



УДК 658.012

PROBABILISTIC SIMULATION MODELING OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT**ВЕРОЯТНОСТНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ****Islamgulova G.F./ Исламгулова Г.Ф.***senior lecture. / ст.преподаватель**Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia**ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа*

Аннотация. Основное содержание работы составляет анализ показателей рентабельности производственного оборудования. Статья раскрывает содержание понятия современных имитационных моделей. Выделяются и описываются возможности статистических методов при построении таких моделей на примере конкретного производства.

Ключевые слова: математическая модель, статистические распределения, функционирование производства, автоматизация управления, пищевая индустрия.

Вступление.

Есть немало методик для описания, расчета и оценки эффективности работы технологического оборудования производственных предприятий. Для достижения стратегических корпоративных целей важны количественные результаты расчетов важных факторов всего цикла производственной деятельности. При оценке показателей эффективности технологического оборудования учитываются такие моменты, как готовность оборудования (убыль от простоя), производительность (учитываются факторы уменьшения скорости), качество выпускаемой продукции (ущерб при выпуске нестандартной, бракованной продукции) и другие.

Основной текст.

Одним из эффективных и достаточно апробированных способов повышения качества работ по разработке всех видов сложных систем является вероятностное имитационное моделирование. На основе экспериментальных данных и теоретических исследований получают статистические распределения случайных величин различных параметров действующего технологического оборудования. Это позволяет получить эффективную и состоятельную стохастическую модель сложных систем. Важнейшим этапом статистических исследований сложных систем технологического оборудования является сбор большого массива экспериментальных данных, таких как хронометражные наблюдения с применением инструментальных методов измерения с последующим анализом и обработкой накопленного материала. Экспериментальной основой создания моделей послужило исследование статистических закономерностей распределения случайных величин протекания основных и вспомогательных процессов: времени наработки на отказ, ликвидации технологических и технических отказов для различных видов и типов оборудования технологических линий изготовления пищевой продукции. Полученные данные статистических исследований используются



для определения констант переменных, случайных и индикаторных функций. Значения перечисленных величин используются для выбора направления процесса имитации в соответствии с его математическим представлением и реализованного в блоках логического сравнения.

Модификация полученных математических моделей в имитационные схемы осуществляется с помощью программных процедур алгоритмизации и включения в процесс компьютерного моделирования динамики протекания технологических процессов производства пищевой продукции во времени. Затем из отдельных модулей, описывающих функционирование подсистем, синтезируется обобщенная имитационная модель сложной системы производства. При синтезе имитационной модели системы учитываются логические взаимосвязи подсистем, выделенные на этапе формализации [1].

Задачи такого моделирования в общем случае сводятся к следующему. Выделяются несколько параметров функционирования оборудования. Например, загрузка сырья, выход готовой продукции, время наработки на отказ и т.д. Затем эти параметры фиксируются в течение установленного времени наблюдения, в результате чего получается статическая выборка этих параметров. Поскольку на результаты в каждый конкретный момент времени, как правило, влияет множество самых различных факторов (от погрешности измерений до колебаний напряжения питающей сети), предсказать которые не представляется возможным, то распределение этих параметров считается стохастическим. Затем полученные данные обрабатываются с помощью определенных статистических методов, и на основе результатов этой обработки делается вывод о работе всей производственной системы в целом. Таким образом, исследуемая производственная система также является стохастической.

На каждом этапе имитационного моделирования исследуемого технологического оборудования вычисляется время его наработки на отказ и время восстановления.

Алгоритм обработки данных включает следующие этапы:

- ввод массива выборки экспериментальных значений $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;
- построение гистограммы выборки;
- определение параметров статистического распределения \bar{x}, σ^2, P_i^* ;
- оценка неизвестных параметров $f(x), m_x, D_x, P_i$ теоретических распределений;
- вычисление критерия согласия χ_1^2 для каждого распределения;
- определение соответствующих значений уровня значимости α_i и его максимальной величины $\max(\alpha_i)$;
- построение графика плотности теоретического распределения для гипотезы с $\max(\alpha_i)$.

