

ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНООБРАБОТКИ

Секирин А.И.

Донецкий национальный технический университет, кафедра АСУ

E-mail: alx@kita.dgtu.donetsk.ua

Abstract. *Sekirin A. Development of object-oriented model of automated technological complex for mechanical processing. The structured analysis of automated technological complexes (ATC) for mechanical processing is made, their standard elements are determined. An object-oriented approach for modeling ATC is offered. The classes of objects for standard elements are created. Object-oriented model ATC, as a collection of interacting objects is built. The program for ATC modeling on PC is developed, computer experiments are executed.*

Постановка проблемы моделирования технологических процессов машиностроительных комплексов. Машиностроительные технологические комплексы являются сложными производственными структурами с различной степенью автоматизации, в состав которых входит высокотехнологичное оборудование и приспособления: станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированный транспорт и склад. Создание таких производств, требует значительных материальных и временных затрат. Поэтому одной из главных задач при эксплуатации автоматизированных технологических комплексов является обеспечение высокой эффективности их работы. Использование математического моделирования является одним из основных инструментов решения указанной задачи. Несмотря на проведенные исследования, в настоящее время, не разработаны модели, адекватно отображающие все динамические процессы, протекающие в производственных системах данного класса. Исходя из вышеизложенного, совершенствование методов моделирования и оптимизации технологических процессов является актуальной научной задачей, решение которой, позволит повысить эффективность функционирования машиностроительных комплексов [1].

Под автоматизированными технологическими комплексами (АТК) понимают технологические структуры с законченным производственным циклом

(участок, цех) и различной степенью автоматизации. Основной отличительной особенностью АТК является связанность функциональных модулей материальными (заготовки, изделия, инструменты, отходы) и информационными потоками. С помощью информационных потоков передаются данные о состоянии технологических агрегатов и их частей, параметрах технологического процесса и обрабатываемого изделия, командах управления и т.д. [1].

Анализ последних исследований и публикаций по моделированию АТК. В настоящее время при создании и эксплуатации АТК используются следующие модели, которые можно разделить на четыре основных класса: аналитические, имитационные, модели, основанные на теории сетей и графов и теории массового обслуживания [1]. Проведенный сравнительный анализ моделей применяемых для формализации работы АТК показал, что на сегодня наиболее эффективными являются подходы, основанные на использовании сетей и графов или имитационное моделирование [3].

Нерешенные вопросы в моделировании АТК. Все вышеуказанные модели не лишены недостатков, главным из которых является формализация с допущениями с целью упрощения модели, что неизбежно приводит к неадекватности модели или достаточно большой погрешности. Все указанные недостатки влияют на оперативность и оптимальность управления, а так же на эффективность функционирования АТК в целом. Поэтому основная задача дальнейшего развития методов моделирования АТК состоит в преодолении указанных недостатков.

Постановка задачи моделирования. АТК является сложным динамическим объектом, который работает в условиях возмущений (отказы оборудования, изменение производственного задания и т.д.). Он включает в себя совокупность агрегатов, обеспечивающих выполнение заданного набора технологических операций. Для хранения заготовок, полуфабрикатов, готовых изделий, инструмента, оснастки предусмотрены специально оборудованные склады. В составе АТК могут быть организованы один общий или нескольких узкоспециализированных складов. На практике хранение осуществляется как в центральном складе, так и в промежуточных накопителях, расположенных непосредственно у технологических агрегатов. Для обеспечения материального взаимодействия технологического оборудования и складской системы в автоматизированных технологических комплексах используются различные виды

транспортных средств. Транспортировка обеспечивается конвейерами, автоматическими тележками, робокарами и т.д. Для обеспечения эффективной работы технологического и транспортно-складского оборудования необходима система управления АТК.

Исходя из вышесказанного, в структуре АТК можно выделить четыре основных подсистемы: технологическую, транспортную, складскую и управляющую. На рис.1. показана обобщенная функциональная схема автоматизированного технологического комплекса механообработки.

