


## Прогнозирование развития технологических процессов ведущего оборудования линии производства хлеба из пшеничной муки

Денис В. Доня<sup>1</sup> [doniadv@rambler.ru](mailto:doniadv@rambler.ru)  0000-0002-5818-0804

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия

**Аннотация.** Хлебопекарная промышленность является одной из самых исторически значимых, история которой насчитывает уже многие сотни лет. При этом она является и самой противоречивой, в которой наряду с автоматизацией и роботизацией, до сих пор существует много ручного труда, который отрицательным образом на всю отрасль в целом. И чтобы повысить конкурентоспособность данной отрасли производства следует провести модернизацию некоторых технологических этапов производства и всего технологического процесса, для чего требуется внедрять автоматизацию и роботизацию как на отдельных этапах производства, так и на протяжении всего технологического процесса. Помимо этого, стоит внедрять научно обоснованные, ресурсосберегающие и экологические технологии. Проведено научно-техническое прогнозирование, ставящее целью анализ целесообразности модернизации конструкции тестомесильной машины. Была сформирована модель «черного ящика» стадии замеса теста. Для более наглядного структурирования и оценки значимости рассматриваемых параметров был применен метод экспертного оценивания, результаты представлены в виде таблицы рангов. Исследование характеристик, оказывающих влияние на операцию замеса теста, было выполнено с применением четырех различных параметров, среди которых были входные и выходные, разделенные на управляющие, управляемые, возмущаемые и наблюдаемые, а сам технологический процесс замеса теста выполнялся в тестомесильной машине. Наиболее значимыми факторами в процессе замеса теста являются: влажность и температура теста, частота вращения месильного органа тестомесильной машины, объем воды для замеса. Помимо этого, модернизация оборудования тестомесильной машины представляется довольно перспективным направлением для повышения эффективности технологического процесса замеса теста.

**Ключевые слова:** АПК, тесто, «черный ящик», тестомесильная машина, прогнозирование.

## Forecasting the development of technological processes for the leading equipment of a wheat flour bread production line

Denis V. Donya<sup>1</sup> [doniadv@rambler.ru](mailto:doniadv@rambler.ru)  0000-0002-5818-0804

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya St., 49, 127434, Moscow, Russia

**Abstract.** The bakery industry is one of the most historically significant, with a history dating back many hundreds of years. At the same time, it is also the most controversial, in which, along with automation and robotics, there is still a lot of manual labor, which negatively affects the entire industry. And in order to increase the competitiveness of this industry, it is necessary to modernize some technological stages of production and the entire technological process, which requires the introduction of automation and robotics both at individual stages of production and throughout the entire technological process. In addition, it is worth introducing science-based, resource-saving and environmental technologies. Scientific and technical forecasting has been carried out, which aims to analyze the feasibility of modernizing the design of the kneading machine. A "black box" model of the dough kneading stage was formed. For a more visual structuring and assessment of the significance of the parameters under consideration, the expert assessment method was applied, the results are presented in the form of a table of ranks. The study of the characteristics influencing the dough kneading operation was performed using four different parameters, among which were input and output parameters divided into control, controlled, perturbed and observed, and the technological process of dough kneading was performed in a dough mixing machine. The most significant factors in the process of kneading dough are: the humidity and temperature of the dough, the speed of rotation of the kneading body of the kneading machine, the volume of water for kneading. In addition, the modernization of the equipment of the kneading machine seems to be a rather promising direction for improving the efficiency of the dough kneading process.

**Keywords:** agroindustrial complex, dough, "black box", dough mixing machine, forecasting.

### Введение

Пищевая промышленность – стратегическая отрасль государства. В частности, хлебопекарное производство является важнейшей экономической отраслью, относящейся к одному из ведущих сегментов АПК. Согласно данным Росстата за 2023 год на территории Российской Федерации функционируют около

1000 хлебокомбинатов. Каждое из них представляет сложный комплекс связанных между собой машин и аппаратов, которые собраны в производственные линии [1].

