

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.001.2.658.512.4

С. Г. СЕЛИВАНОВ, С. П. ПАВЛИНИЧ, В. В. НИКИТИН

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНОВОК
АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Рассмотрен метод автоматизации проектирования технологических компоновок авиадвигателестроительного производства с использованием генетических алгоритмов. Математическое моделирование; автоматизированные системы технологической подготовки производства; САПР, технологическая компоновка производственных корпусов

В практике организации работ по реконструкции и техническому перевооружению приняты два основных способа организации разработок, согласования и утверждения проектной документации, выполнения на их основе строительно-монтажных и пусконаладочных работ — *подрядный и хозяйственный*. В данной публикации рассмотрен хозяйственный метод решения названных задач на основе управления проектами технического перевооружения производства.

Хозяйственный способ организации реконструкционных работ, в отличие от подрядного способа, выполняют по схеме внутризаводской технологической подготовки производства (рис. 1, [1]). В данном случае на средних и крупных предприятиях обычно используют специализированные отделы реконструкции, капитального строительства, которые в сочетании с другими специализированными техническими отделами главных специалистов (главного технолога, главного металлурга, главного сварщика, главного механика, главного энергетика и т. п.) в состоянии осуществить квалифицированную разработку проектно-сметной документации инвестиционных и инновационных проектов средней сложности (производств, цехов и участков предприятия).

Выполнение комплекса проектов по техническому перевооружению производства в этом случае обеспечивают вспомогательные цехи предприятия в сочетании со вспомогательными отделениями реконструируемых цехов. Весь этот комплекс объединяют в единую систему не только с помощью названной блок-схемы функций технологической подго-

товки технического перевооружения производства, но и с помощью целевых программ технического перевооружения и/или графиков реконструкции.

На рис. 1 приняты следующие условные обозначения функций управления производством: 1.0.00 административные функции управления; 2.0.00 конструкторская подготовка производства; 3.0.00 технологическая подготовка производства; 4.0.00 управление материально-техническим обеспечением; 5.0.00 оперативное управление основным производством; 6.0.00 технико-экономическое планирование; 7.0.00 управление кадрами; 8.0.00 управление сбытом продукции; 9.0.00 ремонт и модернизация оборудования.

Центральной функцией внутризаводской технической подготовки производства (рис. 1) является «Разработка технологической части проектов технического перевооружения», исходным документом которой является чертеж технологической компоновки корпуса или цеха, намеченного для технического перевооружения.

Технологическая компоновка — это, как правило, чертеж с изображением на нем в плане производственных, вспомогательных, складских, энергетических и конторско-бытовых помещений цеха или корпуса без пространственного размещения технологического оборудования.

Чертеж технологической компоновки принципиально важен не только для организации производства в пространстве на основании разрабатываемых далее технологических планировок оборудования, но и имеет существенное значение для разработки ка-

лендарных план-графиков технического перевооружения, разрабатываемых, например, в системах MS-Project, Project Expert и других.

Главные требования к технологической компоновке — это выполнение принципов прямоточности, минимизации грузооборота, наилучшего использования площадей и объёмов здания.

Для разработки компоновочных схем машиностроительного производства в данной публикации предложен метод технологической компоновки на основании использования средств искусственного интеллекта в виде генетического алгоритма. Данный метод позволяет выполнить технологическую компоновку по критерию минимума грузооборота.

