
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост (г. Тула)**

На современном этапе развития техники и технологии на первый план выдвигается вопрос об экономической целесообразности внедряемых мероприятий. Поэтому перед внедрением различных конструкторских и рационализаторских решений в производство следует убедиться в их правильности и эффективности.

Основная задача при проектировании транспортной системы заключается в сокращении объема подъемно-транспортных операций и снижении трудозатрат при заданном объеме работ.

В производственных системах (ПС) важнейшую роль играет транспортно-накопительная система (ТНС), без которой невозможно эффективное функционирование автоматизированного производства, так как она является основным организующим и связующим звеном производственного процесса.

Конкретные формы механизации и автоматизации транспорта и виды применяемого на определенном заводе специального оборудования зависят от особенностей изготавливаемой продукции, типа производства, характера подъемно-транспортных операций, размера грузооборота и др.

Для комплексного анализа ТНС производственных систем разнородные технологические, технические и организационно-экономические показатели целесообразно свести в единую математическую модель. С наибольшим эффектом в этом смысле может быть использован морфологический метод поиска технических решений [1], который состоит из морфологического анализа технических систем и морфологического синтеза [2].

Для решения задачи морфологического синтеза оптимального варианта ТНС из большого количества методов дискретной оптимизации целесообразно применять так называемый метод «ветвей и границ» [3], поскольку он сравнительно прост в применении, а конечность вычислений, как правило, не нуждается в доказательстве, так как вытекает непосредственно из самого построения его вычислительной схемы.

Для всей группы алгоритмов, входящих в общую схему метода ветвей и границ, характерна следующая основная идея: последовательное использование конечности множества вариантов решения задачи и замена полного их перебора направленным. Полного перебора удается избежать за счет отбрасывания неперспективных множеств вариантов, т. е. таких, которые заведомо не могут содержать искомого оптимального решения задаче.

При морфологическом синтезе вариантов ТНС процедуру последовательного разбиения множества допустимых решений целесообразно осуществлять с использованием алгоритма последовательного анализа вариантов, что позволяет улучшить сходимость метода.

Методика генерации, анализа и отбора вариантов предполагает отсеивание невыгодных (бесперспективных) вариантов на начальных стадиях их построения. Поскольку при отсеивании бесперспективных вариантов отсеивается и множество их продолжений, то происходит значительная экономия времени в вычислительной процедуре.

Отсеивание бесперспективных вариантов осуществляется с использованием матрицы бинарных отношений совместимости элементов. Вариант считается беспер-

спективным при появлении первого нулевого значения индикатора совместимости элементов.

Окончательное решение об эффективности полученного варианта транспортной системы целесообразно принимать на основании результатов имитационного моделирования выбранной транспортной системы, осуществляемого с использованием общецелевой системы имитационного моделирования GPSS.

При разработке моделирующей программы использован модульный принцип, согласно которому GPSS-программа представляется совокупностью самостоятельных и сравнительно небольших программных сегментов (модулей). Каждый из модулей выполняет определенную функцию и может быть подвергнут корректировке или полной замене без внесения поправок в другие модули.

Имитационная модель состоит из четырех сегментов.

Первый сегмент модели: отказы основного и вспомогательного оборудования. Отказы оборудования моделируются путем прохождения транзактом пары блоков FUNAVAIL и FAVAIL, имитирующих переход обслуживающих приборов в недоступное и доступное состояния соответственно. Поток отказов оборудования формируется в блоке GENERATE. Транзактам, вышедшим из этого блока, в первый параметр заносится номер отказавшего модуля, а во второй – среднее время восстановления. На время восстановления транзакты задерживаются в блоке ADVANCE.

