

---

## ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

---

УДК 65.011.56

**В. П. Розен, проф., Р. Ю. Коновал, аспірант (НТУУ «КПІ»)**

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

---

**V. Rozen, R. Konoval** (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

### MODILLING OF THE PRODUCTION PROCESSES IN ORDER TO IMPROVE ITS ENERGY EFFICIENCY

*В статье изложена особенность использования виртуальных моделей при проектировании промышленных предприятий, обоснование использования имитационных моделей дискретного программирования, а также их влияние на повышение неэффективности производственных процессов.*

**Ключевые слова:** моделирование, производственные процессы, энергоэффективность, оптимизация.

*У статті викладена особливість використання віртуальних моделей при проектуванні промислових підприємств, обґрунтування використання імітаційних моделей дискретного програмування, а також їх вплив на підвищення енергетичної ефективності виробничих процесів.*

**Ключові слова:** моделювання, виробничі процеси, енергоефективність, оптимізація.

*This article describes features use of the virtual models in design of industrial enterprises, the rationale use of the simulation models of discrete programming, as well as their impact on the energy efficiency improvement of the production processes.*

**Keywords:** modelling, production processes, energy efficiency, optimization.

**Постановка проблемы.** Энергетическую систему предприятия рациональнее рассматривать на этапе ее проектирования, когда определяются ее будущие преимущества и недостатки, а также вносятся любые изменения без значительных материальных затрат. При наличии готовой и функционирующей системы существует сложность в определении ее реальных недостатков, а при выдвижении рекомендаций по повышению энергоэффективности работы системы, сложно проверить экономичность данного решения.

**Цель статьи.** Цель исследования заключается в обзоре существующих методов повышения энергоэффективности при проектировании промышленных предприятий с применением современных методов моделирования для более точного расчета производственной линии.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время активно рассматриваются различные подходы к моделированию

технологических процессов предприятий, анализируются отдельные этапы создания их математических и программных моделей. По результатам анализа последних публикаций, рассмотренных как в сети интернет, так и в различных научных журналах, можно сделать вывод, что наиболее часто для решения поставленных задач прибегают к компьютерному моделированию глобально обобщенных процессов на предприятии и реже конкретных элементов производственных процессов [1]. Это и стало причиной проведенного в статье исследования.

**Основные материалы исследования.** Объектом проектирования промышленного предприятия являются производственные процессы, процессы материально-технического обеспечения, необходимые вспомогательные производственные процессы, а также энергоснабжение [2]. Главная идея проектирования в данной работе является выработка экономических решений, касающихся повышения энергоэффективности использования энергоресурсов и их рациональное воплощение на предприятии.

Важным вспомогательным средством в процессе проектирования промышленного предприятия являются методы моделирования [3]. Предметом исследования становятся проблемы, связанные с анализом, структурным проектированием (расчет параметров), оптимизацией и проверкой функционирования производственно-заводских систем и систем материальных потоков.

Применение методов моделирования при проектировании промышленного предприятия позволяет использовать в процессе проектирования и планирования данные о динамическом поведении во времени исследуемых систем, что в дальнейшем может положительно отразиться на качестве проектирования. Поскольку уже на этапе проектирования появляется возможность выявить проблемы, возникающие позднее в процессе производства, с внесением исправлений и их учетом при принятии дальнейших решений.

Методический принцип моделирования состоит в том, чтобы в соответствии с конкретно поставленной проблемой, близко к действительности, отобразить объекты проектирования в виде управляемой модели и затем смоделировать ход процесса во времени в рамках целевых экспериментов с подключением интеллектуальной обратной связи. После оценки и интерпретации результатов экспериментирования, в зависимости от полученных выводов, происходит либо прекращение экспериментов и оценка результатов, либо целенаправленное изменение параметров модели (разработка вариантов) и новый последующий запуск эксперимента (продолжение испытаний).

В качестве инструментов моделирования выступают системы программного и аппаратного обеспечения (имитаторы). При этом их следует различать с точки зрения принципов системного программирования (концепций языков программирования) и системного моделирования (концепций моделей).

Для решения проектной задачи повышения энергетической эффективности проектируемого предприятия предложено использование программного обеспечения компании Siemens “Tecnomatix Plant Simulation” (TPS). Программа представляет собой инструмент дискретного имитационного моделирования, который позволяет создавать цифровые модели логических систем (например, производства) для определения характеристик системы и оптимизации ее производительности. Созданные цифровые модели позволяют проводить эксперименты и прорабатывать сценарии «что если» без вмешательства в работу существующих производственных систем или (при использовании в процессе планирования) задолго до внедрения реальных систем.

С целью проверки применимости логистических методов TPS к энергосистемам предприятий была взята отлаженная модель цеха сортировки и упаковки кондитерских изделий (рис.1). С помощью специальных инструментов оценена энергетическая составляющая производственной линии. Для этого создана имитационная модель высокого уровня, включающая промежуточные накопители. Описаны все временные характеристики, а также параметры надёжности всех элементов модели. Выполнена симуляция для различного соотношения скорости упаковки продукции, а также отгрузки для хранения.

