

УДК 519.876.5

В. А. Полетаев, А. И. Цигельников, В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов

## АЛГОРИТМ РАБОТЫ МОДУЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Выбор оптимальной структуры автоматизированной производственной системы является актуальной задачей при проектировании производства. Скорость и качество выбора оптимального варианта структуры автоматизированной производственной системы (АПС) может быть увеличена за счет применения специализированного комплекса программ.

Этот программный комплекс должен позволять оптимизировать структуру как разрабатываемой системы, так и уже работающей.

Он должен обладать высокой гибкостью, чего можно добиться на основе модульного подхода, при котором каждый модуль выполняет отдельную задачу и может быть заменен без внесения изменений в другие модули.

Основные модули:

- база данных оборудования,
- модуль имитационных моделей,
- модуль оптимизации,
- модуль 3D-визуализации,
- модуль полученных решений.

База данных оборудования хранит информацию о существующем оборудовании, при необходимости она может быть изменена и дополнена.

Модуль имитационных моделей позволяет создавать из различных комбинаций оборудования структуры АПС и получать их характеристики.

Модуль оптимизации выполняет основную работу по поиску оптимальной структуры АПС. Он определяет, какие именно комбинации оборудования будут использоваться в определенной

структуре АПС. Результаты, полученные при оптимизации, передаются в модуль полученных решений, где хранятся варианты структуры АПС, оптимальные при различных входных параметрах. Модуль 3D-визуализации отображает выбранный пользователем из модуля полученных решений вариант структуры АПС.

Взаимодействие между модулями показано на (рис. 1). Пользователь вводит входные данные для структуры АПС (программа выпуска, примерная стоимость), эти данные передаются в блок оптимизации.

На основе этих данных создается начальный набор возможных решений, которые передаются в модуль имитационных моделей. Модуль имитационных моделей определяет характеристики переданной структуры АПС и затем передает их обратно в модуль оптимизации.

Модуль оптимизации осуществляет ранжирование полученных решений по заданным параметрам (производительность, себестоимость). Затем он переходит на следующую итерацию, где процесс взаимодействия с блоком имитационных моделей повторяется. Найденное оптимальное решение может быть представлено в виде трехмерной модели с помощью блока визуализации структуры АПС.

Модуль оптимизации на данном этапе использует эволюционный алгоритм, который при необходимости он может быть заменен.

Модуль имитационных моделей также может быть заменен на какое-либо другое описание ра-

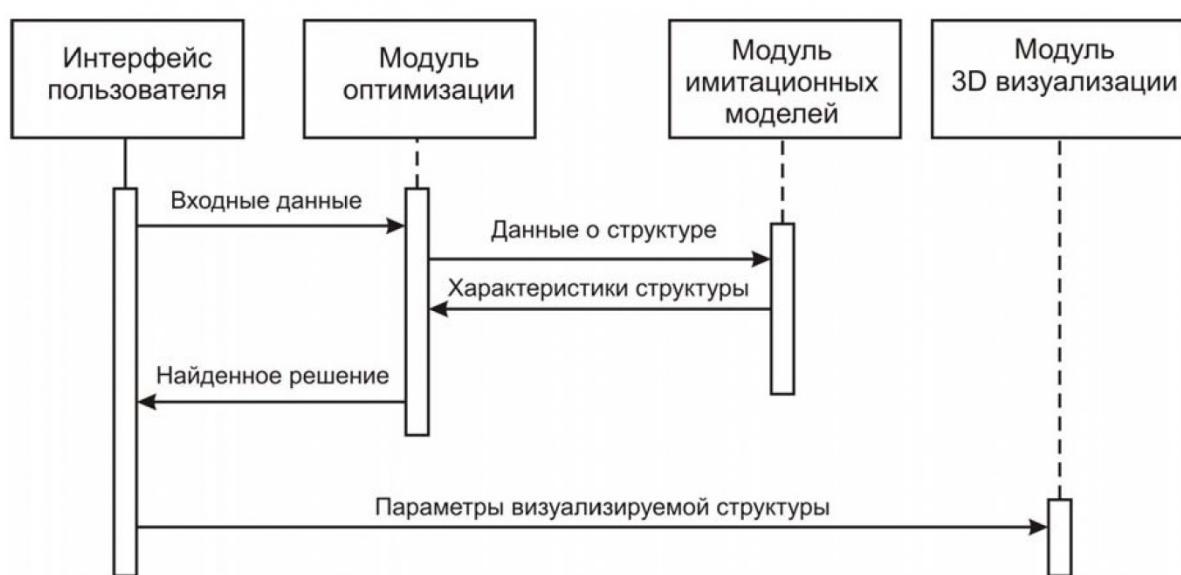


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия модулей комплекса программ оптимизации структур АПС

