

УДК 664.953.64

## Усовершенствование процесса измельчения пищевых продуктов

Н. И. Покинтелица, Е. А. Левченко\*

\**Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия;*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9628-1502>, e-mail: [ealev1978@mail.ru](mailto:ealev1978@mail.ru)*

*Информация о статье* Реферат

Поступила в редакцию  
19.12.2018;

получена после  
доработки  
27.07.2019

*Ключевые слова:*

дисперсность,  
процесс измельчения,  
мощность привода,  
угол заострения

По вопросам измельчения различных видов пищевого сырья существует большое количество исследований, однако на сегодняшний день отсутствует комплексный подход к обоснованию влияния конструктивно-эксплуатационных параметров процесса измельчения на ряд показателей качества пищевых изделий, что отрицательно влияет на процесс совершенствования и модернизации технологического оборудования, технологий производства и качество готовой продукции. В связи с этим поставлена задача на реализацию оптимальных подходов и технологических приемов совершенствования процесса измельчения пищевого сырья и оборудования с целью снижения энергоемкости и трудоемкости процесса. Анализ, полученный на базе проведенных экспериментальных исследований, подтвердил предположение о существенном снижении усилия и работы резания при использовании ножей и решеток с острыми углами заточки краев лезвий ножей и отверстий для мясных продуктов с повышенным содержанием высокопрочной соединительной ткани (эластиновыми и коллагеновыми волокнами). Предложены разработки модернизированных режущих рабочих органов мясорубок с тупым и острым углами заточки краев отверстий ножевых решеток и режущих краев лезвий ножей. Внедрение в производство режущих рабочих органов с острым углом заточки (31°) в сравнении с обычными рабочими органами позволяет существенно (на 40–75 %) уменьшить удельную нагрузку на процесс измельчения, что приводит к общему уменьшению энергоемкости процесса измельчения на 25–40 %. Использование режущих рабочих органов при измельчении пищевых продуктов способствует увеличению дисперсности полученного фарша на 10–16 %. Разработка комплекта рабочих органов позволяет значительно уменьшить работу резки данного вида сырья и повысить органолептические показатели качества готовых кулинарных изделий благодаря отсутствию в фарше неизмельченных волокон соединительной ткани. Установлены показатели влияния количества измельчений, углов заточки лезвий ножей и углов заточки краев отверстий решеток на удельную работу резания.

*Для цитирования*

Покинтелица Н. И. и др. Усовершенствование процесса измельчения пищевых продуктов. Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 3. С. 386–394. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-386-394.

## Improving the process of grinding food products

Nikolai I. Pokintelitsa, Elena A. Levchenko\*

\**Sevastopol State University, Sevastopol, Russia;*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9628-1502>, e-mail: [ealev1978@mail.ru](mailto:ealev1978@mail.ru)*

*Article info*

Received  
19.12.2018;  
received in revised  
27.07.2019

*Key words:*

dispersion,  
grinding process,  
drive power,  
sharpening angle

*Abstract*

There are a large number of studies on the grinding of various types of food raw materials, however, today there is no comprehensive approach to justifying the influence of the design and operational parameters of the grinding process on a number of food product quality indicators. It negatively affects the process of improvement and modernization of technological equipment, production technologies and finished quality production. In this regard, the task is set to implement optimal approaches and technological methods for improving the process of grinding food raw materials and equipment in order to reduce the energy intensity and labor intensity of the process. The analysis obtained on the basis of experimental studies has confirmed the assumption of a significant reduction in cutting effort and work when using knives and gratings with sharp sharpening angles of knife edges and openings for meat products with a high content of high-strength connective tissue (elastin and collagen fibers). The development of modernized cutting tools for meat grinders with blunt and sharp angles of sharpening the edges of the holes of the knife gratings and the cutting edges of the knife blades has been proposed. The introduction of cutting tools with an acute sharpening angle (31°) into production compared with conventional tools makes it possible to reduce significantly (40–75 %) the specific load on the grinding process, which leads to a general reduction in the energy consumption of the grinding process by 25–40 %. Using cutting tools for grinding food products contributes to an increase in the dispersion of minced meat by 10–16 %. The development of a set of working bodies can significantly reduce the cutting work of raw material and increase the organoleptic quality indicators of finished culinary products due to the absence of unmilled connective tissue fibers in the minced meat. Indicators of the influence of the number of grindings, sharpening angles of knife blades and sharpening angles of the edges of the holes of the gratings on the specific work of cutting have been established.

*For citation*

Pokintelitsa, N. I. et al. 2019. Improving the process of grinding food products. *Vestnik of MSTU*, 22(3), pp. 386–394. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-386-394.

