

УДК 631.3 : 637.5

DOI: 10.15393/j2.art.2017.3741

Статья

Совершенствование процесса измельчения мясо-рыбного сырья

Тиммо А. Гаврилов ^{1,*}

¹ ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33; gavrilov@petrstu.ru (Т.А.Г.)

* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: gavrilov@petrstu.ru (Т.А.Г.);
Tel.: +7(8142)711046; Fax: +7(8142)711000.

Получена: 8 февраля 2017 / Принята: 10 марта 2017 / Опубликовано: 25 марта 2017

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме низкой эффективности процесса измельчения мясо-рыбного сырья. Приведены основные недостатки оборудования применяемого для измельчения мясо-рыбного сырья. Предложены конструктивно-технологические решения по совершенствованию процесса измельчения мясо-рыбного сырья, которые легли в основу нового аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья. Разработана конструкция и функциональная схема аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья. Аппаратный комплекс обеспечивает значительное снижение трения в режуще-транспортирующем механизме, совмещение операций транспортирование и измельчение мясо-рыбного сырья, его поступательное и многоступенчатое измельчение, непрерывную подачу в измельчитель, постоянный контроль и регулирование параметров процесса загрузки и переработки мясо-рыбного сырья. Все это позволяет повысить ресурсо- и энергоэффективность, надежность и степень автоматизации процесса измельчения мясо-рыбного сырья.

Ключевые слова: измельчение; мясо-рыбное сырье; ресурсо- и энергоэффективность; надежность; степень автоматизации

Article

Improving the process of grinding meat and fish raw materials

Timmo A. Gavrilov^{1,*}

¹ Petrozavodsk State University, Lenin Str. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia; E-Mails: gavrilov@petsu.ru (T.A.G.)

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: gavrilov@petsu.ru (T.A.G.); Tel.: +7(8142)711046; Fax: +7(8142)711000.

Received: 8 February 2017 / Accepted: 10 March 2017 / Published: 25 March 2017

Abstract: The article is devoted to the actual problem of the low efficiency of the process of grinding meat and fish raw materials. The main drawbacks of the equipment used for grinding meat and fish raw materials are given. Structural and technological solutions were proposed to improve the process of grinding meat and fish raw materials, which formed the basis for a new hardware complex for grinding meat and fish raw materials. The design and functional scheme of the hardware complex for grinding meat and fish raw materials has been developed. The hardware complex provides a significant reduction in friction in the cutting-transport mechanism, the combination of operations transporting and chopping meat and fish raw materials, its progressive and multistage grinding, continuous feeding into the grinder, constant monitoring and regulation of the parameters of the process of loading and processing meat and fish raw materials. All this allows increasing the resource and energy efficiency, reliability and degree of automation of the process of grinding meat and fish raw materials.

Keywords: grinding; meat and fish raw material; resource and energy efficiency; reliability; degree of automation

Основной и наиболее значимой операцией переработки мясо-рыбного и мясо-костного сырья как в организациях агропромышленного комплекса, так и организациях мясо- и рыбоперерабатывающей промышленности является операция измельчение. Наиболее универсальным и распространенным оборудованием для осуществления операции измельчение мясо-рыбного и мясо-костного сырья являются измельчители с питающим шнеком [1, 2]. Принцип действия и устройство измельчителей с питающим шнеком как иностранного (например, таких производителей как: «Petsmo products AB» (Финляндия), «Koneteollisuus Oy» (Финляндия), «Yuanchang Food Mechanism & Technology co.Ltd» (Китай), «Wolfking» (Дания), «Maschinenfabrik Dornhan (MaDo)» (Германия), «Karl Schnell GmbH & Co» (Германия), «La Minerva» (Италия), «La Felsinea S. R. L.» (Италия), «Fatosla» (Испания) и др.), так и отечественного производства (например, таких производителей как: «Завод «Торгмаш», «Чувашторгтехника», «Эртильский механический завод», «Красмаш», «Пильнинский завод Агропромсервис», «ДиПиПром» и др.) сходны, различаются они только значениями своих технических характеристик (габаритными размерами, производительностью, мощностью, и др.). Основными рабочими узлами измельчителей с питающим шнеком являются подающий и режущий механизмы.

Эффективность работы измельчителей с питающим шнеком наиболее полно позволяют оценить следующие критерии: энергоэффективность, ресурсоэффективность, надежность и степень автоматизации.