Для проверки правдоподобия гипотез относительно закона распределения определяется расхождение между теоретическими вероятностями P_i и наблюдаемыми частотами P_i^* с помощью критерия Пирсона χ^2 :



$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n(P_i^* - P_i)^2}{P_i},$$

где k – число интервалов распределения; P_i – вероятность попадания случайной величины в интервал с границами x_i и x_{i+1} ; n – число опытов (наблюдений).

В соответствии с изложенной методикой статистических исследований были проведены хронометражные наблюдения за работой оборудования производства кисломолочных продуктов термостатным способом [2]. В выборку включены данные по следующим операциям: очистка молока, нормализация, гомогенизация, пастеризация, сквашивание, перемешивание и охлаждение, разлив и упаковка. Проанализируем результаты статистической обработки полученных данных по четырем видам кисломолочных продуктов: кефир, варенец, простокваша, ряженка [3].

Анализ полученных данных показывает, что статистические распределения случайных величин технико-технологических параметров функционирования рассмотренного оборудования достаточно хорошо укладываются в известные законы: нормальный, показательный и логарифмически нормальный. При этом, нормальный закон распределения хорошо описывает значения времени выполнения таких производственных операций, как нормализация, пастеризация, сквашивание, перемешивание и охлаждение, при уровне значимости, изменяющемся от 0,087 до 0,982. Показательным и логарифмически нормальным законами распределения описываются случайные значения наработки на отказ и времени восстановления технологического оборудования при изменении уровня значимости от 0,124 до 0,945. Разброс полученных данных связан с множеством субъективных факторов, к которым в первую очередь относятся ошибки при измерении этих параметров, различное качество исходного сырья, изменение параметров микроклимата, значений сетевого напряжения и т.д.

После обработки статистических данных получены следующие функции теоретических распределений:

для нормального закона $f(x_{\text{оп}}^T) = 1,48e^{-\left(x_{\text{оп}}^T - 0,82\right)^2 / 0,146}$;

для показательного закона $f(x_H^T) = 0,0022e^{-0,0022x_H^T}$;

для логарифмически нормального $f(x_B^T) = \left(1/0,3x_B^{-T}\right)e^{-\left(\ln x_B^{-T} - 3,9\right)^2 / 0,03}$

Заключение и выводы.

Производство пищевых продуктов является непрерывным производством, и его модификация либо модернизация должна занимать как можно меньше времени. Применение имитационных моделей при решении этих задач позволит предприятию не снижать своих экономических показателей и повысить конкурентоспособность на рынке предметов массового спроса и потребления. В соответствии с общими задачами исследования процесса функционирования оборудования пищевого производства, на этапе испытания



имитационной модели планируется проведение нескольких серий вычислительных экспериментов, направленных на выяснение влияния параметров надежности оборудования (коэффициента готовности, наработки на отказ и времени восстановления), на эффективность функционирования системы изготовления продуктов питания.

Литература:

1. Павлова Е.А., Ржаных О.Е. Имитационное моделирование как способ сравнения систем моделирования бизнес-процессов // Фундаментальные исследования. 2017. № 9-1. С. 76-80.
2. Рыжкина Т.А. Построение адаптивной модели контроля стохастического процесса // Научные труды Дальрыбвтуза. 2019. Т. 47. № 1. С. 49-56.
3. Ядыкин Е.А. Моделирование объектов и процессов в пищевых производствах // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2010. – Вып. 2., ч.1. – С. 214 – 222.

***Abstract.** The main content of the work is the analysis of profitability indicators of production equipment. The article reveals the content of the concept of modern simulation models. The possibilities of statistical methods are distinguished and described when constructing such models on the example of a specific production.*

***Key words:** mathematical model, statistical distributions, production functioning, management automation, food industry.*

Статья отправлена: 05.04.2020 г.
© Исламгулова Г.Ф.