



На рис.1 в качестве примера показано, как изменяется угол  $\theta$  в зависимости от безразмерного времени  $\tau = t/T$ , где  $T$  - период обращения центра масс системы на начальной орбите, для случая  $\sigma < 0$ . Рассматривался случай эллиптической начальной орбиты ( $e = 0.01$ ) с наклоном  $\pi/3$ . Сначала угол  $\theta$  стремится к положению равновесия  $\theta_1$  (8), но затем из-за возрастания амплитуд колебаний по углу  $\varphi$  система переходит во вращение, то есть теряет устойчивость.

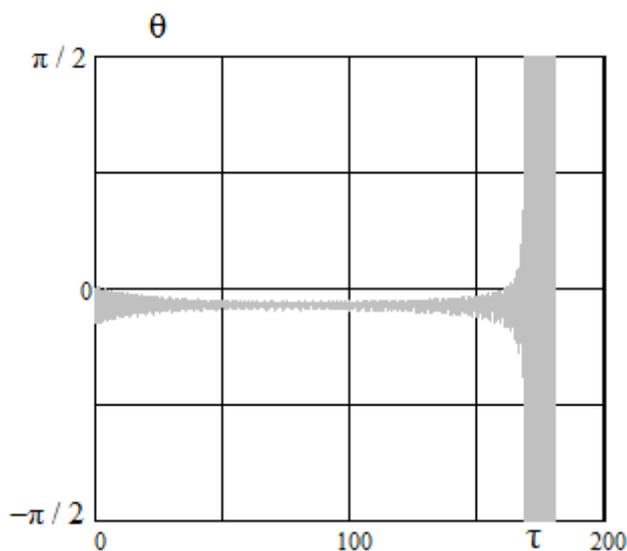


Рис. 1

Работа поддержана грантом РФФИ РФ 16-41-630637.

### Литература

1. Воеводин, П.С., Заболотнов, Ю.М. Моделирование и анализ колебаний электродинамической тросовой системы на орбите спутника Земли // Математическое моделирование. 2017. Т.29. №6. С.21-34.
2. Белецкий, В.В., Левин, Е.М. Динамика космических тросовых систем. М.: Наука, 1990. 336 с.

Э.Б. Галиева

## АНАЛИЗ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Для всех современных крупных производственных предприятий актуальными являются проблемы оптимизации технологии производства в процессе работы предприятия, разработки мер с целью повышения производительности и уменьшения издержек, повышения качества продукции и снижения брака. Кроме того, в настоящее время в машиностроении прослеживается тенденция



усложнения геометрической формы производимых деталей - в связи с этим для механической обработки деталей чаще всего применяют станки с числовым программным управлением (ЧПУ) [1]. Качество и эффективность обработки во многом определяются управляющими программами (УП). В работе рассматривается процесс составления УП для обработки деталей для станков с ЧПУ. Анализ процесса выполняется путем функционального моделирования.

На нулевом уровне (рисунок 1) весь анализируемый процесс представляется в виде черного ящика, целью которого является создание УП для системы ЧПУ. Для этого на вход процесса должен поступить ряд сведений. В первую очередь это данные о детали включают весь комплекс информации о геометрических свойствах детали, его размерах, подлежащих обработке. Данные о детали поступают в виде электронной 3D-модели.

Необходимая информация о технологическом процессе поступает в виде заявки. Технологический процесс содержит рекомендации по режимам резания, технологической оснастке, применяемой при данной обработке. Также в технологическом процессе могут содержаться технологические нюансы обработки, которые обязательно надо учесть при создании УП системы ЧПУ [2].

Также на вход должна поступить информация об инструменте, например, тип, размер, который будет использоваться в процессе обработки данной детали.

