

Использование новой ресурсосберегающей технологии в производственном процессе

К.П. Колотырин, С.А. Богатырев, Ф.Я. Рудик

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
410012, Саратов, Театральная пл., д. 1*

Аннотация. В статье обосновывается целесообразность применения основ ресурсосбережения при разработке инновационных технологий получения горячей прокаткой из стальных листовых заготовок клинков обвалочных ножей, используемых в мясоперерабатывающей промышленности. Благодаря замене в существующей заводской технологии производства разделочных ножей операции обработки резанием – шлифования – на горячую прокатку достигается значительное снижение металлоемкости процесса. Особенность технологии заключается в минимизации потерь металла в стружку при финишной обработке стальной заготовки ножа резанием. Уменьшение потерь металла при изготовлении подобных стальных деталей и повышение коэффициента использования металла достигается за счет максимально возможного приближения конфигурации поковки к контуру конечного изделия с сохранением регламентированных операционной картой величин припусков. Предложены оптимальные сочетания базовых параметров процесса внедрения ресурсосберегающей технологии в производство. В качестве примера в статье обоснована возможность осуществления процесса формообразования с одновременным упрочнением лезвия клинка ножа при горячей прокатке между деформирующими вальцами. Снижение энергоемкости предлагаемой технологии достигается путем сокращения основного времени на последующую механическую обработку резанием поковки. Практическое опробование предлагаемой ресурсосберегающей технологии в условиях ремонтного производства позволило довести коэффициент использования металла до 95 % и в 1,2 раза снизить себестоимость изготовления конечного изделия – обвалочного ножа. Экономия металлоресурсов при изготовлении данных деталей образуется за счет разницы между необратимыми потерями металла, образующимися при производстве ножей для разделки туш по инновационной и традиционной технологиям. Приведенные в статье технико-экономические расчеты свидетельствуют об эффективности проделанной работы и подтверждают получение предприятием выгоды в случае внедрения в производственном процессе новой заготовительной операции.

Ключевые слова: ресурсосбережение, технология, прокатка, горячая пластическая деформация, нож обвалочный, поковка, металлосбережение

Для цитирования: Колотырин К.П., Богатырев С.А., Рудик Ф.Я. Использование новой ресурсосберегающей технологии в производственном процессе // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 4. С. 494–502. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-4-494-502

Implementation of the new resource saving technology in manufacturing process

K.P. Kolotyryn, S.A. Bogatyryov, F.Ya. Rudik

*Saratov State Vavilov Agricultural University,
1 Teatralnaya Ploshchad, Saratov 410012, Russia*

Abstract. The authors of the article justify the expediency of applying resource saving in developing innovative technologies for hot rolling of boning knife blades from steel slabs. Such knives are widely used in meat processing industry. Metal consumption of the process was significantly reduced after changing the existing factory technology of making boning knives. The operation of cutting or grinding was replaced by hot rolling. The specific feature of the technology lies in minimizing the metal loss into shavings during the final processing of the steel slab by means of cutting. Reducing metal loss in making such steel parts and raising metal utilization rate are achieved by maximum possible approximation of forging configuration to the end product contour and preservation of the allowances regulated by the operational chart. The authors suggest optimal combinations of basic parameters of introduction of resource saving technology into production. To adduce an example the authors justify the possibility of shaping and simultaneous hardening of the knife blade during hot rolling between deforming rollers. Energy intensity of the technology suggested is lowered by means of reducing the time for further mechanic processing of the forging by cutting. Practical approbation of the introduced resource saving technology in repair production made it possible to raise the metal utilization rate to 95% and to reduce by 1.2 the production cost of a boning knife as the end product. When manufacturing the parts metal resources are saved due to the fact that irreversible loss of metal in the innovative technology of the boning knives' production differs a lot from that in the traditional one. Technical and economic calculations adduced in the article show the effectiveness of the research and prove the profit of implementation of the new technology.

Keywords: resource saving, technology, rolling, hot plastic deformation, a boning knife, forging, metal saving

For citation: Kolotyryn K.P., Bogatyryov S.A., Rudik F.Ya. Implementation of the new resource saving technology in manufacturing process. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 4. Pp. 494–502. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1634-2020-4-494-502

在生产过程中使用新的资源节约型技术

科洛蒂林 K.P.，博加蒂列夫 S.A.，鲁迪克 F.Ya.

