

¹Левченко Э. П., ¹Зинченко А. М., ¹Левченко О. А., ²Павленко А. Т.

¹Донбасский государственный технический университет,

²Луганский государственный университет им. В. Даля

*E-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭКОТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОПЕРЕРАБОТКИ

Исследуется возможность измельчения зерновых культур в муку в двухступенчатой центробежно-ударной мельнице разгонного типа. На основе приготовленной опары из ржаной муки, полученной в центробежно-ударной мельнице, подтверждена практическая возможность выпечки хлеба без использования пекарских дрожжей.

Ключевые слова: центробежно-ударная мельница, мука, опара, хлебобулочные изделия, измельчение, выпечка хлеба.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Безопасность жизнедеятельности человека [1] в современных условиях имеет все большую связь с экологическими реалиями, постоянно усугубляющимися как с развитием техногенного развития цивилизации, так и обусловленных этим глобальным изменением климата на планете [2].

В этой связи условия жизни в городских агломерациях наряду со многими преимуществами имеют некоторые недостатки. Особенно это видно из специфических особенностей омоложения заболеваний, что, в свою очередь, может иметь связь с качеством продуктов питания [3, 4].

Известно, что существенную роль в питании человека занимают хлебобулочные изделия [5], эффективно восполняющие до 50 % суточной потребности в белках и углеводах, и приближающиеся к полному покрытию этой нормы. При этом существенную роль на потребительские свойства муки оказывает способ измельчения зерновых культур [6].

Существует мнение, что современные термофильные дрожжи, широко применяемые для быстрого приготовления хлеба, зачастую способствуют возникновению онкологических заболеваний. Попадая в организм, они начинают там свою разрушительную деятельность по формированию аскопоры, которая, оказываясь в пищеваритель-

ном тракте, а в последствии в кровеносном русле, разрушает мембраны клеток, способствуя онкологическим заболеваниям [7].

Конечно же, в научных кругах имеются публикации и скептического характера по данному вопросу, оспаривающие вредность термофильных дрожжей [8]. Однако с точки зрения ветеринарии, например, собак нельзя кормить хлебом, ввиду возможных аллергических реакций, ожирения, запоров, отравления дрожжами и т. д. Причём основной причиной онкологии выступает неправильное питание, основанное на неестественной пище [9]. При этом на генетические причины приходится 10 % случаев данного заболевания, а подавляющие 90 % зависят от образа жизни и экологических факторов негативной окружающей среды.

Положительными особенностями хлеба, приготовленного на закваске, считаются лучшая переваримость и усвоение питательных веществ. А низкий гликемический индекс способствует более стабильному уровню сахара в крови. Процесс ферментации закваской способствует большей доступности клетчатки для микрофлоры кишечника за счёт лучшего расщепления клейковины и содержит меньше потенциально канцерогенных акриламидов, чем обычный белый хлеб.

Постановка задачи. Свойства хлебной муки наряду с условиями образования и подъёма теста способствуют получению

различных свойств хлебобулочных изделий при их выпечке. Такие свойства могут оказывать как более положительное, так и более отрицательное влияние на усвоение организмом хлебной продукции.

В связи с этим **целью** данной работы является поиск путей улучшения измельчения различных видов зерна до мучных фракций и получения товарного хлебного продукта с улучшенными свойствами по усвояемости организмом человека, в том числе приготовления хлеба на закваске.

Объектом исследования является процесс получения муки и приготовляемых из неё хлебобулочных изделий.

Предмет исследования — особенности измельчения зерновых культур и приготовление хлеба с помощью закваски.

Задача исследования — разработка способа измельчения зерновых культур в двухступенчатой центробежно-ударной мельнице и оценка возможности приготовления хлеба на закваске без применения дрожжей.