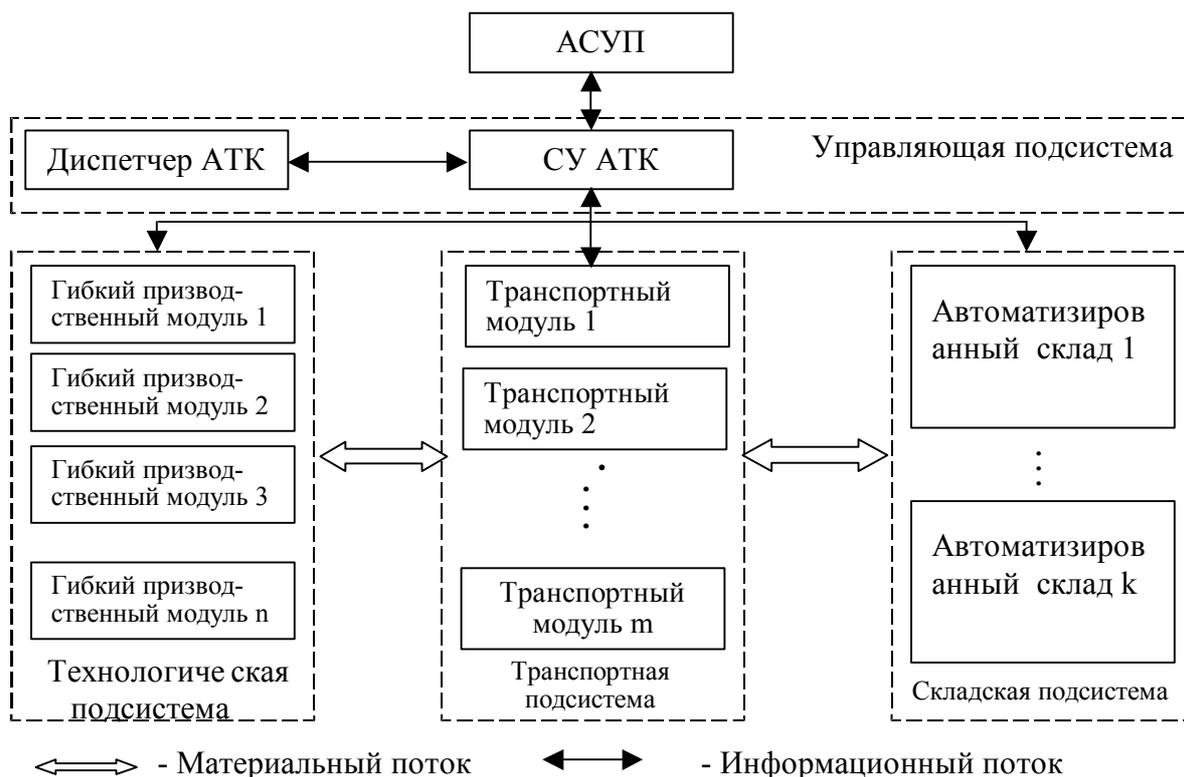


Рисунок 1 — Обобщенная функциональная схема автоматизированная технологического комплекса

Предлагаемый объектно-ориентированный подход к моделированию АТК, позволит преодолеть вышеуказанные недостатки. Его отличительными особенностями является полнота, простота и наглядность отображения элементов и функций исследуемого объекта, прозрачность процессов моделирования, простота модификации, возможность применения к АТК с произвольной компоновочной схемой.

К достоинствам объектно-ориентированного подхода следует отнести [2, 4]:

- возможность систематизации и структурирования компонентов АТК;

- механизм наследования позволяет реализовать сложные иерархические модели;
- позволяет учесть асинхронность и параллелизм технологических процессов;
- возможность применения без дополнительного перепрограммирования к АТК с произвольной компоновочной схемой.

