

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКА С ЧПУ

А.И. Сергеев, П.В. Иванов, В.В. Кондусова, Д.В. Кондусов (ОГУ)

Рассмотрена проблема верификации управляющих программ. Предложено решение данной проблемы с применением сравнительного анализа 3D-модели детали, построенной на основе управляющей программы (УП) в виде G-кода, а также 3D-модели, по которой была получена УП.

Ключевые слова: САМ-система, визуальная верификация, управляющая программа, числовое программное управление, 3D-модель, геометрия траектории движения инструмента.

В настоящее время существует большое число САМ-систем, позволяющих подготавливать управляющие программы (УП) для станков с ЧПУ. Из методов проверки УП в них присутствует лишь визуальная верификация, которая способна дать поверхностное представление о получаемой детали [1, 2]. Если была допущена ошибка, определить её визуально не всегда представляется возможным. Также в САМ-системе имеется возможность получить 3D-модель детали по УП, но экспорт такой модели, как правило, реализован только в формат *.stl. Существенным недостатком применения данного формата, является невысокая точность геометрии. Встает проблема возникновения ошибок на уровне разницы результата в несколько микрон, так как, применяя формат *.stl, невозможно добиться высокоточной проверки [3].

Решить данную проблему возможно при наличии автоматизированной верификации на основе разра-

ботки системы, сравнивающей 3D-модель, по которой строилась УП и 3D-модель, полученную на основе созданной УП [4]. Данные модели необходимо получить в формате САД-системы, например *.m3d [5]. Такие модели обладают более высокой точностью исполнения, по сравнению с форматом *.stl. САД-система КОМПАС-3D выбрана на основании ее широкой распространенности в регионе на машиностроительных предприятиях и подробно документированному интерфейсу прикладного программирования.

Набор модулей разрабатываемой подсистемы представлен на рис. 1:

— модуль считывания исходной информации — отвечает за загрузку УП, а также за изначальное указание параметров заготовки;

— модуль распознавания исходной информации — включает в себя лексический и синтаксический анализаторы УП, по результатам работы ко-