## Введение

На предприятиях общественного питания перерабатывается обширный ассортимент пищевого сырья (*Драгилев и др., 2001*). Отличительной особенностью таких предприятий является наличие в них значительного разнообразия продуктов при небольших объемах их переработки, что не позволяет распространить на них технологический опыт переработки сельскохозяйственного сырья, который имеется на предприятиях пищевых отраслей промышленности. Промышленные технологии различных видов сырья отличаются более эффективным использованием всех компонентов, меньшей удельной энергоемкостью и трудоемкостью процессов переработки. Существующая ситуация обусловлена большими технико-экономическими возможностями производств, имеющих значительные объемы переработки однотипного сырья. Предприятия общественного питания имеют ограниченные объемы переработки различных типов пищевого сырья, что не позволяет использовать в них технологии промышленной переработки продуктов.

Несмотря на распространенность процесса измельчения на сегодняшний день отсутствуют комплексные научные исследования влияния конструктивно-эксплуатационных параметров этого процесса на комплекс показателей качества фарша (дисперсность, удельную площадь поверхности, структурно-механические свойства, влагоудерживающую способность и т. д.), что отрицательно влияет на совершенствование оборудования, технологий и качества фаршевых изделий.

В связи с этим приобретает актуальность задача научного обоснования направлений совершенствования процесса измельчения пищевого сырья и оборудования для его реализации на предприятиях питания с целью снижения энергоемкости и трудоемкости процесса, расширение функциональных возможностей оборудования и повышение показателей качества фарша. Целью исследований является научное обоснование совершенствования процесса измельчения пищевого сырья и оборудования для его реализации на предприятиях общественного питания. Для осуществления поставленной цели необходимо решить ряд задач: 1) определение влияния конструктивно-эксплуатационных параметров оборудования измельчения (удельная работа резания, транспортировка, энергопотребление, производительность измельчителей) на показатели качества фаршевых продуктов; 2) обеспечение усовершенствования рабочих органов оборудования с целью расширения диапазона их технологических возможностей, снижения удельной энергоемкости и трудоемкости процесса измельчения.

Анализ процессов переработки мясного сырья на предприятиях общественного питания свидетельствует о том, что из него производится очень большой ассортимент полуфабрикатов, обеденной и кулинарной продукции (*Патиева и др., 2017*). В технологиях мясной продукции предприятия используют практически все виды основных процессов: механические, тепловые и процессы массообмена (*Гаврилов, 2014*). Кроме приведенных процессов обработки мясных продуктов широко используют специфические и комбинированные процессы. Следует отметить, что рассмотренные технологии мясопродуктов общественного питания, как правило, включают в себя большое количество технологических операций, начиная от первичной обработки сырья и заканчивая процессами доведения продукции до кулинарной готовности, ее порционирования и подачи. Кроме того, процессы механической обработки мяса существенно влияют на процессы массообмена и тепловые процессы, в комплексе определяют показатели качества получаемой продукции, а также эффективность технологического использования сырья в целом.

## Материалы и методы

Объектами исследования являлись стандартные и экспериментальные режущие транспортирующие рабочие органы мясорубок ME858D32 и МИМ-300 (ножи и ножевые решетки). Экспериментальные двухсторонние ножи имеют на каждой лопасти по два режущих края с тупыми углами заточки и два с острыми. В качестве транспортирующих рабочих органов использовались стандартные шнеки и модернизированный шнек со вставками-гильзами. Внутренний диаметр вставки-гильзы соответствует наружному диаметру шнека, а внешний ее диаметр равен внутреннему диаметру выступов рабочей камеры. Угол подъема винтовой линии модернизированных шнеков составлял 5, 10, 15 и 20°. Объектами исследований были также продукты животного и растительного происхождения. Из продуктов животного происхождения использовали сырое и вареное котлетное мясо (говядина второй категории, шейная часть), а также отходы обработки, зачистки говяжьей туши (сухожилия, хрящи, пленки и другие обрезки). Из продуктов растительного происхождения использовались сырые и вареные морковь, тыква, свекла.

Для проведения исследований энергетических параметров процесса измельчения была использована методика с разработанной экспериментальной установкой, которая позволяет экспериментально определить независимо друг от друга составляющие мощности, а именно:

- 1) мощность, которая используется непосредственно для резки продукта в плоскости резки  $N_{рез}$ ;
- 2) мощность, затрачиваемая на продвижение шнеком различных видов продуктов в зону резания, давливания его в отверстия ножевых решеток;
- 3) мощность, необходимая на преодоление сил трения, возникающих при контакте продукта с внутренней поверхностью рабочей камеры шнека и различными поверхностями режущих рабочих органов  $N_{шн}$ ;

4) мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в плоскости контакта опорных граней ножа и ножевых решеток  $N_{тр}$ ;

5) мощность, которая используется для работы привода  $N_{пр}$ .

### Результаты и обсуждение

Из всего ассортимента мясной кулинарной и обеденной продукции наиболее полно представлены блюда из жареных, тушеных и отварных говядины и свинины. Анализ кулинарного использования отдельных частей туши свидетельствует о том, что основным технологическим направлением переработки мясного сырья является производство из него так называемых жареных рубленых мясных изделий, а также мясных фаршей и начинок для мучных изделий. При этом из говяжьей туши может быть использовано для этих целей около 40 % мяса от ее массы, а из свиной туши – около 29 % (Гаврилов, 2015).

