

Прогнозирование развития технологических процессов на примере ведущего оборудования линии производства конфет «Птичье молоко»

Юлия В. Устинова	¹	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Максим В. Просин	¹	prosinmv@yandex.ru	 0000-0002-4615-5628
Дмитрий М. Бородулин	¹	borodulin@rgau-msha.ru	 0000-0003-3035-0354
Денис В. Дonya	¹	doniadv@rambler.ru	 0000-0002-5818-0804

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

Аннотация. Одной из неотъемлемых стадий большинства технологических процессов является стадия разделения продукта или полуфабриката на отдельные порции. Разделение как правило происходит резанием, хотя могут применяться и ряд других способов разделения. Технологическая линия производства конфет «Птичье молоко» оптимизирована для максимального использования сырья и минимизации отходов, что дает высокое качество итогового изделия. При изготовлении применяется способ непрерывной разливки конфетного пласта на конвейерную ленту, с последующей ускоренной выстойкой, делением массы на порционные корпуса, глазированием и упаковкой. Проведено научно-техническое прогнозирование, с целью проанализировать целесообразности изменений в конструкции машины. Для этого составлена модель «черного ящика» операции резки конфетного пласта «Птичье молоко». Для удобства структурирования и оценки значимости факторов использован метод экспертного оценивания, результаты представлены в виде матрицы рангов. Исследование характеристик, оказывающих воздействие на операцию резки кондитерской массы, было выполнено с использованием четырех различных параметров, которые являлись управляющими, управляемые, возмущающие и наблюдаемые, а сам технологический процесс резания выполнялся в комбинированной машине, предназначенной для резки конфетного пласта. Выявленных показателей, оказывающих влияние на качество обработки полуфабриката, оказалось 17. В результате проведенных исследований было установлено, что в технологическом процессе разделения конфетной массы в линии производства конфет «Птичье молоко» к существенным факторам можно отнести следующие пять факторов: жесткость ножа, скорость перемещения для гильотинного ножа и транспортной ленты, плотность разрезаемой массы, частота вращения и число дисковых ножей.

Ключевые слова: разделение, нож, резание, конфетная масса, «черный ящик».

Forecasting the development of technological processes using the example of the leading equipment of the "Bird's Milk" candy production line

Yuliya V. Ustinova	¹	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Maksim V. Prosin	¹	prosinmv@yandex.ru	 0000-0002-4615-5628
Dmitry M. Borodulin	¹	borodulin@rgau-msha.ru	 0000-0003-3035-0354
Denis V. Donya	¹	doniadv@rambler.ru	 0000-0002-5818-0804

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskay St., 49, 127434, Moscow, Russia

Abstract. One of the integral stages of most technological processes is the stage of dividing a product or semi-finished product into separate portions. Separation usually occurs by cutting, although a number of other separation methods can be used. The technological production line of "Bird's Milk" candies is optimized for maximum use of raw materials and minimization of waste, which gives high quality of the final product. In the manufacture, a method of continuous pouring of the candy layer onto a conveyor belt is used, followed by accelerated proofing, dividing the mass into portion cases, glazing and packaging. Scientific and technical forecasting was carried out in order to analyze the feasibility of changes in the design of the machine. For this purpose, a model of the "black box" operation of cutting the "Bird's Milk" candy layer has been compiled. For the convenience of structuring and evaluating the significance of factors, the expert assessment method was used, the results are presented in the form of a rank matrix. The study of the characteristics affecting the cutting operation of the confectionery mass was performed using four different parameters, which were control, controlled, disturbing and observable, and the cutting process itself was performed in a combined machine designed for cutting a candy layer. There were 17 identified indicators that affect the quality of semi-finished product processing. As a result of the conducted research, it was found that in the technological process of separating the candy mass in the "Bird's Milk" candy production line, the following five factors can be attributed to significant factors: the rigidity of the knife, the speed of movement for the guillotine knife and conveyor belt, the density of the cut mass, the rotation frequency and the number of disc knives

Keywords: Separation, knife, cutting, candy mass, "black box".

