

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МНОГОЦЕЛЕВОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Д.Н. Свирский, А.А. Угольников, А.В. Чупилин

Анализ номенклатуры деталей машиностроения свидетельствует о ее относительном постоянстве [1]. Детали машин (рис. 1) в подавляющем большинстве представляют собой комбинацию тел с регулярными поверхностями (цилиндров, конусов, призм и т.п.), обрабатываемыми на токарных, сверлильных, фрезерных, шлифовальных и т.п. металлорежущих станках. Однако существует целый ряд промышленных изделий, имеющих нерегулярную форму, довольно сложные поверхности и выполняющих весьма ответственное назначение: детали фюзеляжа самолета, корпуса автомобиля, лопатки турбин, копиры и др. Их изготавливают на специализированных станках с разными системами управления, в последнее время — с числовым программным управлением. Удельный вес таких деталей составляет до 8% общей машиностроительной номенклатуры, но производственная значимость их весьма высока. Например, в современном производстве необходимы пресс-формы и штамповая оснастка разного назначения, которые являются промежуточными носителями формы и используются для изготовления большого числа (тиража) конечной продукции. Изготовление подобных изделий является актуальной и сложной задачей современной технологии металлообработки. Следует отметить, что изготовление корпусных деталей (50% на рис. 1), состоящих из большого числа элементарных объемных тел, поверхности которых расположены под различными углами, по трудности вполне сопоставимо с механообработкой нерегулярных поверхностей.



Рисунок 1 – Детали, изготавливаемые механообработкой [1]

Исходя из вышеизложенного, авторы поставили перед собой задачу создания универсального станочного оборудования, способного производить обработку резанием как комплексов элементарных поверхностей, характерных для корпусных деталей, так и участков (скульптурных) поверхностей нерегулярной формы на фасонных деталях. В результате проведенных исследований была предложена компоновка многоцелевого станка, включающая механизм перемещения режущего инструмента на основе параллельной кинематики (рис. 2).