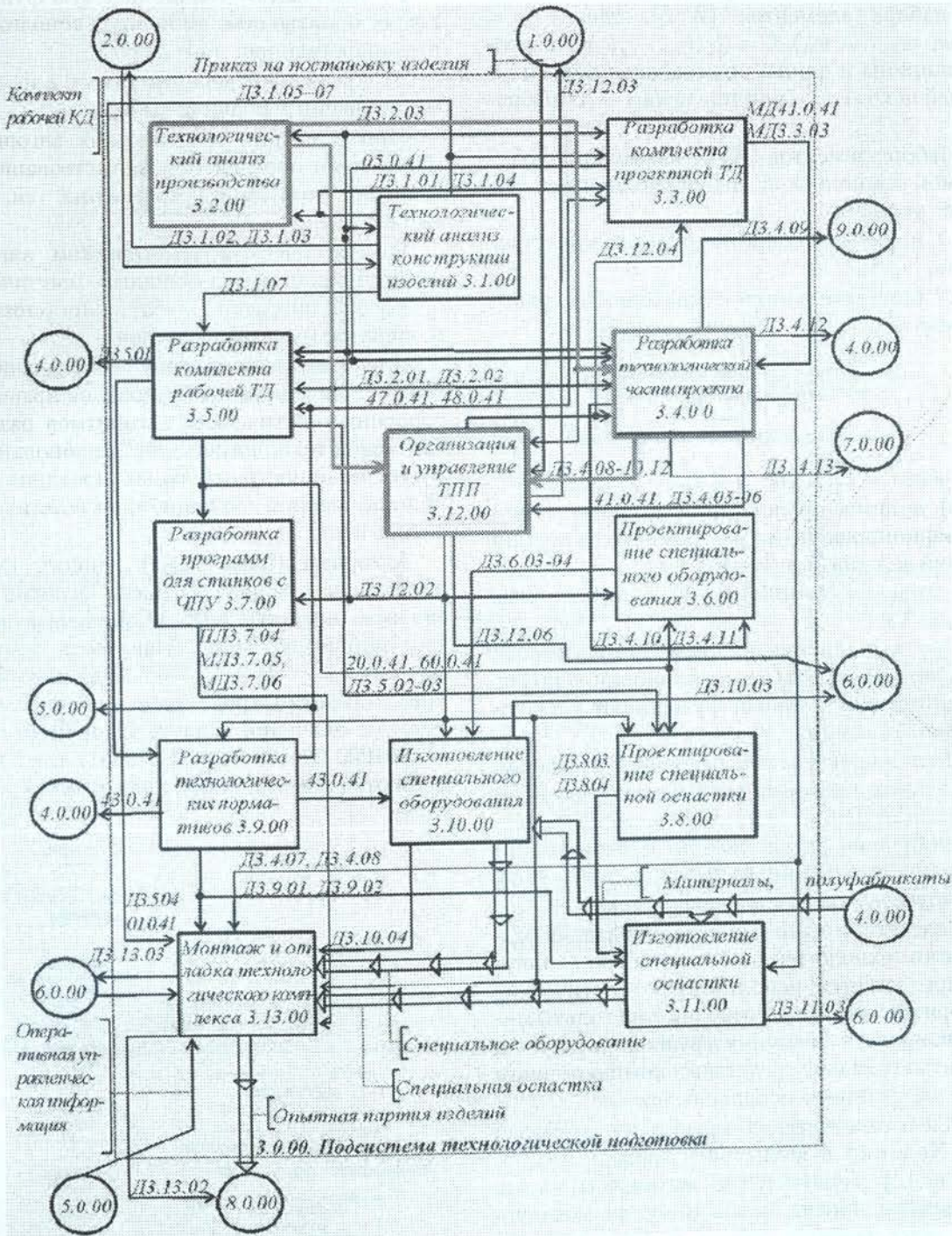


Рис. 1. Блок-схема функций системы технологической подготовки технического перевооружения предприятия

Задача компоновки корпуса состоит в следующем. Исходная информация задается набором данных $\langle W_k, L_k, n, s \rangle$, где W_k — ширина производственного корпуса; L_k — длина производственного корпуса; n — количество цехов; $s = (s_1, s_2, s_3, \dots, s_n)$ — производственные площади цехов (прямоугольники), $i = (1, n)$.

Решение задачи представляется в виде набора элементов $\langle W, L \rangle$, где $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $L = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ — векторы ширины и длины прямоугольников (площадей цехов); w — ширина цеха; l — длина цеха.