萨拉托夫瓦维洛夫国立农业大学
410012，萨拉托夫市，剧院广场1号

简评. 本文论证了在开发通过热轧钢板坯料获得肉类加工行业使用的剔骨刀刀片这一创新技术过程中采用资源节约原则的可行性。如果在切刀生产的现有技术中将切割-磨削工序用热轧来取代，可以大大减少加工过程中金属的损失。该技术的一个特点是对切刀钢坯进行最后精加工时，将金属屑的损失降至最低。在这种钢制零件的加工过程中，金属损失的减少和金属利用率的提高是由于锻件的外形尽可能接近最终产品的外形，同时又保持了操作图所规定的余量。提出了将资源节约技术引入生产过程的基本参数的最佳组合。例如，文章中论证了在变形辊之间热轧期间，实现成形过程与刀刃硬化同步的可能性。该创新技术之所以降低能耗是通过减少切割锻件的后续加工时间来实现的。在修复生产条件下对所提议的资源节约技术进行实际测试，结论是可以将金属利用率提高到95%，并可以将最终产品-剔骨刀的生产成本降低1.2倍。在这些零件的制造中节省金属资源是由于使用创新和传统技术生产剔骨刀刀具时形成的不可逆金属损失之间的差异所致。本文中给出的技术和经济计算证明了研究成果的有效性，作者认为，如果将新的制造工序引入生产过程，企业将获得收益。

关键词：节约资源，技术，轧制，热塑性变形，剔骨刀，锻造，节约金属

Введение

Как показывают современные исследования, на данный момент отечественное машиностроение отличается достаточно высоким уровнем материалоемкости. В настоящее время в условиях необходимости снижения энергозатрат в рамках обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции одним из основных направлений развития промышленных предприятий становится ресурсосбережение. Потери металла в стружку при обработке деталей резанием зависят, прежде всего, от метода получения исходной заготовки. Известно, например, что при изготовлении детали из штампованной поковки уходит в стружку от 10 до 30 % металла [1]. Общие потери металла при изготовлении стальных деталей в значительной мере зависят от степени приближения конфигурации поковки к контуру конечного изделия, а также от требуемой точности размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей, влияющих в итоге на величину припусков. Известные методы производства клинковых ножевых изделий, заключающиеся в плоском шлифовании лезвий с двух сторон, имеют существенный недостаток, заключающийся в почти двукратном потреблении легированной быстрорежущей стали. Также длительное шлифование сопровождается нарушением целостности волокнистой макроструктуры заготовки ножа из листового проката, что приводит к снижению упругости клинка и его преждевременному затуплению при разделке мяса [2, 3]. Проведенный сравнительный анализ технологических операций с учетом современных требований к ресурсосбережению показал, что для производства клинковых разделочных и обвалочных ножевых изделий из листового профиля целесообразно использовать вырубку заготовки из стальной полосы на гильотине, нагрев до температуры пластичности и прокатку между валками, что позволяет дополнительно сэкономить до 25 % легированной стали 40X13 [4], способствует получению упрочненных клинкообразующих поверхностей с требуемой шероховатостью, исключает трудоемкую операцию двустороннего черного шлифования.

В источниках [5–8] доказано, что режущий инструмент, используемый на мясоперерабатывающих предприятиях и изготовленный методами горячей пластической деформации, обладает повышенной износостойкостью (на 15–20 %) и высоким коэффициентом использования металла, достигающим 0,90–0,95.

Перечисленные достоинства предлагаемой технологии подтверждают перспективность ее дальнейшего широкого применения.

Цель работы – обоснование применения для изготовления стальных лезвий ножей ресурсосберегающей технологии горячей профильной прокатки, обеспечивающей повышение коэффициента использования металла по сравнению с традиционной технологией изготовления аналогичных деталей обработкой резанием.

Методы исследования

При исследовании процесса формообразования лезвия ножа из листовой заготовки использовался вариационный метод, суть которого заключается в подборе «подходящих» функций для математического описания характера перемещений металла в процессе прокатки заготовки между вальцами и для оценки степени влияния геометрических параметров дугообразных деформирующих поверхностей вальцов на эффективность процесса [9–13].