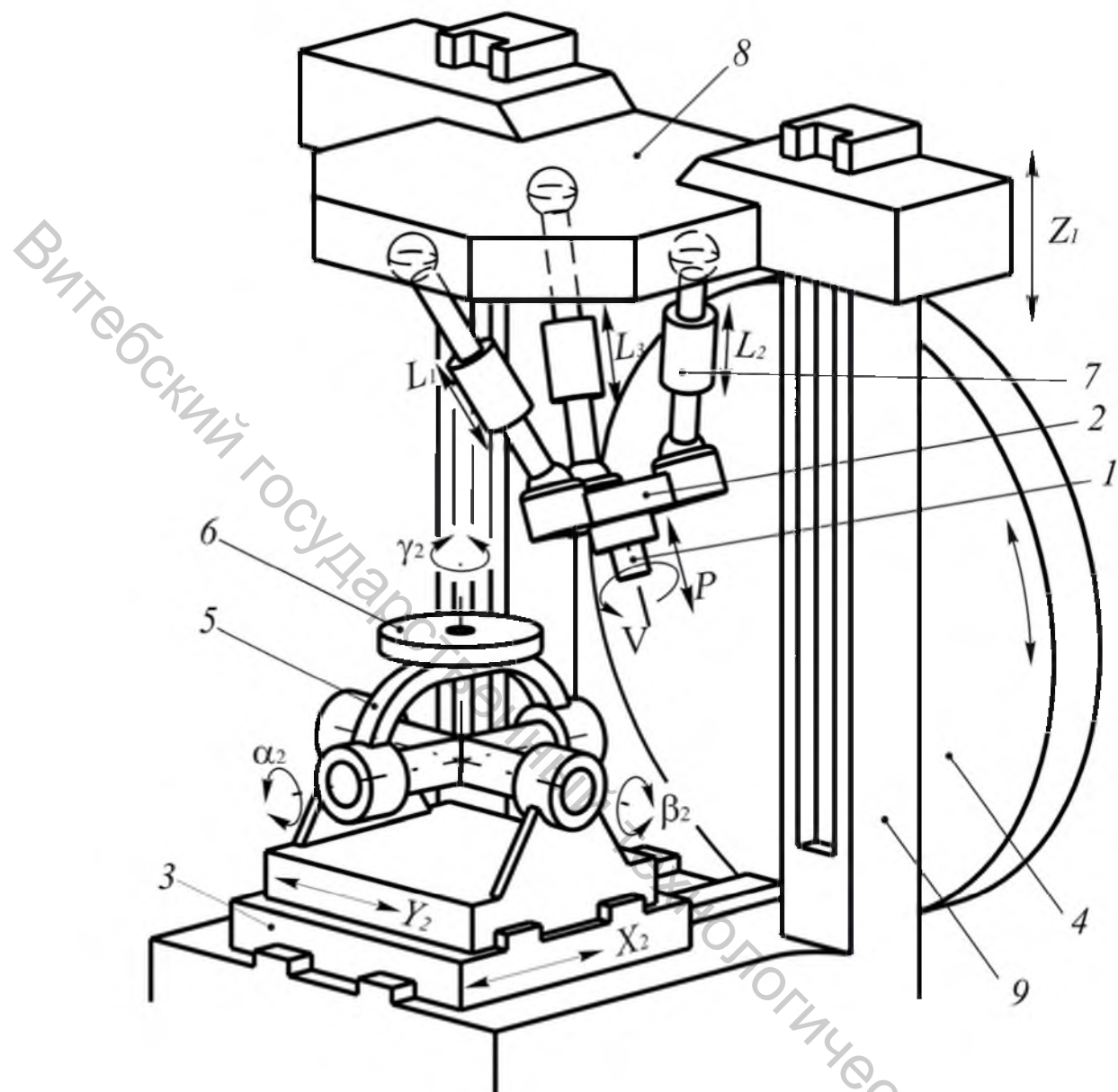


Рисунок 2 – Компоновка многоцелевого станка [2]

В станке предусмотрена инструментальная головка с выдвигной пинолью 1, платформа 2, перемещаемая механизмом параллельной кинематики, платформа 3, несущая крестовый стол 5, стойки 9 и инструментальный магазин 4. Крестовый стол, снабжённый опрокидывающейся поворотной платформой 6, позволяет управлять положением заготовки по пяти координатам (X_2 , Y_2 , α_2 , β_2 , γ_2). Параллельная кинематика, расположенная на платформе 8, выполняется на базе мехатронных телескопических устройств 7 поступательного перемещения и управляет движением исполнительного органа по шести координатам (X , Y , Z , α , β , γ). В процессе обработки может происходить автоматическая смена инструмента, помещённого в магазин 4.

Управление станком осуществляется системой ЧПУ типа NCPC на основе персонального компьютера [3].

В современном станкостроении находят свое применение разные виды устройств параллельной кинематики [4, 5]. Выбор конкретной параллельной кинематической структуры механизма перемещения режущего инструмента в

станке рассматривался авторами как задача комбинаторной оптимизации. Для ее решения применялся специально разработанный генетический алгоритм (рис. 3). Его работа начиналась с формирования «начальной популяции» - случайного множества вариантов структур параллельной кинематики $S(0)$, закодированных последовательностями из M двоичных «хромосом»: $S(0) = \{s_1, s_2, \dots, s_M\} \in \Omega$, каждая из которых содержала n битов с закодированными значениями интересующего параметра в виде «1» или «0». Вычислялось начальное значение функции пригодности $f(s)$, точнее, ее нормированного представления $f_H(s) : \Omega \rightarrow [0, 1]$, полученного из исходной функции $f(s)$ путем линейного масштабирования:

$$f_H(s) = (f(s) - f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}),$$

где f_{\max} и f_{\min} - соответственно максимально и минимально возможные значения функции $f(s)$.