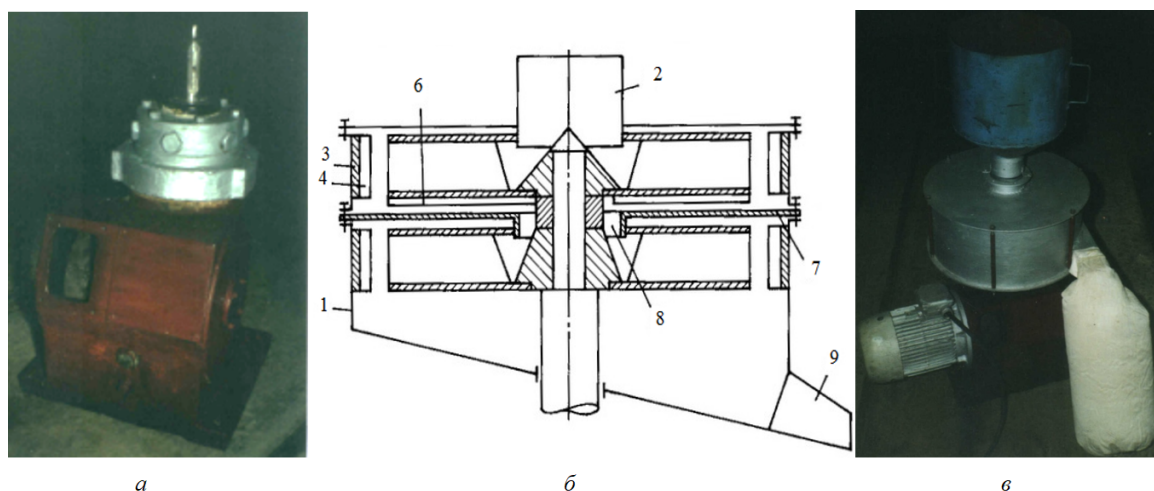
Методика исследования. Экспериментальные исследования процесса измельчения зерна в двухступенчатой центробежно-ударной мельнице разгонного типа и практическая выпечка бездрожжевого хлеба.

Изложение материала. Экспериментальные исследования принципа действия

существующих центробежно-ударных мельниц выявили их существенные недостатки. Так, вследствие значительной разницы в величине составных частей готового продукта после измельчения возникает необходимость в отделении необходимых фракций на грохотах с последующим повторным измельчением остатков. Это увеличивает длительность переработки сырья и оказывает влияние на его качество.

Созданная центробежно-ударная мельница двухступенчатого типа [10] даёт возможность избежать указанных недостатков. Наиболее целесообразным является использование таких мельниц для переработки твердых сыпучих материалов, в частности зерновых культур.

В рамках экспериментальных исследований на основе принципиально нового технического решения [11, 12] была спроектирована и изготовлена центробежно-ударная мельница. В качестве привода использовался сепаратор-сливкоотделитель ОСТ-3 (рис. 1) [13] Плавского машиностроительного завода «Смычка». Этот привод включает в себя асинхронный электродвигатель переменного тока мощностью 5,5 кВт, работающий на частоте 1440 об/мин, и редуктор с передаточным числом 4,51.



а — привод сепаратора; б — схема мельницы; в — двухступенчатый центробежно-ударный измельчитель с рукавным фильтром

Рисунок 1 — Элементы центробежно-ударной мельницы

Для данного типа измельчителей основополагающим параметром является абсолютная скорость вылета зерна из ротора, т. к. она обеспечивает максимальную кинетическую энергию его разрушения и обеспечивается угловой скоростью вращения ротора [14].

Двухступенчатый измельчитель состоит из корпуса 1, в верхней крышке которого имеется загрузочный патрубок 2 для подачи сырья в рабочую камеру. Диаметр загрузочного отверстия 120 мм. Напротив рабочих каналов роторов установлены кольца 3 с отбойными элементами 4 в виде уголка. Верхний ротор в своей нижней части снабжён дополнительными лопастями для создания воздушного потока, обеспечивающего перемещение предварительно разрушенной зерновой массы в центральное отверстие 8 горизонтальной перегородки. Таким образом, зерно сначала попадает во вращающийся ротор первой (верхней) ступени, разгоняется его лопастями и, вылетая с них, соударяется с отбойными плитами первой ступени. После чего происходит процесс пневмотранспортировки предварительно из-

мельчённой массы в ротор второй ступени, где процесс измельчения повторяется аналогичным образом. Расход воздуха составляет 0,02 м³/с. Двухступенчатое измельчение обеспечивает более мелкозернистый состав готового продукта, пылевые фракции которого по размерам сопоставимы с мучной крупностью при производительности 2 т/ч.