Сущность модельных построений при назначении параметров ресурсосберегающей технологии заключается в нахождении рационального соотношения между физическими, макро- и микроструктурными показателями, долговечностью и износостойкостью.

Моделированием на алюминиевых моделях установлено, что при производстве разделочных ножевых изделий, широко используемых в мясоперерабатывающих предприятиях, с учетом современных требований к ресурсосбережению целесообразно вместо трудоемкого и затратного черного шлифования применять пластическую деформацию, заключающуюся в прокатке между деформирующими профильными валками, дублирующими форму будущей поковки лезвия ножа, листовой заготовки, предварительно нагретой в электропечи до температуры 1100 °С [14].

Снижение энергоемкости технологии достигается, в том числе поэтапной оптимизацией и расчетно-экспериментальным уточнением усилий формообразующей прокатки, а также сокращением основного времени на механическую обработку резанием. Параметры оптимизации результатов многофакторных опытов на экспериментальной установке определялись с помощью компьютерной программы. Факторами, влияющими на энергоемкость технологического процесса, являются усилие деформирования, температура металла, скорость прокатки, степень деформации.

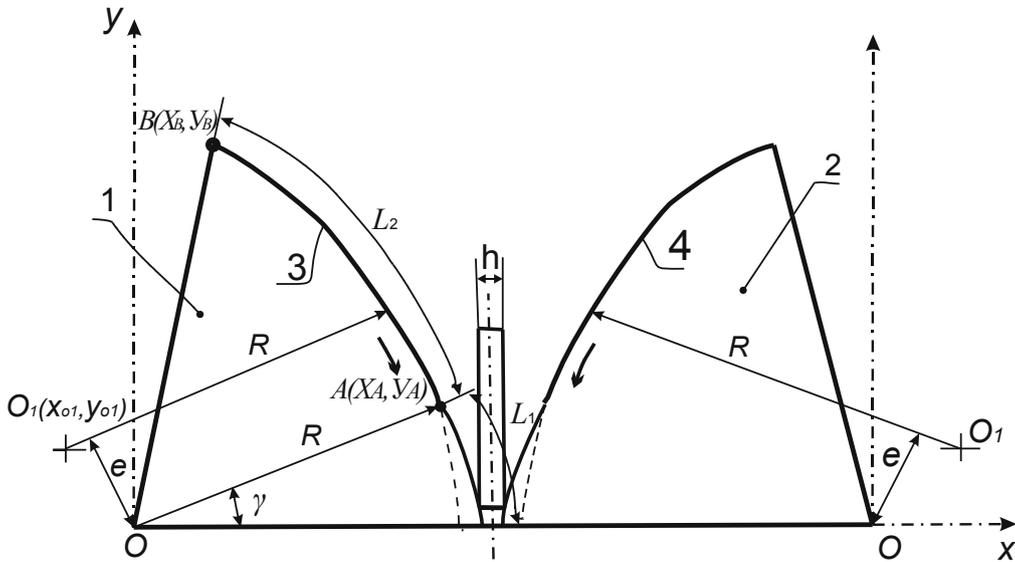


Рис. 1. Начальный этап прокатки лезвия ножа
[The initial stage of rolling the knife blade]