Энергоэффективность. Эффективная работа режущего механизма невозможна без плотного прижатия решеток к лопастным ножам, в противном случае мясо-рыбное сырье не имеет подпора и наволакивается на компоненты режущего механизма. Все это ведет к значительному повышению затрат энергии и температуры мясо-рыбного сырья, а также к снижению производительности измельчителей с питающим шнеком. Рабочее удельное давление на участке контакта решеток и лопастных ножей измельчителей с питающим шнеком варьируется в интервале от 1,0 до 10,0 МПа, при этом энергозатраты на трение решеток и лопастных ножей достигают до 90 % всех затрат энергии, потребляемых измельчителями с питающим шнеком [1–5]. Трение, возникающее в режущем механизме, ведет к значительным потерям энергоресурсов. В связи с чем, очевидно, что измельчители с питающим шнеком чрезвычайно неэффективно распределяют затраты энергии на процесс измельчения мясо-рыбного сырья, вследствие чего имеют низкую энергоэффективность.

Ресурсоэффективность. При достаточно плотном прижатии решеток к лопастным ножам в зоне их контакта генерируется тепло, ведущее к нагреву мясо-рыбного сырья, что влечет за собой снижение питательной ценности мясо-рыбного сырья. Так, А.И. Пелеев [1, 6] отмечает, что температура в режущем механизме измельчителей с питающим шнеком при перерывах в подаче в него мясо-рыбного сырья через минуту может достигать 120 °С. Также необходимо отметить, что в ходе работы измельчителей с питающим шнеком наблюдается возникновение трения мясо-рыбного сырья о поверхность отверстий решеток, и мясо-рыбного сырья о внутреннюю поверхность рабочего цилиндра, что опять же вызывает нагрев

мясо-рыбного сырья и решеток и увеличение энергозатрат на работу измельчителей с питающим шнеком. Известно [1, 7, 8], что при приложении к мясо-рыбному сырью энергии она превращается в тепло. Нагревание мясо-рыбного сырья до температуры 100 °С и более ведет к деструкции протеинов, протекающей в двух направлениях: во-первых, происходит деструкция некоторых аминокислот мясо-рыбного сырья с разрушением функциональных групп, во-вторых, происходит гидролитический распад белков с накоплением аминного азота. Вследствие этих превращений часть протеинов мясо-рыбного сырья становится недоступной для усвоения и переваривания, что ведет к уменьшению питательной ценности мясо-рыбного сырья, и говорит о низкой ресурсоэффективности измельчителей с питающим шнеком.

Надежность. В процессе эксплуатации измельчителей с питающим шнеком в поточных линиях цехов по переработки мясо-рыбного сырья отмечаются частые отказы измельчителей с питающим шнеком, связанные с износом и поломкой силовой установки и компонентов режущего механизма [2, 9, 10]. Которые возникают вследствие забивания и заклинивания режущего и подающего механизмов частицами мясо-рыбного сырья. Причиной забивания и заклинивания служит отсутствие автоматизации управления процессом загрузки мясо-рыбного сырья, ведущее к не согласованности скорости загрузки (ручной или с использованием загрузочных транспортеров) мясо-рыбного сырья в измельчители с питающим шнеком со скоростью вращения подающего и режущего механизмов самих измельчителей с питающим шнеком. Все это приводит к частым простоям поточных линий цехов по переработки мясо-рыбного сырья и говорит о низкой надежности измельчителей с питающим шнеком.

Степень автоматизации. Также в процессе эксплуатации измельчителей с питающим шнеком в поточных линиях цехов по переработки мясо-рыбного сырья отмечается возникновение проблем с недостаточным заполнением рабочего цилиндра измельчителей с питающим шнеком мясо-рыбным сырьем [11, 12]. Так коэффициент заполнения рабочего цилиндра в среднем составляет всего 0,5-0,6, что ведет к снижению производительности измельчителей с питающим шнеком, а также излишним энергозатратам. Причиной недостаточного заполнения рабочего цилиндра также служит отсутствие автоматизации управления процессом загрузки мясо-рыбного сырья, ведущее к не согласованности скорости загрузки (ручной или с использованием загрузочных транспортеров) мясо-рыбного сырья в измельчители с питающим шнеком со скоростью вращения подающего и режущего механизмов самих измельчителей с питающим шнеком.

Таким образом, обобщая и анализируя приведенные данные, необходимо отметить, что измельчителям с питающим шнеком присуще низкие ресурсо- и энергоэффективность, степень автоматизации и надежность, что является серьезной проблемой, требующей скорейшего решения. В связи с этим, не вызывает сомнения необходимость и своевременность проведения исследований по повышению ресурсо- и энергоэффективности,

надежности и степени автоматизации оборудования применяемого для измельчения мясо-рыбного сырья.

