

Имитационное моделирование процессов стеклотарного производства

Л. П. Козлова¹, Е. В. Морозова²
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)
¹tigrenok59@mail.ru, ²konvvert@yandex.ru

О. А. Козлова
Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
k_olga_a@mail.ru

Аннотация. Имитационное моделирование в настоящее время является эффективным инструментом изучения технологических процессов и промышленных производств. В статье рассматривается разработка имитационной модели стеклотарного производства. Она создана на основе структурного подхода, предложенного Н.П. Бусленко. При этом учитывается стохастический характер протекания технологических процессов стеклотарного производства. Была разработана прикладная программа, моделирующая процессы производства стеклотары, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать состояния системы и ее параметры.

Ключевые слова: имитационное моделирование; модель; технологический процесс; стеклотарное производство

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имитационные методы моделирования широко применяются практически во всех отраслях промышленности. В различных источниках [1-5] приведены примеры, иллюстрирующие полезность методов имитационного моделирования и дающие представления о проблемных областях, в которых имитация является составной частью реального процесса принятия решений.

Важным моментом при разработке конкретной имитационной модели для промышленных приложений является то, что она может быть построена с помощью различных подходов [1, 3, 4]. Эти подходы отличаются многообразием технологических систем; различной цикличностью производственных процессов и условиями их протекания; многовариантностью схем размещения и использования оборудования; целью моделирования, критериями оценки и списком ограничений; выбранным языком формализации и программирования.

II. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты имитации, описывающие такие сложные системы, как стеклотарное производство, требуют разработки новых и усовершенствования апробированных подходов к реализации методов имитационного моделирования. Возможности моделирования сложных систем промышленного производства рассмотрим на

примере механизированных линий производства стеклотары.

Процесс производства стеклянной тары – достаточно сложный непрерывный стохастический процесс превращения сырьевого материала (шихты и стеклобоя) в готовую к использованию продукцию (рис. 1).

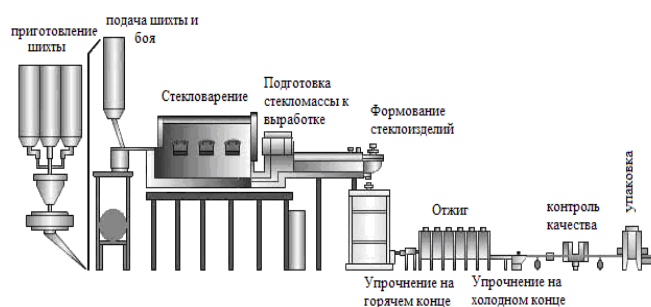


Рис. 1. Типовой технологический процесс производства стеклянной тары

Проведя анализ производства стеклотары, можно выделить следующие основные технологические процессы: загрузка шихты и стеклобоя в стекловаренные печи, стекловарение, выработка стеклотары, отжиг, сортировка и упаковка стеклоизделий [4].

В основу построения вербальных моделей объектов рассматриваемых производственных систем положены данные литературных источников [4, 6], посвященные описанию функционирования этих систем, которые дополнены качественными и количественными статистическими характеристиками, полученными в результате хронометражных наблюдений за работой технологического оборудования конкретных объектов имитации [4].

При этом принципами имитации, положенными в основу разработанных моделей рассматриваемых систем, являются декомпозиция и иерархичность описания объектов, предложенная Н.П. Бусленко [2].

Сложная иерархическая система может быть представлена в виде совокупности конечного числа функционально более простых частей. Полученные части

разбиваются до тех пор, пока не получатся элементы, пригодные для математического и алгоритмического описания [2, 3, 4].

Как правило, в имитационном моделировании время является основной независимой переменной. Поэтому при расчете и моделировании сложных систем на ЭВМ целесообразно пользоваться абстрактными моделями, перерабатывающими информацию дискретными временными тактами [3]. Другие переменные, фигурирующие в имитационной модели, являются функциями времени (зависимые переменные). При дискретной имитации зависимые переменные изменяются дискретно в определенные моменты имитационного времени, называемые моментами свершения событий. Как правило, в дискретных моделях значения зависимых переменных не изменяется в промежутках между моментами свершения событий.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование указанных выше принципов применительно к процессам функционирования объектов имитации стеклотарного производства позволяет выделить на уровне структурных элементов ряд технико-технологических подсистем стеклотарного производства: загрузка шихты и стеклобоя в стекловаренные печи; стекловарение; выработка стеклоизделий; отжиг; сортировка и упаковка. Каждая подсистема в рамках исходных систем соответствует технологическому процессу, выполняемому конкретным оборудованием, при этом сохраняются связи, которые обеспечивают их взаимодействие.

Процессы функционирования сложных систем стеклотарного производства можно представить в виде связанных графов [4]. Узлы графов соответствуют функциональным состояниям технологического оборудования механизированных линий производства стеклотары. Ориентация дуг отражает направленность выполнения операций и их взаимосвязь. На основании построенных графов функциональных состояний технологического оборудования разработаны математические модели и алгоритмы моделирования [4].

Экспериментальной основой создания моделей послужило исследование статистических закономерностей распределения случайных величин протекания основных и вспомогательных процессов производства продукции, наработки на отказ, времени ликвидации технологических и технических отказов для различных видов и типов оборудования.

При разработке моделей и последующем моделировании полученные экспериментально-статистические данные используются для определения констант, переменных, случайных и индикаторных функций. Значения перечисленных величин используются для выбора направления процесса имитационного моделирования в соответствии с их математическим представлением. Выбор направления моделирования осуществляется в блоках логического сравнения.

