

$$\dot{\Delta} = -n \cdot \delta \cdot P_{cm} \cdot \sin(n \cdot t) + v \cdot \cos(n \cdot t). \quad (17)$$

Значение силы  $P_d$  в ударном сечении может быть определено отношением перемещения ударного сечения  $\Delta$  к величине  $\delta$ :

$$P\delta = P_{cm} \cdot [1 - \cos(n \cdot t)] + \frac{v \cdot E \cdot S}{h \cdot n} \cdot \sin(n \cdot t). \quad (18)$$

Поскольку  $\frac{v}{n} = A$ , то уравнение (18) примет вид:

$$P\delta = P_{cm} \cdot [1 - \cos(n \cdot t)] + \frac{A \cdot E \cdot S}{h} \cdot \sin(n \cdot t), \quad (19)$$

где  $A$  – амплитуда обрабатывающего инструмента.

Разделив уравнение (19) на площадь контакта  $S$ , получаем значение динамических напряжений:

$$\sigma_\delta = \sigma_{cm} \cdot [1 - \cos(n \cdot t)] + \frac{A \cdot E}{h} \cdot \sin(n \cdot t). \quad (20)$$

### Выводы

Проведенными исследованиями установлено, что при вибрационном упрочнении по сравнению с обычной обработкой поверхности требуется в 2,5 раза меньше усилия для получения одинакового значения величины деформации.

**Список литературы:** 1. *Бабичев А. П.* Основы вибрационной технологии / *А. П. Бабичев, И. А. Бабичев.* – Ростов н/Д : Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с. 2. *Манжосов В. К.* Модели продольного удара / *В. К. Манжосов.* – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 160 с.

*Надійшла до редколегії 20.11.2012*

УДК 621.9.048

**Вибрационные колебания в технологических процессах / И.А. Дудников, А.В. Канивец, А.А. Келемеш, Г.И. Семчук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 10-14. – Бібліогр.: 2 назв.**

Розглядаються питання зміни властивостей матеріалу деталей при їх обробці методом вібраційного і звичайного деформування деталей з метою розробки технологічних процесів їх відновлення.

**Ключові слова:** вібраційні коливання, деформування, технологічний процес, зусилля обробки.

The problems of changing the properties of the parts as they are processed by conventional vibration and deformation of parts to develop a process of recovery.

**Keywords:** vibrating vibration, deformation, process, processing effort.

УДК 637.5.002.5

**С. А. ГРИНЬ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;

**О. Н. ФИЛЕНКО**, канд. техн. наук, ассистент, НТУ «ХПІ»;

**А. А. ТЕЛЮК**, студент, НТУ «ХПІ»

### УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КУТТЕРОВ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ НОЖЕЙ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований эксплуатационных характеристик ножей куттера. Также приведена новая конструкция ножа, позволяющая повысить рабочие характеристики куттера и ремонтпригодность изделия.

**Ключевые слова:** ножи куттера, повышение износостойкости, фарш, измельчение, резанье.

© С.А. ГРИНЬ, О.М. ФИЛЕНКО, А.А. ТЕЛЮК, 2012

## **Введение**

В условиях развивающихся рыночных отношений особое значение для перерабатывающих отраслей АПК Украины приобретают вопросы повышения показателей надежности измельчающих машин и аппаратов. Перерабатывающие предприятия не в полном объеме обеспечиваются современными режущими рабочими органами. Этот факт значительно снижает эффективность технологий переработки сельскохозяйственной продукции.

## **Цель статьи**

Создание новой конструкции ножа, позволяющей повысить эксплуатационные характеристики куттера и ремонтпригодность изделия.

## **Постановка проблемы**

Тонкоизмельченный фарш является основной составляющей для изготовления большинства колбасных изделий, а также паштетов и консервов. В настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях фарш преимущественно измельчают в куттерах. В куттерах фарш измельчается наборами серповидных ножей. Ножи куттера мало того, что являются дефицитом, обладают низкими показателями долговечности и безотказности, связано это с их конструктивно-технологическим несовершенством. Они относятся к быстроизнашивающимся деталям, но вопросы по их восстановлению в полной мере не проработаны. В современных условиях непрерывно-поточного производства исключительное значение приобретают показатели надежности режущего инструмента, вместе с тем повышаются требования к ресурсосберегающим характеристикам применяемых технологий.