Исходя из вышесказанного для создания объектно-ориентированной модели необходимо построить модели каждой из подсистем, входящих в состав АТК. В качестве объектов моделирования целесообразно выбрать следующие типовые элементы АТК: гибкий производственный модуль, транспортный модуль, автоматизированный склад и систему управления АТК. Рассмотрим построение моделей указанных элементов автоматизированного технологического комплекса.

Построение объектно-ориентированной модели АТК и анализ полученных научно-практических результатов. Технологическая подсистема включает множество гибких производственных модулей (ГПМ), выполняющих различные виды механообработки. ГПМ объединяет в себе технологические агрегаты (станок ЧПУ) и вспомогательные технические средства (накопитель, робот). Гибкие производственные модули создаются по принципу однородности выполняемых операций и выполняют основные технологические операции по заданной программе. Наиболее распространенный тип технологического модуля — робототехнический модуль — технологический агрегат, обслуживающий его промышленный робот и один или несколько накопителей заготовок и готовых изделий. Обобщенная функциональная схема гибкого производственного модуля представлена на рис.2. Из схемы видно, что ГПМ связан с другими модулями АТК как материальными, так и информационными потоками.

Для выделенного типового элемента, — гибкий производственный модуль, в объектно-ориентированной модели АТК создан класс объектов GPM. Объекты данного класса в процессе моделирования технологического цикла могут находиться в следующих состояниях:

- наладка ЧПУ на i -ю операцию;
- обработка детали (заготовки);
- поломка ГПМ (выход из строя ЧПУ, робота или инструмента);
- простой (ожидание в очереди свободных ГПМ).

Для класса GPM реализованы функции, которые по команде системы управления выполняют расчет времени окончания наладки, обработки, и восстановления, а так же случайным образом генерируют момент выхода из строя оборудования.

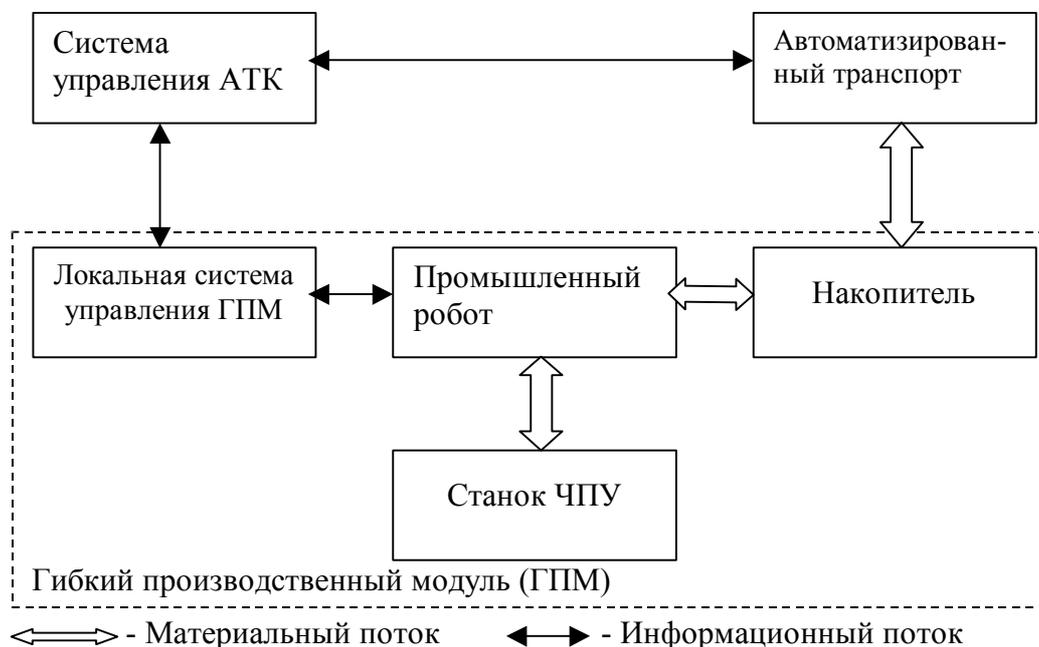


Рисунок 2 — Обобщенная функциональная схема гибкого производственного модуля АТК. Гибкий производственный модуль (ГПМ)

