуборочные машины и передовые технологии заготовки кормов [1]. На корм используют силос, сенаж, зеленый корм, сено различной влажности в измельченном и неизмельченном виде. Подавляющую часть (72–75 %) занимают измельченные корма, получаемые с помощью кормоуборочных комбайнов.

При выполнении технологического процесса в кормоуборочном комбайне подавляющая часть затрат мощности (до 80 %) приходится на измельчающий аппарат (ИА) (барабанного или дискового типа), обеспечивающий измельчение и транспортировку растительной массы (РМ). Энергоемкость процесса резания напрямую зависит от двух главных факторов: конструктивных особенностей и состояния режущей пары (нож – противорежущий брус) и свойств поступающей в зону резания РМ, которые определяются, в том числе и параметрами механизма подпрессовки питающего аппарата (ПА).

Сегодня ПА - это сложное, многофункциональное устройство. Основными функциями ПА являются: захват РМ от адаптера, ее уплотнение и передача в зону резания ИА.

В научной литературе [2] основным критерием для механизма подпрессовки вальцев принимается показатель объемной плотности слоя сжатой РМ ($350\text{--}600 \text{ кг/м}^3$),

что не вполне корректно, поскольку в современных условиях работа кормоуборочного комплекса проводится в одном уборочном цикле, как на травяных, так и на грубостебельных культурах, удельные плотности которых различаются в несколько раз.

Учитывая современные тенденции развития кормоуборочной техники можно предположить, что дальнейший рост производительности кормоуборочных комплексов будет связан с увеличением подачи ПА за счет увеличения толщины подаваемого слоя РМ, что ведет к ряду негативных последствий:

- непропорциональное увеличение затрат мощности на резание РМ;
- снижение качества измельчения РМ.

В связи с этим на первое место в решении задачи по повышению энергонасыщенности кормоуборочного комбайна выходит всесторонний анализ механизма подпрессовки ПА.

Одной из характеристик эффективности уплотнения РМ может служить качество измельчения (процентное содержание частиц заданной длины в общем количестве измельченной РМ), так как толщина слоя, наряду с физико-механическими свойствами обрабатываемой культуры напрямую зависит и от параметров механизма подпрессовки, а точнее, усилием пружин.

Для расчета теоретической длины резки используют формулу следующего вида:

$$TДР = \frac{\pi \cdot (d_1 \cdot n_1 + d_2 \cdot n_2)}{N \cdot k \cdot z},$$

где d_1, d_2 – диаметры подающих валцов, мм; n_1, n_2 – частоты вращения подающих валцов, об/мин; N – частота вращения измельчающего барабана; k – количество ножей (параллельных оси вращения рядов ножей, при наличии нескольких ножей в одном ряду); z – коэффициент, соответствующий числу подающих валцов: $z = 1$, если машина имеет один подающий валец, и $z = 2$ – в других случаях [3].

Однако данное выражение не учитывает высоту слоя растительной массы, которая в настоящий момент составляет до 140 мм – на отечественных кормоуборочных комбайнах и до 220 мм – на зарубежных. При этих параметрах разница между «врезанием» ножей в слой РМ может составлять до 0,008 с (при частоте вращения режущего рабочего органа 1200 об/мин и 10 последовательно расположенных ножах), что соответствует от 1 до 15 мм длины частиц РМ, в зависимости от частоты вращения валцов. В то же время регламентированные показатели длины резки ограничивают увеличение размеров частиц в пределах 10 мм, так как дальнейшее увеличение длины резки ведет к усложнению процесса хранения и потерям энергетической ценности заготавливаемых кормов. [4]

Для стабилизации качества измельчения необходимо максимально уменьшить толщину слоя РМ. Это позволит снизить «разброс» длины частиц за счет снижения разницы времени начала резания между соседними ножами и более стабильной подачи массы (уменьшения проскальзывания по высоте слоя).

С целью анализа влияния процесса подпрессовки РМ на качество измельчения были поставлены опыты с ПА полунавесного кормоуборочного комбайна КПК-3000. Это наиболее распространенный в Республике Беларусь тип кормоуборочной машины, характеризующийся надежным и устойчивым протеканием технологического процесса.

В серийно выпускаемом варианте ПА КПК-3000 используются 4 пружины растяжения № 156 по ГОСТ 13772–76 с числом рабочих витков $n = 21$ шт. Передние пружины имеют предварительное натяжение 221 мм, задние – 274 мм.