Набор элементов $\langle W, L \rangle$ называется допустимой компоновкой, если выполнены следующие условия:

- 1) прямоугольники не перекрывают друг друга;
- 2) прямоугольники не выходят за границы корпуса:

$$W_k \geq \sum_{i=1}^n w_i$$

для всех $i = 1, \dots, n$; $l_i \leq L_k$;

- 3) ширина пролета цеха в соответствии с унифицированными растрами сетки колонн зданий должна быть кратна 3 м, т. е. $w_i \leq w_{\min}$, где w_{\min} — минимальная ширина цеха, $w_{\min} \geq 3$ м.

При выполнении условий допустимости требуется найти такую компоновку корпуса, для которой суммарный грузооборот $\sum G_i$ достигает минимума.

Поставленная задача относится к задачам, при решении которых точными методами оптимизации время сходимости алгоритма экспоненциально увеличивается в зависимости от количества единиц размещаемых объектов, прямоугольников (площадей цеха).

Вследствие этого для решения задачи разработки технологической компоновки корпуса предлагается использовать генетические алгоритмы, которые позволяют не только минимизировать величину грузооборота, но и решать эту задачу средствами компьютерного моделирования за небольшое время.

Идею генетических алгоритмов высказал Дж. Холланд в конце 60 — начале 70-х гг. XX в. [2]. Генетические алгоритмы — это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. В них используется эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей. Они отличаются от традиционных мето-

дов оптимизации несколькими базовыми элементами. В частности, генетические алгоритмы:

- 1) обрабатывают не значения параметров самой задачи, а их закодированную форму;
- 2) осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции;
- 3) используют только целевую функцию, а не ее производные либо игнорируют дополнительную информацию;
- 4) применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора.

При описании генетических алгоритмов используют определения, заимствованные из генетики (популяция, хромосома, ген, генотип и т. д.).

В классическом генетическом алгоритме применяются два основных генетических оператора: оператор скрещивания (*crossover*) и оператор мутации (*mutation*).

Для решения описанной выше задачи компоновки на основе использования правил построения генетических алгоритмов разработан метод технологической компоновки корпусов машиностроительных предприятий с использованием эволюционных генетических алгоритмов.

Алгоритм (блок-схема) данного метода представлен на рис. 2. Здесь фенотип хромосомы представляет собой набор значений ширины цехов w_i . Например, хромосома $ch = (8 \ 4 \ 8 \ 17)$, для 4 цехов. А генотип хромосомы, двоичное кодирование значений задачи. Например, $ch = (001000 \ 000100 \ 001000 \ 010001)$, где 1 или 0 являются генами данной хромосомы.

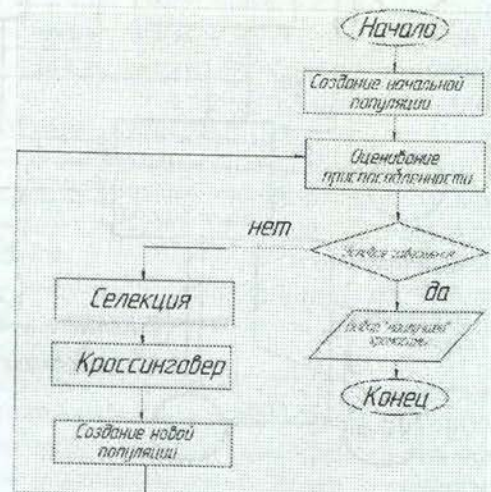


Рис. 2. Блок-схема генетического алгоритма нахождения оптимальной технологической компоновки корпуса