Одно из возможных направлений развития предприятий хлебопекарной промышленности лежит в плоскости увеличения мощностей предприятий. Однако выполнение данного

Для цитирования

Доня Д.В. Прогнозирование развития технологических процессов ведущего оборудования линии производства хлеба из пшеничной муки // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 4. С. 29–35. doi:10.20914/2310-1202-2025-4-29-35

For citation

Donya D.V. Forecasting the development of technological processes for the leading equipment of a wheat flour bread production line. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 4. pp. 29–35. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-4-29-35

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

направления развития невозможно без проведения реконструкции существующих предприятий, внедрения ресурсосберегающего оборудования, повышения уровня автоматизации и цифровизации, что приведет к снижению ручного труда, а также внедрение новых, безопасных и экологических упаковочных материалов. В данной сфере имеется множество проблем, требующих пристального внимания и их решения, основной из которых является увеличение эффективности производства [2].

Хлебопекарная промышленность является одной из самых исторически значимых, история которой насчитывает уже многие сотни лет. При этом она является и самой противоречивой, в которой наряду с автоматизацией и роботизацией, до сих пор существует много ручного труда, который отрицательным образом на всю отрасль в целом [3, 5]. И чтобы повысить конкурентоспособность данной отрасли производства следует провести модернизацию некоторых технологических этапов производства и всего технологического процесса, для чего требуется внедрять автоматизацию и роботизацию как на отдельных этапах производства, так и на протяжении всего технологического процесса. Помимо этого, стоит внедрять научно обоснованные, ресурсосберегающие и экологичные технологии [4, 7, 8].

Также можно выделить такие направления развития хлебопекарного производства в нашей стране, как внедрение инновационных технологий в машинно-аппаратурном обеспечении, совершенствование рецептур и параметров производства хлебобулочных изделий, модернизация в маркетинговой и логистической отраслях, повышение экономической эффективности путем использования различных систем управления персоналом [4].

В настоящий момент методы выявления слабых мест технологических линий основываются на прогрессивных научных методах исследований, к которым можно отнести метод системно-структурного анализа. Данный метод позволяет проводить адаптацию технологии к автоматизированному производству и формально-логическому решению некоторых технологических задач [5].

Для хлебопекарных предприятий малых мощностей характерно использование агрегатов периодического цикла действия, позволяющие оперативно реагировать на изменения процесса.

Ведущим оборудованием в системе являются аппараты для темперирования, машины для дозировки и смешивания компонентов, агрегаты для брожения опары и теста, тестоделители и формовочные машины.

Безопасность и качество готового хлеба непосредственно зависит от состояния каждой составляющей технологического процесса.

Совершенствование технической базы хлебопекарной отрасли приводит к уменьшению финансовых затрат, что крайне важно для предприятий в наше время [7, 8].

Способ визуализации системы в виде операторной модели позволяет рассмотреть технологию от самого общего, абстрактного ее видения до более точного, детального.

Технологическая линия производства пшеничного хлеба отличается сложностью устройства и функционирования с большим количеством элементов, которые тесно взаимодействуют друг с другом. Для полного системного анализа используется подход деления сложного процесса на подсистемы, другими словами, составляется операторная модель. Она состоит из подсистем и процессоров.

По результатам системного анализа технологической линии производства пшеничного хлеба получена операторная модель, содержащая в себе следующие элементы [7, 9, 13]:

1 – подсистема хранения готовой продукции (операторы: I – хранение на склад, II – укладка хлеба на лотки, III – контроль показателей качества готовой продукции);

2 – подсистема получения продукции с заданными показателями качества (операторы: I – охлаждение готовой продукции, II – выпечка тестовых полуфабрикатов);

3 – подсистема получения тестовых заготовок с заданными свойствами (операторы: I – формование теста с последующей расстойкой тестовых заготовок, II – замес теста с заданными физико-химическими свойствами, III – изготовление опары);

4 – подсистемы подготовительной обработки сырья (операторы: I – фильтрация питьевой воды для опары; II – просеивание муки от примесей; III – изготовление солевого раствора заданной концентрации; IV – изготовление сахарного раствора заданной концентрации; V – получение жидких дрожжей; VI – подготовка воды для основного производства).