Процесс должен осуществляться на основании следующих документов:

- технический паспорт станка;
- инструкция по подбору параметров руководство пользователя;
- инструкция по программированию ЧПУ;
- инструкция по использованию режущего инструмента.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма процесса «Составление управляющих программ для станков с ЧПУ»



Результатом процесса является формирование файлов УП для системы ЧПУ, карты наладки для данного оборудования. Первая группа файлов должна содержать рассчитанные данные траектории всех перемещений инструмента. Вторая группа системных файлов должна передавать исходные данные, содержащие информацию об оснащении станка (тип оснастки, инструмент, заготовка, их взаимное расположение). Вместе с указанными файлами в цеха механообработки передается файл исполненной заявки.

Анализ процесса показал необходимость выделения следующих функциональных блоков:

- подбор параметров и создание модели заготовки в программном обеспечении (ПО);
- подбор инструмента для операций технологического процесса;
- создание управляющих программ для обработки;
- постпроцессирование.

На рисунке 2 отображено детальное представление контекстной диаграммы.

Первый функциональный блок предполагает подбор параметров и создание модели заготовки в программном обеспечении. Данные указываются в присланной заявке. Так же для работы в ПО загружается присланная цехом электронная 3D-модель детали. При подборе параметров необходимо действовать согласно инструкции руководства пользователя и технического паспорта станка. Модель заготовки создает программист.



Рисунок 2 – Детальное представление контекстной диаграммы процесса составления управляющих программ для станков с ЧПУ



Второй блок осуществляет подбор инструмента для операций технологического процесса. Подбор производится согласно параметрам модели заготовки. При подборе инструмента также необходимо действовать согласно инструкции по использованию режущего инструмента и технического паспорта станка.

Третий блок выполняет создание операций обработки. Согласно инструкции по использованию режущего инструмента и технического паспорта станка, предварительно выбрав инструмент резания программист осуществляет создание операций для обработки детали. При составлении УП на выходе получают программу движения инструмента.

Последний четвертый блок выполняет постпроцессирование. Чтобы получить УП, траектория инструмента должна быть обработана постпроцессором. Именно постпроцессор учитывает особенности кинематики и формат кадра конкретного станка или системы ЧПУ. На выходе получают файл УП. Результат записывается в текстовый файл с расширением, принятым для конкретной системы ЧПУ и направляется в цех.

На этапе декомпозиции функции создания обработки (рисунок 3) выполняется создание операций для обработки детали. Блок «Создание УП для обработки» декомпозирован на следующие блоки:

- подбор метода обработки;
- создание операции обработки;
- настройка параметров в меню создания операции;
- генерирование траектории;
- контроль и проверка траектории.

В первом блоке осуществляется подбор метода обработки, согласно инструкции по использованию режущего инструмента и технического паспорту станка. Учитывая выбранный инструмент и модель заготовки программист подбирает подходящий метод обработки.

Во втором и третьем блоках создается операция обработки детали и в меню метода обработки настраиваются параметры, необходимые для выполнения операции. В каждом методе обработки настраиваются свойственные ему параметры. После установки необходимых параметров созданная операция генерируется.

В четвертом блоке генерируется созданная операция и на экране отображается траектория движения инструмента, при просмотре которого можно проанализировать выполненную обработку.

В последнем блоке выполняется проверка построенной траектории движения инструмента и программист анализируют возможные ошибки, возникшие на этапах создания УП для обработки.

С помощью функциональной модели был подробно проанализирован процесс «Составление управляющих программ для станков с ЧПУ», благодаря чему можно оценить трудоемкость его отдельных этапов и выявить направление повышения эффективности процесса. Для снижения количества ошибок и снижения трудоемкости составления управляющих программ для станков с



ЧПУ необходимо формирование типовых программ для базовых деталей, подвергающихся механической обработке.

