

## Литература

1. Добрынин В.Н., Мороз В.В., Миловидова А.А. Унифицированная методика решения задачи расписания на основе задачи упорядочения // «Системный анализ в науке и образовании». – М., 2010. – №3.
2. Юсупова Н.И. Сметанина О.Н., Ахтариев А.А. Об одной классификации задач составления расписаний // Вестник УГАТУ Управление в социально-экономических и технических системах: сб. науч. тр. – УФА: УГАТУ, 2007. – №9.
3. Skakalina E. Information Technologies of Optimization of Logistic Processes // Proceeding of the 2 nd International Conference on Eurasian scientific development/ "East West " Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH . Vienna. 2014. P. 55-63.

УДК 681.3

### **ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА С ЭЛЕМЕНТАМИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ**

Е.И. Сукач, Ю.В. Жердецкий, Д.П. Ковалёв

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», Беларусь*

Технологические системы производства (ТСП) относятся к классу сложных систем, которые, как правило, можно представить в виде графовых структур, отражающих состав их элементов и связи между ними. Для организации надёжного функционирования подобных объектов используются автоматизированные системы управления в виде человеко-машинных систем, предназначенных для автоматизации самих технологических процессов производства и интеллектуальной поддержки процессов управления путём необходимой для этого обработки данных из различных сфер технологического производства с использованием ориентированных для этих целей математических моделей и разнообразных структурных подходов.

В качестве элементов потенциальной опасности, представляющих реальную угрозу возникновения чрезвычайной ситуации (аварии) в ходе функционирования ТСП, могут выступать технологические операции (ТХО), обеспечивающие в совокупности реализацию технологического производственного цикла и имеющие случайные параметры выполнения, зависящие от воздействий внешней среды, надёжности работы используемого оборудования, наличия используемых материалов и ресурсов. К таким параметрам относятся надёжность, стоимость и время выполнения ТХО, определяющие подобные параметры всей системы.

С позиций надёжности технологические операции могут быть охарактеризованы временем безотказного выполнения, вероятностным образом изменяющимся в каждой реализации технологического цикла.

С другой стороны, оказ в реализации ТХО может быть обусловлен рядом причин, классификация и вероятностный учёт которых позволят оценить степень их влияния на работу всей ТСП. Очевидно, что сбой в реализации одной из ТХО влечёт за собой последовательные сбои множества других ТХО, и, как следствие, время и стоимость реализации технологического производственного процесса будут значительно возрасти. При неконтролируемом снижении надёжности функционирования ТСП время и стоимость выполнения производственного цикла могут значительно превосходить установленные предельные значения и в этом смысле свидетельствовать об аварийном (опасном) состоянии системы.

Аппарат вероятностно-алгебраического моделирования (ВАЛМ) [2] и средства его автоматизации в виде системы PALS, обеспечивающей расчёт вероятностных свойств графовых объектов различной структурной сложности, выступают в качестве инструментов, позволяющих предупредить возникновение сбоев, аварий и опасных ситуаций в процессе работы ТСП, а так же оценить риск возникновения подобных ситуаций в ходе реализации производственного технологического процесса.

В ходе формализации ТПС представляется в виде графовой структуры, описывающей  $h$ -ый вариант организации объекта исследования с выделением потенциально опасных элементов (ТХО) и их взаимосвязей на выбранном уровне детализации. Согласно двум схемам формализации [2] технологическим операциям ставятся в соответствие рёбра или вершины графа. Для каждой из ТХО указывается число возможных состояний, определяющих значения исследуемого свойства (надёжности, времени, стоимости), и задаются значения векторов вероятностей этих состояний. Этой информации достаточно, чтобы применить один из автоматизированных методов вероятностно-алгебраического моделирования.

На рисунке 1 представлена схема ТСП, включающей совокупность технологических операций, однотипным образом представленных в модели элементами  $K1-K33$ , упорядоченная последовательность которых описывает процесс переработки транзитного вагонопотока на сортировочной железнодорожной станции. Представленный объект исследования при незначительном упрощении (исключении участков  $k1-k3$ ) может быть отнесён к классу систем простой графовой структуры и для оценки его вероятностных характеристик используется метод ВАЛМ простой графовой структуры. При оценке надёжности организации ТПС параметрами модели являются вектора вероятностей состояний надёжности  $S = \{S_j\}, j = 0, n$  выделенных элементов (ТХО $i$ ):

$$P^i = (p_0^i, p_1^i, \dots, p_n^i), \sum_{j=0}^n p_j^i = 1, i = \overline{1, 33} \quad (1)$$