### Материалы и методы

Модель «черный ящик» – это система, которая оставляет видимыми для эксперта только входные и выходные данные, а устройство и внутренний функционал остается неизвестным [14].

Трудностью в составлении модели «черный ящик» является большое количество так называемых входов и выходов из него. Это обусловлено тем, что взаимодействие любой так называемой «живой» системы с окружающими его объектами происходит по бесчисленному количеству способов. Однако, при составлении модели

какой-либо системы требуется отбирать из бесконечного числа связей какое-то определенное их количество, которое и будет участвовать в данной модели как входные и выходные связи. В качестве критерия отбора таких связей будет являться назначение самой модели и существенность каждой из этих связей по отношению к самой цели. Таким образом проводится исключение наименее важных связей, а более важные применяются для рассмотрения в составляемой модели.

В модели «черный ящик» для технологического процесса выделяют такие группы факторов,

как входные и выходные, которые в свою очередь делятся на: управляющие, возмущающие, наблюдаемые и управляемые [17].

Для технологической операции – замес пшеничного теста характерны следующие факторы [18]. Данных факторов выявлено 15, которые представлены на рисунке 1. На данном рисунке представлена модель «черного ящика», применимого для процесса замеса теста, выполняемого в тестомесильной машине и характеризуемого заданными технологическими параметрами.