Несмотря на сходство полученных графов, математических моделей и алгоритмов моделирования стеклотарного производства, они различаются наименованием используемых переменных, констант, случайных и индикаторных функций. При реализации моделирующих алгоритмов на программном уровне эти различия более существенны из-за особенностей хранения названной информации в различных элементах резервируемых массивов данных и некоторого уточнения (детализации) моделируемых процессов.

Синтез моделей подсистем стеклотарного производства позволяет получить обобщенные математические модели функционирования объектов имитации в виде систем логических уравнений, описывающих условия перехода одной технико-технологической подсистемы в другую. При этом учитывается, что технико-технологические подсистемы высшего уровня включают подсистемы низшего уровня.

Суммирование или совместное функционирование полученных алгоритмов моделирования технико-технологических подсистем не достаточно для построения достоверных программных моделей исследуемых систем. Дополнительно требуется описание принципиальной схемы алгоритма моделирования сложной системы; анализ и учет взаимосвязей, выделенных на этапе создания математических моделей всех уровней; а также разработка вспомогательных модулей, в которых будут отражены соответствующие взаимосвязи и часть функций, не реализованных в моделях подсистем. К ним можно отнести: 1) управляющую программу-монитор; 2) генераторы случайных чисел; 3) моделирование параметров надежности; 4) определение времени простоев. Кроме того, при разработке программного обеспечения имитационной модели необходимо учитывать особенности представления моделей сложных систем на ЭВМ.

Объединив основные подпрограммы-модули, имитирующие процессы, протекающие в технико-технологических подсистемах стеклотарного производства, а также вспомогательные и обеспечивающие модули в принципиальную схему прикладной программы (рис. 2), получим структуру и конфигурацию программной имитационной модели процесса функционирования сложных систем стеклотарного производства [3].

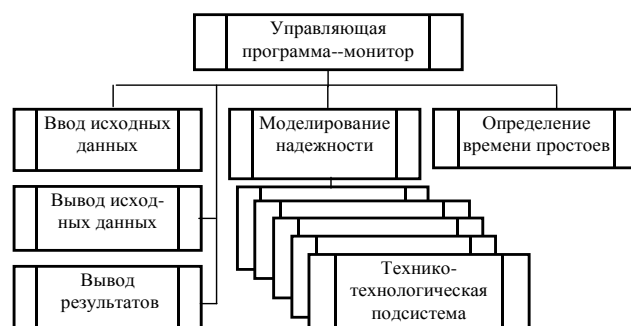


Рис. 2. Принципиальная схема прикладной программы

Представленное строение модели обеспечивает ее гибкость, возможность изменения и добавления новых модулей практически без корректировки остальных.

Разработанная по представленной на рис. 2 схеме прикладная программа для моделирования системы механизированных линий производства стеклотары соответствует выбранной идеологии моделирования, имея отличия в интерфейсной части. Элементы визуализации при имитации работы каждой единицы технологического оборудования позволяют наблюдать в режиме реального времени за протеканием технологических процессов стеклотарного. Это позволяет вносить необходимые коррективы в процессе проведения машинного эксперимента.

Применение разработанной прикладной программы, имитирующей работу всех технико-технологических подсистем механизированной линии стеклотарного производства, позволяет получить ряд зависимостей основных показателей технологических процессов производства стеклотары от вводимых параметров исходных данных: производительность каждого оборудования и всей механизированной линии от интенсивности поступления сырья на обработку; загрузку оборудования при заданном времени работы линии (времени моделирования); пропускную способность механизированной линии и других показателей (рис. 3).

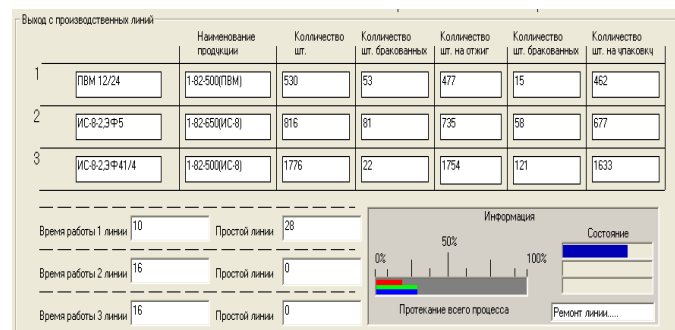


Рис. 3. Нижняя часть главного рабочего окна программы моделирующей производство стеклотары

Кроме того, в правой части рабочей области главного окна содержатся индикаторы статуса производственных линий, скорости протекания процессов имитации, а также индикатор уровня стекломассы в стекловарочной печи.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная в статье методология является эффективным инструментом позволяющим имитировать любые технологические процессы стеклотарного производства и других отраслей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Акопов А.С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата. Люберцы: Юрайт, 2016. 389 с.
- [2] Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. М.: Наука, 1978. 401 с.
- [3] Имитация на ЭВМ сложных систем технологического оборудования: монография / О.В. Кочеткова [и др.]; под ред. А.А. Эпова. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. 192 с.
- [4] Морозова Е.В., Белов М.П. Автоматизированное управление производством стеклотары на базе моделей функционирования технологического оборудования: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2017. 143 с.
- [5] Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. М.: Мир, 2010. 418 с.
- [6] Медяник Н.Л., Чупрова Л.В., Куликова Т.М., Одуд 3.3. Родионова Н.И. Производство стекла и стеклянной тары: учебное пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2007. 205 с.