Складская подсистема АТК реализуется в виде одного или нескольких автоматизированных складов (АСк). Современный автоматизированный склад включает места хранения: стеллажи, состоящие из секций, в свою очередь разбитых на ячейки; ячейки приема и выдачи грузов; внутрискладские транспортные средства, обеспечивающие доставку грузов из ячеек к приемо-передающим ячейкам, загрузочно-разгрузочные механизмы и устройства. В качестве внутрискладского транспорта используются краны-штабелеры, ленточные или цепные конвейеры, иногда робокары (самоходные тележки). Грузы хранятся в специализированной таре: поддонах, спутниках, крнтейнерах, магазинах, паллетах. Тара перемещается по участку вместе с обрабатываемым изделием. Складское оборудование не предназначено для длительного хранения грузов (обычно хранятся грузы для обеспечения двух-трех смен). Основная задача складов АТК — оперативное обеспечение производства заготовками, инструментом и оснасткой, быстрое освобождение накопителей, расположенных у станков, от тары с прошедшими обработку на этих станках деталями. На рис.3. приведена обобщенная функциональная схема автоматизированного склада.

Для выделенного типового элемента, — автоматизированный склад, в объектно-ориентированной модели АТК создан класс объектов SKD. Объекты данного класса в процессе моделирования технологического цикла могут находиться в следующих состояниях:

- загрузка в склад заготовок, инструмента, деталей;
- выгрузка из склада заготовок, наборов инструментов, деталей;
- поломка АСк (выход из строя крана-штабелера);
- простой (ожидание команды загрузка/выгрузка).

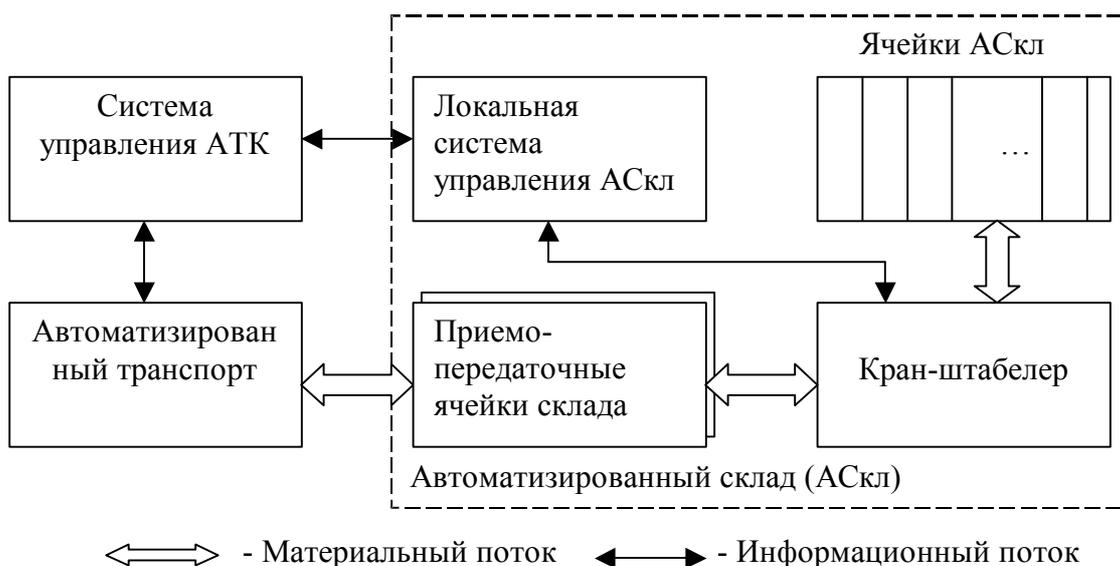


Рисунок 3 — Обобщенная функциональная схема автоматизированного склада АТК

Для класса SKD реализованы функции, которые по команде системы управления выполняют расчет времени окончания складской операции (загрузка, выгрузка) и восстановления, а так же генерируют случайным образом поломки складского оборудования и производят синхронизацию с транспортными средствами.