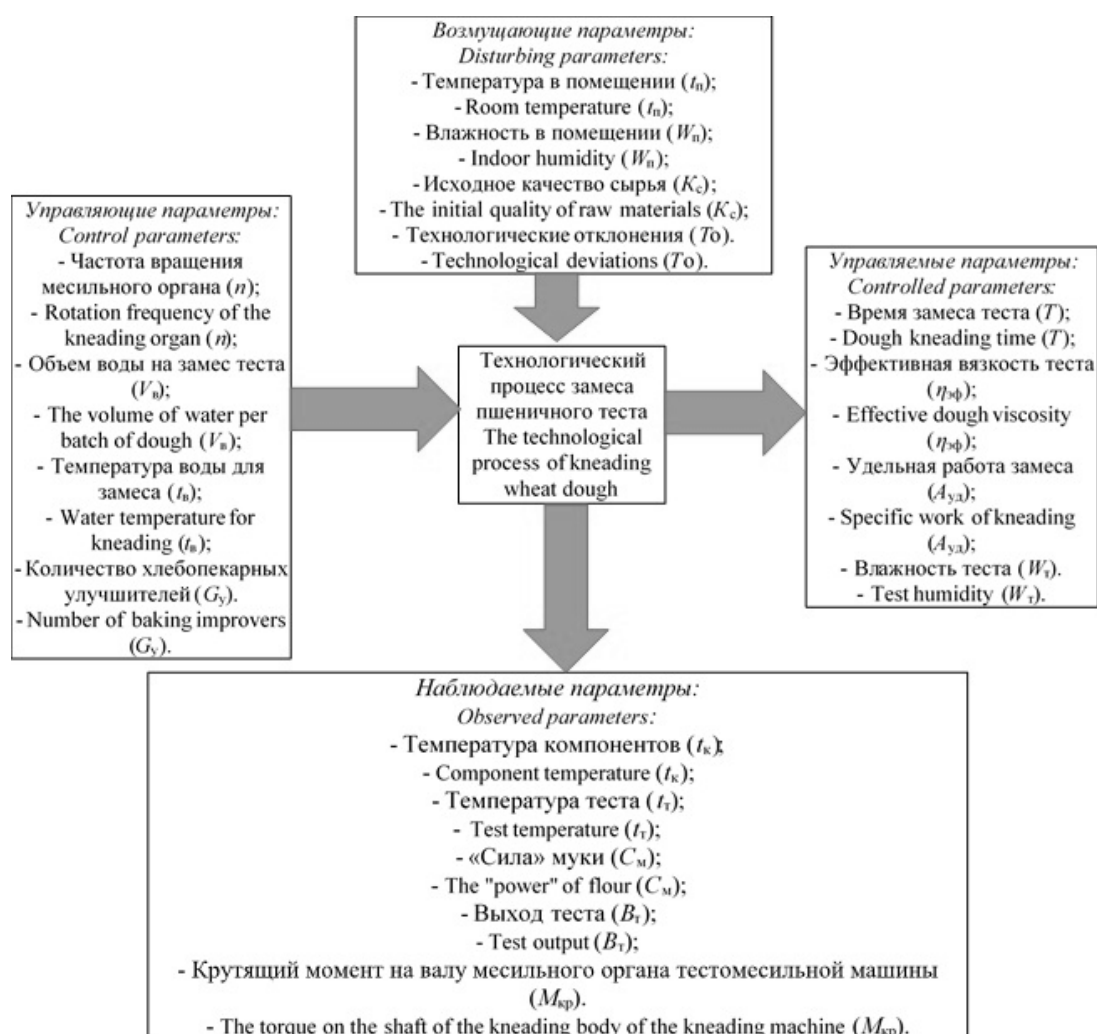


Рисунок 1. Модель «черный ящик» технологического процесса замеса пшеничного теста

Figure 1. The "black box" model of the technological process of kneading wheat dough

## Результаты

Для того чтобы определить значимость отдельных факторов процесса было проведено априорное ранжирование методом экспертной оценки. В основе данного метода определения экспертных оценок лежит процесс определения степеней влияния входных и выходных факторов на исследуемый технологический процесс.

Все это выражается в определенной, заранее выбранной системе оценок, которая подразумевает что наиболее высшей оценке будет приравнен наименьший ранг [16, 19].

Априорное ранжирование проводилось 5 экспертами по 15 факторам, которые можно разделить на входные и на выходные факторы.

Эти две группы факторов, в свою очередь делятся на более мелкие подгруппы. Так, входные факторы делятся на возмущающие и управляющие факторы, а выходные делятся на управляемые и наблюдаемые факторы. Ниже представлены выбранные факторы в зависимости от их групповой принадлежности.

Входные факторы:

– возмущающие факторы:

X1 – температура в помещении; X2 – влажность в помещении; X3 – исходное качество сырья;

– управляющие факторы:

X4 – частота вращения месильного органа тестомесильной машины; X5 – объем воды на замес теста; X6 – температура воды для замеса теста; X7 – количество хлебопекарных улучшителей.

Выходные факторы:

– управляемые факторы:

X8 – время замеса теста в тестомесильной машине; X9 – эффективная вязкость теста; X10 – удельная работа замеса в тестомесильной машине; XII – влажность теста.

– наблюдаемые факторы:

X12 – температура добавляемых компонентов; X13 – температура теста; X14 – «сила» теста; X15 – крутящий момент на валу месильного органа тестомесильной машины.

Таблица 1.

Результаты экспертного опроса

Table 1.