Одними из самых распространенных процессов измельчения пищевых продуктов являются процессы получения фаршевой продукции. Несмотря на традиционность этих процессов и оборудования для их реализации им присущ ряд недостатков: во-первых, неэффективность измельчения некоторых видов мясного сырья, содержащих большое количество жесткой соединительной ткани, что приводит к снижению качества фарша и увеличению энергоемкости и трудоемкости процессов измельчения; во-вторых, используемое технологическое оборудование имеет ограниченный диапазон функциональных возможностей, что не позволяет получить тонкодисперсный фарш. Следует также отметить низкую эффективность процесса многократного измельчения фарша за счет снижения производительности дробилок при использовании традиционных транспортирующих механизмов.

Также на сегодняшний день отсутствуют комплексные научные подходы к изучению влияния конструктивно-эксплуатационных параметров процесса измельчения на комплекс показателей качества фарша (дисперсность, удельную площадь поверхности, структурно-механические свойства, влагоудерживающую способность и т. д.), что отрицательно влияет на совершенствование оборудования, технологий и качества фаршевых изделий.

В связи с этим становится актуальной задача по научному обоснованию направлений совершенствования процесса измельчения пищевых продуктов и оборудования с целью снижения энергоемкости и трудоемкости процесса, расширения функциональных возможностей технологического оборудования и повышения показателей качества фаршевой продукции.

Анализируя результаты исследований, которые нацелены на определение влияния конструктивных параметров процесса измельчения различных продуктов на энергетические и технико-экономические показатели, можно отметить, что структура составляющих мощности, потребляемой на проведение процесса измельчения, существенно отличается. Различия в структуре составляющих обусловлены как различными структурно-механическими характеристиками продуктов, так и конструктивными параметрами самих измельчителей. Кроме того, необходимо отметить, что изменение различных конструктивных параметров дробилок на одинаковую величину при измельчении различных пищевых продуктов приводит к различному изменению структуры составляющих мощности в целом, а также к различным абсолютным и относительным изменениям отдельных ее составляющих. Различные соотношения составляющих используемой мощности указывают на целесообразность модернизации режущих рабочих органов дробилок для продуктов, имеющих большую составляющую мощности используемой на резку продукта в плоскости резания режущей пары нож – решетка.

Результаты исследований показывают, что наиболее существенно на удельную работу резания влияет угол заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей при измельчении пищевых продуктов, которые имеют высокие показатели прочности. Вышесказанное говорит о целесообразности модернизации режущих рабочих органов с целью снижения энергоемкости процесса измельчения именно этой группы продуктов.

Рассматривая зависимость удельной работы резания от углов заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей при измельчении мясного обреза, можно отметить, что для данного сырья в зависимости от содержания эластиновых и коллагеновых волокон при изменении угла заточки от 15 до 90° удельная работа меняется в 2–6 раз. Наименее энергоемким является процесс измельчения при использовании ножевых решеток и ножей с углами заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей, равными 15°. Однако ножи и решетки с данным углом заточки имеют достаточно низкие показатели долговечности и надежности в связи с их малой износостойкостью. Это мнение поддерживают и другие авторы (Драгилев и др., 2001; Патиева и др., 2017; Гаврилов, 2014; 2015; Комиссаров, 2003), которые не рекомендуют использовать ножи и решетки с углами заточки режущих краев лезвий ножей и отверстий решеток менее 30°.

Удельная работа резки меньше зависит от изменения углов заточки, так как тангенс среднего угла подъема касательной, характеризующий скорость изменения удельной работы резания в зависимости от изменения угла заточки, на данном интервале составляет в среднем 0,5. Аналогичный показатель

на интервале углов заточки 30–90° составляет уже 1,73. Сравнивая значения тангенсов угла подъема касающихся функций зависимости удельной работы резания от углов заточки краев отверстий и режущих краев лезвий ножей, можно отметить, что скорость изменения удельной работы резания на интервале углов заточки 30–90° почти в 3,5 раза больше, чем на интервале 15–30°. Вследствие этого, а также с учетом низкой прочности (для ножей) и износостойкости не рекомендуется при изготовлении деталей измельчителей из традиционных материалов использовать режущие рабочие органы с углами заточки краев отверстий решеток и лезвий ножей меньше чем 30°. На интервале углов заточки 30–90° функция зависимости удельной работы резания от углов заточки режущих рабочих органов почти линейная. Поэтому для верхней границы диапазона желаемых углов заточки определяющим критерием выбрано уменьшение абсолютного значения работы резки вдвое. При значении углов заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей, равным примерно 45°, абсолютное значение удельной работы резания при измельчении мясного обреза уменьшается почти вдвое.