Анализируя, технологии и конструкции ножей куттеров отечественной промышленности можно сделать вывод, что сложилась неблагоприятная ситуация, когда отсутствуют способы и немаловажно соответствующее оборудование для производства данного вида режущего инструмента, отвечающего современным требованиям. И в связи с этим перерабатывающие предприятия вынуждены ориентироваться на закупку дорогостоящего импортного инструмента, что резко увеличивает производственные затраты и, следовательно, себестоимость продуктов питания.

Трудности в изготовлении и снабжении перерабатывающих отраслей АПК высокоэффективным режущим инструментом обусловлены целым комплексом факторов относящихся, прежде всего, технологической и конструктивной непродуманностью в стадии проектирования изделий и отсутствием специализированных центров промышленного производства режущего инструмента.

Надежная работа куттеров и качество получаемого в процессе измельчения продукта главным образом зависит от стойкости режущего инструмента. Серийные ножи куттеров наряду со значительной стоимостью подвержены частым поломкам под воздействием изгибающих нагрузок и непригодны к последующему ремонту. В настоящее время недостаточно исследованным направлением является вопрос повышения надежности ножей куттеров на основе разработки новой технологии их изготовления и совершенствования конструктивного исполнения. Таким образом, разработка новых моделей ножей куттера и конструктивно-технологическое совершенствование существующих ножей является весьма актуальной проблемой.

## **Анализ предыдущих исследований**

Исследованию вопроса повышения долговечности ножей куттера посвящено значительное количество научных работ. В направлении повышения надежности режущего инструмента мясоперерабатывающей промышленности работали Прейс Г. А., Чижикова Т. В., Даурский А. Н., Седунов В. К., Рудик Ф. Я. и др. ученые. Вместе с тем следует отметить, что существующие ножи куттеров обладают низкой надежностью, а

применяемые способы изготовления не удовлетворяют требованиям ресурсосбережения. Поэтому разработка технологии изготовления ножей куттеров, обеспечивающей возможности их конструктивного совершенствования и повышения надежности, представляет особый научный интерес.

### Основная часть

Серийный нож куттера состоит из лезвия 1 с режущей кромкой 2 и посадочной части 3, фиксирующей положение ножа в головке (рис. 1, а). Большинство ножей куттеров имеют лезвия в форме двугранного одностороннего клина (рис. 1, б).

Грань лезвия Б, совпадающая с плоскостью движения ножа, является опорной. Грань лезвия С, расположенная под углом к плоскости движения ножа, называется рабочей.

Эта грань производит деформирование

и вытеснение измельчаемого мяса из пространства, занимаемого впоследствии ножом. Линия пересечения опорной и рабочей граней образует режущую кромку лезвия. С помощью режущей кромки происходит непосредственное разрушение мясной ткани путем вклинивания и разделения ее на части. Режущая кромка практически не представляет собой строго геометрической линии, а имеет микронеровности с закруглениями, величина радиуса которых оказывает существенное влияние на режущие свойства ножа куттера [1]. Выполненная с тыльной стороны лезвия 1 выборка 4 (рис. 1, б) способствует плавному, без вспенивания, обтеканию измельчаемого продукта поверхности ножа.

В конструкциях таких ножей куттеров параметры долговечности и ремонтпригодности не являются основополагающими при их проектировании. Особое внимание в таких ножах уделено лишь повышению качества получаемого в процессе измельчения продукта и эффективности использования куттеров. Вместе с тем эффективность использования мясоперерабатывающего оборудования напрямую связана с долговечностью режущего инструмента, характеризующейся временем или величиной работы лезвия инструмента, при условии периодического восстановления в заданных пределах его режущей способности до момента ее полной невозможности [2]. Известно, что производственный процесс в перерабатывающей промышленности состоит из десятков взаимосвязанных агрегатов, каждый из которых представляет отдельное звено в общей цепочке производства, и отказ в одном месте, например, поломка ножа куттера, вызывает остановку сразу на нескольких участках, что сопровождается значительными материальными потерями [3]. Вот почему легко представить, насколько эффективно любое мероприятие, направленное на повышение долговечности ножей куттеров.

Учитывая особенности работы ножей куттеров и конструктивное исполнение режущей кромки, представляется наиболее целесообразным повышение долговечности и ремонтпригодности ножей рассматривать через изменение конструкции лезвия.