Готовый продукт выводится из мельницы через разгрузочное приспособление 9, которое в физическом устройстве комплектуется рукавным фильтром для улавливания пылевых фракций или сухим циклоном.

В целом мельница обеспечивает получение готового продукта крупностью не более 1 мм. При использовании мельницы для производства муки за одноразовый цикл измельчения можно получить до 50 % муки высшего сорта.

Кроме того, при измельчении сахара-песка образуется сахарная пудра в количестве, достаточном для промышленных объёмов, а воздушный поток, создаваемый ротором, можно использовать для пневмотранспортировки продуктов измельчения на достаточно протяжённые расстояния.

$$V = \omega R \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} - \frac{a}{R} f}{\sqrt{f^2 + 1} + f} \right)^2 + \frac{2 \left(\sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} - \frac{a}{R} f \right) \frac{a}{R}}{\sqrt{f^2 + 1} + f}}, \quad (1)$$

где R — радиус ротора, a — радиус окружности в месте начала лопасти; f — коэффициент трения зерна о разгонные лопасти.

Так как наилучшие условия измельчения зерна достигаются при его прямом однослойном ударе об отбойные поверхности, то для гарантированного достижения этого разработана программа расчёта величины максимальной подачи сырья в мельницу, представленная на рисунке 2. В её основе лежит математическая зависимость расчёта, полученная аналитическим путём при системном анализе этапов прохождения сырья через рабочее пространство разгонно-ударной мельницы.

$$Q = \frac{M_{1000} \pi D}{1000d \left(-t_n - t_0 + \sqrt{(t_n + t_0)^2 + \frac{2d}{g}} \right)}, \quad (2)$$

где t_n — время, характеризующее начальные условия подхода частицы к лопасти; $t_0 = \frac{2\pi}{N\omega}$ — время одного оборота ротора; N — количество лопастей на роторе; ω — угловая частота вращения ротора; d — наибольший размер исходного материала; M_{1000} — масса тысячи зёрен мелкозернистого материала; D — диаметр отбойного кольца.

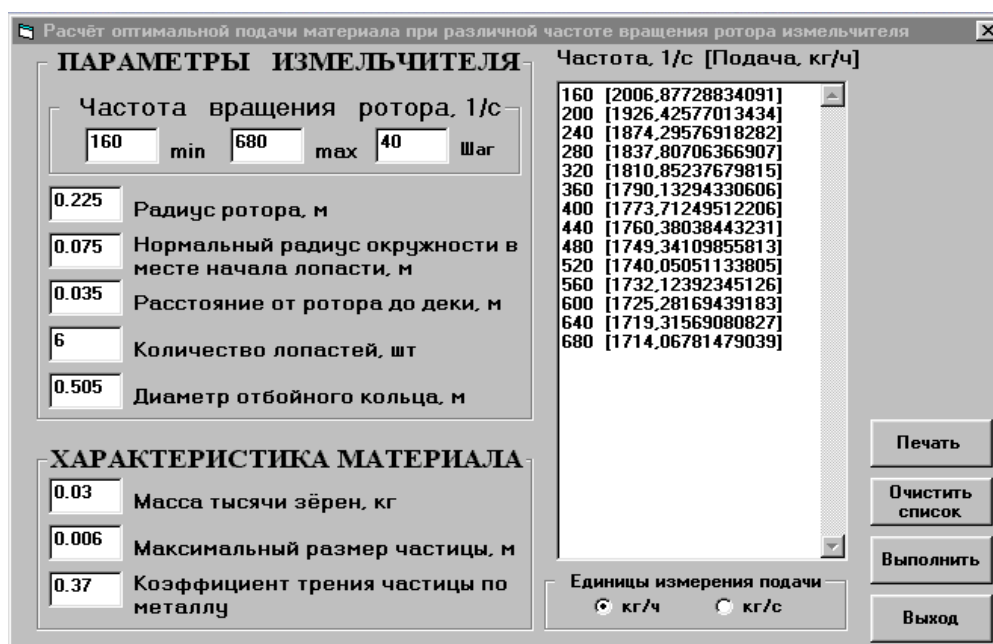


Рисунок 2 — Рабочее окно программы

В таблице 1 приведены данные пофракционного состава измельчённого овса, а также смеси гороха, кукурузы и овса в вековой пропорции 1:1:1.

