

*Voloboeva E.A., student of the Technological Institute, group D-T123, preparation of the direction 19.04.03 Food of animal origin, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev*

*Yankovskaya V.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev*

**Abstract:** *This article discusses the management of technological risks in the production of cottage cheese with functional food ingredients using the "Information Matrix model" method.*

**Keywords:** *technological risks, product safety and quality, the method of "Information matrix model", forecasting matrix, the degree of influence of factors of safety and product quality.*

УДК 664-047.58

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Евдокимова Наталья Егоровна, к.э.н., вед. н.с. ВИАПИ им. А.А.Никонова – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, e-mail: nevdoki@gmail.com*

**Аннотация:** *в работе оценена актуальность применения математического моделирования при цифровизации пищевых производств. Рассмотрены основные виды математических моделей.*

**Ключевые слова:** *цифровизация, математическая модель, пищевая промышленность.*

Цифровая трансформация промышленности вообще и пищевой промышленности в частности требует больших организационных изменений. При правильном внедрении цифровых технологий производство становится более эффективным и прибыльным за счет ускорения процессов, привлечения клиентов новыми способами и адаптации к потребностям рынка. В современном мире у потребителей есть огромное количество возможностей для сбора информации, и на их решение о покупке влияет онлайн-взаимодействие с другими покупателями.

В последние годы внимание исследователей все более сосредоточено на феномене цифровых технологий, и количество статей, посвященных различным аспектам цифровизации, в мире растет. Цифровые технологии, такие как искусственный интеллект, блокчейн, облачные вычисления, цифровые платформы, виртуальная реальность и тому подобное, получили широкое распространение. Признано, что цифровизация влияет на всю организацию бизнес-процессов.

Цифровая трансформация осуществляется компаниями для достижения разных целей. Некоторые используют его для улучшения внутреннего организационного процесса, в то время как другие используют его для улучшения взаимодействия с потребителями и поставщиками. В пищевой промышленности необходимо изменение всего производственного процесса, чтобы оптимизировать управление ресурсной базой и увеличить эффективность энергопотребления.

Конкурентоспособность увеличивается во много раз из-за растущего потребительского спроса, который оказывает дополнительное давление на компании, вынуждая их постоянно модифицироваться в соответствии с изменениями рынка. Эти цели могут быть эффективно и результативно достигнуты за счет компьютерного моделирования. Модели имеют обширную область применения, а основными движущими силами прогресса в этой области являются процессы производства и проектирование оборудования. Наряду с разработкой новых технологий в пищевой индустрии также совершенствуются и модифицируются их модели. Выбор наиболее адекватной модели для конкретного процесса очень важен.

Модели имеют множество возможностей для оптимизации пищевой промышленности, будь то ее логистика, качество, проектирование или исследования и разработки, минимизация затрат, энергии и т.д. Модель представляет собой математический аналог физического процесса. Моделирование широко используется для оптимального проектирования, понимания процесса, прогнозирования в различных отраслях, таких как автомобильная и аэрокосмическая промышленность, в то время как этот инструмент пока еще редко встречается в пищевой промышленности.

Для моделирования в этой области прежде всего необходимо понимание междисциплинарного характера пищевой промышленности, комплексные знания в области машиностроения, химии и микробиологии. Математические модели можно разделить на модели данных (наблюдений) и физических процессов, в зависимости от выбора начальных точек при разработке модели. В моделях наблюдений есть данные экспериментов, которые являются основой для разработки модели. Этот тип модели является полностью эмпирическим. Обычно для них нет теоретической основы; эти модели обычно используются для классификации и характеристики данных, определения обобщенного поведения на основе измерений. Эмпирическая модель применима только в пределах диапазона данных во время эксперимента.

В отличие от моделей наблюдений, отправной точкой для моделей, основанных на физических данных, являются универсальные законы физики. Эти модели были проверены на основе экспериментальных данных, но этих данных нет при разработке самой модели. Физические модели более надежны и точны (поскольку основаны на универсальных законах). Среди различных физических моделей наиболее популярны континуальные модели.

Математические модели можно классифицировать, как на рисунке 1. Примером физической модели на молекулярном уровне является модель

молекулярной динамики. Мезоуровень - это изучение пограничных процессов, например, пищевых суспензий. Макроуровень моделирования представлен широко используемыми континуальными моделями течения жидкости, теплопередачи и массообмена.

Следует особо упомянуть о моделировании продовольственных систем, как сложного объекта в пространстве, времени и в различных биофизических и социально-экономических измерениях. Такие модели комплексной оценки, как, например, Международная модель анализа политики в области сельскохозяйственных товаров и торговли (ИМРАСТ) представляют собой интегрированную систему инструментов моделирования для исследования взаимодействия между биофизическими и социально-экономическими факторами и воздействиями их на продовольственные системы на национальном, региональном и глобальном уровнях в течение нескольких десятилетий.