Рассматривая процессы измельчения овощного сырья и анализируя энергетические аспекты данного процесса, можно отметить, что данная группа сырья имеет невысокие показатели прочности, которые и обуславливают меньшие значения удельной работы их резки (по сравнению с мясным сырьем) при одинаковых углах заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей (рис. 1).

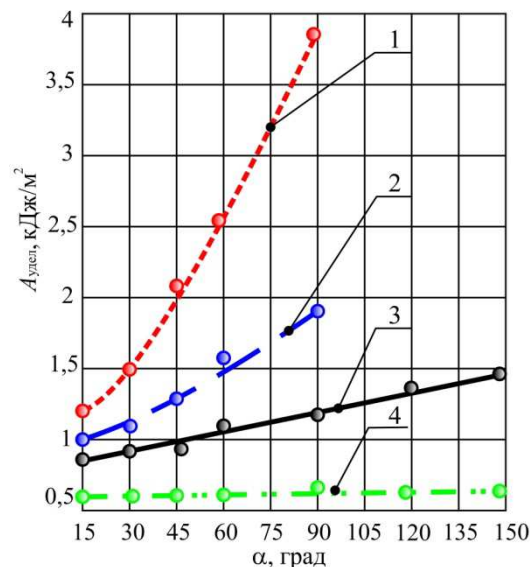


Рис. 1. Зависимость удельной работы резания ( $A_{удел}$ ) от угла заточки краев отверстий решетки и угла заточки лезвий ножа ( $\alpha$ ):

1 – мясной обрез (говядина); 2 – мясо (говядина); 3 – овощи сырые; 4 – овощи вареные

Fig. 1. Dependence of the specific cutting work ( $A_{удел}$ ) on the angle of edge sharpening grid holes and blade sharpening angle ( $\alpha$ ):

1 – meat stock (beef); 2 – meat (beef); 3 – raw vegetables; 4 – boiled vegetables

Анализ воздействия угла заточки на удельную работу резания показал, что угол заточки существенно не влияет на значение удельной работы резания. Таким образом, представляется целесообразным в выборе геометрических параметров рабочих органов руководствоваться влиянием их на показатели качества полуфабрикатов и готовой кулинарной продукции. Рассматривая влияние угла заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей на удельную площадь поверхности частиц фарша (рис. 2), можно отметить, что при увеличении угла заточки от 15 до 150° удельная площадь поверхности частиц фарша из вареных овощей увеличивается на 30–35 %, а при изменении угла от стандартного (90°) до 150° удельная площадь поверхности частиц увеличивается на 18–22 %.

С учетом минимального влияния угла заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей на энергетические показатели и существенного влияния данных геометрических параметров на показатели качества фарша, принято целесообразным для измельчения вареных овощей использовать ножевые решетки и ножи с углами заточки рабочих краев 135–150° (Комиссаров, 2003).

Рассматривая усредненные данные по влиянию геометрических параметров на удельную работу резания и удельную площадь поверхности частиц (рис. 1, 2) при проведении процесса измельчения сырых овощей, можно отметить, что при изменении углов заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей с 15 к 150° удельная работа резания увеличивается вдвое, а удельная поверхность фарша – лишь на 10–13 %. Поэтому в некоторых случаях для повышения показателей качества овощных фаршей можно использовать рабочие органы с тупыми углами заточки рабочих краев.

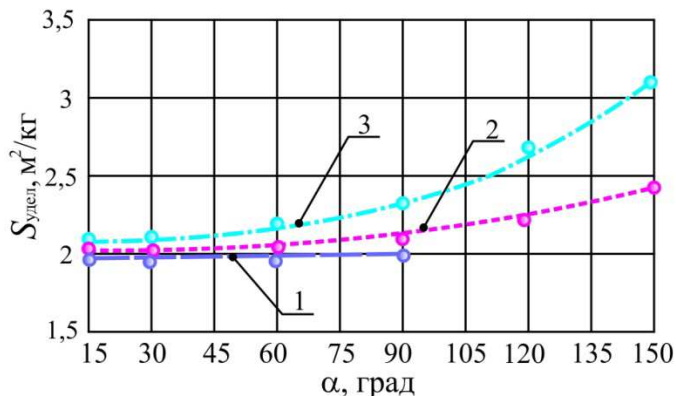


Рис. 2. Зависимость удельной площади поверхности частиц фарша ( $S_{удел}$ ) от угла заточки отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей ( $\alpha$ ) при использовании ножевой решетки с диаметром отверстий 5 мм: 1 – мясо котлетное; 2 – овощи сырые; 3 – овощи вареные  
 Fig. 2. Dependence of the specific surface area of the particles of minced meat ( $S_{удел}$ ) on the angle of grinding the holes of the gratings and cutting edges of the knife blades ( $\alpha$ ) when using a knife grating with a hole diameter of 5 mm: 1 – meat cutlet; 2 – raw vegetables; 3 – cooked vegetables

Для изготовления режущего механизма с выбранными углами заточки предлагается производить универсальные ножи (рис. 3, 4), имеющие одновременно тупые и острые режущие края лезвий, и два вида ножевых решеток с острым (рис. 5) и тупым (рис. 6) углами заточки краев отверстий решетки.