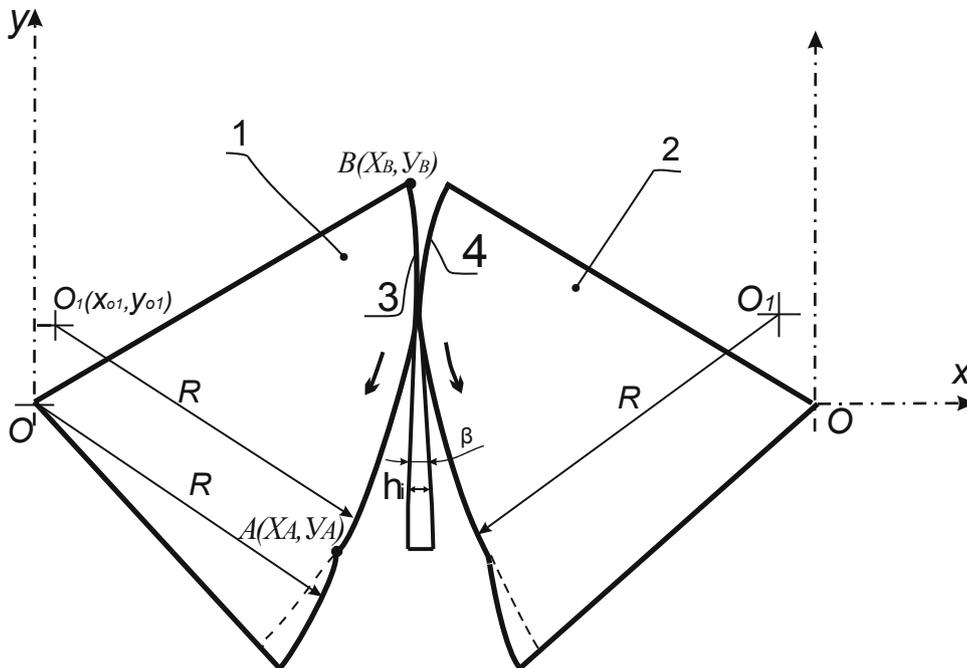


Рис. 2. Заключительный этап прокатки лезвия ножа
[The final stage of rolling the knife blade]

Полученный массив данных многофакторного эксперимента обрабатывался с использованием компьютерной программы MuPAD.

Для наиболее изнашиваемых рабочих поверхностей ножей проводился микрометраж. Факты наличия короблений, выкрашиваний и трещин устанавливались визуально.

Структурные микроскопические исследования проводились на поперечных шлифах.

Поверхностная твердость проверялась методом Роквелла.

Моделирование условий абразивного изнашивания проводилось на машине трения, имитирующей трение скольжения.

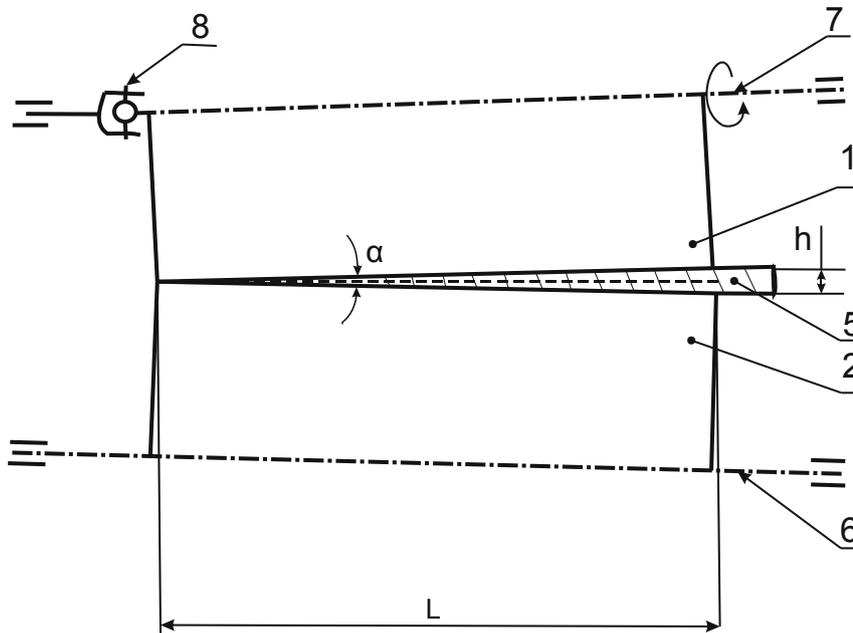


Рис. 3. Угловое смещение осей вращения валков
[Angular displacement of rolls rotation axes]

Полученные результаты

В качестве примера, иллюстрирующего возможности разработанной металлосберегающей технологии, выбраны обвалочные ножи для разделки мяса типов Л23-ФНО-12 и Я2-НО-12 из коррозионно-стойкой, жаропрочной, легированной стали марки 40Х13, до настоящего времени клинки, которых изготавливались на плоскошлифовальном станке крупнозернистым шлифовальным кругом из стальной полосы с габаритами 150×30×3 мм.

Новизна технологии горячей прокатки клинков ножевых изделий заключается в том, что формообразование режущей части профилирующими валками с переменным сочетается с одновременным упрочнением режущей кромки ножа, а переменный угол по длине и ширине грани достигается смещением геометрических осей вращения валцов и наличием эксцентриситета у центров полуокружностей дугообразных деформирующих вставок. Начальный и заключительный этапы прокатки представлены на рис. 1 и 2.