Определяющими геометрическими параметрами режущего инструмента при этом являются угол заточки и острота лезвия [4]. Угол заточки оказывает решающее влияние на качество среза материала, при его увеличении резко возрастают усилия резания. Поэтому для ножей желательно выбирать минимально возможный угол заточки, соблюдая при этом условия их прочности [5]. При выборе толщины ножа следует, помимо расчетной

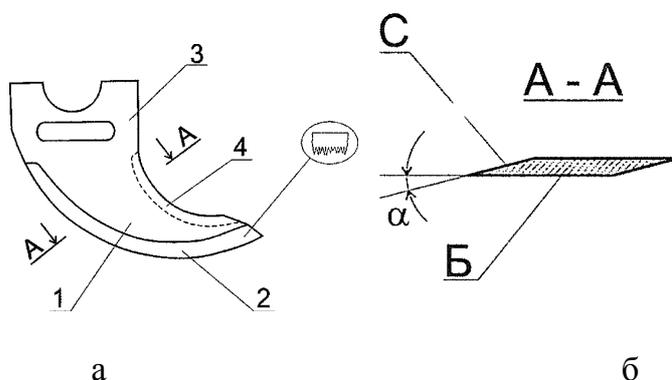


Рис. 1 – Нож куттера: а – фиксирующее положение ножа в головке; б – форма ножа в разрезе

его толщины, учитывать свойства разрезаемого материала, износостойкость самого ножа и требования к качеству среза [6, 7].

Значимым резервом повышения износостойкости и долговечности ножей куттеров является экономически и технически продуманная методика выбора марки используемого материала. Изготовление ножей из низкокачественных, возможно недефицитных, материалов, ведет к систематическим затратам мясоперерабатывающих предприятий на ремонт и замену режущего инструмента. Например, ножи, изготовленные из углеродистой стали У8 и У10, требуют ежемесячной перезаточки, обладают низкими антисептическими характеристиками и хрупкими режущими кромками. Это обуславливает, необходимость исследовать физико-механические свойства различных конструкционных материалов для изготовления ножей куттеров.

В настоящее время большинство ножей куттеров изготавливается из углеродистой стали У8...У10. При этом, толщина лезвия находится в пределах 5÷8 мм, твердость режущей кромки HRC 54...60, а угол заточки лезвия 25÷35°. Основной недостаток данной конструкции состоит в необоснованном выборе используемого материала, причем ссылка на его сравнительно малую стоимость совершенно несостоятельна, поскольку ножи, изготовленные из углеродистой стали, обладают низкой способностью противостоять выкрашиванию режущей кромки лезвия. С целью устранения этого недостатка угол заточки выбирается равный 25÷35°, что позволяет в процессе работы избежать выкрашивания материала лезвия, но вызывает пропорциональное возрастание изгибающих нагрузок на нож. Поэтому у таких ножей увеличивают толщину лезвия, чтобы задать изделию необходимую прочность. Увеличение толщины ножа, а, следовательно, и площади поперечного сечения и массы, негативным образом сказывается на качестве получаемого в процессе измельчения продукта, так как массивный нож начинает сильно деформировать волокна мяса, выдавливая из них внутриклеточную вязкую жидкость. Кроме того, повышается температура фарша вследствие нагрева продукта от действия сил трения на режущую кромку и увеличивается время куттерования [8].

Из рис. 2 видно, что линия предельного износа режущей кромки ножа находится на расстоянии 10-15 мм от своего первоначального положения, при этом потеря металла от общей массы изделия составляет не более 15%.

То есть нож, имея до 85% неиспользуемого конструкционного материала, выбраковывается, и заменяется новым. Очевидно, что такое использование остаточного ресурса материала ножей куттеров крайне неэффективно и требует кардинального изменения. Известные же способы сварки и наплавки, позволяющие восстанавливать первоначальные размеры ножей куттеров, не отвечают санитарно-гигиеническим требованиям, поскольку продуктами коррозии наплавленного металла ухудшаются пищевые свойства фарша [9]. Применение сборных конструкций ножей затруднено по причине их низкой прочности. Поэтому предлагаемое конструктивно-технологическое совершенствование ножей позволит решить важную проблему повышения долговечности и ремонтпригодности режущего инструмента ножей куттеров.