Измельчитель имеет 2 ротора диаметром 450 мм, расположенных соосно на общем приводном валу. Номинальная угловая скорость вращения 680 с⁻¹.

Таблица 1
Фракционный состав измельченного овса и смеси гороха, кукурузы и овса

| Размер отверстий сит | Остаток на сите | | | |
|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| | Овёс | | Смесь | |
| | г | % | г | % |
| 2,500 | 0,62 | 1,02 | 0,00 | 0,00 |
| 1,600 | 1,70 | 2,10 | 0,80 | 0,95 |
| 1,000 | 10,7 | 13,25 | 6,55 | 7,75 |
| 0,630 | 10,16 | 12,57 | 9,45 | 11,18 |
| 0,400 | 12,15 | 15,04 | 10,60 | 11,54 |
| 0,315 | 6,30 | 7,80 | 5,65 | 6,68 |
| 0,200 | 7,95 | 9,84 | 6,50 | 7,69 |
| 0,160 | 4,55 | 5,63 | 5,05 | 5,97 |
| 0,100 | 5,20 | 6,44 | 19,97 | 23,61 |
| 0,063 | 18,85 | 22,10 | 19,99 | 23,64 |
| 0,050 | 3,10 | 3,84 | 0,02 | 0,02 |
| 0,000 | 0,30 | 0,37 | 0,00 | 0,00 |

Двухступенчатая центробежно-ударная мельница демонстрирует повышенную энергоэффективность по сравнению с традиционными вальцовыми мельницами, что заключается в отсутствии промежуточных этапов просеивания и повторного измельчения и сокращает энергопотребление на 20–30 %; использование воздушного потока для транспортировки продукта исключает дополнительные механические конвейеры; компактное устройство снижает теплотери и площадь производственных помещений, что является важным для урбанизированных территорий.

Получение муки высшего сорта за один проход (до 50 %) минимизирует выброс пылевидных отходов (улавливаются рукавным фильтром или циклоном в окружающую среду); снижает потери зерна при многократной переработке и потребление воды на очистку оборудования; сокращает углеродный след от получения муки на 15–20 % за счёт оптимизации технологического цикла.

С целью безопасной эксплуатации мельницы для обслуживающего персонала и окружающей среды проведена оценка воз-

действия шумовых и пылевых факторов. Для этого были выполнены измерения уровней звукового давления (табл. 2), вибрации и концентрации пыли в воздухе. При анализе полученных данных принималось во внимание требование о том, что уровень звукового давления на расстоянии 1 м от дробилки в октавных полосах частот не должен превышать предельных значений, установленных ГОСТ 12.1.003-83.

Требования к безопасности предписывают, что уровень вибрации, воздействующей на персонал от работающего измельчителя, не должен превышать значений, регламентированных ГОСТ 12.1.012-90. Аналогично при функционировании мельницы с номинальной производительностью, качество воздушной среды в непосредственной близости от неё должно соответствовать стандартам, изложенным в ГОСТ 12.1.005-88.

Для объективной оценки указанных параметров — уровня шума, вибрации и концентрации пыли — был задействован следующий комплекс измерительного оборудования. Измерение шума и вибрации осу-

ществлялось посредством измерителя ЗШВ-003 в комплекте с вибропреобразователем модели ДН-3-М1 (табл. 3). Определение запылённости воздуха производилось с использованием аспиратора АЭР 4, оснащённого специальным аллонжем для удержания фильтрующего элемента. Полученные данные по запылённости воздуха в зоне эксплуатации дробилки составили 1,61 мг/мм³, что свидетельствует о значительном запасе относительно установленных предельно допустимых концентраций.

По результатам проведенных испытаний установлено, что ни один из контролируемых показателей, характеризующих воздействие вредных факторов, не выходит за пределы допустимых нормативных требований.