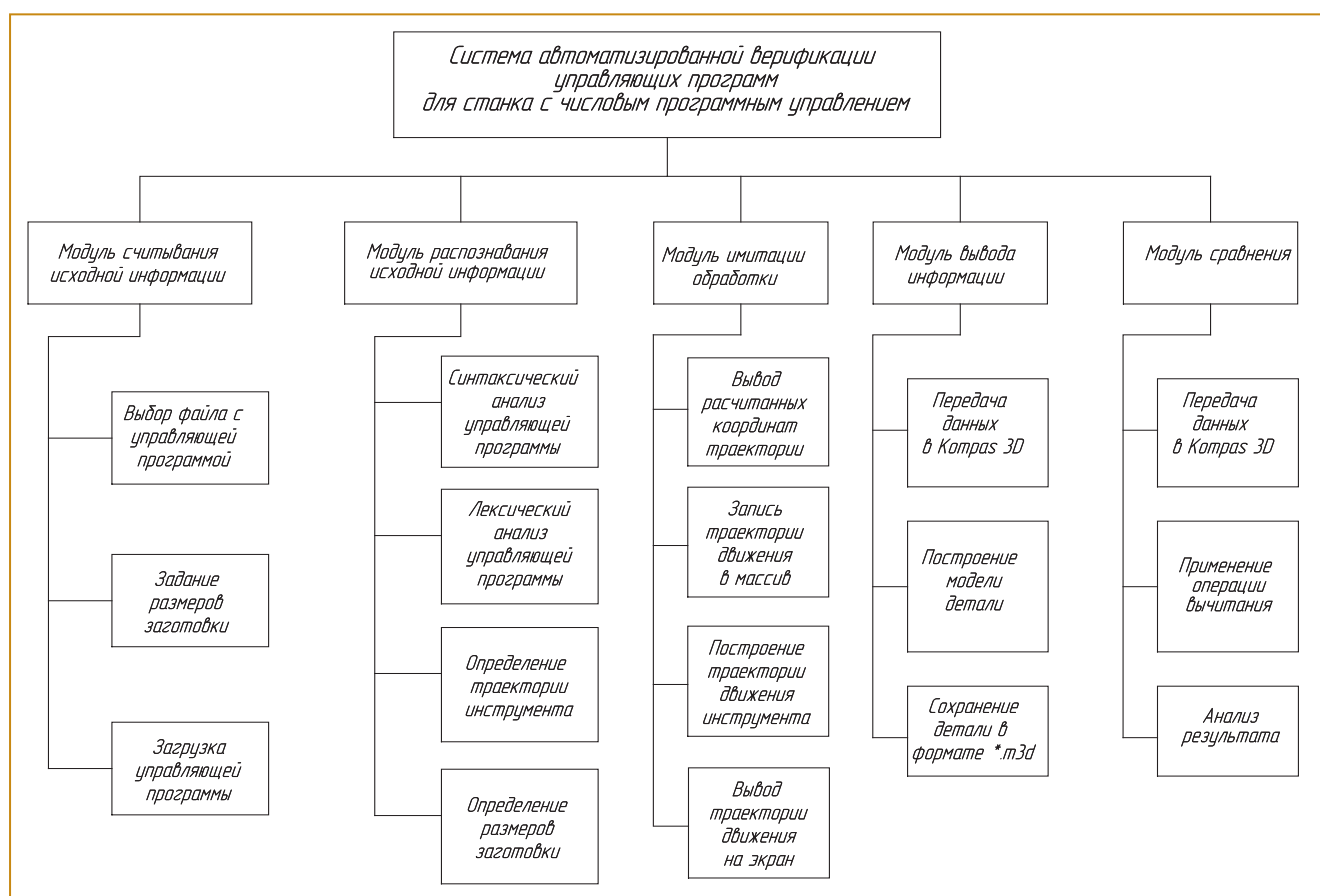


Рис. 1. Структурная схема работы подсистемы

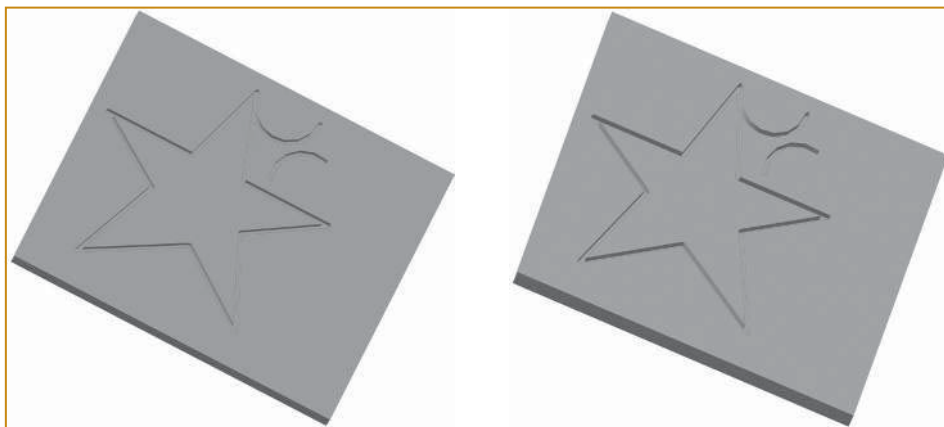


Рис. 2. 3D-модель, по которой строилась УП, и 3D-модель, полученная на основе созданной УП

того возможно получить траекторию движения инструмента;

— модуль имитации обработки — использует в своей работе рассчитанную траекторию движения инструмента для визуального построения;

— в модуле вывода информации осуществляется построение 3D-модели заготовки, полученной на основе УП;

— модуль сравнения — анализирует две модели заготовки с применением булевых операций в КОМПАС-3D, а также производит анализ результата с помощью подсчета объема полученного путем вычитания одной модели из другой.

Описанные модули реализованы в виде прикладной библиотеки для КОМПАС-3D. За счет применения первых четырех модулей на выходе формируется 3D-модель заготовки, полученная на основе загруженной УП. Данная модель является примером визуальной верификации. Для получения более точных результатов и для выявления ошибок необходимо применить модуль сравнения.

Сравнительный анализ основан на применении булевых операций, так как она дает возможность получить наиболее точную сравнительную характеристику двух моделей. На рис. 2 представлены трехмерные модели КОМПАС-3D, которые внешне ничем не отличаются друг от друга. Управляющая программа, на основе которой построена модель для проверки с помощью рассматриваемой подсистемы, разрабатывалась в SprutCAM для стойки ЧПУ Sinumerik 802D sl. Математическое и алгоритмическое обеспечение модуля анализа УП разработано на основе оригинальной документации Siemens для данной стойки ЧПУ. Это позволяет работать с различными САМ-системами, решающее влияние здесь оказывает корректность постпроцессора. При детальном осмотре моделей,

приведенных на рис. 2, заметить разницу возможно, но для этого необходимо затратить определенное время.

Булеву операцию вычитания тел будем обозначать формулой:

$$S = M_1 - M_2$$

где M_1 , M_2 — модели заготовок, S — результат применения операции вычитания.

Применение операции вычитания к исходной и результирующей моделям позволит автоматически определить были ли до-

пущены ошибки в управляющей программе или нет. Логическим условием присутствия в УП ошибки является наличие в результате вычитания фрагментов модели, которые программно определяются через расчет объема с использованием команды вычисления массово-центровочных характеристик в КОМПАС-3D. Если объем будет равен нулю, значит, ошибки в УП отсутствуют. Если объем больше нуля, значит, имеется погрешность. Для точного определения ошибок операция выполняется дважды: сначала из исходной модели вычитается результирующая, затем из результирующей вычитается исходная. Оставшиеся в результате вычитания фрагменты позволяют локализовать поиск ошибок в УП. Таким образом, предложенный подход к верификации УП позволяет определить погрешности с точностью до микрон.

Список литературы

1. *Malgorzata P., Wojciech Z.* A decision model for investment analysis in CNC centers and CAM technology // Computers & Industrial Engineering. 2019. Vol. 131. P. 565-577.
2. *Mourtzisa D., Zogopoulou V., Katagisa I., Lagios P.* Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: a CNC Bending Machine case study // Procedia CIRP. 2018. Vol. 70. P. 368-373.
3. *Рыбаков А., Евдокимов С., Краснов А., Никонов Н.* Переход от традиционных стандартов предприятия к компьютерным базам знаний // CAD/CAM/CAE Observer. 2003. № 4 (13). С. 2-7.
4. *Иванов П.В., Сергеев А.И.* Визуальная верификация управляющей программы // Машиностроение: инновационные аспекты развития: Тр. международной научно-практич. конф. С.-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. №2. С. 141-143.
5. *Klimant P., Witt M., Kuhl M.* CAD kernel based simulation of milling processes // Procedia CIRP 17. 2014. с. 710-715.

Сергеев Александр Иванович — д-р техн. наук, доцент, профессор, **Иванов Павел Владимирович** — аспирант,

Кондусова Валентина Борисовна — канд. экономич. наук, доцент,

Кондусов Дмитрий Викторович — аспирант Оренбургского государственного университета.

E-mail: alexandr_sergeew@mail.ru