Для цитирования

Устинова Ю.В., Просин М.В., Бородулин Д.М., Дonya Д.В. Прогнозирование развития технологических процессов на примере ведущего оборудования линии производства конфет «Птичье молоко» // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 37–43. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-37-43

For citation

Ustinova Yu.V., Prosin M.V., Borodulin D.M., Donya D.V. Forecasting the development of technological processes using the example of the leading equipment of the "Bird's Milk" candy production line. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 37–43. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-37-43

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

Введение

На данный момент пищевая и перерабатывающая промышленность насчитывает более 40 тыс. предприятий, на которых трудятся около 1,3 млн человек [1, 2]. В данной сфере народного хозяйства формируется около 40% финансовых ресурсов бюджета и свыше 50% розничного товарооборота Российской Федерации. Средняя номинальная заработная плата в пищевой перерабатывающей промышленности – 81065,9 руб./мес (данные на 2022 г.) [2].

В России в 2021 году было получено свыше 4 млн тонн продукции в кондитерской отрасли. Московская область стала главным регионом – производителем в сфере кондитерского производства. В начале 2022 года было выпущено 12,6% от общего объема. На втором месте Воронежская область, где доля производительности – 7,8% от производимых сладостей по России. На третьем – Владимирская область, в которой пришлось 6% кондитерской продукции, выпущенной в РФ [2, 3].

Несмотря на то, что кондитерская промышленность в 2021 году проявила положительные показатели, из-за возникнувшей геополитической и экономической обстановки возникли весомые сдвиги на рынке.

Во втором квартале большое количество иностранных производителей прекратили поставки в РФ своих товаров. К ним относятся: Lindt & Sprungli (Швейцария), Nestle замораживает продажи KitKat и Nesquik. Mars [4].

Сформировавшееся положение провоцирует проблемы, оказывающих влияние на замену и ремонт эксплуатируемых установок. При этом местные предприниматели поэтапно стали осуществлять замену иностранных машин отечественными. Например, в 2019 году, «Рот Фронт», ввел в эксплуатацию цех по переработке какао-бобов, оборудованный техникой российского производства [5]. В результате всего вышеперечисленного, наблюдается тенденция увеличения цен на десерты и сладости. Таким образом, современный характер техники и технологии, возрастающая сложность производства объективно диктуют необходимость повышения качества продукции.

Одной из неотъемлемых стадий большинства технологических процессов является стадия разделения продукта или полуфабриката на отдельные порции [6, 7]. Разделение как правило происходит резанием, хотя могут применяться и ряд других способов разделения. Так, например, резание широко применяется при разделении как туши, так и крупного куска мяса на более мелкие; разделение тестовой заготовки на отдельные, более мелкие порции; разделка рыбы,

а именно, отделение головы, плавников и ее порционирование и т. д. [6, 15]. В сфере общественного питания резание является неотъемлемой частью технологического процесса, так как необходимо производить нарезку овощей, фруктов, хлеба, мясных и колбасных изделий, сыра и т. д. [7, 12] Поэтому можно сказать, что процесс резания является неотъемлемой и весьма важной частью для большинства технологических процессов производств в пищевой промышленности.

Материалы и методы

Технологическая линия производства конфет «Птичье молоко» оптимизирована для максимального использования сырья и минимизации отходов, что дает высокое качество итогового изделия. При изготовлении применяется способ непрерывной разливки конфетного пласта на конвейерную ленту, с последующей ускоренной выстойкой, делением массы на порционные корпуса, глазированием и упаковкой [6].

Студнеобразная структура этих изделий обусловлена наличием агара, причем присутствие жира вызывает ослабление связей в каркасе, являющийся основной структурой студня [8]. Такое ослабление контактов студнеобразователя приводит к понижению прочности конфетной массы после охлаждения и возникновению деформаций корпусов при резке и глазировании.