Уровень запылённости значительно ниже ПДК снижает нагрузку на системы вентиляции и атмосферу; шумовое и вибрационное воздействие не превышает норм, что позволяет размещать мельницы в пригородных зонах; отсутствие химических реагентов в процессе измельчения исключает загрязнение сточных вод.

Таблица 2

Уровни звукового давления при работе дробилки

| Направления, по которым нормируется вибрация | Среднеквадратичное значение виброскорости, м/с·10 ² | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|-----|------|-----|------------|------|------|-----|------|-----|
| | Уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | | | |
| | Нормативные | | | | | | Измеренные | | | | | |
| | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 |
| Вертикальные | 1,8 | 0,45 | 0,22 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1,3 | 0,45 | 0,22 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Горизонтальные | 108 | 99 | 93 | 92 | 92 | 92 | - | - | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Таблица 3

Уровни вибрации при работе измельчителя

| Направления, по которым нормируется вибрация | Среднеквадратичное значение виброскорости, м/с·10 ² | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------|------|------------|-----|-----|-----|------|------|
| | Уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | | | |
| | Нормативные | | | | | | Измеренные | | | | | |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
| Вертикальные | 98 | 102 | 102 | 102 | 101 | 98 | 88 | 90 | 92 | 92 | 90 | 88 |
| Горизонтальные | 96 | 91 | 88 | 87 | 85 | 81 | 80 | 80 | 78 | 76 | 74 | 72 |

Так как в ходе образовательного процесса систематически интегрируются темы здорового образа жизни и рационального питания, при этом приоритет отдаётся формированию практических навыков. Студенты в рамках практических занятий осуществили культивирование натуральной ржаной закваски из базового сырья, которую впоследствии использовали для выпечки каравая (рис. 3).

Некоторым недостатком данной мельницы можно считать значительное влияние неуравновешенных масс ротора на его возможный дисбаланс, что можно решить его относительно несложной статической балансировкой или более качественной, но и относительно более сложной динамической балансировкой известными методами, описанными в прикладной механике [15, 16].

Технология приготовления хлеба на опаре заключалась в следующем. Предварительно приготовленную опару объёмом 0,5 л выставляли из холодильника для прогрева естественным образом. Затем она перемешивалась до консистенции сметаны с добавлением двух стаканов воды и двух стаканов ржаной муки, после чего она созревала в тёплом месте в течение 5 часов до полного подъёма. После этого подготавливалось тесто путём добавления в опару двух стаканов предварительно про-

сеянной пшеничной муки и двух стаканов ржаной муки. В данную смесь добавлялось 0,5 стакана воды, две чайные ложки соли, четыре чайные ложки сахара и три столовые ложки растительного масла, после чего смесь перемешивали и давали отдохнуть в течение 20 мин. Впоследствии делался замес заготовки хлеба из теста, и он подходил около 1,5–2 часов, после чего выпекался в противне.

Переход на выпечку хлеба на закваске (без термофильных дрожжей) имеет не только медико-биологическое, но и экологическое значение, т. к. сокращается потребность в промышленном производстве дрожжей (снижение энергозатрат, выбросов CO₂, водных стоков); уменьшается зависимость от синтетических добавок, используемых в дрожжевом хлебопечении; повышается биоразлагаемость отходов производства (опары, бракованных изделий) без токсичных остатков дрожжей.

Проведенная работа показала, что предлагаемая разгонно-ударная мельница выполняет свою роль по измельчению зерна в муку, а выпеченный хлеб обладает хорошими вкусовыми свойствами. Однако его выпечка требует гораздо больших затрат времени по сравнению с традиционно приготавливаемым хлебом с помощью пекарских дрожжей, продаваемых в магазине.



а



б

а — опара; б — испечённый хлеб

Рисунок 3 — Участие студентов в приготовлении бездрожжевого хлеба (б) на опаре (а)

Предложенная технология соответствует принципам устойчивого развития ООН: ликвидация голода (повышение пищевой ценности хлеба за счёт сохранения нутриентов при щадящем измельчении); здоровое поколение (снижение рисков, связанных с потреблением термофильных дрожжей); разумное потребление (минимизация отходов и энергозатрат в цепочке «зерно → мука → хлеб»).