Expert survey results

Фактор Factor	Эксперт   Expert					Сумма рангов $S_i$ The sum of the $S_i$ ranks	Отклонение $S_i - L$ Deviation $S_i - L$	Квадрат отклонений ( $S_i - L$ ) <sup>2</sup> The square of the deviations ( $S_i - L$ ) <sup>2</sup>	Среднее значение сумм рангов $a_i$ The average value of the rank sums $a_i$	Ранг Rank
	1	2	3	4	5					
X1	13	11	10	11	10	55	15,0	225,0	11,0	10
X2	10	12	13	10	11	56	16,0	256,0	11,2	11
X3	15	14	15	13	15	72	32,0	1024,0	14,4	15
X4	6	7	6	5	7	31	9,0	81,0	6,2	7
X5	8	8	7	7	8	38	20,	4,0	7,6	8
X6	7	5	9	4	4	29	11,0	121,0	5,8	5
X7	2	3	1	2	3	11	29,0	841,0	2,2	2
X8	1	1	2	1	1	6	34,0	1156,0	1,2	1
X9	11	15	12	12	12	62	22,0	484,0	12,4	13
X10	14	13	14	15	14	70	30,0	900,0	14,0	14
XII	4	2	3	3	8	14	26,0	676,0	2,8	3
X12	5	6	5	8	6	30	10,0	100,0	6,0	6
X13	3	4	4	6	5	22	18,0	324,0	4,4	4
X14	9	9	8	9	9	44	4,0	16,0	8,8	9
X15	12	10	11	14	13	60	20,0	400,0	12,0	12
Сумма   Amount								6608,0		

### Обсуждение

По результатам экспертных оценок была получена база данных. На основе которой рассчитан коэффициент конкордации  $W$  для оценки степени согласованности мнений приглашенных экспертов.

$$W = \frac{12S}{M^2(N^3 - N)}, \quad (1)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений;  $N$  – количество экспертов,  $M$  – количество факторов.

$$W = 2 \cdot 660815^2 = 2,9.$$

При определении коэффициента конкордации было получено следующее значение  $W = 2,9$ .

В связи с тем, что число участвовавших в исследовании экспертов было меньше минимально требуемого для чистоты исследования, т. е.  $N < 7$ , то возникает потребность проверки полученного коэффициента конкордации на значимость с использованием критерия Фишера [18]. В результате расчетов было получено значение критерия равное 4,31 ( $F_r = 4,31$ ), на основании чего можно сделать вывод о том, что условия проведения исследования удовлетворительные и не вызывает сомнений в единстве мнений участвовавших в процессе экспертов, а также интерпретация их мнений проведена правильно.

Для наглядного отображения ранжирования мнений экспертов представлена гистограмма на рисунке 2.