Ранее автором на базе детального изучения и анализа недостатков, присущих измельчителям с питающим шнеком, были разработаны конструктивно-технологические решения по повышению ресурсо- и энергоэффективности, надежности и степени автоматизации оборудования применяемого для измельчения мясо-рыбного сырья, представленные в работе [11]. Это стало отправным этапом в решении проблемы низких ресурсо- и энергоэффективности, степени автоматизации и надежности.

Следующим этапом в решении этой проблемы является разработка аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья объединяющего в себе разработанные конструктивно-технологические решения (конструкцию измельчителя и схему автоматизированной системы управления работой аппаратного комплекса).

В связи с этим, автором разработан аппаратный комплекс для измельчения мясо-рыбного сырья, объединяющий в себе эти конструктивно-технологические решения. Его основными узлами являются:

- транспортер;
- измельчитель мясо-рыбного сырья;
- автоматизированная система управления работой аппаратного комплекса.

На конструкцию аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья автором получен патент на полезную модель RU 168052 (Опубл.: 18.05.2016) под названием «Автоматизированный аппаратный комплекс для измельчения мясо-рыбного сырья».

Каждый из перечисленных узлов аппаратного комплекса выполняет определенные функции. Транспортер выполняет функцию непрерывной подачи кусков мясо-рыбного сырья в измельчитель мясо-рыбного сырья. Измельчитель мясо-рыбного сырья выполняет функцию непрерывного, поступательного и многоступенчатого измельчения этих кусков. Автоматизированная система управления работой аппаратного комплекса выполняет функцию непрерывного контроля и регулирования параметров процесса загрузки и переработки мясо-рыбного сырья.

На рисунке 1 представлена конструкция аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья, а на рисунке 2 его функциональная схема.

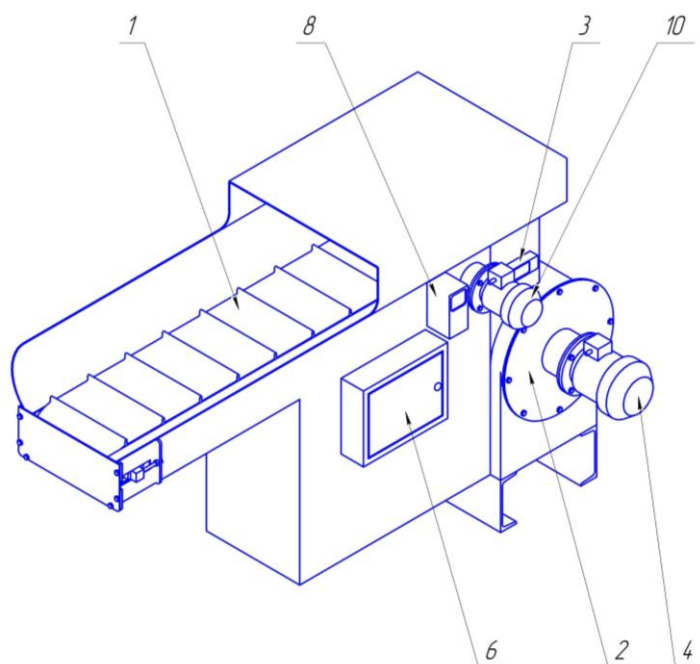


Рисунок 1. Конструкция аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья.

