

УДК 60

# ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

**ТРОШИНА МАРИЯ ВИТАЛЬЕВНА**

студент

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО «УГНТУ» в г. Салавате

**Научный руководитель: Волоцкова Резеда Радиковна**

ассистент

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО «УГНТУ» в г. Салавате

**Аннотация:** цифровая трансформация промышленности требует эффективных методов моделирования производственных процессов. В данной статье рассматриваются инновационные подходы к моделированию с использованием сетей Петри. Особое внимание уделяется адаптации традиционных методов к современным вызовам, таким как автоматизация, оптимизация и управление сложными системами.

**Ключевые слова:** производственные процессы, позиции, переходы, моделирование, интеграция.

## INNOVATIVE APPROACHES TO MODELING AND ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESSES USING PETRI NETS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

**Troshina Maria Vitalievna***Scientific supervisor: Volotskova Rezeda Radikovna*

**Abstract:** The digital transformation of industry requires effective methods of modeling production processes. This article discusses innovative approaches to modeling using Petri nets. Special attention is paid to the adaptation of traditional methods to modern challenges, such as automation, optimization and management of complex systems.

**Keywords:** production processes, positions, transitions, modeling, integration

Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью адаптации своих производственных процессов к быстро меняющемуся цифровому ландшафту. В этом контексте, моделирование производственных процессов играет ключевую роль в понимании и оптимизации операций. Сети Петри, как математический инструмент, предоставляют эффективный и инновационный способ описания, анализа и управления многими процессами [1, с. 28].

Сети Петри, предложенные Карлом Адамом Петри в 1962 году, представляют собой графический

метод моделирования систем [3, с. 2]. Они состоят из позиций, переходов и дуг, что позволяет описывать параллельные и распределенные процессы.

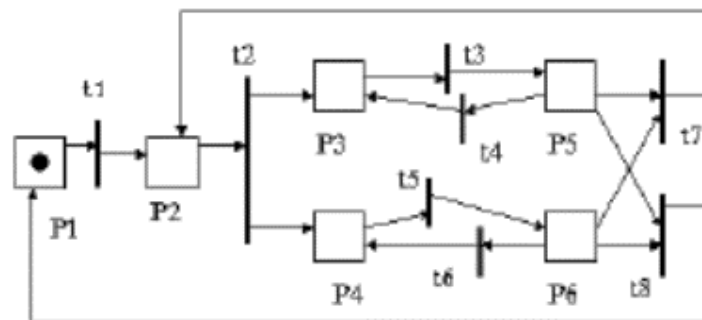


Рис.1. Пример сети Петри

Из рисунка 1 следует описание: 6 обозначают позиции, 8 обозначают переходы, черный кружок – фишка (метка или маркер). При срабатывании перехода  $t_1$  фишка переносится из позиции  $P_1$  в позицию  $P_2$ , при срабатывании перехода  $t_2$  фишка переносится из позиции  $P_3$  и  $P_4$  и далее [3, с. 6]. Анализ таких сетей помогает получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Анализ результатов может сказать о том, какие действия происходят, какие состояния им предшествовали, а какие состояния недостижимы. Преимущества сетей Петри включают в себя интуитивность представления и возможность формального анализа.

С современным развитием технологий и появлением концепций Индустрии 4.0, моделирование производственных процессов переживает инновационные изменения. Применение сетей Петри дает возможность учесть сложные взаимодействия между системами, а также предоставляет основу для внедрения интеллектуальных решений [2, с. 3].

Цифровая трансформация в производстве представляет собой процесс внедрения современных цифровых технологий с целью улучшения эффективности, гибкости и конкурентоспособности производственных предприятий. Этот процесс затрагивает различные аспекты операций, управления и взаимодействия с окружающей средой. Важно учитывать, что инновационные подходы также включают в себя адаптацию традиционных методов моделирования к новым вызовам. Интеграция сетей Петри с технологиями искусственного интеллекта, машинного обучения и аналитики данных позволяет создавать более точные и динамичные модели производства. Далее рассмотрены возможности и преимущества применения сетей Петри в моделировании производственных процессов:

1. Управление производственными заказами. Сети Петри могут быть применены для моделирования процесса управления производственными заказами. Позиции представляют различные стадии заказа (принятие, подготовка, производство, отгрузка), а переходы между ними описывают условия перехода на следующий этап. Это обеспечивает визуализацию и формальный анализ процесса, позволяя выявить узкие места, оптимизировать последовательность операций и снизить время выполнения заказов.

2. Оптимизация логистических потоков. Можно описывать логистические потоки в производственной цепочке, моделировать движение товаров от поставщика до конечного потребителя [4]. Позиции представляют различные этапы в цепочке поставок, а переходы отражают перемещение товаров. Это позволяет идентифицировать возможные задержки, точки узких мест и оптимизировать логистические потоки, что в итоге улучшает эффективность производства.

3. Управление инвентаризацией и заказами клиентов. Моделирование процессов управления инвентаризацией и заказами клиентов с использованием сетей Петри позволяет динамически адаптироваться к изменениям спроса. Сети Петри могут отображать изменения уровня инвентаря, обработку заказов и синхронизацию между различными этапами. Это обеспечивает гибкость в управлении запасами и более эффективное обслуживание клиентов.

4. Моделирование работы роботизированных производственных ячеек. Здесь возможно смоделировать работу роботизированных производственных ячеек. Позиции представляют различные со-

стояния ячейки (ожидание, выполнение, переустановка), а переходы описывают переходы между этими состояниями. Данная модель поможет проводить анализ загрузки оборудования, времени цикла и возможности оптимизации эффективности производственных линий.

5. Управление энергопотреблением в производственных цехах. Сети Петри могут моделировать процессы управления энергопотреблением в производственных цехах. Позиции представляют различные источники энергии (электроэнергия, тепловая энергия), а переходы описывают поток энергии и переходы между различными режимами работы оборудования. Это позволяет оптимизировать расход энергии, сокращать издержки и уменьшать негативное воздействие на окружающую среду. Из чего следует, что развитие и дальнейшее интегрирование таких инноваций оказывают существенное воздействие на эффективность и конкурентоспособность промышленных предприятий в условиях быстро меняющегося рынка.

В заключение можно сказать, что инновационные подходы к моделированию производственных процессов с применением сетей Петри становятся неотъемлемой частью цифровой трансформации. Эти подходы не только предоставляют более точные модели, но и создают базу для эффективного управления и оптимизации производственными операциями.

#### **Список источников**

1. Веретельникова Е.Л. В 316 Теоретическая информатика. Теория сетей Петри и моделирование систем: учебное пособие / Е.Л. Веретельникова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 82 с.
2. Лобусов, Е. С. Применение сетей Петри для исследования сетевых систем управления [Текст] / Е. С. Лобусов // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2019. — № 7. — С. 1-11.
3. Мальков М. В., Малыгина С. Н. Сети Петри и моделирование [Текст] / Мальков М. В., Малыгина С. Н. // Труды Кольского научного центра РАН. — 2010. — № . — С. 1-6.
4. Моделирование производственных систем с помощью сетей Петри [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://studfile.net/preview/16569219/page/18/> (18.11.2023)

© М.В. Трошина, 2023