Схема продольного смещения осей вращения валцов, зависящего от угла наклона острия лезвия ножа, показана на рис. 3.

Математически обоснованное смещение геометрических осей валцов 1,2 по предложенной схеме на рис. 1 и 2 позволяет формировать постепенное с нарастающей по длине грани лезвия ножа приращение ее толщины h_i (рис. 2). Смещение геометрических осей от точки O

в точку O_1 обеспечивает получение лекальных деформирующих кривых 3,4 на накатной поверхности валцов 1,2 с начальным радиусом R от оси O на участке L_1 с постепенным приращением радиуса кривизны на расстоянии L_2 с начальными и конечными координатами $A(X_A, Y_A)$ и $B(X_B, Y_B)$, при этом формируется угол поперечной заточки β лезвия ножа 5 (см. рис. 2).

Значения Y_{O1} и X_{O1} находятся с помощью формул (1) и (2):

$$y_{O1} = y_A \pm \sqrt{R^2 - (X_A - X_{O1})^2} \quad (1)$$

$$X_{O1} = \frac{2(X_B - X_A) \cdot [X_B^2 - X_A^2 + (y_B - y_A)^2] + 4(y_B - y_A) \cdot X_A \pm \sqrt{2B \cdot C \cdot D^2 \cdot X_A + B^2 \cdot D^2 \cdot R^2 + D^4 \cdot R^2 - B^2 \cdot D^2 \cdot X_A^2 - D^2 \cdot C^2}}{4(X_B - X_A)^2 \cdot 4(y_B - y_A)^2} \quad (2)$$

R – величина радиуса накатных поверхностей 3, 4 валцов 1, 2 (рис. 1); X_A, y_A, X_B, y_B – значения координат точек A и B начала и конца поперечно-продольной обработки давлением клинка.

Для упрощения записи формулы (2) введены постоянные:

$$C = X_B^2 - X_A^2 + (y_B - y_A)^2; B = 2(X_B - X_A); D = 2(y_B - y_A) \quad (3)$$

Образование продольного утончения клинка на длине L обеспечивается наличием варьируемого угла α между осями вращения 6,7 вальцов 1,2 (рис. 3), который можно определить по формуле (4):

$$\alpha = 2 \arctg \frac{h}{L} \quad (4)$$

Наличие в конструкции дополнительного устройства – шарнирного соединения 8 – позволяет регулировать угол наклона α осей вращения деформирующих вальцов 1 и 2.

Выведенные расчетные конструктивные параметры явились основой для проектирования, изготовления и испытания экспериментальной прокатной установки для одновременного локального формообразования и упрочнения продольно-поперечного клина лезвия обвалочных ножей с минимальными и равномерными припусками на полирование и заточку. Практическое опробование предлагаемой ресурсосберегающей технологии в условиях ремонтного производства позволило довести коэффициент использования металла до 95 %. Испытания изготовленных по предлагаемой технологии ножей для обвалки полутуш в мясном цехе УНПО «Пищевик» г. Саратова показали на повышение относительной износостойкости в 1,5 раза, сокращение количества сменных перезаточек в 2 раза [17, 18].

Экономия металла (\mathcal{E}_M) при изготовлении данных деталей образуется за счет разницы между необратимыми потерями металла [19], образующимися при производстве ножей для разделки туш по новой и традиционной технологиям.

$$\mathcal{E}_M = (1 - K_{\text{Псуц}})M_{\text{Зсуц}} - (1 - K_{\text{Пнов}})M_{\text{Знов}}, \quad (5)$$

где $M_{\text{Зсуц}}$, $M_{\text{Знов}}$ – массы деталей, используемые в качестве заготовок при изготовлении обвалочных ножей по существующей и предлагаемой технологиям, кг; $K_{\text{Псуц}}$, $K_{\text{Пнов}}$ – коэффициенты потерь металла в стружку соответственно при существующей и новой обработке заготовки.

Затраты на изготовление обвалочного ножа типа Я2-НО-12 по предложенной технологии в 1,2 раза ниже стоимости серийного при почти двукратной экономии металла на одно изделие. Расчетный срок окупаемости капитальных вложений составит 1,2 года [20].