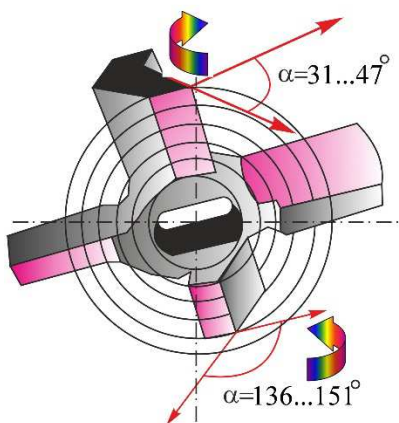


Рис. 3. Нож универсальный  
 Fig. 3. The universal knife

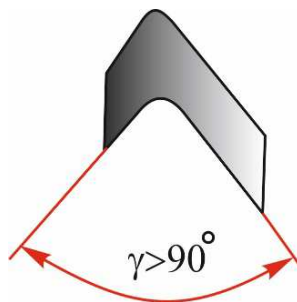


Рис. 4. Сечение лезвия ножа универсального  
 Fig. 4. Cross-section of the universal knife blade

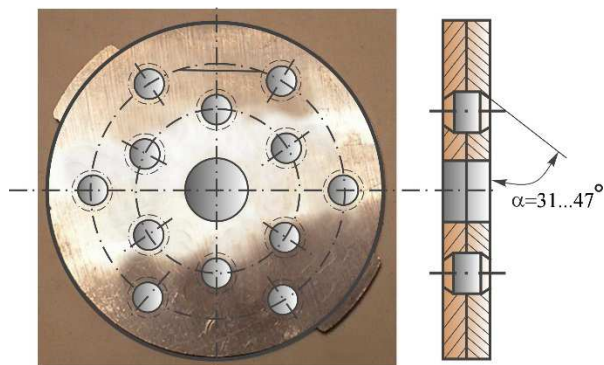


Рис. 5. Решетка для ножа с острым углом заточки краев отверстий  
 Fig. 5. Grate for a knife with sharp corner sharpening the edges of holes

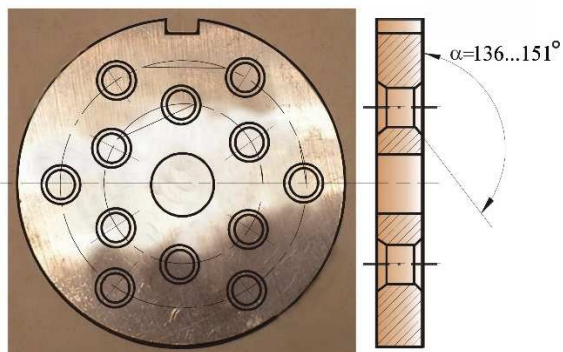


Рис. 6. Решетка для ножа с тупым углом заточки краев отверстий  
 Fig. 6. Grate for a knife with an obtuse angle sharpening the edges of holes

Конструктивно перо лезвий ножей предлагается изготавливать в виде нагнетающих лопастей. Данное исполнение ножей с перьями в виде нагнетающих лопастей позволяет, во-первых, обеспечить дополнительное нагнетание продукта между ножами и решетками, что значительно снижает сопротивление режущих пар и повышает производительность устройства; во-вторых, дополнительно перемешивает продукт между ножевыми решетками, что повышает его качество; в-третьих, максимально увеличивает коэффициент использования площади отверстий ножевых решеток (т. е. максимально увеличивает количество отверстий решеток, открытых для прохождения продукта, так как форма ножей в виде нагнетающих лопастей не закрывает отверстия всей площадью, а перекрывается только незначительная часть отверстий решетки в месте их контакта с опорными гранями лезвий ножа). Увеличение коэффициента использования площади отверстий ножевых решеток обеспечивает повышение производительности устройства.

При измельчении говядины с большим содержанием соединительной ткани на мясорубках наблюдается повышенное энергопотребление вследствие неэффективного процесса ее измельчения. Наряду с этим при измельчении неразрушенные коллагеновые и эластиновые волокна наматываются на ножи и забивают отверстия ножевых решеток. При попадании в фарш такие частицы снижают органолептические показатели качества готовой кулинарной продукции.

Для повышения эффективности процесса измельчения данного вида сырья необходимо снизить энергоемкость процесса их разрушения непосредственно в плоскости резания режущего механизма. Поэтому для снижения удельной работы резания высокопрочных продуктов целесообразно использовать режущие рабочие органы с острыми углами заточки (30–45°) режущих рабочих краев лезвий ножей и краев отверстий ножевых решеток.

