

УДК 621.78

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КУКУРУЗЫ

*Н.П. Аюгин, кандидат технических наук, доцент,
Nikall85g@yandex.ru*

*Р.Ш. Халимов, кандидат технических наук, доцент,
Hrasp29@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: *нож, початки, кукуруза, измельчение, электромеханическая обработка, упрочнение, износостойкость.*

В статье рассматриваются факторы, влияющие на снижение энергоемкости измельчения кормов. Приведена методика определения удельной работы резания на разработанной лабораторной установке. По результатам исследований получено уравнение регрессии, отражающее влияние основных конструктивных параметров ножа измельчителя на удельную работу резания. Исследован метод повышения долговечности ножей применением электромеханической обработки.

Одним из направлений совершенствования средств механизации приготовления кормов для животных является проектирование и изготовление измельчающих машин с модернизированными рабочими органами, что позволит существенно снизить энергопотребление.

При проектировании машин для измельчения кормов необходимо опираться на принципы минимальной энергоемкости, позволяющие сократить удельные затраты на производства кормов.

Снижение энергоемкости процесса измельчения кормов возможно за счет определения оптимальных параметров измельчающего аппарата машин для приготовления кормов. К таким параметрам можно отнести остроту лезвия ножа, угол заточки ножа, толщину лезвия ножа и др. [1, 2, 3].

Для изучения влияния геометрических параметров ножей измельчителей на удельную работу резания, а также долговечности ножей в ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ была изготовлена лабораторная установка изучения процесса резания (ротационный копер).

Работу, необходимую для резания, определяем по данным о частоте вращения ротационного копра до и после среза растительного образца по формуле:

$$A = k_u (n_1^2 - n_2^2),$$

где n_1 и n_2 – частота вращения маховика ротационного копра до и после среза образца соответственно, c^{-1} ;

k_u – коэффициент, учитывающий полярный момент инерции всех вращающихся частей маховика и ротора копра;

$$k_u = 2 \cdot \pi^2 \cdot (J_{0\text{ рот}} + J'0),$$

где $J_{0\text{ рот}}$ – полярный момент инерции ротора, m^4 ;

$J'0$ – полярный момент инерции маховика с ножом, m^4 .

Максимальная скорость резания ротационного копра достигала 35 м/с.

Перед проведением серии экспериментов была проведена тарировка ротационного копра. Тарировка проводилась по затуханию частоты вращения на холостом ходе.

По результатам проведенных исследований была установлена зависимость влияния остроты лезвия и толщины ножа на удельную работу резания початков кукурузы (рисунок 1), а также уравнение регрессии.

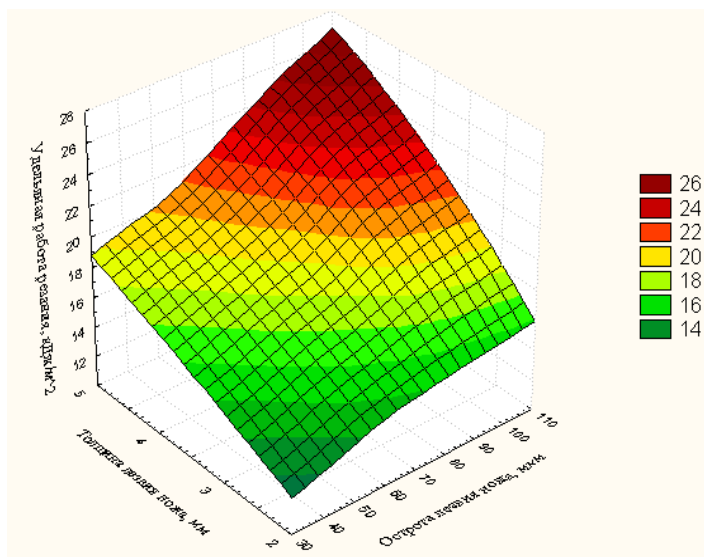


Рисунок 1 – Влияние остроты лезвия ножа и толщины ножа на удельную работу резания початков кукурузы

Уравнение регрессии имеет вид:

$$A = 6,2038 + 0,0016 \cdot \delta + 3,0997 \cdot h + 4,7772 \cdot 10^{-5} \cdot \delta^2 + 0,0214 \cdot \delta \cdot h - 0,2815 \cdot h^2,$$

где A – удельная работа резания, кДж/м²;

δ – острота лезвия ножа, мкм;

h – толщина лезвия ножа, мм.

Уравнение регрессии свидетельствует, что увеличение толщины лезвия ножа с 2 мм до 5 мм приводит к увеличению удельной работы резания кукурузы на 35...36 %. Увеличение остроты лезвия ножа измельчителя с 30 мкм до 100 мкм ведет к увеличению удельной работы резания кукурузы на 22...24 %.

Сохранение остроты лезвия ножа в процессе эксплуатации является важной задачей, поскольку это позволяет обеспечить низкое энергопотребление, а также снизить затраты на ремонт измельчителя, т.к. ножи в процессе эксплуатации интенсивно изнашиваются и при достижении критического износа разрушаются.

Увеличение ресурса ножей возможно поверхностным упрочнением рабочих кромок ножа за счет реализации эффекта самозатачивания.

Из применяющихся способов упрочнения ножей одним из наиболее эффективных является электрохимическое упрочнение (ЭМУ) [4, 5]. К достоинствам ЭМУ относят: малый расход энергии, высокая производительность, повышенная износостойкость ножей. Несмотря на достоинства способа на практике он применяется редко из-за сложной формы ножей.