Рациональным направлением является внедрение мельниц на малых фермерских предприятиях, что укрепит локальные экосистемы и снизит нагрузку на мегаполисы.

Для коммерциализации технологии рекомендуется получение сертификата ISO 14001 (экологический менеджмент); маркировка продукции знаком «Экохлеб» (аналог EU Ecolabel) с указанием снижения выбросов CO₂ на 1 кг продукта; публикация отчёта об экологическом следе по стандарту GRI (Global Reporting Initiative).

Перспективным направлением развития работ по усовершенствованию разгонно-ударных мельниц является замена электропривода на гидравлический [17] с использованием биоразлагаемых гидравлических жидкостей. Это позволит избежать такого недостатка, как перегрев обмоток электродвигателя при разгоне массивного ротора, вследствие чего двигатель может выходить из строя. В частности, для избежания этого в настоящее время осуществляется плавный пуск посредством применения частотного преобразователя.

Для повышения экологичности технологии в перспективе предлагается интеграция солнечных панелей для энергоснабжения мельницы (снижение углеродного следа на 40–60%), разработка биоразлагаемой упаковки для муки и хлеба из отходов перера-

ботки (солома, шелуха), создание замкнутого водного цикла для очистки оборудования с применением фитофильтров (водные растения, активированный уголь).

Выводы и направление дальнейших исследований. Ухудшение экологической ситуации и условия жизни в городских агломерациях способствуют омоложению заболеваний, что может быть связано с качеством продуктов питания.

Полученные результаты свидетельствуют о возможностях применения двухступенчатой ударной мельницы для измельчения сельскохозяйственных зерновых культур для производства муки и комбикормов.

Фракционный состав готового продукта соответствует крупности, предъявляемой для производства муки. Мельница обладает высокой удельной производительностью при относительно компактных габаритных размерах.

Воздействие вредных факторов от работы мельницы не превышает установленных допустимых нормативных значений.

Полученный в результате выпечки хлеб с применением закваски по органолептическим свойствам соответствует пищевым предпочтениям человека, однако требует большего времени приготовления.

Использование местных зерновых культур (овёс, рожь, пшеница) в комбинации с бездрожжевой технологией поддерживает биоразнообразие агроландшафтов (снижение монокультурности); сокращает транспортные выбросы углекислого газа за счёт локального производства; способствует развитию циркулярной экономики (отходы мельницы выступают кормом для скота, зола от сжигания отходов применяется в качестве удобрений).

Список источников

1. Левченко Э. П., Давиденко В. А., Ноженко А. А. *Безопасность жизнедеятельности. Лабораторно-практические работы : учебное пособие.* Алчевск : Вифлеем, 2020. 260 с. EDN YVANFN
2. Левченко Э. П. *Перспективы управления агрегатным состоянием водных ресурсов на основе глобального потепления климата // Экологический вестник Донбасса.* 2021. № 2. С. 28–37. EDN NMPGKV

3. Экология мегаполисов и промышленных агломераций. Практические работы : учебное пособие / Э. П. Левченко, В. С. Федорова, А. Т. Павленко, А. А. Ноженко. Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. 140 с.

4. Экология мегаполисов и промышленных агломераций. Лабораторные работы : учебное пособие / Э. П. Левченко, В. С. Федорова, А. Т. Павленко, А. А. Ноженко. Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. 132 с.

5. Зезин Н. Н., Воробьева В. А. Продовольственная безопасность Свердловской области: хлебопекарная пшеница уральской селекции // Нива Урала. 2010. № 3. С. 6–8. EDN SQUKYV

6. Влияние способа измельчения зерна пшеницы на свойства муки / Е. Е. Пономарева, В. Ю. Кустов, Л. В. Шторх, И. А. Алейник // Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах. 2011. С. 129–132.

7. Что такое термофильные дрожжи. М. : ООО НПФ «Скарабей». 13 с. URL: <https://fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/18/termofilnyedrozhzhzhi.pdf> (дата обращения: 22.01.2026).