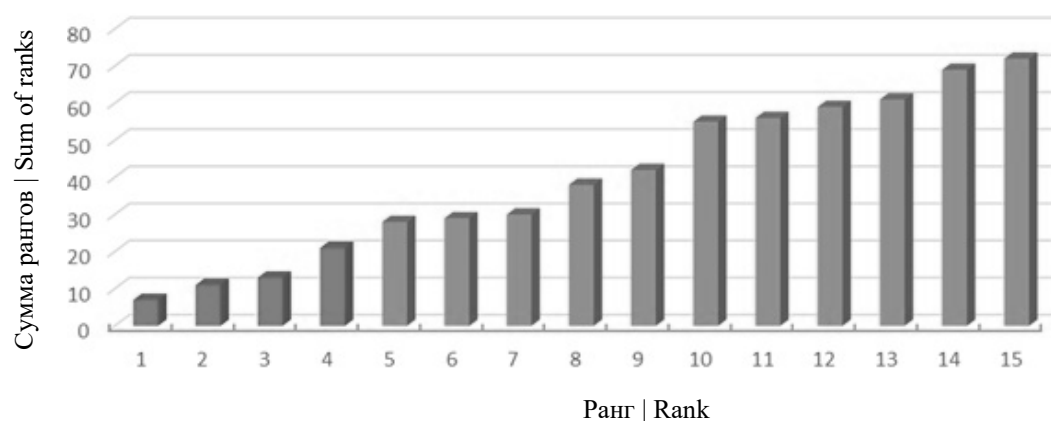


Рисунок 2. Диаграмма рангов

Figure 2. Rank diagram

Для более удобной интерпретации представленных на гистограмме результатов для каждой суммы рангов был присвоен порядковый номер таким образом, чтобы эта нумерация осуществлялась по возрастанию значимости. В результате получим следующее, чем выше сумма ранга, тем более существенное влияние оказывает данный фактор на технологический процесс замеса теста. Анализ представленной на рисунке 2 гистограммы рангов показывает, что все рассмотренные факторы можно условно разделить на четыре группы, положив за основу разделения фактор влияния на технологический процесс замеса теста. В первую группу, как оказывающие несущественное влияние, можно отнести факторы с 1 по 4; во вторую группу можно отнести факторы 5–9; в третью – с 10 по 13 и в четвертую – с 14 по 15.

### Закключение

Было проведено научно-техническое прогнозирование, с целью анализа целесообразности модернизации конструкции тестомесильной

машины. При этом была сформирована модель «черного ящика» стадии замеса теста. Исследование факторов, оказывающих влияние на операцию замеса теста, было выполнено с применением четырех различных параметров, среди которых были выделены как входные, так и выходные параметры, разделенные на управляющие, управляемые, возмущаемые и наблюдаемые, а сам технологический процесс замеса теста выполнялся в тестомесительной машине

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в технологическом процессе производства хлеба из пшеничной муки наиболее значимыми факторами в процессе замеса теста являются: влажность и температура теста, частота вращения месильного органа тестомесильной машины, объем воды для замеса. Помимо этого, модернизация оборудования тестомесильной машины представляется довольно перспективным направлением для повышения эффективности технологического процесса замеса теста.

### Литература

- 1 Бакирова Р.Р., Сагадеева Э.Ф., Скорнякова В.О. Внешние риски предпринимательской деятельности хлебопекарной промышленности // Региональные проблемы преобразования экономики. 2022. № 1. С. 52–59.
- 2 Горький А.С. Система оценки и прогнозирования перспектив развития региональных промышленных систем с учетом инновационно-технологического фактора // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2023. № 3. С. 165–180. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-otsenki-i-prognozirovaniya-perspektiv-razvitiya-regionalnyh-promyshlennyh-sistem-s-uchetom-innovatsionno-tehnologicheskogo>
- 3 Базров Б.М. Обеспечение технологичности конструкций изделий // Научные технологии в машиностроении. 2020. Т. 8. № 110. С. 18–22. doi: 10.30987/2223-4608-2020-8-18-22
- 4 Лешкевич Т.Г. Метафоры цифровой эры и black box problem // Философия науки и техники. 2022. Т. 27. № 1. С. 34–48. doi: 10.21146/2413-9084-2022-27-1-34-48
- 5 Bochkaryov P.Yu., Korolev R.D., Bokova L.G. Comprehensive Assessment of the Manufacturability of Products // Advanced Engineering Research. 2023. V. 23. № 2. P. 155–168. doi: 10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168
- 6 Чернецов А.Н. Методы технологического прогнозирования // Вестник науки. 2019. Т. 1. № 6 (15). С. 10–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-tehnologicheskogo-prognozirovaniya>
- 7 Овинников В.А. Роль инноваций и инновационных технологий в модернизации российских промышленных предприятий // Экономика и управление инновациями. 2021. № 4. С. 72–79.

8 Неверов Е.Н., Иванов С.А., Петрова О.В. и др. Исследование процесса применения диоксида углерода при таблетировании инстантированных продуктов и сухих смесей растительных компонентов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2024. № 7 (208). С. 229–242.

9 Горбачёв А.С., Дроговоз П.А. Прогнозирование как инструмент опережающего развития технологических компетенций в промышленности // Корпоративная экономика. 2020. № 12. С. 45–52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-kak-instrument-operezhayushchego-razvitiya-tehnologicheskikh-kompetentsiy-v-promyshlennosti>

10 Качанова Л.С., Бондаренко А.М., Барышников А.В. Экономико-технологические аспекты рециклинга органических отходов в обеспечении финансовой устойчивости предприятий аграрного сектора // Стратегическое планирование и прогнозирование в АПК как инструмент достижения целей национального развития России, 2021. С. 83–87.