Транспортная подсистема АТК организована с использованием различного вида автоматизированного транспортного оборудования. На рис.4. представлена обобщенная функциональная схема автоматизированного транспорта.

Транспортные пути связывают все рабочие позиции — места, где изделие подвергается какой-либо включенной в технологический процесс операции: подготавливается, обрабатывается, измеряется, складывается. Конфигурация путей движения транспортных средств также может быть различной: кольцевая, линейная с возвратно-поступательным движением.

Используются самые разнообразные средства перемещения грузов (изделий, заготовок, материалов, инструментов, тары и отходов):

- конвейеры (толкающие, ленточные, роликовые);
- самоходные тележки, рельсового и безрельсового (роботрайлеры) типа с оптическими, электромагнитными или ультразвуковыми системами удержания заданного направления;
- приемопередающие устройства (поворотные-подъемные столы, толкатели, отсекатели, роботы);
- транспортные средства напольного и подвешного типа.

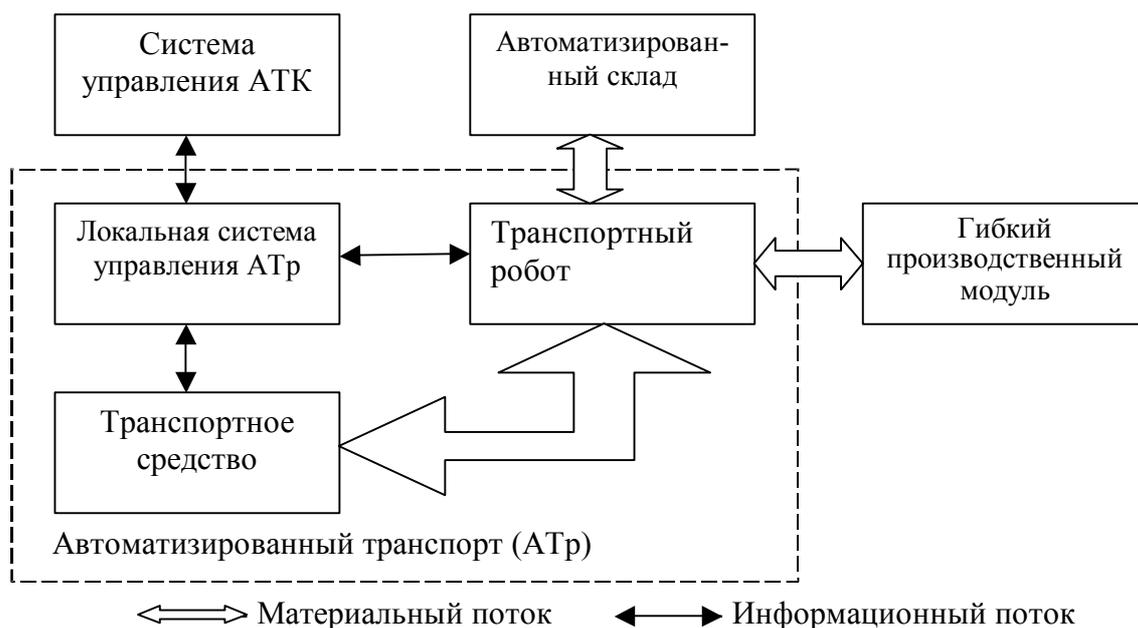


Рисунок 4 — Обобщенная функциональная схема автоматизированного транспорта АТК

Для выделенного типового элемента, — транспортный модуль, в объектно-ориентированной модели АТК создан класс объектов ТМ. Объекты данного класса в процессе моделирования технологического цикла могут находиться в следующих состояниях:

- загрузка на транспортное средство лотка (заготовки, инструмент, детали);
- выгрузка лотка (заготовки, инструмент, детали);
- транспортировка груза;
- поломка АТр (выход из строя транспортного робота или транспортного средства);
- простой (ожидание команды транспортировка).