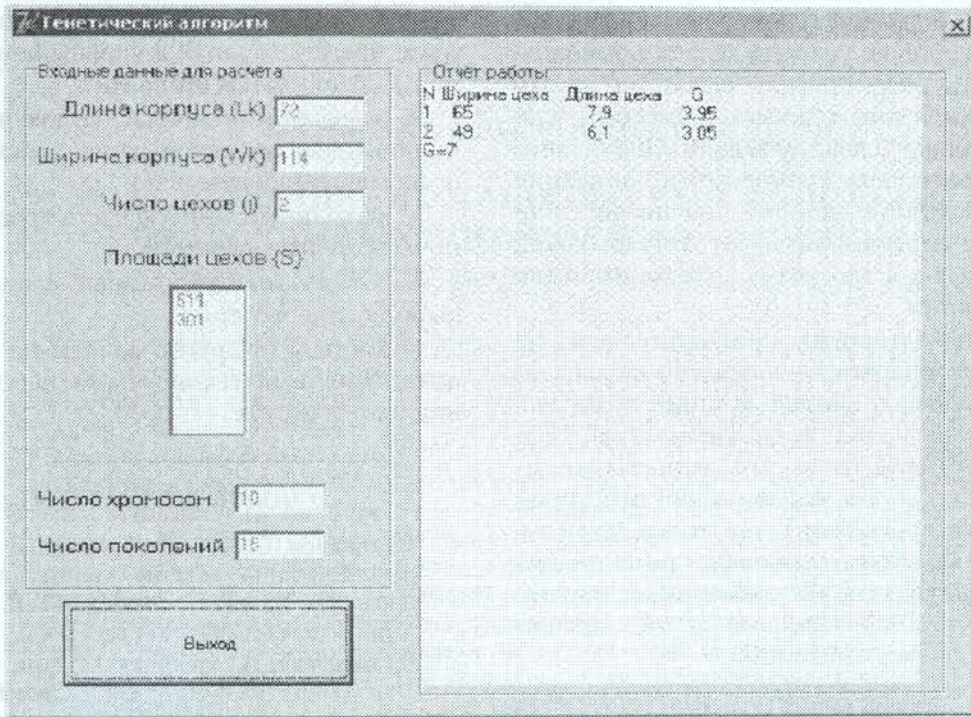


Рис. 3. Интерфейс программы разработки технологической компоновки корпуса

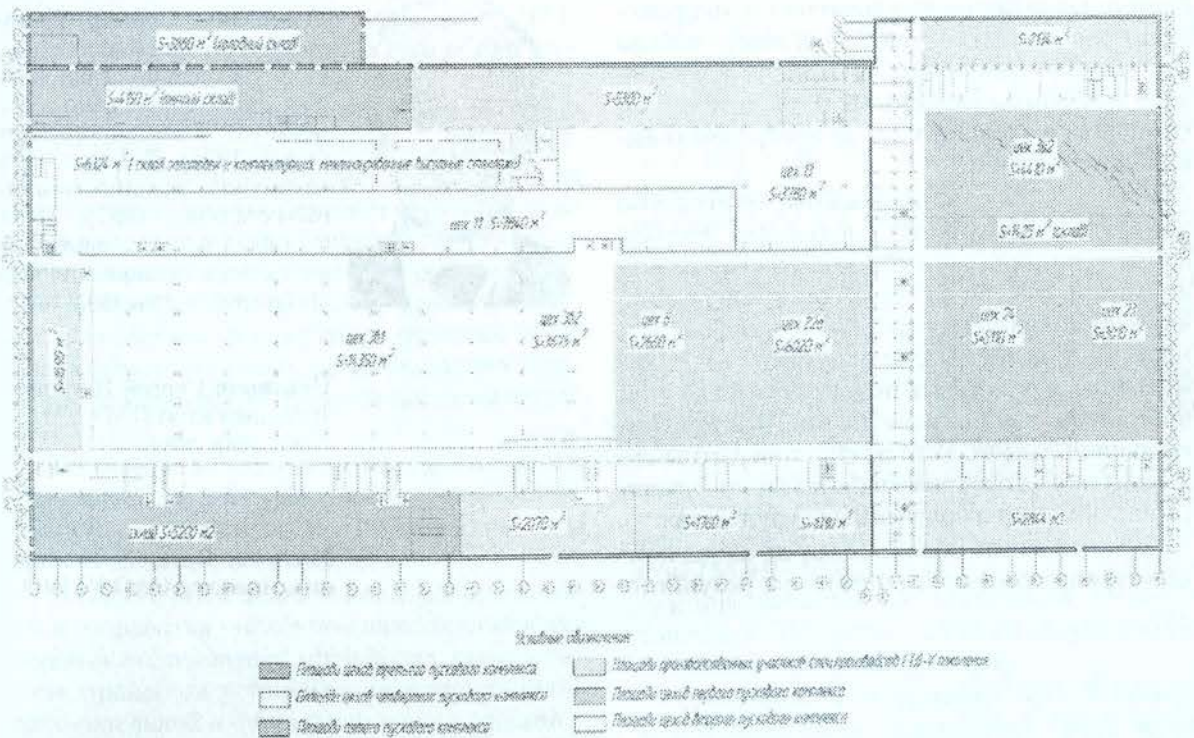


Рис. 4. Пример технологической компоновки производственных корпусов

На этапе инициализации, формирования исходной популяции, хромосомы проверяются на выполнение условий задачи компоновки, которые были описаны выше, тем самым формируются «правильные» хромосомы, удовлетворяющие условиям задачи. Оценивание приспособленности хромосомы в популяции состоит в расчете функции приспособленности, т.е. в расчете суммарного грузооборота $\sum G_i$. Селекция хромосом производится методом рулетки.

В данном алгоритме используется один генетический оператор — оператор скрещивания (кроссовер), так как мутация практически не влияет на результат. Используется одноточечный кроссовер, суть которого заключается в случайном выборе точки скрещивания (точки кроссовера) или точки разрыва, в которой обе хромосомы делятся на две части и обмениваются ими. Формирование новой популяции производится за счет объединения родителей и потомков.

Условие остановки работы алгоритма имеет два варианта. Первый вариант остановки алгоритма — достижение ожидаемого оптимального значения, т.е. данная хромосома является наиболее приспособленной из всей популяции. Второй вариант — выполнение заданного количества итерации (поколений). Если условие остановки выполнено, то происходит переход к завершающему этапу выбора «наилучшей хромосомы». На рис. 3 представлена программа разработки технологической компоновки корпуса в среде программирования Borland Delphi 7.