11 Серяков Г.Н. Методологические аспекты организации строительства в условиях инновационного развития экономики // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: электронный сборник статей II Международной научной конференции (Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.) / Под ред. Л.М. Парфеновой. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2020. С. 445–452.

12 Wagner L.P., Reinhold L.M., Kilthau M., Fay A. A systematic review of modeling approaches for flexible energy resources // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. V. 184. P. 113541. doi: 10.1016/j.rser.2023.113541

13 Melgaard S.P., Jørgensen R.B., Li H. et al. Fault detection and diagnosis encyclopedia for building systems: a systematic review // Energies. 2022. V. 15. № 12. P. 4366.

14 Habash R. Sustainability and health in intelligent buildings. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022. 350 p. doi: 10.1016/B978-0-323-98826-1.00006-5

15 Hassija V., Chamola V., Mahapatra A. et al. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence // Cognitive Computation. 2024. V. 16. P. 45–74. doi: 10.1007/s12559-023-10179-8

16 Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С. и др. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 1. С. 155–162. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162

17 Mickiewicz B., Britchenko I. Main trends and development forecast of bread and bakery products market // VUZF Review. 2022. V. 7. № 3. P. 113–123.

18 Lutska N., Kostiuk T., Hrabovska T. et al. Monitoring and Forecasting Quality Indicators of Predough Production in the Bakery Industry // 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek): Proceedings. Kharkiv: IEEE, 2024. P. 1–6.

19 Aghababaei A., Taheri-Garavand A., Shahbazi F. et al. Artificial Intelligence in Agro-Food Systems: From Farm to Fork // Foods. 2025. V. 14. № 3. P. 411.

20 Ojo O., Adeleke O., Igbokwe U. et al. Development of dough kneading machine for small and medium-sized enterprises // Journal of Applied Research in Technology & Engineering. 2024. V. 5. № 1. P. 23–31.

## References

1 Bakirova R.R., Sagadeeva E.F., Skornyakova V.O. External risks of entrepreneurial activity of the bakery industry. Regional Problems of Economic Transformation. 2022. no. 1. pp. 52–59. (in Russian)

2 Gorky A.S. A system for assessing and forecasting the prospects for the development of regional industrial systems, taking into account the innovation and technological factor. Bulletin of the Samara University. Economics and Management. 2023. no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-otsenki-i-prognostirovaniya-perspektiv-razvitiya-regionalnyh-promyshlennyh-sistem-s-uchetom-innovatsionno-tehnologicheskogo> (in Russian)

3 Bazrov B.M. Ensuring the manufacturability of product designs. High-tech Technologies in Mechanical Engineering. 2020. vol. 8. no. 110. pp. 18–22. doi: 10.30987/2223-4608-2020-8-18-22 (in Russian)

4 Leshkevich T.G. Metaphors of the digital age and the black box problem. Philosophy of Science and Technology. 2022. no. 1. pp. 34–48. doi: 10.21146/2413-9084-2022-27-1-34-48 (in Russian)

5 Bochkaryov P.Yu., Korolev R.D., Bokova L.G. Comprehensive Assessment of the Manufacturability of Products. Advanced Engineering Research. 2023. vol. 23. no. 2. pp. 155–168. doi: 10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168

6 Chernetsov A.N. Methods of technological forecasting. Science Herald. 2019. vol. 1. no. 6 (15). pp. 10–18. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-tehnologicheskogo-prognostirovaniya> (in Russian)

7 Ovinnikov V.A. The role of innovations and innovative technologies in the modernization of Russian industrial enterprises. Economics and Management of Innovations. 2021. no. 4. pp. 72–79. (in Russian)

8 Neverov E.N., Ivanov S.A., Petrova O.V. et al. Study of the process of using carbon dioxide in the tableting of instant products and dry mixtures of plant components. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2024. no. 7 (208). pp. 229–242. (in Russian)