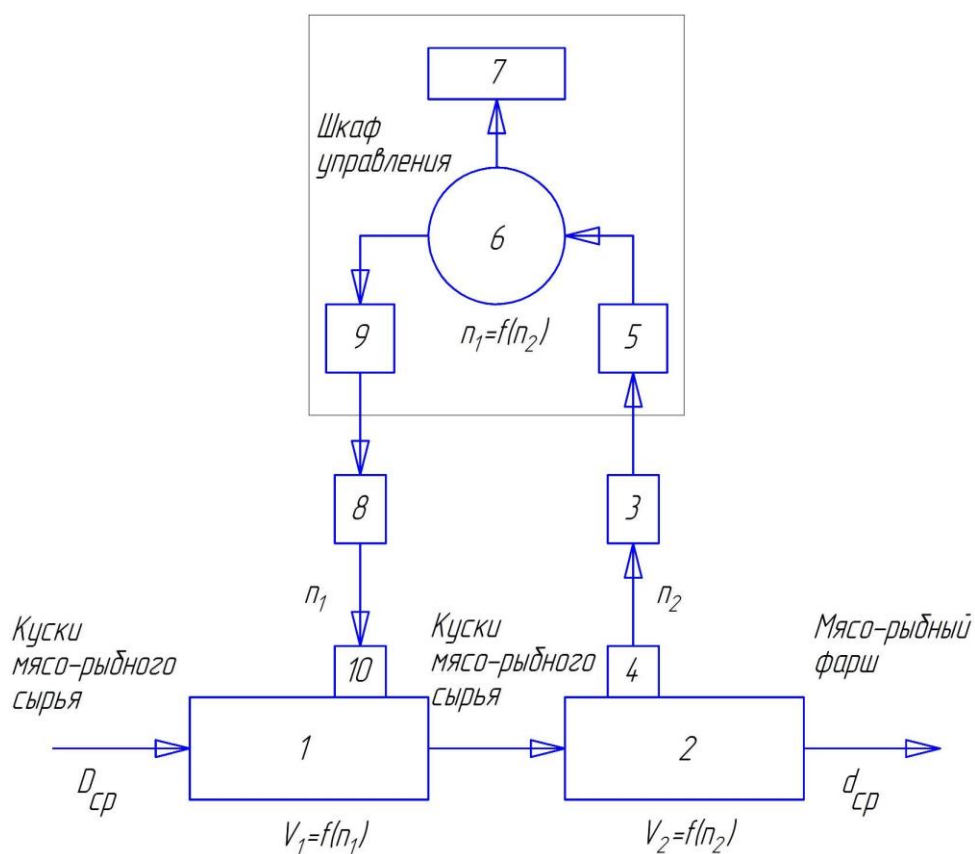


Рисунок 2. Функциональная схема аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья.

В соответствии с функциональной схемой аппаратный комплекс работает следующим образом. Транспортёр 1 захватывает куски мясо-рыбного сырья со средним размером кусков $D_{\text{ср}}$ и подает их со скоростью V_1 (которой соответствует частота вращения n_1 электродвигателя 10 транспортера 1) в измельчитель мясо-рыбного сырья 2, который одновременно осуществляет их транспортирование и поступательное, и многоступенчатое измельчение со скоростью V_2 (которой соответствует частота вращения n_2 электродвигателя 4 измельчителя мясо-рыбного сырья 2) до получения мясо-рыбного фарша со средним размером частиц $d_{\text{ср}}$. Частота вращения n_2 электродвигателя 4 считывается датчиком (тахометром) 3, и посредством модуля ввода 5 передается на программируемый логический контроллер 6 в виде аналогового сигнала, который обрабатывает полученные данные и по записанной в него программе формирует управляющий аналоговый сигнал на исполнительное устройство (частотный преобразователь) 8. Управляющий аналоговый сигнал через модуль вывода 9 поступает на исполнительное устройство (частотный преобразователь) 8, которое в соответствии с управляющим аналоговым сигналом, регулирует частоту вращения n_1 электродвигателя 10, тем самым регулирует скорость подачи V_1 кусков мясо-рыбного сырья в измельчитель мясо-рыбного сырья 2, т. к. скорость подачи V_1 связана с частотой вращения n_1 зависимостью $V_1 = f(n_1)$. Измеряемое датчиком (тахометром) 3 значение частоты вращения отображается на панели оператора 7.

Частота вращения n_2 электродвигателя 4 изменяется в зависимости от количества мясо-рыбного сырья подаваемого в измельчитель мясо-рыбного сырья 2. Существует оптимальное количество подаваемого мясо-рыбного сырья, при котором величина заполнения измельчителя мясо-рыбного сырья 2 максимальная, и при этом не происходит забивания и заклинивания режуще-транспортирующего механизма измельчителя мясо-рыбного сырья 2, ведущего к износу и поломкам электродвигателя 4, а также его винтовой поверхности и ножей-лопастей. Этому оптимальному количеству подаваемого мясо-рыбного сырья соответствует определенное значение частоты вращения n_1 электродвигателя 10 (или скорости подачи V_1 кусков мясо-рыбного сырья в измельчитель мясо-рыбного сырья 2). Вследствие чего они связаны некой функцией $n_1 = f(n_2)$, которая задана в программе программируемого логического контроллера 6.

В результате, аппаратный комплекс для измельчения мясо-рыбного сырья позволяет повысить ресурсо- и энергоэффективность, надежность и степень автоматизации процесса измельчения мясо-рыбного сырья за счет того, что он обеспечивает:

- значительное снижение трения в режуще-транспортирующем механизме, ведущее к сокращению затрат энергии и потерь питательной ценности мясо-рыбного сырья;
- совмещение операций транспортирование и измельчение мясо-рыбного сырья, ведущее к повышению производительности;
- поступательное и многоступенчатое измельчение мясо-рыбного сырья, ведущее к повышению степени измельчения мясо-рыбного сырья и сокращению затрат энергии;

- непрерывную подачу мясо-рыбного сырья в измельчитель мясо-рыбным сырьем, ведущую к повышению производительности;
- постоянный контроль и регулирование параметров процесса загрузки и переработки мясо-рыбного сырья, ведущие к повышению коэффициента заполнения измельчителя мясо-рыбным сырьем, а также предотвращению поломок и износа элементов режущего-транспортного механизма и силовой установки.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонда содействия инновациям) в рамках НИР «Разработка автоматизированного ресурсо- и энергосберегающего аппаратного комплекса повышенной надежности для измельчения мясо-рыбного сырья» (соглашение № 6895ГУ2015 от 30.07.2015).