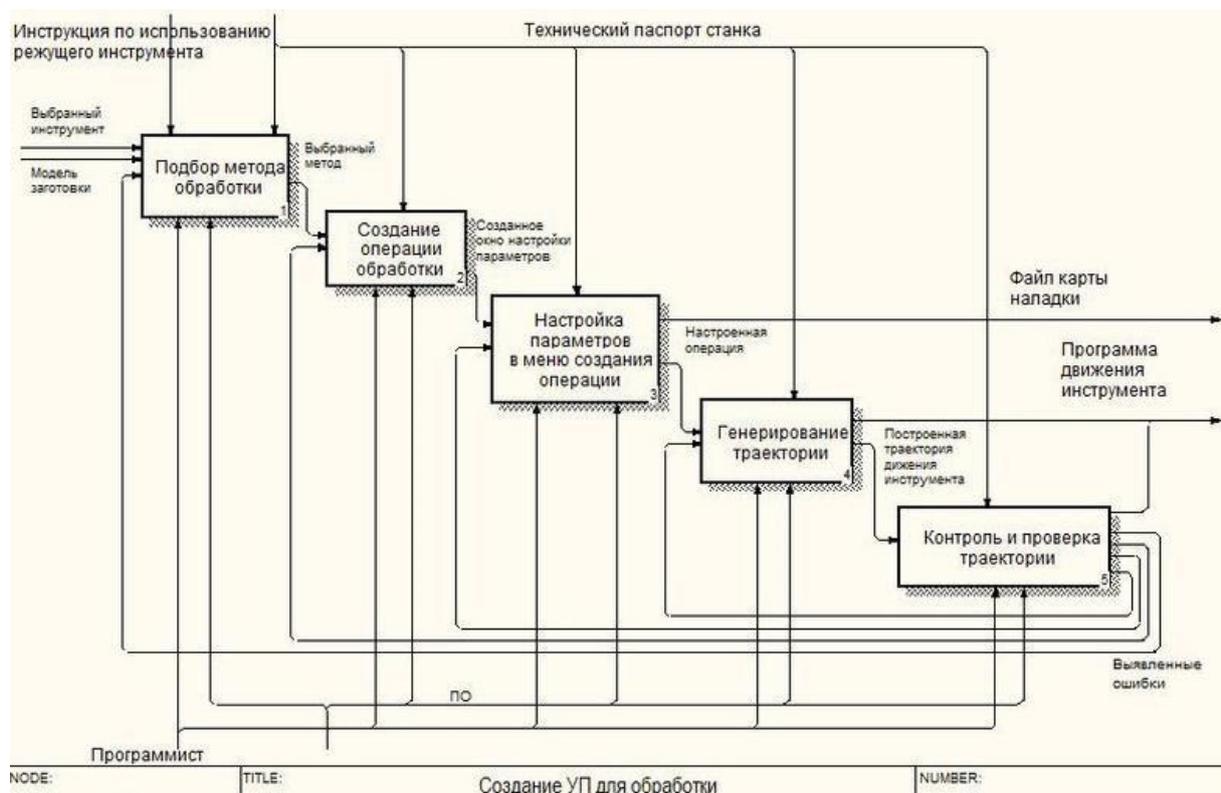


Рисунок 3 – Декомпозиция функции создания обработки

### Литература

1. Гурьянихин В. Ф., Автоматизированная подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ: учебное пособие – Москва, 2011.
2. Разработка управляющих программ для систем ЧПУ : учебное пособие / И.И.Колтунов, А.С.Лобанов. – М.:МГТУ «МАМИ», 2009. – 81 с.

А.М. Галиева, В.Н. Гришанов, И.Р. Нигматулин, К.В. Черепанов

### ИНЖЕНЕРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ФЛУОРИМЕТРА

(Самарский университет)

Флуоресцентные методы диагностики и контроля благодаря высокой чувствительности, методической простоте применения, аппаратурной обеспеченности и оперативности получения результатов становятся популярными во многих сферах человеческой деятельности от промышленных технологий до медицины и криминалистики. При разработке оптических систем флуориметров для медицинской диагностики и технологического контроля конструкторам приходится решать задачи выбора оптических материалов и оптико-