В рамках исследования по выбранному объекту основными задачами были: минимизация очереди ожидания, выявление «тормозящих» систему звеньев, которые негативно влияют на общую энергетическую эффективность производства.

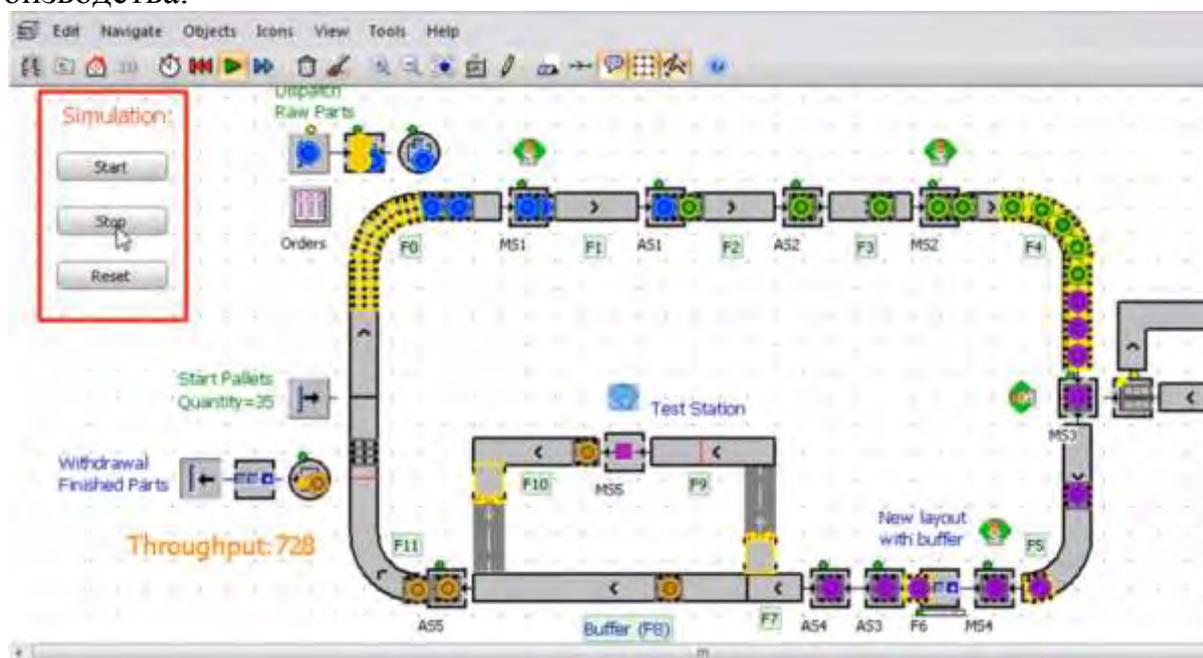


Рис. 1. Имитационная модель производственной линии

В ходе исследования модели необходимо выполнять качественный и количественный анализ работы объекта [4]. Каждый объект в модели автоматически осуществляет сбор статистики своей работы – время работы,

количество и типы обслуженных объектов, поломки и др. Применяются специальные инструменты, позволяющие автоматически собрать статистику и найти наиболее/наименее загруженные участки. Еще одной возможностью является автоматическое построение диаграмм Сэнки по результатам работы за определенное время и поиск участков с наиболее интенсивным материалопотоком. При необходимости отражения течения моделирования на временном графике можно воспользоваться построителем диаграмм Ганта.

### **Выводы**

Практический опыт применения Plant Simulation при проектировании промышленных предприятий и оценке энергетической составляющей показал, что имитационное моделирование позволяет:

- достичь существенного (приблизительно до 10–20%) улучшения энергетических и производственных показателей за счет подбора оптимальных параметров системы;
- сократить инвестиции в оборудование и производственную инфраструктуру;
- повысить предсказуемость поведения системы при меняющихся внешних воздействиях.

### **Список использованной литературы**

1. М.В. Мальков. Моделирование технологических процессов: методы и опыт. М.В. Мальков. А.Г. Олейник, А.М. Федоров. Сборник научных трудов (<http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-tehnologicheskikh-protsesov-metody-i-opyt>).
2. VDI 3633rd Simulation of logistics, material flow and production systems - Part 1 (1993), Part 3 (1997).
3. Kuhn A., Reinhardt A.; Wiendahl, H.-R (eds): Handbook of simulation applications in production and logistics. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg-Verlag, 1993.
4. Калашников Е.А. Лядова Л.М. Система моніторингу джерел енергоспоживання METAS Control. Матеріали конференції «Технології Microsoft в теорії та практиці програмування». - Нижній Новгород: Изд-во Нижегородського держуніверситету, 2010. С. 183.

*Статья поступила в редакцию 28.10.2014 р.*