Используя начальную популяцию $S(0)$, последовательно переходили к формированию и анализу характеристик популяций $S(1)$, $S(2)$ и т.д., применяя генетические операторы репродукции (отбора), кроссинговера (кроссовера) и мутации. Репродукция - процесс, в котором хромосомы копируются согласно значениям их функции пригодности. Наиболее простой способ копирования (отбора и сохранения) хромосом с «лучшими» значениями $f(s)$ в алгоритмической форме имитирует вращение колеса рулетки, на котором каждый конкурирующий вариант (хромосома) имеет поле площадью, пропорциональной значению функции пригодности. «Колесо» вращалось столько раз, сколько вариантов необходимо для следующей генерации (поколения), всякий раз останавливаясь напротив конкретного варианта.

К отобранным таким образом хромосомам далее применяли генетический оператор кроссинговера (скрещивания). В простейшем случае для случайно выбранной пары назначается случайное число $k \in \{1, 2, \dots, n-1\}$, называемое местом (сайтом) кроссинговера, после которого участки этих двух хромосом с вероятностью $P_{\text{кр}}$ меняются местами. Кроссинговер отвечает за смешивание информации, его вероятность обычно принимается $P_{\text{кр}} = 0,6$. Процесс повторялся для всех остальных хромосом текущей популяции $S(t)$, пока она не оказывалась пустой.

После кроссинговера к хромосомам-вариантам применялся генетический оператор мутации, состоящий в случайном изменении (на противоположное) значения каждого бита с вероятностью $P_{\text{мут}}$. Таким образом, цель оператора мутации заключается в повышении разнообразия поиска за счет введения новых хромосом в популяцию, поскольку число членов популяции M намного меньше общего числа возможных хромосом (2^n) в пространстве поиска Ω . Применение мутаций обычно осуществляется с вероятностью $0,001 \leq P_{\text{мут}} \leq 0,01$, т.к. слишком частое применение мутации приводит к разрушению хромосом с высокими значениями функции пригодности, что ухудшает сходимость результата.

Использованный генетический алгоритм имитировал в системном времени процесс естественной эволюции живых организмов. В результате его работы была выбрана параллельная кинематическая структура типа «трипод», позволяющая обеспечить необходимые перемещения режущего инструмента путем изменения длин (т.е. управления) минимальным количеством кинематических пар - трех штанг (см. рис. 2).