Результаты

Таким образом, конфетная масса «Птичье молоко» обладает меньшей пластической прочностью и меньшим придельным напряжением сдвига, чем сбивные массы типа «Суфле». Рассчитанная критическая высота формоустойчивости даже при температуре, близкой к температуре студнеобразования агара (37–39 °C) меньше, чем требуемая высота корпуса конфет (12 мм) [9].

С другой стороны, введение жира в рецептуру сбивных конфет приводит к снижению липкости и облегчает такие технологические процессы, как резка пластов и отделение корпусов от материала, на который наносят массу при формировании.

Таким образом, оптимальным для конфетной массы и «Птичье молоко» является способ размазного формования. Также, проведено научно-техническое прогнозирование, с целью проанализировать целесообразности изменений в конструкции машины. Для этого составлена модель «черного ящика» операции резки конфетного пласта «Птичье молоко». Для удобства структурирования и оценки значимости факторов использован метод экспертного оценивания, результаты отображены в виде матрицы рангов [5, 8, 10].

Исследование характеристик, оказывающих воздействие на операцию резки кондитерской массы, было выполнено с использованием четырех различных параметров, которые являлись управляющими, управляемые, возмущающие и наблюдаемые, а сам технологический процесс резания выполнялся в комбинированной машине, предназначенной для резки конфетного

пласта. Выявленных показателей, оказывающих влияние на качество обработки полуфабриката, оказалось 17, которые представлены на рисунке 1. На рисунке представлена модель «черного ящика», примененного для подсистемы образования промежуточного продукта, характеризующегося заданными технологическими параметрами качества.