Результатом проведенного анализа является разработка такой конструкции ножей куттеров, которая позволит повысить их долговечность, снизить трудоемкость изготовления и восстановления, обеспечив при этом высокие показатели ресурсосбережения. Поставленная цель достигается за счет выполнения ножа куттера,

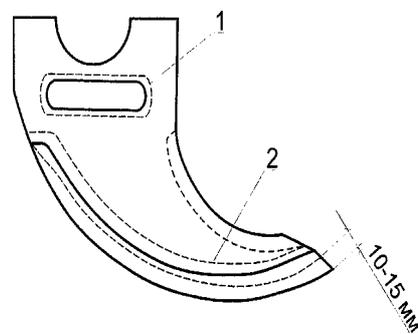


Рис. 2 – Предельное износное состояние ножа куттера: 1 - посадочная часть, 2 - линия предельного износа режущей кромки

содержащего лезвие 1 серповидной формы и посадочную часть 2, составным из плотно прилегающих и копирующих форму друг друга наружных 3, 5 и внутренней 4 пластин. Толщина  $h$  пластин кратна общей толщине  $H$  ножа (рис. 3). Причём пластины образуют на серповидной поверхности ножа режущую плоскость 6 с общим углом наклона и соединены между собой по контуру потайными заклёпками 7. Предлагаемая конструкция позволяет повысить долговечность ножа куттера за счет многослойной структуры лезвия. Наличие пластин, изготовленных из конструкционных материалов с различными физико-механическими свойствами, обеспечит изделию требуемую износостойкость, а также повысит его способность поглощать энергию знакопеременных ударных нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации, и увеличит стойкость к изгибающим и крутящим воздействиям нагрузки. При выработке ресурса нож восстанавливается путем выборочной замены изношенных пластин на новые с последующей перезаточкой режущей кромки [10].

Использование предлагаемой конструкции позволяет достичь следующих результатов. Повышается долговечность ножа, так как его многослойная структура

снижает вероятность разрушения одновременно всех пластин. В результате уменьшения толщины пластин, составляющих нож, существенно уменьшится усилие резки, снизится вероятность образования микротрещин и сколов по контуру лезвия и появится возможность получения заготовок резкой из тонкого листового проката, благодаря чему изготовление ножей куттеров станет более универсальным.

Основой предлагаемой технологии изготовления ножей куттеров является резка заготовок в специальном устройстве. Резка осуществляется режущей кромкой инструмента, совершающей в вертикальной плоскости перемещения постоянной частоты. Данная схема позволяет при наличии копира простейшей конструкции вырезать любые лекальные кривые, а также получать криволинейные отверстия в заготовках из тонкого листового проката [11]. Восстановление режущих свойств выбракованных ножей куттеров

предлагаемой конструкции заключается в замене изношенных пластин ножей на ремонтные. Это позволит эффективнее использовать остаточный ресурс ножей, тем самым повысить их долговечность и обеспечить высокую ремонтно-пригодность.

Кривые, представленные на рис. 4, характеризуют повышение износостойкости экспериментальных ножей. Графическими построениями установлено, что относительная износостойкость экспериментальных ножей составляет 1,6. Это обусловлено, прежде всего, тем, что многослойная конструкция ножа позволяет уменьшать угол резания лезвия ножа и снизить напряженное состояние его режущей кромки.

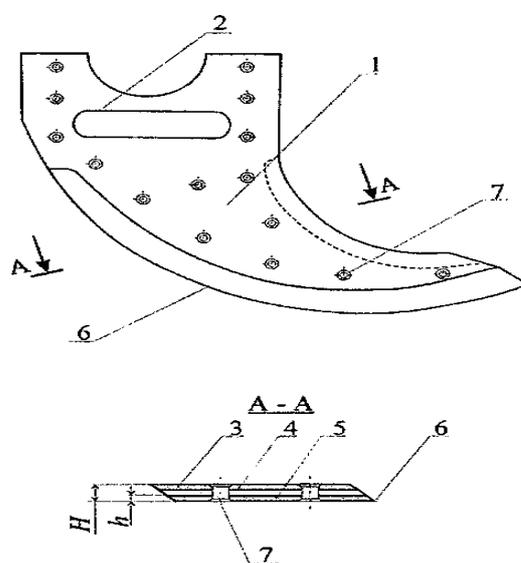


Рис. 3 – Экспериментальный нож куттера

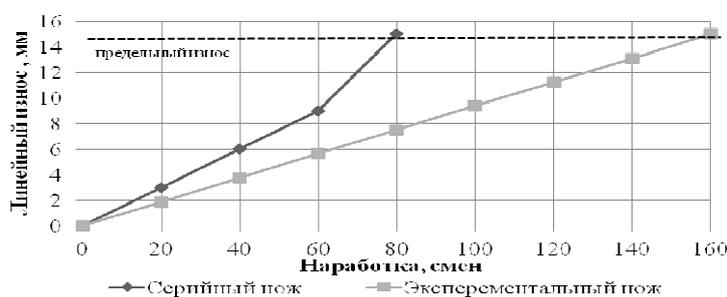


Рис. 4 – Износостойкость ножей куттера

Экспериментальный комплект режущего инструмента куттера позволил увеличить производительность процесса куттерования на 30 % по сравнению с серийным. За 4 часа эксплуатации куттера, оснащенного серийным инструментом, производительность снизилась на 13 %, а экспериментальным - на 8 % (рис. 5).