Если в качестве характеристики надёжности рассматривается время безотказного выполнения операции, то  $j$ -ый элемент вектора (1) указывает на вероятность выполнения операции в пределах  $j$ -го временного интервала. Второй аспект оценки надёжности организации ТПС предполагает учёт вероятностей возможных отказов (с классификацией и ранжированием их по типам в зависимости от степени опасности). Первые элементы  $p_0^i$  векторов (1) определяют вероятность безотказного выполнения  $i$ -ых ТХО, остальные указывают на вероятности отказов  $j$ -ых типов, соответствующих  $i$ -ым элементам, упорядоченных по степени возрастания опасности отказов. В этом смысле  $n$ -ый элемент вектора (1) задаёт вероятность наиболее разрушительного отказа.

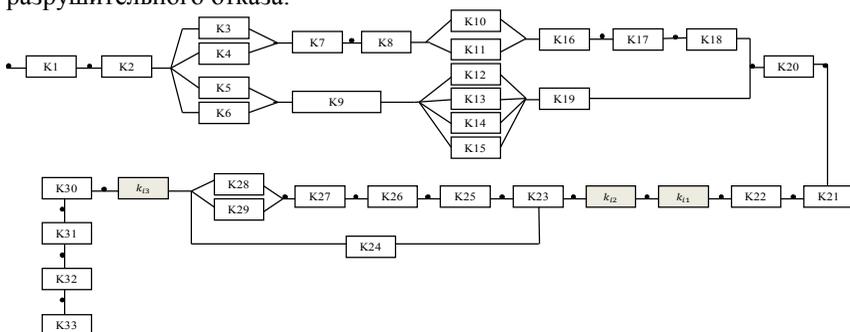


Рис. 1. Схема технологической системы переработки транзитного вагонопотока сортировочной станции

Результат моделирования  $h$ -го варианта вероятностно-алгебраической модели представляется в виде вектора вероятностей надёжности ТПС, имеющего вид:

$$P^s = (p_0^s, p_1^s, \dots, p_n^s), \sum_{j=0}^n p_j^s = 1. \quad (2)$$

Переход к оценке времени и стоимости выполнения технологического цикла работ ТПС осуществляется путём изменения функций, определяющих коэффициенты ВАЛМ, и обновлением значений векторов вероятностей (1) в соответствии с выбранной семантикой. Этот переход в системе PALS полностью автоматизирован. Как результат, формализация ТПС и построение её графического образа позволяют провести моделирование по трём направлениям: оценить надёжность объекта, выбрав один из вариантов интерпретации состояний надёжности; оценить время и стоимость выполнения технологического цик-

ла работ, с выделением интервалов времени и их вероятностей, превышающих нормативные значения.

Метод ВАЛМ и средства его автоматизации поддерживают много-ступенчатое моделирование. Для схемы, представленной на рисунке 1 возможно детальное рассмотрение работы участков  $k_{i1}$ –  $k_{i3}$  (рисунок 2) с использованием методики расчёта надёжности структурно-сложной системы со многими состояниями.

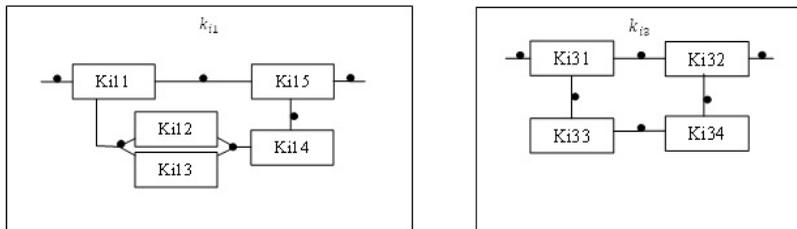


Рис. 2. Подсистемы технологической линии переработки транзитного вагонопотока

Проектное моделирование ТПС предполагает сравнительный анализ совокупности альтернативных вариантов организации ТПС путём решения типовых задач моделирования: сравнительного анализ надёжности структурной организации ТПС с рассмотрением различных вариантов логических схем, обеспечивающих резервирование ТХО; оценки изменения надёжности организации ТПС в результате изменения параметров надёжности их элементов; выявления «узких мест» в ТПС; расчёта параметров надёжности элементов, обеспечивающих заданный уровень надёжности и безопасности ТПС установленной структурной организации.

## Литература

- 1.Максимей, И.В. Применение имитационных моделей для принятия решений в системах управления на транспорте / И.В. Максимей, Е.И. Сукач, В.Н. Галушко, П.В. Гируц// Математические машины и системы - №1.-2010.-С.123-131
- 2.Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры /Е. И. Сукач; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012-224 с.