Перед запуском программы необходимо занести в файл (in.txt) следующие данные: длина и ширина корпуса, количество размещаемых цехов, число хромосом в популяции, число поколений (генераций) и площади размещаемых цехов. Далее запустить программу GA.exe, в результате появится окно данной программы, как показано на рис. 3, с решением данной задачи. Интерфейс программы содержит окно с отчетом о работе, где содержится информация о полученных результатах.

Данный метод апробирован на авиадвигателестроительном предприятии, в результате

чего получен чертеж оптимальной технологической компоновки производственного корпуса, представленный в упрощенном виде на рис. 4. Этот чертеж позволяет:

- разработать технологические планировки оборудования цехов, намеченных к техническому перевооружению;
- выполнить сметную часть проектов технического перевооружения;
- обосновать календарные план-графики выполнения работ;
- выполнить другие работы по управлению проектами технического перевооружения производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Селиванов, С. Г.** Теоретические основы реконструкции машиностроительного производства / С. Г. Селиванов, М. В. Иванова. Уфа: ГИЛЕМ, 2001. 310 с.
2. **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с польск. М.: Горячая линия—Телеком, 2004. 452 с.

ОБ АВТОРАХ



Селиванов Сергей Григорьевич, проф., каф. технол. машиностроения. Дипл. инж. по автоматиз. и комплексн. механ. машиностроения (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технол. машиностроения (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технол. подготовки, реконструкции, теории организации производства.

Павлинич Сергей Петрович, техн. директор ОАО УМПО. Канд. техн. наук.

Никитин Виталий Викторович, инженер ОАО УМПО.