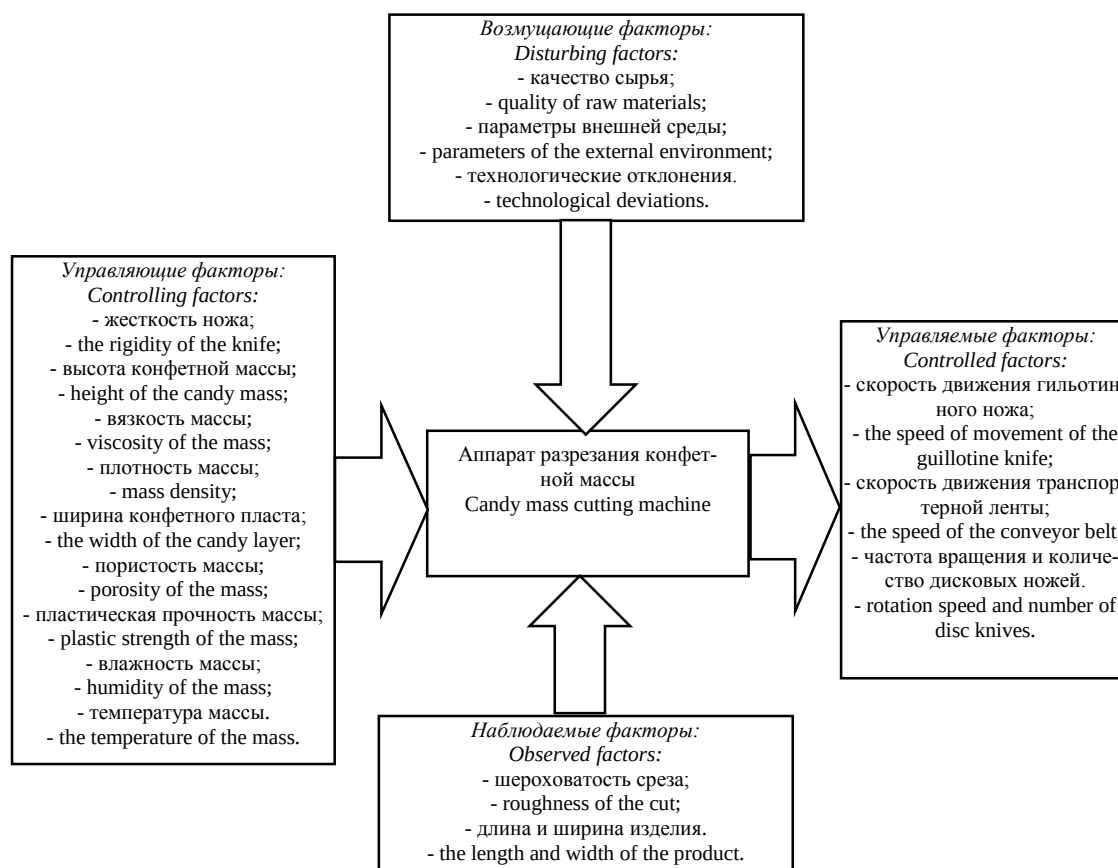


Рисунок 1. Модель «черного ящика» подсистемы получения промежуточного продукта

Figure 1. The "black box" model of the subsystem for obtaining an intermediate product

К управляющим параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- жесткость ножа;
- высота конфетной массы;
- вязкость массы;
- плотность массы;
- ширина конфетного пласта;
- пористость массы;
- пластическая прочность массы;
- влажность массы;
- температура массы.

К управляемым параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- скорость движения гильотинного ножа;
- скорость движения транспортной ленты;
- частота вращения и количество дисковых ножей.

К возмущающим параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- качество сырья;
- параметры внешней среды;
- технологические отклонения.

К наблюдаемым параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- шероховатость среза;
- длина и ширина изделия.

Сбивная кондитерская масса «Птичье молоко» представляет собой очень восприимчивую среду как к внешним характеристикам, влияющим на продукт, так и к механизмам, протекающим в исследуемом аппарате [5, 13]. Как на качество обработки, так и на качество

конечного продукта в кондитерской промышленности оказывают влияние разнообразные факторы. Процесс выявления и оценки значимости этих факторов воспользуемся методом экспертного оценивания.

Опираясь на модель «черного ящика» [3, 9, 10] технологического процесса деления кондитерского пласта выполнено априорное ранжирование факторов. Итоги экспертного опроса представлены в виде матрицы рангов (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты экспертного опроса

Table 1.

The results of the expert survey

Фактор The factor	Эксперты Experts										Сумма рангов Sum of the ranks	Отклонения Deviations	Квадрат отклонений Square of deviations	Среднее значение суммы рангов The average value of the sum of the ranks	Ранг Rank
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Жесткость ножа The rigidity of the knife	17	16	15	17	17	16	16	17	16	17	164	73,88	5458,6	16,4	1
Высота конфетной массы Height of the candy mass	12	12	10	9	11	12	10	8	12	12	108	17,88	319,78	10,8	6
Вязкость конфетной массы Viscosity of the candy mass	10	11	12	12	9	8	9	10	11	9	101	10,88	118,43	10,1	8
Плотность конфетной массы The density of the candy mass	16	15	16	154	16	15	13	13	13	14	145	54,88	3012,07	14,5	3
Ширина конфетной массы The width of the candy mass	7	7	6	7	6	6	6	7	7	6	65	25,12	630,9	6,5	11
Пористость конфетной массы Porosity of the candy mass	5	3	5	6	7	5	7	6	6	7	57	33,12	1096,78	5,7	12
Пластическая прочность конфетной массы The plastic strength of the candy mass	1	2	3	1	1	4	4	4	4	5	29	61,12	3735,37	2,9	16
Влажность конфетной массы Humidity of the candy mass	11	8	11	11	8	9	12	11	10	11	102	11,88	141,19	10,2	7
Температура конфетной массы The temperature of the candy mass	2	6	1	5	5	7	5	5	5	4	45	45,12	2035,6	4,5	13
Шероховатость режущей поверхности Roughness of the cutting surface	8	10	8	8	12	10	8	12	8	8	92	1,88	3,54	9,2	10
Размеры конечного изделия Dimensions of the final product	9	9	9	10	10	11	11	9	9	10	97	6,88	47,37	9,7	9
Качество исходного сырья The quality of the feedstock	6	4	4	4	4	3	2	3	1	1	32	58,12	3377,66	3,2	15
Параметры внешней среды Parameters of the external environment	4	5	7	3	2	2	3	2	2	3	33	57,12	3262,43	3,3	14
Технологические отклонения Technological deviations	3	1	2	2	3	1	1	1	3	2	19	71,12	5057,72	1,9	17
Скорость движения ножа The speed of movement of the knife	14	17	17	16	15	17	17	15	17	15	160	69,88	4883,54	16	2
Скорость движения транспортной ленты The speed of the conveyor belt	15	13	14	13	14	13	16	16	14	16	144	53,88	2903,31	14,4	4
Частота вращения и количество дисковых ножей Rotation speed and number of disc knives	13	14	13	15	13	14	15	14	15	13	139	48,88	2389,5	13,9	5