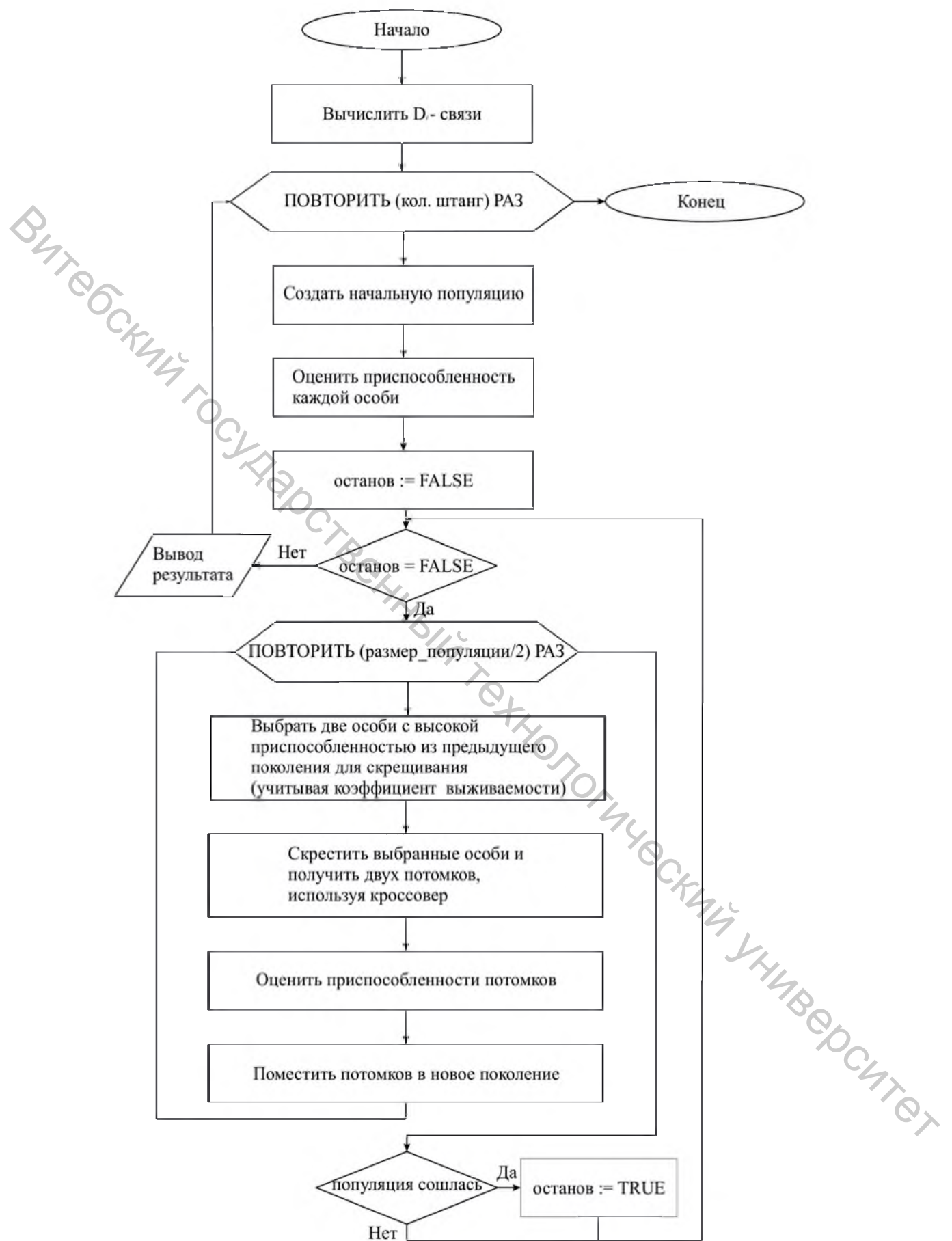


Рисунок 3 – Блок-схема генетического алгоритма

Список использованных источников

1. Пуш В.Э., Пигерт Р., Сосонкин В.Л. Автоматические станочные системы. – М.: Машиностроение, 1982. – с. 7.
2. Свирский Д.Н., Угольников А.А., Чупилин А.В. Устройство для обработки деталей сложной пространственной формы. Заявка на выдачу патента Республики Беларусь № u 20060721 от 03.11.2006 г.
3. Свирский Д.Н. Автоматизированное формокопирование на станках параллельной кинематической структуры // Вестник ВГТУ, 2006, вып. 11, с. 69-73.
4. Свирский Д.Н., Ким Ф.А. Новое поколение компактных мехатронных обрабатывающих систем с параллельной кинематикой // Вестник ВГТУ, 2005, вып. 7, с. 64-68.
5. Свирский Д.Н. Компьютеризированные манипуляционные станки параллельной кинематической структуры для компактных систем машиностроительного производства // Вестник ПГУ, 2005, 10, с. 158-161.

SUMMARY

Structural synthesis of the multi-purpose metal-cutting machine tool for the complex form details manufacturing is carried out. The original algorithm for a combinatory optimization of the design decisions is developed. The computer aided technology for design decisions making support is created on its basis as well as a type of the mechatronic device for the cutting tool driving is chosen.

УДК 658.51

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

А.Л. Климентьев

На современных предприятиях значительное количество времени и средств тратится на проектирование в целом и на разработку (проектирование) технологических процессов в частности. Основным путем решения этой проблемы является проведение комплексной автоматизации как проектирования собственно изделий, так и проектирования технологических процессов, т. е. автоматизация технологической подготовки производства.

Общими целями автоматизации технологической подготовки производства являются:

- 1) сокращение трудоемкости технологической подготовки производства и, как следствие, сокращение числа технологов;
- 2) сокращение сроков технологической подготовки производства;
- 3) повышение качества разрабатываемых технологических процессов.

Подготовка любого производства состоит из ряда этапов: научного, организационного, конструкторского и технологических. При этом сам процесс создания объектов в машиностроении также содержит ряд последовательных этапов:

- 1) обоснование необходимости создания объекта;
- 2) предпроектные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- 3) проектирование объекта;
- 4) технологическая подготовка производства;
- 5) изготовление;
- 6) наладка;