Для класса ТМ реализованы функции, которые по команде системы управления выполняют расчет времени на перевозку и восстановления, а так же генерируют случайным образом поломки транспортного оборудования и производят синхронизацию с автоматизированным складом.

Система управления АТК осуществляет функции контроля и регулирования производственного процесса. В процессе работы система управления (СУ) производит прием сообщений от модулей АТК и выдает соответствующему модулю следующую команду для выполнения. Система управления так же осуществляет контроль очередей деталей, претендующих на обработку и очередей свободных ГПМ, имеющих возможность произвести обработку следующей транспортной партии деталей.

Для выделенного типового элемента, — система управления, в объектно-ориентированной модели АТК создан класс объектов SU. Объекты данного класса в процессе моделирования технологического цикла могут находиться в следующих состояниях:

- прием и распознавание событий от модулей (GPM, SKD, ТМ);
- фиксация событий в выходной таблице;
- выдача команд модулям (GPM, SKD, ТМ).

Для класса SU реализованы функции, которые выполняют управление технологическим оборудованием и транспортно-складским оборудованием посредством команд и контроля их выполнения.

Для обеспечения взаимодействия объектов в модели АТК разработан дополнительный класс DS (диспетчер событий), который формирует очередь событий, поступающих в систему управления от различных модулей, а так же очередь команд, передаваемых системой управления для модулей АТК. Так же в диспетчере событий происходит запись всех событий и команд в выходную таблицу. Основные функции DS — распознавание, регистрация и передача команд и событий адресатам, формирование расписания на базе выходной таблицы. Схема взаимодействия объектов модели приведена на рис.5.

Рассмотрим построение и взаимное функционирование рассмотренных классов в объектно-ориентированной модели АТК. Функции регулирования и контроля в объектно-ориентированной модели АТК выполняет система управления, которая взаимодействует с модулями (GPM, ТМ, SKD) с помощью диспетчера событий. После того как произведена начальная загрузка, система управления формирует коман-

ды-задания модулям. Диспетчер событий компонует очередь команд, из которой они попадают модулям адресатам. Получив команду, модуль вызывает соответствующую функцию, которая рассчитывает время окончания события, вызванного командой. После чего модуль передает рассчитанное время окончания события в DS, который в свою очередь передает его в систему управления. Реакцией на подтверждение совершения события является следующая команда СУ. Регистрация всех событий и команд происходит в выходной таблице модели АТК, которая является основой для формирования расписания [3,4].