Заключение

Предлагаемая ресурсосберегающая технология горячей пластической деформации прокаткой заготовок ножей для разделки мяса между профилирующими валками, позволяет получить поковки-заготовки ножей с максимально приближенной к оригиналу конфигурацией, из которых в последующем можно изготовить по сокращенной заводской технологии, исключая потери металла за счет минимизации припусков, готовое изделие. Приведенные технико-экономические расчеты свидетельствуют об эффективности проделанной работы, а внедрение разработанных технологических процессов позволит с выгодой для производства самостоятельно решить проблему обеспечения высококачественными ножами мясоперерабатывающих предприятий.

Библиографический список

1. Панов А.А., Аникин В.В., Бойм Н.Г. и др. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под общ. ред. А.А. Панова. М.: Машиностроение, 2004. 784 с.
2. Пат. 2087238 (РФ). Способ изготовления режущих инструментов / П.А. Андреев, С.А. Богатырев, Е.Ф. Колетури, В.Д. Костин, Г.И. Медников, Ф.Я. Рудик, А.Г. Рыбалко, заявл. 18.12.1995; опубл. 20.07.1997. Бюл. № 23. 6 с. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2087238C1_19970820
3. Алейников А.К., Скрыбина Л.Ю., Фомин Р.Б. Анализ технологий изготовления ножей обвалочных // Материалы II Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию заслуженного деятеля науки и техники, профессора В.И. Попова «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности». Воронеж, 2004. С. 60–61.
4. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий / Под ред. В.А. Панфилова. СПб.: Изд-во Лань, 2013. 912 с.
5. Пат. 2098214 (РФ). Способ изготовления полуфабрикатов лезвий ножей / П.А. Андреев, С.А. Богатырев, А.М. Власов, Е.Ф. Колетури, В.Д. Костин, Г.И. Медников, Ф.Я. Рудик, заявл. 04.03.1996; опубл. 12.10.1997. 7 с. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2098214C1_19971210
6. Пат. 150113 (РФ). Устройство для изготовления режущего инструмента / Ф.Я. Рудик, С.А. Богатырев, А.П. Ковылин, А.В. Попова,

А.А. Морозов, заявл. 24.04.2014; опубл. 27.01.2015, бюл. № 3. 8 с. URL: <https://patentinform.ru/utility-models/reg-150113.html>

7. Kolotyryn K.P., Bogatyrev S.A., Savon D.Y., Aleksakhin A.V. Use of resource-saving technologies in fabrication and restoration of steel bushing-type components via hot plastic deformation // *CIS Iron and Steel Review*. 2019. N 2. P. 38–41. DOI: 10.17580/cisistr.2019.02.08

8. Рудик Ф.Я., Скрыбина Л.Ю., Ковылин А.П., Попова А.В., Володин В.В. Повышение износостойкости и усталостной прочности режущих инструментов перерабатывающей отрасли // *Вестник машиностроения*. 2015. № 4. С. 43–47. URL: https://www.mashin.ru/files/2015/ve0415_web.pdf

9. Lisunets N.L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the process of metal shear cutting // *CIS Iron and Steel Review*. 2019. V. 17. N 1. P. 34–38. DOI: 10.17580/cisistr.2019.01.06

10. Телегин И.В., Володин И.М. Анализ металлоёмкости операций отрезки и нагрева заготовок из сортового проката круглого сечения // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 7-4. С. 722–726.

11. Lisunets N.L., Radyuk A.G., Kolobov A.V., Fedotov E.S., Vinogradov A.I. Simulation of slitting of coiled steel at multidisk shears of coil slitting lines // *CIS Iron and Steel Review*. 2012. N 1. P. 21–23.

12. Samarina V., Skufina T., Samarin A., Baranov S. Some System Problems of Russian Mining Enterprises of Ferrous Metallurgy // *International Review of Management and Marketing*. Special Issue for «Socio-Economic and Humanity-Philosophical Problems of Modern Sciences». 2016. V. 6. Iss. S1. P. 90–94.

13. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Salimianova I.G., Ishmuradova I.I. Improving the efficiency of production process organization in the resource saving system of petrochemical enterprises // *International journal of energy economics and policy*. 2019. V. 9. N 4. P. 233–239. DOI: 10.32479/ijeep.7966

14. Рудик Ф.Я., Скрыбина Л.Ю., Ковылин П.А., Булеков Т.А., Володин В.В. Технологические особенности обвалки мясного сырья и направления повышения долговечности режущего инструмента // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2014. № 7. С. 41–44.