Десяти опрошенным экспертам было предложено оценить 17 факторов, оказывающих влияние на разделение конфетной массы в агрегате для резки конфетной массы. Выявление значимости весомости этих критериев осуществлялось по 17-бальной шкале, в которой наиболее значимый показатель приравнивается единице [11].

Расчет параметров для полученных факторов [12, 14]:

– сумма рангов S_i

$$S_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}, \quad (1)$$

– среднее значение сумм рангов L

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2)$$

– сумма квадратов отклонений S

$$S = \sum_{i=1}^n (S_i - L)^2, \quad (3)$$

– коэффициент конкордации W

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}. \quad (4)$$

Обсуждение

В результате расчетов был получен коэффициент конкордации, равный 0,94. Однако, при полной согласованности мнений экспертов в части выявления значимости влияния факторов данный коэффициент должен быть равен единице [13, 15].

В связи с тем, что число экспертов превышает 7, для последующего расчета воспользуемся критерием Пирсона [16], X_p^2 . В результате расчетов получили $X_p^2 = 6,03$, что является больше чем табличное $X_p^2 = 5,81$, следовательно условия удовлетворяются и не вызывают сомнений в единстве мнений экспертов. Наглядное отображение ранжирования мнений экспертов представлено в виде гистограммы на рисунке 2.

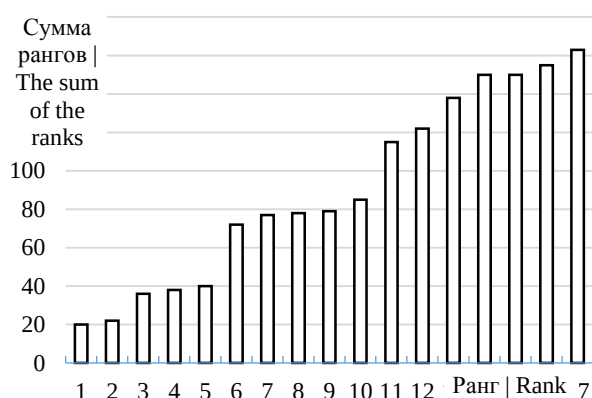


Рисунок 2. Гистограмма рангов

Figure 2. A histogram of ranks

Присвоим порядковый номер для каждой суммы рангов, при этом нумерацию будем осуществлять по возрастанию. Таким образом, получим, что чем выше сумма ранга, тем более

значимое влияние оказывается на технологический процесс разрезания конфетной массы. Анализируя полученную гистограмму на рисунке 2 видно, что все рассмотренные факторы условно делятся на четыре группы, первая группа: факторы с 1 по 5; вторая – с 6 по 10; третья – с 11 по 13; четвертая – с 14 по 17.

Для определения единых групп воспользовались критерием Линка–Уоллеса [17], K_{up} . В результате вычислений получили, что нет возможности объединения первой и второй групп, а также третьей и четвертой, в связи с тем, что для первой группы факторов расчетный критерий K_{up} равен 0,84, при том, что табличное значение равно 0,98, а это больше расчетного. Следовательно, факторы с 1 по 5 являются одной общей группой. Для второй группы факторов критерий Линка–Уоллеса равен 1,56 и факторы с 6 по 10 невозможно включить в общую группу.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что в технологическом процессе разделения конфетной массы в линии производства конфет «Птичье молоко» к существенным факторам можно отнести следующие пять факторов: жесткость ножа, скорость перемещения для гильотинного ножа и транспортной ленты, плотность разрезаемой массы, частота вращения и число дисковых ножей.