9 Gorbachev A.S., Drogovoz P.A. Forecasting as a tool for advanced development of technological competencies in industry. Corporate Economics. 2020. no. 12. pp. 45–52. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-kak-instrument-operezhayushchego-razvitiya-tehnologicheskikh-kompetentsiy-v-promyshlennosti> (in Russian)


10 Качанова Л.С., Бондаренко А.М., Барышников А.В. Economic and technological aspects of recycling organic waste in ensuring the financial sustainability of agricultural sector enterprises. Strategic planning and forecasting in the agro-industrial complex as a tool for achieving the goals of Russia's national development, 2021. pp. 83–87. (in Russian)

11 Seryakov G.N. Methodological aspects of organizing construction in the conditions of innovative economic development. Architectural and Construction Complex: Problems, Prospects, Innovations: electronic collection of articles of the II International Scientific Conference (Novopolotsk, November 28–29, 2019). Ed. by L.M. Parfenova. Novopolotsk: Polotsk State University, 2020. pp. 445–452. (in Russian)

- 12 Wagner L.P., Reinbold L.M., Kilthau M., Fay A. A systematic review of modeling approaches for flexible energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. vol. 184. p. 113541. doi: 10.1016/j.rser.2023.113541
- 13 Melgaard S.P., Jørgensen R.B., Li H. et al. Fault detection and diagnosis encyclopedia for building systems: a systematic review. *Energies*. 2022. vol. 15. no. 12. p. 4366. doi: 10.3390/en15124366
- 14 Habash R. Sustainability and health in intelligent buildings. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022. 350 p. doi: 10.1016/B978-0-323-98826-1.00006-5
- 15 Hassija V., Chamola V., Mahapatra A. et al. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence. *Cognitive Computation*. 2024. vol. 16. pp. 45–74. doi: 10.1007/s12559-023-10179-8
- 16 Meleshkina E.P., Kolomiets S.N., Zhiltsova N.S. et al. Modern assessment of baking properties of Russian wheat. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 155–162. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162 (in Russian)
- 17 Mickiewicz B., Britchenko I. Main trends and development forecast of bread and bakery products market. *VUZF Review*. 2022. vol. 7. no. 3. pp. 113–123. doi: 10.38188/2534-9228.22.3.09
- 18 Lutska N., Kostyuk T., Hrabovska T. et al. Monitoring and Forecasting Quality Indicators of Predough Production in the Bakery Industry. 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek): Proceedings. Kharkiv: IEEE, 2024. pp. 1–6. doi: 10.1109/KhPIWeek63049.2024.10696117
- 19 Aghababaei A., Taheri-Garavand A., Shahbazi F. et al. Artificial Intelligence in Agro-Food Systems: From Farm to Fork. *Foods*. 2025. vol. 14. no. 3. p. 411. doi: 10.3390/foods14030411
- 20 Ojo O., Adeleke O., Igbokwe U. et al. Development of dough kneading machine for small and medium-sized enterprises. *Journal of Applied Research in Technology & Engineering*. 2024. vol. 5. no. 1. pp. 23–31. doi: 10.4995/jarte.2024.21271

**Сведения об авторах**

**Денис В. Доня** к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, doniadv@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

**Вклад авторов**


**Денис В. Доня** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Information about authors**

**Denis V. Donya** Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, technology of storage and processing of livestock products department, Russian State Agrarian University - Moscow, Timiryazevskay St., 49, Moscow, 127434, Russia, doniadv@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

**Contribution**

**Denis V. Donya** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

<b>Поступила</b> 31/05/2025	<b>После редакции</b> 18/06/2025	<b>Принята в печать</b> 20/07/2025
<b>Received</b> 31/05/2025	<b>Accepted in revised</b> 18/06/2025	<b>Accepted</b> 20/07/2025