15. Соловьев С.А., Лялякин В.П., Горячев С.А., Мишина З.Н., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники. М.: ВГБНУ «Росинформагротех», 2014. 160 с.

16. Рудик Ф.Я., Скрыбина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Повышение показателей работоспособности ножей обвалочных пластическим деформированием. Саратов: КУБиК, 2016. 120 с.

17. Тулунов А.С. Экономические аспекты добровольного и обязательного экологического страхования // *Экономика и математические методы*. 2013. № 2. С. 44–53.

18. Кузнецов Н.И., Колотырин К.П., Дильманова Э.С. Совершенствование природоохранной деятельности в системе авторециклинга // *Управление экономическими системами. Электронный научный журнал*. 2014. № 8 (68). С. 47–53

19. Потравный И.М., Колотырин К.П., Генгут И.Б. Применение экологического страхования при управлении проектами по ликвидации накопленного экологического ущерба // *Экономическая наука современной России*. 2017. № 2 (77). С. 78–89.

20. Cui J., Roven H.J. Recycling of automotive aluminum // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2010. V. 20. Iss. 11. P. 2057–2063. DOI: 10.1016/S1003-6326(09)60417-9

References

1. Panov A.A., Anikin V.V., Boym N.G. et al. *Metal cutting: A Technologist Handbook*. Moscow: Mashinostroenie 2004. 784 p. (In Russ.)

2. Patent 2087238 (RF). *Method of manufacturing cutting tools*. P.A. Andreev, S.A. Bogatyrev, E.F. Koleturin, V.D. Kostin, G.I. Mednikov, F.Ya. Rudik, A.G. Rybalko. Stated 18.12.1995; published 20.07.1997. Bulletin No. 23. 6 p. Available at: https://yandex.ru/patents/doc/RU2087238C1_19970820 (In Russ.)

3. Aleinikov A.K., Scriabina L.Yu., Fomin R.B. Analysis of technologies for the production of boning knives. *Materials of the II International Scientific and Technical Conference dedicated to the 100th anniversary of the honored worker of science and technology, professor V.I. Popov "Progressive technologies and equipment for the food industry"*. Voronezh, 2004. Pp. 60–61. (In Russ.)

4. Design, construction and calculation of food technology technology. Ed. V.A. Panfilov. St. Petersburg; Krasnodar: Lan, 2013. 912 p. (In Russ.)