Литература

- 1 Антипов С.Т., Журавлев А.В., Панфилов В.А., Шахов С.В. Развитие инженерии техники пищевых технологий: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 448 с.
- 2 Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.
- 3 Школьников М.Н., Аверьянова Е.В., Доня Д.В., Хлопотов И.В. Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 3(46). С. 96–101.
- 4 Лешкевич Т.Г. Метафоры цифровой эры и black box problem // Философия науки и техники. 2022. № 1.
- 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 Базров Б.М. Обеспечение технологичности конструкций изделий // Научно-технические технологии в машиностроении. 2020. V. 8. № 110. P. 18–22. doi: 10.30987/2223–4608–2020–8–18–22
- 7 Чернецов А.Н. Методы технологического прогнозирования // Вестник науки. 2019. № 6 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-tehnologicheskogo-prognozirovaniya>
- 8 Зеленов Н.Н. Роль и методы технологического прогнозирования в модернизации экономики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2012. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-i-metody-tehnologicheskogo-prognozirovaniya-v-modernizatsii-ekonomiki-1>
- 9 Горбачёв А.С., Дроговоз П.А. Прогнозирование как инструмент опережающего развития технологических компетенций в промышленности // КЭ. 2020. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-kak-instrument-operezhayuschego-razvitiya-tehnologicheskikh-kompetentsiy-v-promyshlennosti>
- 10 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. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-otsenki-i-prognozirovaniya-perspektiv-razvitiya-regionalnyh-promyshlennyh-sistem-s-uchetom-innovatsionno-tehnologicheskogo>
- 11 Качанова Л.С. Методика прогнозирования и сценарии развития технологических процессов производства и применения органических удобрений в аграрном секторе экономики // Инновации и инвестиции. 2018. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-prognozirovaniya-i-stsenarii-razvitiya-tehnologicheskikh-protsessov-proizvodstva-i-primeneniya-organicheskikh-udobreniy-v>

12 Сержаков Г.Н. Развитие методологических аспектов прогнозирования процессов развития нового технологического уклада экономики // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. 2018. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-metodologicheskikh-aspektov-prognostirovaniya-protssessov-razvitiya-novogo-tehnologicheskogo-uklada-ekonomiki>

13 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // Advanced Materials & Technologies. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-study-of-structure-formation-processes-in-the-confectionery-mass>

14 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. V. 184. doi: 10.1016/j.rser.2023.113541

15 Shi Z., O'Brien W. Development and implementation of automated fault detection and diagnostics for building systems: A review // Automation in Construction. 2019. V. 104. P. 215–229. doi: 10.1016/j.autcon.2019.04.002

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

17 Sacco R., Guidoboni G., Mauri A.G. A comprehensive physically based approach to modeling in bioengineering and life sciences. – Academic press, 2019. doi: 10.1016/B978-0-12-812518-2.00047-0

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

19 Nosal S., Staszek M. Failure frequency of candies packing line before and after introducing service strategy of Total Productive Maintenance (TPM) // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 2015. V. 60. № 2. P. 68-71.

20 de Avelar M.H.M., de Castilho Queiroz G., Efraim P. Sustainable performance of cold-set gelation in the confectionery manufacturing and its effects on perception of sensory quality of jelly candies // Cleaner Engineering and Technology. 2020. V. 1. P. 100005.

References

1 Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Panfilov V.A., Shakhov S.V. Development of food technology engineering: textbook. St. Petersburg, Lan, 2022. 448 p. (in Russian).

2 Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 2017. 140 p. (in Russian).

3 Shkolnikova M.N., Averyanova E.V., Donya D.V., Khlopotov I.V. Development of the composition and technology for obtaining a tablet form of soft drink concentrate. Food production equipment and technology. 2017. no. 3 (46). pp. 96–101. (in Russian).