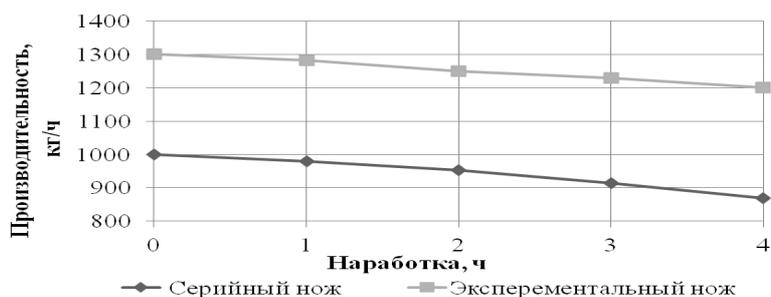


Рис. 5 – Производительность куттера

Следовательно, экспериментальные ножи обеспечивают стабильно высокую производительность процесса тонкого измельчения мясного сырья.

### Выводы

Проведенный анализ, свидетельствует о превосходстве экспериментального комплекта ножей куттера над серийными по своим эксплуатационным характеристикам. Основной причиной этого является высокая износостойкость и сопротивляемость затуплению экспериментальных ножей куттеров.

**Список литературы:** 1. *Кавецкий Г. Д., Королев А. В.* Процессы и аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат. 1991. -431 с. 2. *Зотова Л. В.* Критерий эффективности долговечности и надежности техники. - М.: "Экономика", 1983.- 103 с. 3. *Сопко В. В.* Издержки производства и себестоимость продукции и пищевой промышленности. - Киев: Техника, 1986. - 184 с. 4. *Резник Н. Е.* Классификация режущих аппаратов и видов износа лезвий рабочих органов. /В кн. Повышение износостойкости и долговечности режущих элементов машин. - М.: ОНТИ ВИСХОМ, 1971. - С. 3-22. 5. *Резник Н.Е.* Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. - М.: Машиностроение, 1975. - 311 с. 6. *Прейс Г. А., Сологуб Н. А., Некоз А. И.* Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности. /Под ред. Г. А. Прейса. - М.: Машиностроение, 1979. - 207 с. 7. *Прейс Г. А.* Повышение износостойкости деталей оборудования предприятий пищевой промышленности. - М. - Киев: Машгиз, 1963. – 678 с. 8. Роль сил трения в износе режущих инструментов. //Сб. науч. тр. /Под ред. А. Д. Макарова. - Уфа, 1974. - 104 с. 9. *Журавская Н. К., Алехина Л. Т., Отряшенкова. Л. М.* Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. - М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с. 10. Патент №2157734 /РФ/ МКИ В02С18/20 Нож куттера. *Рудик Ф. Я., Гутуев М. Ш., Пахарев А. В.* №99104382 Заявл. 05.03.1999 Оpubл. в Б.И.№29 от 20.10.00 г. – 6 с. 11. Патент №2062178/РФ/ Устройство для резки листового проката/ *Е. Ф. Колетурич, С. А. Богатырев*, опубл. в БИ №17, 1996.

Надійшла до редколегії 20.11.2012

УДК 637.5.002.5

**Улучшение эксплуатационных характеристик куттеров путем создания новой конструкции ножей / С.А. Гринь, О.М. Филенко, А.А. Телюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 14-19. – Бібліогр.: 11назв.**

У статті представлені результати експериментальних досліджень експлуатаційних характеристик ножів куттера. Також представлена нова конструкція ножа, що дозволяє підвищити робочі характеристики куттера і ремонтпридатність виробу.

**Ключові слова:** ножі куттера, підвищення зносостійкості, фарш, подрібнення, різання.

In the article the results of experimental researches of operating descriptions of knives of cutter. Is also presented the new construction of knife, allows increasing the performance and maintainability of the cutter.

**Key words:** knives of cutter, increase of wearproofness, stuffing, grindings down, cutting.

УДК 669.056.9

*Л. А. ТИМОФЕЄВА*, д-р техн. наук, проф., УкрДАЗТ, Харків;