5. Patent 2098214 (RF). *Method of manufacturing semi-finished blades of knives*. P.A. Andreev, S.A. Bogatyrev, A.M. Vlasov, E.F. Koleturin, V.D. Kostin, G.I. Mednikov, F.Ya. Rudik. Stated 04.03.1996; published 12.10.1997. 7 p. Available at: https://yandex.ru/patents/doc/RU2098214C1_19971210 (In Russ.)
6. Patent 150113 (RF). *Device for the manufacture of cutting tools*. F.Ya. Rudik, S.A. Bogatyrev, A.P. Kovylin, A.V. Popova, A.A. Morozov. Stated 24.04.2014; published 27.01.2015. Bulletin No. 3. 8 p. Available at: <https://patentinform.ru/utility-models/reg-150113.html> (In Russ.)
7. Kolotyryn K.P., Bogatyrev S.A., Savon D.Y., Aleksakhin A.V. Use of resource-saving technologies in fabrication and restoration of steel bushing-type components via hot plastic deformation. *CIS Iron and Steel Review*. 2019. No. 2. Pp. 38–41. DOI: 10.17580/cisirs.2019.02.08
8. Rudik F.Ya., Skryabina L.Yu., Kovylin A.P., Popova A.V., Volodin V.V. Improvement of wear resistance and fatigue strength of cutting tools of process industry. *Vestnik mashinostroeniya = Mechanical Engineering Bulletin* 2015. No. 4. Pp. 43–47. (In Russ.)
9. Lisunets N.L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the process of metal shear cutting. *CIS Iron and Steel Review*. 2019. Vol. 17. No. 1. Pp. 34–38. DOI: 10.17580/cisirs.2019.01.06
10. Telegin I.V., Volodin I.M. Analysis of the metal consumption of operations parting and heating blanks from rolled bar round section. *Fundamental research*. 2015. No. 7-4. Pp. 722–726. (In Russ.)
11. Lisunets N.L., Radyuk A.G., Kolobov A.V., Fedotov E.S., Vinogradov A.I. Simulation of slitting of coiled steel at multidisk shears of coil slitting lines. *CIS Iron and Steel Review*. 2012. No. 1. Pp. 21–23.
12. Samarina V., Skufina T., Samarin A., Baranov S. Some System Problems of Russian Mining Enterprises of Ferrous Metallurgy. *International Review of Management and Marketing*. 2016. Vol. 6. No. S1. Pp. 90–94.
13. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Salimianova I.G., Ishmuradova I.I. Improving the efficiency of production process organization in the resource saving system of petrochemical enterprises. *International journal of energy economics and policy*. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 233–239. DOI: 10.32479/ijeep.7966
14. Rudik F.Ya., Scriabina L.Yu., Kovylin P.A., Bulekov T.A., Volodin V.V. Technological features of the boning of the meat raw materials and ways of increasing the durability of the cutting tool. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilov*. 2014. No. 7. Pp. 41–44. (In Russ.)
15. Solovyov S.A., Lyalyakin V.P., Goryachev S.A., Mishina Z.N., Gerasimov V.S., Solovyov R.Yu., Chernouvanov V.I., Golubev I.G. Innovative directions of development of the repair and maintenance base for agricultural machinery. Moscow: Rosinformagrote, 2014. 160 p. (In Russ.)
16. Rudik F.Ya., Skryabina L.Yu., Morgunova N.L. Improving the performance of the knife boning plastic deformation. Saratov: KUBiK, 2016. 120 p. (In Russ.)
17. Tulupov A.S. Economic aspects of voluntary and compulsory environmental insurance. *Economics and Mathematical Methods*. 2013. No. 2. Pp. 44–53. (In Russ.)
18. Kuznetsov N.I., Kolotyryn K.P., Dilmannova E.S. Improving environmental performance in the auto recycling system. *Management of economic systems. Scientific electronic journal*. 2014. No. 8. Pp. 47–53. (In Russ.)
19. Poravny I.M., Kolotyryn K.P., Gengut I.B. The use of environmental insurance in the management of projects to eliminate accumulated environmental damage. *Economics of Contemporary Russia*. 2017. No. 2. Pp. 78–89. (In Russ.)
20. Cui J., Roven H.J. Recycling of automotive aluminum. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2010. Vol. 20, No. 11. Pp. 2057–2063. DOI: 10.1016/S1003-6326(09)60417-9

Информация об авторах / Information about the authors

Колотырин Константин Павлович – д-р экон. наук, профессор кафедры проектного менеджмента и внешнеэкономической деятельности в АПК, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, kpk75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9259-0666>, 410012, Саратов, Театральная пл., д. 1

Богатырев Сергей Аркадьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры проектного менеджмента и внешнеэкономической деятельности в АПК, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, tettet@inbox.ru, 410012, <https://orcid.org/0000-0001-7538-2937>, 10012, Саратов, Театральная пл., д. 1

Рудик Феликс Яковлевич – д-р технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, rudik.sgau@mail.ru, 410012, Саратов, Театральная пл., д. 1

Konstantin P. Kolotyryn – Dr.Sc. (Econ.), Professor of Department of Project Management and Foreign Economic Activity in Agricultural Complex, Saratov State Vavilov Agricultural University, kpk75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9259-0666>, 1 Teatralnaya Ploshchad, Saratov 410012, Russia

Sergey A. Bogatyryov – Dr.Sc. (Eng.), Professor of Department of Project Management and Foreign Economic Activity in Agricultural Complex, Saratov State Vavilov Agricultural University, tettet@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7538-2937>, 1 Teatralnaya Ploshchad, Saratov 410012, Russia

Felix Ya. Rudik – Dr.Sc. (Eng.), Professor of Department of Project Management and Foreign Economic Activity in Agricultural Complex, Saratov State Vavilov Agricultural University, rudik.sgau@mail.ru, 1 Teatralnaya Ploshchad, Saratov 410012, Russia

Поступила в редакцию: 26.04.2020; после доработки: 05.11.2020; принята к публикации: 23.11.2020