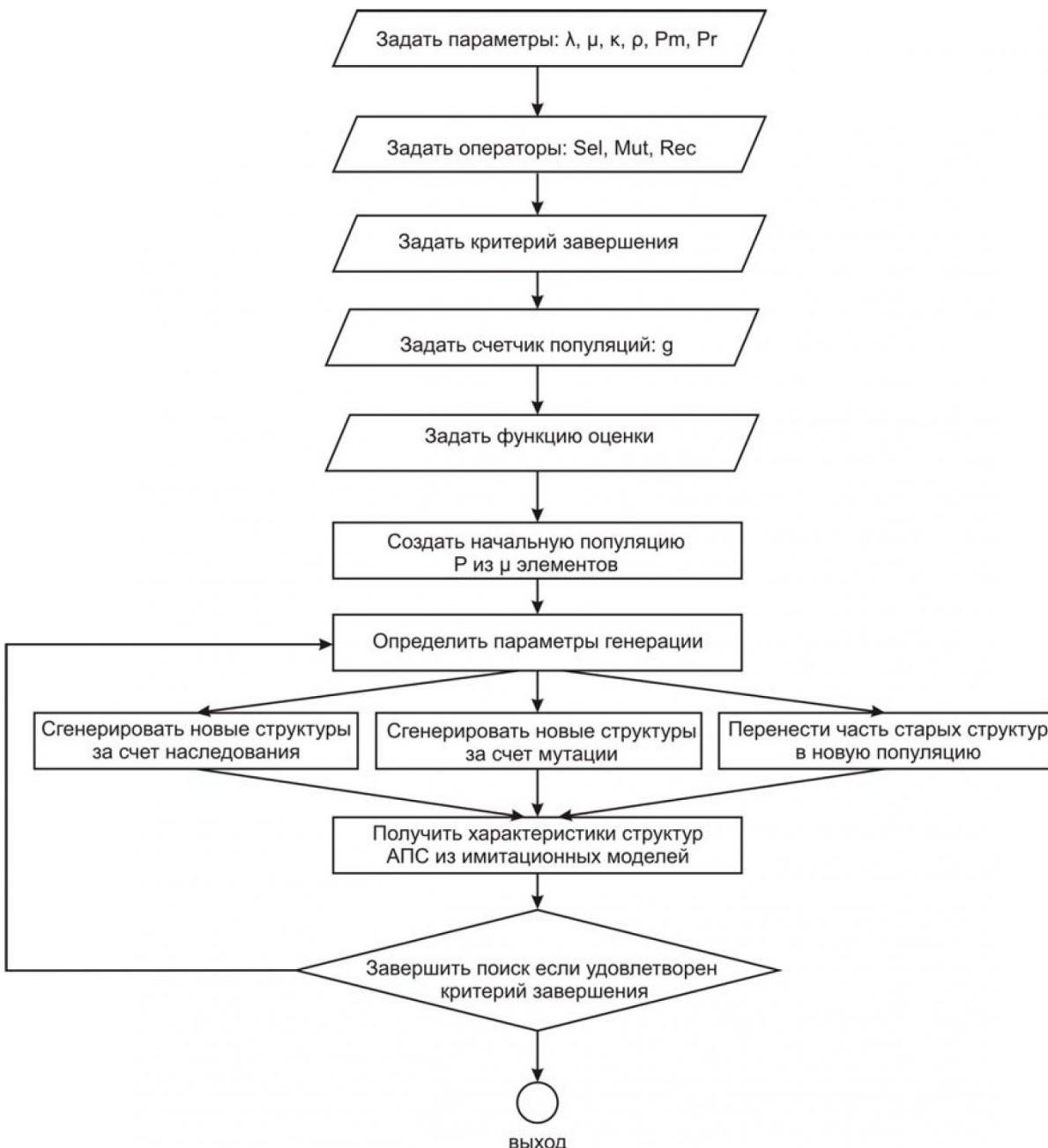


Рис. 2. Алгоритм работы модуля оптимизации

боты АПС (например, аналитическое).

Таким образом достигается высокая гибкость и возможность модернизации комплекса программ.