В качестве растительного материала, для проведения опытов, использовалось сено тритикале с влажностью 35–40 %. Для обеспечения максимальной загрузки ПА формировались валки плотностью 15,7 кг/м. РМ подавалась в ПА толкателем, выгрузка измельченной РМ производилась в емкость. Затем производился замер измельченных частиц в образцах массой по 1 кг.

Для определения тенденций, характеризующих зависимость изменения качества измельчения от изменения усилия пружин механизма подпрессовки, использовалось 6 вариантов установки пружинами № 156 с $n = 21$ и $n = 19$:

1) установлены две пружины $n = 21$, на переднем нижнем и заднем верхнем креплении; натяжение – 274 мм;

2) установлены четыре пружины $n = 21$, натяжение: передние – 221 мм, задние – 274 мм;

3) установлены две передние пружины $n = 21$, две задние $n = 19$; натяжение: передние – 221 мм, задние – 270 мм;

4) установлены две пружины $n = 19$ на переднем нижнем и заднем верхнем креплении; натяжение – 270 мм;

5) установлены четыре пружины $n = 21$; натяжение: передние – 274 мм, задние – 274 мм;

6) установлены две задние пружины $n = 21$, натяжение задних – 274 мм.

Варианты установки пружин были выбраны из следующих соображений:

– минимизировать затраты на изготовление образцов пружин (после проведения опытов были отрезаны 2 витка на 2-х пружинах);

– исследовать целесообразность нагружения передних и задних валцов;

– две пружины можно заменить одной с аналогичными характеристиками.

В таблице приведены результаты опытов, полученные на стенде, разработанном для оценки влияния механизма подпрессовки на выполнение технологического процесса.

Качество измельчения комбайна КПК-3000 при различных усилиях подпрессовки

Параметр		№ опыта					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Число рабочих витков пружин	передних	$n = 21$	$n = 21$	$n = 21$	$n = 19$	$n = 21$	–
	задних	–	$n = 21$	$n = 19$	–	$n = 21$	$n = 21$
Качество измельчения, %		71,9	79,1	80,3	75,8	81,8	70,3
Размеры частиц, мм		%					
0–30		71,9	79,1	80,3	75,8	81,8	70,3
30–50		9,4	7,8	5,3	8,3	6,1	10,35
50–70		7,1	5,3	4,2	7,1	4,7	8,71
70–90		6,9	4,1	4,7	4,3	4,3	6,9
90–120		4,7	3,7	5,5	4,5	3,1	3,74

Результаты опытов показывают, что:

1. Наиболее эффективен вариант с увеличенным усилием передних пружин и серийным вариантом задней пружины.

2. Установка 2-х пружин не эффективна, либо (опыты 1, 4) необходимо значительное увеличение жесткости пружин.

3. При установке 2-х пружин отмечаются забивания питающего аппарата РМ и остановка технологического процесса.

4. Увеличение жесткости задней пружины повышает качество измельчения.

Анализируя полученные результаты были выдвинуты предположения о необходимости повышения усилия подпрессовки на переднем вальце, необходимости установки пружин как на передних, так и на задних вальцах.

Проверка данных предположений показала, что увеличение усилия подпрессовки на передних пружинах ведет к потере стабильности технологического процесса, т.к. основная нагрузка механизма ложится на передние вальцы, а задние выполняют лишь роль удержания слоя РМ в сжатом состоянии. Однако снижение усилия передних пружин дает эффект заклинивания вальцев из-за «недопрессовки» РМ на крупных длинах резки и низкой активности заднего верхнего вальца.

В настоящий момент авторами проводятся исследования влияния механизма подпрессовки на стабильность протекания технологического процесса и энергоемкость процесса измельчения РМ, которые дополнят картину характеристик, влияющих на выбор количества пружин и их силовых параметров с учетом кинематики механизма в целом.

Л и т е р а т у р а

1. Павловский, В. К. Технологии заготовки высококачественных кормов из трав и силосных культур (рекомендации) / В. К. Павловский. – Минск : РУП «НПЦ НАНБ по механизации сельского хозяйства», 2008. – 48 с.
2. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 1980. – 375 с.
3. ГОСТ ИСО 8909-2–2003. Комбайны кормоуборочные. Ч. 2.
4. ОР МСХП РБ 0215–2007. Заготовка силоса. Типовые технологические процессы.