Литература

1. Гаврилов, Т.А. Исследование процесса измельчения мягких субпродуктов и разработка конструкции измельчителя для звероводства: дис. ... канд. техн. наук. – Петрозаводск, 2014. – 147 с.
2. Гаврилов, Т.А. Разработка ресурсо- и энергосберегающего аппаратного комплекса для измельчения мясо-рыбного сырья // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015. – Ч. 1. – С. 52–55.
3. Комиссаров, С.С. Исследование процесса измельчения мясного сырья в волчках и разработка ножевых головок: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2003. – 159 с.
4. Кузьмин, В.В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2008. – 129 с.
5. Handbook of meat processing / edited by F. Toldrá. Blackwell Publishing, 2010. – 561 pp.
6. Пелеев, А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 519 с.
7. Журавлев, Д.Н. Свойства белка кормов // Кролиководство и звероводство. – 1999. – №6. – С. 9–11.
8. Никонова, Ю.В., Раковская, М.И., Доспехова, Н.А., Зайцева, М.И. Обзор исследований окорки древесины // Resources and Technology. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 11–49.
9. Tong, V.-H., Sun, J., Xu, Z.-H., Chen, Z.-Y., Ji, B., Song, B. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding // Modern Food Science and Technology. 2013. Vol. 29. № 12. P. 2953–2957.
10. Полуян, В.А. Повышение долговечности ножей мясоизмельчительных машин: дис. ... канд. техн. наук. – зерноград, 2006. – 131 с.
11. Гаврилов, Т.А. Повышение эффективности измельчения мясо-рыбного сырья // Пища. Экология. Качество: труды XIII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Изд-во: КрасГАУ, 2016. – С. 257–260.
12. Сидоряк, А.Н. Совершенствование процесса измельчения мяса: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2007. – 176 с.

References

1. Gavrilov, T.A. 2014. Investigation of the process of grinding soft offal and the development of a shredder for fur farming: dis. ... cand. Tech. Sciences. Petrozavodsk, 147 pp.
2. Gavrilov, T.A. 2015. Development of resource and energy-saving hardware for grinding meat and fish raw materials. Wooden low-rise housing construction: economics, architecture and resource-saving technologies: a collection of articles of the scientific-practical conference: 52–55.
3. Komissarov, S.S. 2003. Research of the process of grinding meat raw materials in the top and the development of knife heads: dis. ... cand. Tech. Sciences. Voronezh, 159 pp.
4. Kuzmin, V.V. 2008. Perfection of the process of cutting meat raw materials on the basis of mathematical modeling of the shape of cutting tools: dis. ... cand. Tech. Sciences. St. Petersburg, 129 pp.
5. Handbook of meat processing / edited by F. Toldrá. 2010. Blackwell Publishing, 561 pp.
6. Peleev, A.I. 1971. Technological equipment of meat industry enterprises. Food Industry, Russia, Moscow, 519 pp.
7. Zhuravlev, D.N. 1999. Protein protein properties. Rabbit breeding and fur farming 6: 9-11.
8. Nikonova, Y., Rakovskaya, M., Dospheva, N., Zaitseva, M. 2014. Review of pulpwood debarking processes investigations. Resources and Technology 11 (1): 11–49.
9. Tong, B.-H., Sun, J., Xu, Z.-H., Chen, Z.-Y., Ji, B., Song, B. 2013. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding. Modern Food Science and Technology. Volume 29. № 12. P. 2953–2957.
10. Poluyan, V.A. 2006. Increasing the longevity of knives meat-chopping machines: dis. ... cand. Tech. Sciences. Zernograd, 131 pp.
11. Gavrilov, T.A. 2016. Increasing the efficiency of grinding meat and fish raw materials // Food. Ecology. Quality: Works of the XIII International Scientific and Practical Conference. - Krasnoyarsk: 257–260.
12. Sidoryak, A.N. 2007. Improving the process of grinding meat: dis. ... cand. Tech. Sciences. Moscow, 176 pp.