Использование данных рабочих органов уменьшает удельную работу резания и приводит к общему снижению энергоемкости процесса измельчения пищевых продуктов.

Для определения зависимости удельной работы резания от конструктивных и эксплуатационных параметров процесса измельчения различных пищевых продуктов был проведен ряд экспериментов, направленных на определение влияния количества измельчений, углов заточки лезвий ножей и углов заточки краев отверстий решеток на удельную работу резания. Результаты представлены на рис. 7, 8.

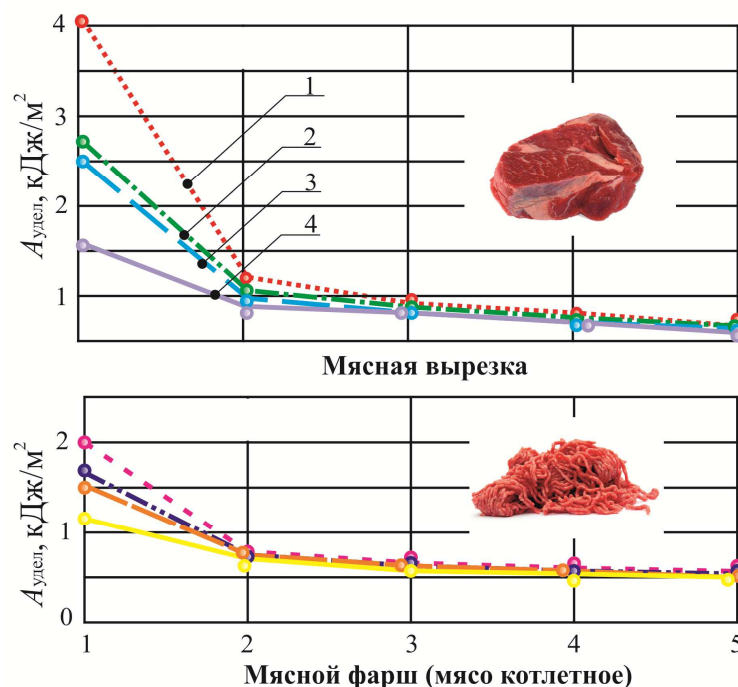


Рис. 7. Зависимость удельной работы резания ( $A_{удел}$ ) говядины от количества измельчений ( $n$ ) и геометрических параметров рабочих органов: 1 – традиционные рабочие органы; 2 – традиционный нож – решетка с острым углом (30°) заточки краев отверстий; 3 – нож с острым углом заточки краев лезвий – традиционная решетка; 4 – нож с острым углом заточки краев лезвий – решетка с острым углом (30°) заточки краев отверстий

Fig. 7. Dependence of the specific cutting work ( $A_{удел}$ ) of beef on the number of grinding ( $n$ ) and geometrical parameters of the working bodies: 1 – traditional working bodies; 2 – a traditional knife – a grating with an acute angle (30°) sharpening the edges of the holes; 3 – a knife with an acute sharpening angle of the edges of the blades – a traditional grille; 4 – a knife with sharp corner sharpening edges of blades – a grating with sharp angle (30°) sharpening the edges of holes

Их общий анализ свидетельствует о том, что наиболее энергоемким видом сырья является мясная вырезка. Удельная работа резания в зависимости от конструктивного исполнения комплекта режущих рабочих органов и процентного содержания в ней волокон грубой соединительной ткани в 1,5–2,5 раза превышает аналогичный показатель для обычного котлетного мяса, в 2–4 раза – ее значение для сырых овощей и 3–6 раз – работу резки вареных овощей (Кузьмин, 2008; Handbook..., 2010; Пелеев, 1971; Tong et al., 2013; Полуян, 2006).

Почти для всех продуктов характерно резкое снижение значений работы резания при повторных измельчениях фарша по сравнению с первичным измельчением. Исключение составляют только результаты, полученные при измельчении вареных овощей, что обусловлено незначительными прочностными характеристиками данного вида сырья, а также процессом его предварительного измельчения шнеком о стенки и винтовую нарезку рабочей камеры.