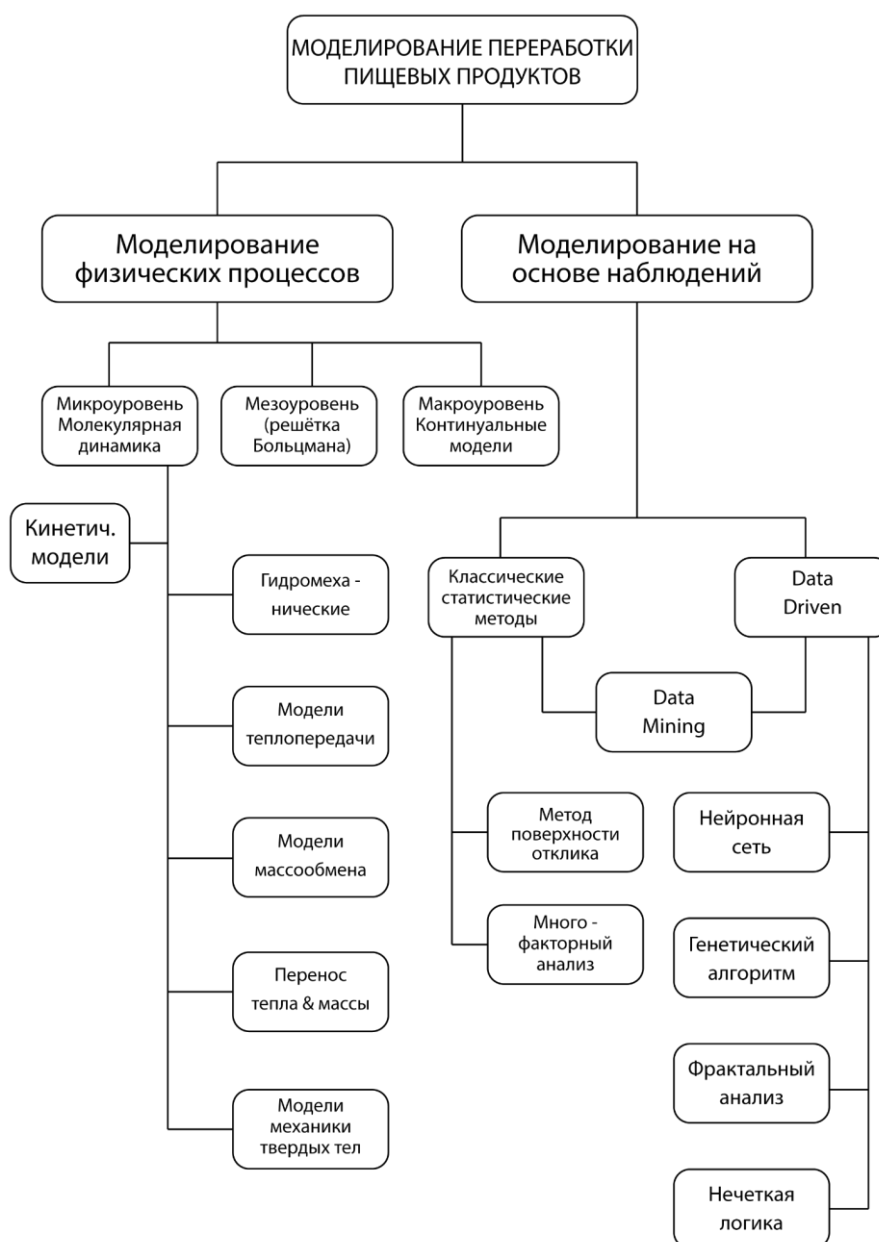


Рисунок 1. Классификация моделей для пищевой промышленности.

Источник: адаптировано автором на основе работ [1-6].

Моделирование пищевых процессов существует уже более 30 лет, но большая часть такой работы выполняется в исследовательских институтах, причем корпорации за рубежом в настоящее время в той или иной степени участвуют в проектах по моделированию. Однако, следует отметить, что узкие места, при моделировании заключаются в следующем [7]:

- недостаточность понимания процессов с инженерной точки зрения;
- требуется довольно много времени и затрат на разработку модели, особенно при недостаточной квалификации разработчиков;
- слабость стимулов для более полного понимания процесса создания продукта (проще «приготовить и посмотреть»).

Тем не менее, моделирование, несомненно, является одним из основных направлений исследований в пищевой отрасли в ближайшие годы.

### **Библиографический список**

1. Datta A. K. Status of physics based models in the design of food products, processes, and equipment //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2008. – Т. 7. – №. 1. – С. 121-129.

2. Demartini M. et al. Food industry digitalization: from challenges and trends to opportunities and solutions //IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Т. 51. – №. 11. – С. 1371-1378.

3. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda //Managing Digital Transformation. – 2021. – С. 13-66.

4. Sablani S. S. Status of observational models used in design and control of products and processes //Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2008. – Т. 7. – №. 1. – С. 130-136.

5. Sablani S. S. et al. (ed.). Handbook of food and bioprocess modeling techniques. – CRC Press, 2006.

6. Kumar M. et al. Mathematical Modeling of Food Processing Operations: A Basic Understanding and Overview //Turkish Journal of Agricultural Engineering Research. – Т. 2. – №. 2. – С. 472-492.

7. Baierle I. C. et al. Competitiveness of Food Industry in the Era of Digital Transformation towards Agriculture 4.0 //Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 18. – С. 11779.

### **Digitalization and mathematical modeling in the food industry**

*Evdokimova N.E., Ph.D. in Econ., VIAPI n.b. A.A. Nikonov*

*Abstract: the paper assesses the relevance of the use of mathematical modeling in the digitalization of food production. The main types of mathematical models are considered.*

*Key words: digitalization, mathematical model, food industry.*