4 Leshkevich T.G. Metaphors of the digital era and the black box problem. Philosophy of Science and Technology. 2022. no. 1. (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 Bazrov B.M. Ensuring the Manufacturability of Product Designs. Science-Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2020. vol. 8. no. 110. pp. 18–22. doi: 10.30987/2223-4608-2020-8-18-22 (in Russian).

7 Chernetsov A.N. Methods of Technological Forecasting. Science Bulletin. 2019. no. 6 (15). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-tehnologicheskogo-prognostirovaniya> (in Russian).

8 Zelenov N.N. The Role and Methods of Technological Forecasting in Economic Modernization // MIR (Modernization. Innovation. Development). 2012. no. 10. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-i-metody-tehnologicheskogo-prognostirovaniya-v-modernizatsii-ekonomiki> 1 (in Russian).

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

10 Gorky A.S. System for assessing and forecasting the development prospects of regional industrial systems taking into account the innovation and technological factor. Bulletin of 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).

11 Kachanova L.S. Methodology for forecasting and scenarios for the development of technological processes for the production and use of organic fertilizers in the agricultural sector of the economy. Innovations and Investments. 2018. no. 7. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-prognostirovaniya-i-stsenarii-razvitiya-tehnologicheskikh-protssessov-proizvodstva-i-primeneniya-organicheskikh-udobreniy-v> (in Russian).

12 Seryakov G.N. Development of methodological aspects of forecasting the processes of development of a new technological structure of the economy. Bulletin of Polotsk State University. Series D. Economic and legal sciences. 2018. no. 6. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-metodologicheskikh-aspektov-prognostirovaniya-protssessov-razvitiya-novogo-tehnologicheskogo-uklada-ekonomiki> (in Russian).

13 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass. Advanced Materials & Technologies. 2016. no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-study-of-structure-formation-processes-in-the-confectionery-mass>

14 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. doi: 10.1016/j.rser.2023.113541

15 Shi Z., O'Brien W. Development and implementation of automated fault detection and diagnostics for building systems: A review. Automation in Construction. 2019. vol. 104. pp. 215–229. doi: 10.1016/j.autcon.2019.04.002

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

17 Sacco R., Guidoboni G., Mauri A.G. A comprehensive physically based approach to modeling in bioengineering and life sciences. Academic press, 2019. doi: 10.1016/B978-0-12-812518-2.00047-0

18 Hassija V., Chamola V., Mahapatra A. et al. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence. Cogn Comput. 2024. vol. 16. pp. 45–74. doi: 10.1007/s12559-023-10179-8

19 Nosal S., Staszek M. Failure frequency of candies packing line before and after introducing service strategy of Total Productive Maintenance (TPM). Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 2015. vol. 60. no. 2. pp. 68-71.

20 de Avelar M.H.M., de Castilho Queiroz G., Efraim P. Sustainable performance of cold-set gelation in the confectionery manufacturing and its effects on perception of sensory quality of jelly candies. Cleaner Engineering and Technology. 2020. vol. 1. pp. 100005.

Сведения об авторах

Юлия В. Устинова к.т.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, yul48888048@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Максим В. Просин 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, prosinmv@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

Дмитрий М. Бородулин д.т.н., профессор, зав.кафедрой, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, borodulin@rgau-msha.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

Денис В. Дonya 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

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yuliya V. Ustinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of storage and processing of animal products department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskay St., 49, Moscow, 127434, Russia, yul48888048@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Maksim V. Prosin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, processes and devices of processing industries department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskay St., 49, Moscow, 127434, Russia, prosinmv@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

Dmitry M. Borodulin Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of storage and processing of livestock products department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskay St., 49, Moscow, 127434, Russia, borodulin@rgau-msha.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

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

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

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 29/07/2024	После редакции 15/08/2024	Принята в печать 30/08/2024
Received 29/07/2024	Accepted in revised 15/08/2024	Accepted 30/08/2024