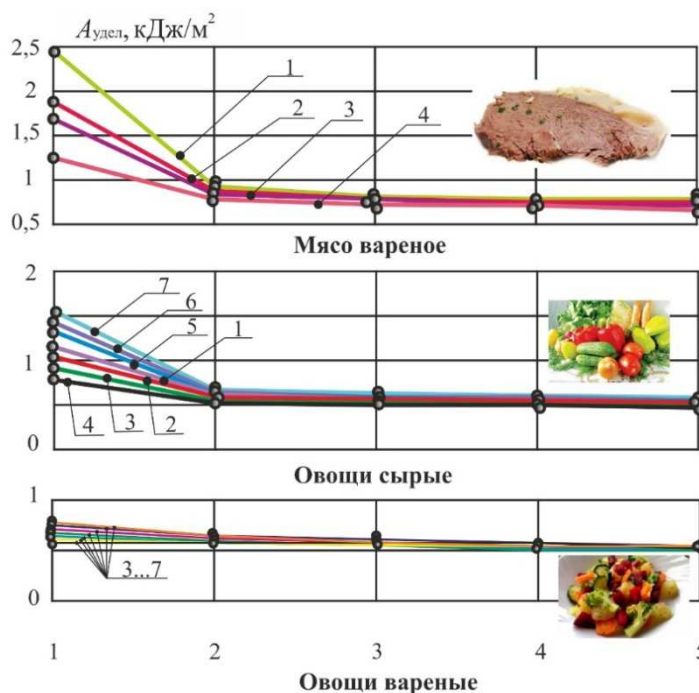


Рис. 8. Зависимость удельной работы резания ( $A_{удел}$ ) говядины от количества измельчений ( $n$ ) и геометрических параметров рабочих органов: 1 – традиционные рабочие органы; 2 – традиционный нож – решетка с острым углом ( $30^\circ$ ) заточки краев отверстий; 3 – нож с острым углом заточки краев лезвий – традиционная решетка; 4 – нож с острым углом заточки краев лезвий – решетка с острым углом ( $30^\circ$ ) заточки краев отверстий; 5 – традиционный нож – решетка с тупым ( $150^\circ$ ) углом заточки краев отверстий; 6 – нож с тупым углом ( $150^\circ$ ) заточки краев лезвий традиционная решетка; 7 – нож с тупым углом ( $150^\circ$ ) заточки краев лезвий – решетка с тупым углом ( $150^\circ$ ) заточки краев отверстий

Fig. 8. Dependence of the specific cutting work ( $A_{удел}$ ) of beef on the number of grindings ( $n$ ) and geometrical parameters of the working bodies: 1 – traditional working bodies; 2 – a traditional knife – a grating with an acute angle ( $30^\circ$ ) sharpening the edges of the holes; 3 – a knife with an acute sharpening angle of the edges of the blades – a traditional grating; 4 – a knife with an acute angle of sharpening the edges of the blades – a grating with an acute angle ( $30^\circ$ ) sharpening the edges of the holes; 5 – a traditional knife – a grating with blunt ( $150^\circ$ ) angle of sharpening the edges of the holes; 6 – a knife with blunt angle ( $150^\circ$ ) sharpening edges of blades traditional grating; 7 – a blade with obtuse angle ( $150^\circ$ ) sharpening edges of blades – a grating with blunt angle ( $150^\circ$ ) sharpening the edges of holes

Поэтому при измельчении мяса с повышенным содержанием соединительной ткани рекомендуется использовать комплект режущих рабочих органов с острым углом заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей. Использование данного комплекта рабочих органов позволяет существенно уменьшить работу резки данного вида сырья и повысить органолептические показатели качества готовых кулинарных изделий благодаря отсутствию в фарше неизмельченных волокон соединительной ткани (Гаврилов, 2016).

При измельчении сырого и вареного котлетного мяса наблюдается снижение работы их резки при использовании модернизированных режущих органов с углами заточки краев отверстий ножевых решеток и углом заточки режущего края лезвий ножей  $30^\circ$  по сравнению с контролем ( $90^\circ$ ) соответственно

в 1,6 раза и в 2 раза. Поэтому при измельчении данных видов сырья желательно использовать модернизированные рабочие органы с острым углом заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей (Сидоряк, 2007).

При измельчении сырых овощей и использовании режущего механизма с различными комбинациями рабочих органов, имеющих углы заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей 30, 90 и 150°, удельная работа резания изменяется до 30 %. Учитывая увеличение дисперсности во время измельчения сырых овощей, при использовании режущих рабочих органов с тупыми углами заточки краев отверстий ножевых решеток и режущих краев лезвий ножей при небольшом изменении удельной работы резания в зависимости от технологических требований к готовому продукту возможно использование модернизированных рабочих органов с тупыми углами заточки краев отверстий решеток и режущих краев лезвий ножей.

### Выводы

Полученные результаты подтвердили характер влияния конструктивно-эксплуатационных параметров оборудования измельчения на показатели качества фаршевых продуктов, а именно: предположение о существенном снижении усилия и работы резания при использовании ножей и решеток с острыми углами заточки краев лезвий ножей и отверстий для мясных продуктов с повышенным содержанием высокопрочной соединительной ткани (эластиновыми и коллагеновыми волокнами). Усовершенствование рабочих органов оборудования с целью расширения диапазона их технологических возможностей, снижения удельной энергоёмкости и трудоёмкости процесса измельчения обеспечивается за счет использования модернизированных режущих рабочих органов, что позволяет в 2–3 раза уменьшить удельную работу резания пищевых продуктов. При этом замена в стандартном комплекте только одной решетки на модернизированную снижает работу резания в среднем в 1,6 раза, а при использовании модернизированного ножа в паре с обычными решетками – в 1,8 раза.