8. Кормина Ж. В. Дрожжи-убийцы: гастрономическая конспирология и культура недоверия в современной России // Антропологический форум. 2015. № 23. С. 142–175. EDN UMWRHB

9. Рак у собак [Электронный ресурс] // Ездое собаководство : [сайт]. [2026]. URL: <https://dog-sledding.ru/rak-u-sobak/> (дата обращения: 22.01.2026).

10. Перспективные возможности повышения эффективности производства кормов на базе дробильно-измельчительных машин разгонно-ударного типа / Э. П. Левченко [и др.] // Достижения и перспективы развития птицеводства : материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения П. П. Царенко. СПб. : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. С. 152–157.

11. Центробежная дробилка : пат. 2029618 Рос. Федерация / А. Н. Онопченко, А. М. Зинченко, Э. П. Левченко, Р. М. Сухомлин ; № 4904937/33 ; заявл. 24.01.1991 ; опубл. 27.02.1995.

12. Левченко Э. П., Зинченко А. М., Левченко О. А. Основы синтеза инновационных технологических процессов, механических устройств и систем (опыт 30-летней изобретательской деятельности). Алчевск : ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. 353 с. EDN XSQVRR

13. Левченко Э. П. Интенсификация технологического процесса измельчения зерна на комбикорм в центробежно-ударной мельнице : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Луганск, 2001. 21 с. EDN WZFWCX

14. Диспергирование сыпучих материалов в разгонно-ударных дробильно-измельчительных машинах / Э. П. Левченко [и др.]. Алчевск : ГОУВПО «ДонГТУ», 2016. 225 с. EDN WYGEPX

15. Левченко Э. П., Левченко О. А., Павленко А. Т. Прикладная механика. Лабораторно-практические работы : учебное пособие. Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. 152 с. EDN DWONWW

16. Левченко Э. П., Левченко О. А. Основные положения и рекомендации по изучению прикладной механики и основ конструирования (теории механизмов и машин и деталей машин): учебное пособие. Алчевск : ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. 188 с. EDN ZFGRSX

17. Проектирование гидропривода дробильно-измельчительных машин : учебник для студентов направления подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» / Э. П. Левченко [и др.]. Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. 316 с. EDN OUYSGK

© Левченко Э. П., © Зинченко А. М., Левченко О. А., 2026

© Павленко А. Т., 2026

Рекомендована к печати директором НЦМОС ДонГТУ Кусайко Н. П., д.с.-х.н., проф., проф. института гражданской защиты ЛГУ им. В. Даля Зубовым А. Р.

Статья поступила в редакцию 26.02.2026.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Левченко Эдуард Петрович, канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

Зинченко Андрей Михайлович, канд. экон. наук, зав. каф. технологии и организации машиностроительного производства

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Левченко Оксана Александровна, канд. техн. наук, доцент каф. технологии и организации машиностроительного производства

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Павленко Александр Тимофеевич, канд. техн. наук, доцент, заместитель директора института гражданской защиты

Луганский государственный университет им. В. Даля,
г. Луганск, Россия

***Levchenko E. P., Zinchenko A. M., Levchenko O. A.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru), **Pavlenko A. T.** (Lugansk State University named after V. Dahl, Lugansk, Russia)

INNOVATIVE ECOTECHNOLOGIES FOR GRAIN PROCESSING

The possibility of milling grain crops into flour in a two-stage centrifugal impact mill of the accelerating type is being investigated. Based on the prepared predough from rye flour obtained in a centrifugal impact mill, the practical possibility of baking bread without using baker's yeast was confirmed.

Key words: centrifugal impact mill, flour, predough, bakery goods, milling, bread baking.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Levchenko Eduard Petrovich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Ecology and Life Safety

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

Zinchenko Andrey Mikhailovich, PhD in Economic Sciences, Head of the Department of Technology and Organization of Machine-building Engineering

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Levchenko Oksana Aleksandrovna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Technology and Organization of Machine-building Engineering

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Pavlenko Aleksandr Timofeevich, PhD in Engineering, Assistant Professor, Deputy Director of the Institute of Civil Defense

Lugansk State University named after V. Dahl,
Lugansk, Russia