Согласно эволюционному алгоритму для структур АПС задаются варьируемые параметры структуры АПС: планировка рабочих мест, тип оборудования в составе рабочих мест, транспортная система. Задается диапазон возможных значений каждого варьируемого параметра (например, возможный набор транспортных систем).

На следующем этапе модуль создает начальную популяцию возможных структур АПС (рис. 2).

Переменные алгоритма:

$\lambda$  – число новых структур АПС, сгенерированных от существующих в предыдущей популяции структур АПС.

$\mu$  – количество возможных структур в популяции,

$\kappa$  – число итераций (поколений) в которые может переходить родительская структура АПС,

$\rho$  – количество родительских структур АПС участвующих в генерации новой структуры АПС,

$P_m$  – вероятность мутации при генерации новой структуры АПС,

$P_r$  – вероятность наследования при генерации новой структуры АПС.

Операторы:

Sel – оператор выбора, определяющий крите-

рии, по которым будут выбираться родительские структуры АПС для генерации новой структуры АПС,

Mut – оператор мутации, который определяет признаки по которым будет производится мутация выбранной структуры АПС,

Crossover – оператор скрещивания, определяющий признаки, которые будут наследовать сгенерированная структура АПС от родительской.

Следует отметить, что применение указанного

эволюционного алгоритма к автоматизированным производственным системам требует уточнения значений операторов и переменных алгоритма. Такое уточнение позволяет более эффективно проводить оптимизацию структур АПС. Предлагаемый алгоритм и комплекс программ оптимизации структур автоматизированных производств позволяют решить основную проблему в задачах оптимизации – поиск глобального оптимума вместо локального.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев В. А. Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем / Полетаев В. А., Зиновьев В. В., Стародубов А. Н., Чичерин И.В. – М.: Машиностроение, 2011.
2. Проектирование автоматизированных участков и цехов / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Выш. шк., 2000.
3. Kwang Y. Lee and Mohamed A El-Sharkawi. Modern Heuristic Optimization Techniques. Theory and applications to power systems. 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

□ Авторы статьи:

Полетаев  
Вадим Алексеевич,  
докт. техн. наук, зав. каф.  
информационных и автома-  
тизированных произ-  
водственных систем Куз-  
ГТУ.  
E-mail: pva@kuzstu.ru

Цигельников  
Алексей Иванович,  
аспирант каф. информаци-  
онных и автоматизирован-  
ных производственных  
систем КузГТУ.  
Тел. 8-3842-39-69-44.

Зиновьев  
Василий Валентинович,  
канд. техн. наук, доцент  
каф. информационных и  
автоматизированных  
производственных систем  
КузГТУ.  
E-mail: z\_v\_v@pambler.ru

Стародубов  
Алексей Николаевич,  
канд. техн. наук, доцент  
каф. информационных и  
автоматизированных  
производственных систем  
КузГТУ. E-mail:  
staraleksei@rambler.ru

**УДК 519.876.5**

**В. А. Полетаев, М. Ю. Дорофеев, А. Н. Стародубов**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ

В настоящее время в Кемеровском научном центре СО РАН для Кузбасского технопарка разрабатывается проект энерготехнологического комплекса (ЭТК) по переработке кузнецких энергетических углей в среднетемпературный кокс (полукокс) с получением электрической и тепловой энергии. Производительность проектируемого ЭТК составляет 250 тыс. тон полукокса в год. Данный проект не имеет аналогов, поэтому получение точных численных характеристик ЭТК сопряжено с рядом трудностей. Некоторые расчеты проекта производились с учетом ряда допущений и упрощений, а также на основе экспертных оценок. Такой подход неминуемо приводит к снижению точности расчетов и отклонению от реальных характеристик.

Для решения задач исследования, проектирования и управления в новых сложных производственных системах эффективно используют среды имитационного моделирования, которые позволяют [1]:

- значительно упростить и ускорить процесс

имитационного моделирования;

- строить модели без сложного аналитического описания динамики системы;
- «продвигать» модельное время от события к событию;
- генерировать случайные числа и работать со случайными переменными, распределенными по различным законам;
- автоматически накапливать необходимые данные;
- осуществлять статистическую обработку выходных данных, управлять экспериментом, оптимизировать поведение системы, сравнивать ее различные альтернативные варианты;
- упростить процесс визуализации работы системы в соответствии с имитационной моделью.

На основе опыта применения различных программных средств моделирования для отображения процессов в горном деле и машиностроении [2, 3], разработана имитационная модель транспортно-складской системы ЭТК. Модель ориентирована на решение задач выявления внутрисис-