### Библиографический список

- Гаврилов Т. А. Исследование процесса измельчения мягких субпродуктов и разработка конструкции измельчителя для звероводства : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01. Петрозаводск, 2014. 147 с.
- Гаврилов Т. А. Повышение эффективности измельчения мясо-рыбного сырья // Пища. Экология. Качество : тр. XIII междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 18–19 марта 2016 г. Новосибирск, 2016. Т. I (А-3). С. 257–260.
- Гаврилов Т. А. Разработка ресурсо- и энергосберегающего аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 23–27 июня 2014 г. Петрозаводск : Петропресс, 2015. Ч. 1. С. 52–55.
- Драгилов А. И., Дроздов В. С. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК. М. : Колос, 2001. 352 с.
- Комиссаров С. С. Исследование процесса измельчения мясного сырья в волчках и разработка ножевых головок : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Воронеж, 2003. 159 с.
- Кузьмин В. В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Санкт-Петербург, 2008. 129 с.
- Патиева С. В., Патиева А. М., Лисовицкая Е. П. Технологические аспекты производства специализированных продуктов питания на основе животноводческого сырья : [монография]. Краснодар : КубГАУ, 2017. 185 с.
- Пелеев А. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Пищевая промышленность, 1971. 519 с.
- Полуян В. А. Повышение долговечности ножей мясоизмельчительных машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03. зерноград, 2006. 163 с.
- Сидоряк А. Н. Совершенствование процесса измельчения мяса: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Москва, 2007. 177 с.
- Handbook of meat processing / ed. Fidel Toldrá. Ames, Iowa, USA : Blackwell Publishing, 2010.
- Tong B.-H., Sun J., Xu Z.-H., Chen Z.-Y. [et al.]. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding // Modern Food Science and Technology. 2013. Vol. 29, Iss. 12. P. 2953–2957, (P. 2969).

### References

- Gavrilov, T. A. 2014. Investigation of the grinding process of soft offal and the development of the design of a shredder for farming. Ph.D. Thesis. Petrozavodsk. (In Russ.)
- Gavrilov, T. A. 2016. Improving the efficiency of grinding meat and fish raw materials. Proceedings of XIII Intern. conf. *Food. Ecology. Quality*, 18–19 March. Novosibirsk, pp. 257–260. (In Russ.)



- Gavrilov, T. A. 2015. Development of resource and energy-saving hardware complex for grinding meat and fish raw materials. In coll. articles *Low-rise wooden housing: economics, architecture and resource-saving technologies*, 23–27 June. Petrozavodsk, Petropress, Part 1, pp. 52–55. (In Russ.)
- Dragilev, A. I., Drozdov, V. S. 2001. Technological equipment of enterprises of processing industries of agroindustrial complex. Moscow, Kolos. (In Russ.)
- Komissarov, S. S. 2003. Investigation of the process of grinding meat raw materials in the tops and the development of knife heads. Ph.D. Thesis. Voronezh. (In Russ.)
- Kuzmin, V. V. 2008. Improving the process of cutting raw meat on the basis of mathematical modeling of the cutting tools shape. Ph.D. Thesis. St. Petersburg. (In Russ.)
- Patieva, S. V., Patieva, A. M., Lisovitskaya, E. P. 2017. Technological aspects of producing specialized foodstuff based on livestock raw material. Monograph. Krasnodar, KubSAU. (In Russ.)
- Pelev, A. I. 1971. Technological equipment of enterprises of the meat industry. Moscow, Pishchevaya promyshlennost'. (In Russ.)
- Poluyan, V. A. 2006. Increasing the durability of knives meat chopping machines. Ph.D. Thesis. Zernograd. (In Russ.)
- Sidoryak, A. N. 2007. Improving the process of grinding meat. Ph.D. Thesis. Moscow. (In Russ.)
- Handbook of meat processing, 2010. Ed. Fidel Toldrá. Ames, Iowa, USA, Blackwell Publishing.
- Tong, B.-H., Sun, J., Xu, Z.-H., Chen, Z.-Y. et al. 2013. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding. *Modern Food Science and Technology*, 29(12), pp. 2953–2957, (P. 2969).

#### Сведения об авторах

**Покинтелица Николай Иванович** – ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Россия, 299053; Севастопольский государственный университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: nik.pokintelitsa@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0277-9252>

**Nikolai I. Pokintelitsa** – 33 Universitetskaya Str., Sevastopol, Russia, 299053; Sevastopol State University, Dr of Engineering, Professor; e-mail: nik.pokintelitsa@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0277-9252>

**Левченко Елена Александровна** – ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Россия, 299053; Севастопольский государственный университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: ealev1978@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9628-1502>

**Elena A. Levchenko** – 33 Universitetskaya Str., Sevastopol, Russia, 299053; Sevastopol State University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: ealev1978@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9628-1502>