В ходе работы было проведено ЭМУ образцов ножей из стали 45. Методика проведения исследований включала в себя определение прочности и ударной вязкости поверхностей ножей, твердости, абразивной износостойкости, глубины упрочненного слоя [8, 9, 10].

Глубину упрочнения ножей определяли микротвердомером ПМТ-3, твердость по шкале Роквелла – твердомером МЕТ-УД, абразивную износостойкость на машине трения СМТ-1.

Режим ЭМУ ножей подобран согласно рекомендациям ученых ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ: напряжение $U=4$ В, величина силы тока $I=2000$ А, подача 3 мм/мин, частота вращения упрочняющего ролика $n=4$ мин⁻¹.

Ножи, изготовленные из стали 65Г (эталон), имели твердость поверхности HRC 30, а ножи, выполненные из стали 45, после ЭМУ - HRC 53. Глубина упрочненного слоя составила 0,58 мм.

Исследования на абразивную износостойкость ножей показали, что у деталей, изготовленных из стали 45 с последующим ЭМУ, износостойкость в 2,9 раз выше, чем у образцов, выполненных из стали 65Г (таблица 1).

Таблица 1 – Износостойкость ножей, выполненных из стали 65Г и стали 45 (ЭМУ)

Материал образца	Масса образца, г		Износ, $\Delta m_{ср}$, г	Относительная износостойкость
	До испытаний	После испытаний		
Сталь 45, подвергнутая ЭМУ	39,953	39,289	0,664	3,54
Сталь 65Г	38,984	37,115	1,869	1,22

Таблица 2 – Ударная вязкость ножей измельчителя

Материал	Ударная вязкость, Дж/см ²
Сталь 65Г	19
Сталь 45, подвергнутая ЭМУ	28

Данные работ [7, С 11] свидетельствуют, что рабочие кромки ножа измельчителя испытывают значительные динамические нагрузки. Для предотвращения разрушения и деформации ножа прочность его рабочей кромки должна быть не менее 1400 МПа.

Прочность ножей измельчителя в момент разрушения упрочненного слоя составила 2060 МПа. Полученные результаты позволяют утверждать, что прочность ножей, изготовленных из стали 45 с последующим ЭМУ, будет соответствовать допустимой.

Исследования ударной вязкости ножей измельчителя показали, что у упрочненных ножей, изготовленных из стали 45, она выше, чем у ножей, изготовленных из стали 65Г (таблица 2).

Результаты исследований, указанные в таблице 2, свидетельствуют, что ножи из стали 45 (ЭМУ) имеют ударную вязкость на 9 Дж/см² больше, чем у ножей из стали 65Г.

Таким образом, можно сделать вывод, что в целях снижения энергоемкости измельчения початков кукурузы, наиболее целесообразно применение ножей толщиной не менее 2 мм.

Взамен ранее применявшейся стали 65Г рациональным является использование ножей, изготовленных из стали 45 с последующим ЭМУ.

По результатам исследований определено, что при ЭМУ повышается износостойкость ножей в 2,9 раза, усталостная прочность – до 2060 МПа, ударная вязкость – до 28 Дж/см².

1. Курдюмов В.И. Снижение энергоемкости измельчения / В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2008. - № 5. - С. 50-53.
2. Курдюмов В.И. Анализ факторов, влияющих на энергоемкость резания/ В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин // Нива Поволжья. - 2008. - № 3. - С. 57-59.
3. Аюгин Н.П. Определение оптимальных параметров ножей измельчающего аппарата кормоприготовительных машин / Н.П. Аюгин, Р.Ш. Халимов, П.Н. Аюгин, Н.Н. Аксенова // Техника и оборудование для села. – 2016. - № 1. – С. 20-23.
4. Патент РФ № 2385212. Способ упрочнения поверхности деталей / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш., Смирнова Н.И.; Опубл. 27.03.2010 г.; Бюл. № 9.
5. Патент РФ № 2501643. Способ многопроходной электромеханической обработки детали на токарном станке / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш.; Опубл. 20.12.2013 г.; Бюл. № 35.
6. Патент РФ № 2383429. Многоинструментальная головка для электромеханической обработки плоских поверхностей, В. И. Жиганов, А. В. Морозов, К. Р. Кундротас, Р.Ш. Халимов. Опубл. 10.03.2010. Бюл. № 7.
7. Аюгин Н.П. Разработка энергосберегающего измельчителя корнеклубнеплодов / Н.П. Аюгин, Н.В. Павлушин, В.И. Курдюмов // Ползуновский альманах. - 2011. - № 4-2. - С. 9-13.
8. ГОСТ 9013-79. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. М.: Издательство стандартов, 2001. – 9 с.
9. ГОСТ 23.208-79. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы. М.: Издательство стандартов, 1980. – 8 с.
10. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах. М.: Издательство стандартов, 1979. – 12 с.

IMPROVEMENT OF CORNER WORKERS

Key words: *knife, cobs, corn, pulverization, mechanical treatment, hardening, wear resistance.*

The article considers the factors influencing the decrease in the energy intensity of grinding feed. The technique for determining the specific cutting performance on the developed laboratory installation is given. Based on the results of the studies, a regression equation is obtained reflecting the effect of the main design parameters of the shredder knife on the specific cutting work. The method of increasing the durability of knives using electromechanical processing is investigated.