Второй сегмент модели: формирование заявок на обслуживание склада. В этом сегменте имитируются проводимые в течение обслуживаемых смен транспортные операции по загрузке склада заготовками и выгрузке из него готовых деталей. Для учета числа отработанных смен используется счетчик XH \diamond SMENA, который обнуляется в начале следующих суток. Блоки «SPLIT 1,BLC25» и «SPLIT 1,5LC21» формируют поток заявок на загрузку–выгрузку склада в начале каждой из обслуживаемых смен. Транзактам, образующимся на выходе этих блоков, в первый параметр заносится число заявок на загрузку–выгрузку склада, равное количеству тары с готовыми деталями, находящейся на складе. Для имитации процесса хранения заготовок и деталей используются накопители «STORAGE SKZ» и «STORAGE SKD», описывающие зоны заготовок и деталей склада соответственно. Текущее содержимое этих накопителей изменяется после прохождения транзактом блоков ENTER и LEAVE. При моделировании транспортных операций с помощью блока SEIZE занимается кран-штабелер, который освобождается в результате прохождения транзактом блока RELEASE после задержки в блоке «ADVANCE \diamond TRANS» на время транспортирования.

Третий сегмент модели: формирование заявок на обслуживание основного технологического оборудования. Заявки формируются по окончании обработки на соответствующем станке. Номер освободившегося станка фиксируется в первом параметре транзакта после прохождения им блока SELECT. Во второй и третий параметры заносятся время обработки одной заготовки и число заготовок в кассете либо число деталей, получаемых из одного прутка. Процесс транспортирования заготовок к станку и готовых деталей на склад имитируется той же последовательностью блоков SEIZE-ADVANCE-RELEASE, что и во втором сегменте. После осуществления транспортных операций посредством блоков ENTER и LEAVE изменяется содержимое зон заготовок и готовых деталей склада. Для моделирования процесса обработки в блоке «SEIZE PH1» фиксируется занятие станка, номер которого записан в первом параметре транзакта, на время? необходимое для обработки всех деталей из кассеты или прутка (блок «ADVANCE V \diamond OBR»). Оборудование освобождается после прохождения транзактом блока «RELEASE PH1». Наличие или отсутствие заявок на обслуживание основного технологического оборудования отмечается с помощью логического переключателя.

Четвертый сегмент модели: сегмент таймера. По истечении заданного времени моделирования из блока «GENERATE V \diamond MOD» выходит транзакт, завершающий процесс моделирования.

При моделировании имитировалась двухсменная работа участка с одной автономной сменой. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что синтезированный вариант отличается высокой загрузкой основного технологического оборудования, транспортной системы и позволяет выполнить годовую программу обработки деталей. Следует отметить, что коэффициент использования ТНС, полученный моделированием, соответствует определенному ранее. Анализируя степень использования склада, разделенного на две зоны – заготовок и готовых деталей, следует, что для стопроцентной гарантии работы склада без переполнения необходимо иметь 74 ячейки в зоне заготовок и 51 – в зоне готовых деталей. Тогда для эффективной работы участка токарной обработки склад должен обладать емкостью в 145 ячеек.

Таким образом, представленный подход к автоматизации проектирования транспортных систем дает возможность проанализировать максимальное число альтернативных вариантов и выбрать среди них оптимальный по критерию минимума приведенных затрат на создание и эксплуатацию транспортной системы при сокращении сроков проектирования и повышении качества получаемых проектных решений; в результате формализации технических и организационно-экономических параметров ТНС разработана математическая модель, позволяющая оптимизировать состав вспомогательного оборудования и компоновочную структуру ПС для конкретных условий производства; на основании результатов имитационного моделирования полученной транспортной системы, осуществляемого с использованием общецелевой системы GPSS, можно принять окончательное решение об эффективности этого варианта.

Литература

1. **Одрин В. М.** Морфологический синтез систем. Состояние вопроса: методы выбора и оценки // Автоматизация поиска новых технических решений. Горький, 1980.
2. **Анцев В. Ю., Шафорост А. Н.** Методика структурно-параметрического синтеза транспортно-накопительных систем промышленных предприятий // Вестник ТулГУ. Сер. Актуальные вопросы механики. 2011. Вып. 7. Тула: Изд-во ТулГУ. С. 3–12.
3. **Сергиенко И. В.** Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. 2-е изд. доп. и перераб. Киев: Наук. думка, 1988. 472 с.