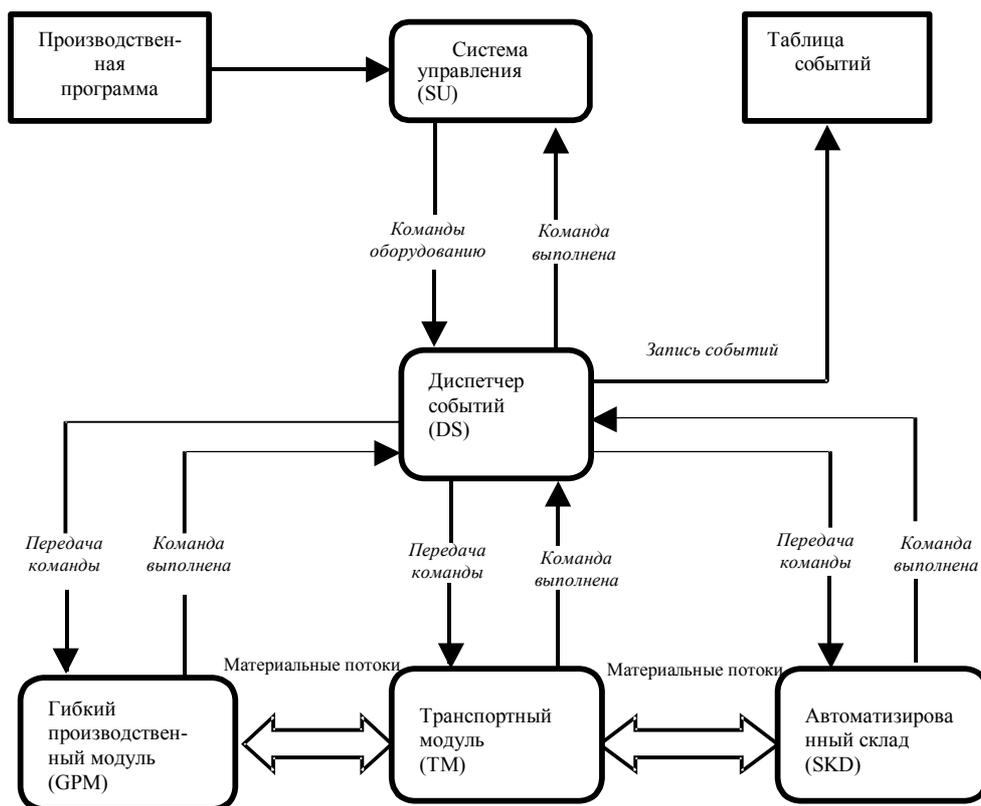


Рисунок 5 — Схема взаимодействия объектов модели АТК

Программная реализация математической модели АТК выполнена с помощью объектно-ориентированного языка высокого уровня Delphi (версии 6.0). Для обеспечения моделирования АТК с произвольной компоновочной структурой разработаны структуры справочников баз данных (БД), в которых предусмотрено хранение компоновочных, технических и учетных данных о моделируемых автоматизированных технологических участках. Таким образом, реализована возможность работы с различными АТК, без дополнительного перепрограммирования модели, а так же задания произвольной компоновки автоматизированного участка и проведение экспериментов.

Выводы.

В результате проведенных экспериментальных исследований с использованием реальных производственных данных АТК определена степень адекватности модели. Полученная объектно-ориентированная модель АТК может применяться как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации. На стадии проектирования с помощью модели и на основе экспериментальных данных можно производить выбор компоновки участка (комплектация и размещение оборудования).

В процессе эксплуатации АТК применение модели имеет более широкий спектр: получение оптимального расписания работы технологического оборудования при заданных сроках выпуска изделий, максимизация загрузки или минимизация простоев технологического оборудования, сокращение сроков выпуска изделий, выявление узких мест на участке на которых происходят временные потери и т.д.

Литература

1. Ямпольский Л., Банашак З., Хасегава К. и др. Управление дискретными процессами в ГПС. — Киев: Техника, 1992. — 256 с.
2. Салли Шлеер, Стефан Меллор Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. — Киев:Диалектика, 1993. — 240 с.
3. Лаздынь С.В., Секирин А.И. Совершенствование методов управления автоматизированными технологическими комплексами механообработки на основе объектно-ориентированного подхода и генетических алгоритмов. // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 38. — Донецк: ДонГТУ, 2002. — С.169–176.
4. С. В. Лаздынь, А. И. Секирин. Объектно-ориентированный подход в моделировании автоматизированных технологических комплексов механообработки. //Материалы всеукраинской конференции «Информационные технологии в науке и технике (ITONT-2002)». — Черкасы: ЧГТУ, 2002. — С. 243–246.

Сдано в редакцию: .03.2003г.

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Скобцов Ю.А.