



Определим оценку  $\hat{\theta}$  неизвестных значений параметров  $\theta_0$  из условия минимума суммы взвешенных квадратных отклонений  $\varepsilon(a, i)$  с весом  $\omega(a)$ , т.е. из:

$$\min_{b \in \mathbb{B}} \sum_{i=1}^N \frac{(f^{-1}(y_i) - \varphi_i^T b)^2}{\gamma + a^T a}. \quad (3)$$

**Теорема.** Пусть некоторый случайный процесс  $\{y_i, i = \dots -1, 0, 1, \dots\}$  описывается уравнением (1) с начальными нулевыми условиями и выполняются предположения 1-6. Тогда оценка  $\hat{b}(N)$ , определяемая выражением (3) с вероятностью 1 при  $N \rightarrow \infty$ , существует, единственная и является сильно состоятельной оценкой, т.е.

$$\hat{\theta}(N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.н.}} \theta_0.$$

### Литература

1. Авсиевич А.В., Иванов Д.В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса Гаммерштейна с помехой на выходе // Информационные системы и технологии. 2010. № 5 (60). С. 43-50.
2. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентное оценивание параметров динамических систем класса Гаммерштейна с локально автокоррелированной помехой в выходном сигнале // Вестник транспорта Поволжья. 2011. № 6. С. 53-59.
3. Ivanov D.V. Identification discrete fractional order Hammerstein systems // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015. (DOI: [10.1109/SIBCON.2015.7147074](https://doi.org/10.1109/SIBCON.2015.7147074)).
4. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентное оценивание билинейных динамических систем с помехами наблюдения во входном и выходном сигналах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 6 (131). С. 187-192.
5. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентная идентификация билинейных аг-систем с помехой наблюдения в выходном сигнале // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 2. С. 96-105.
6. Иванов Д.В., Кацюба О.А., Усков О.В. Идентификация билинейных динамических систем с помехой в выходном сигнале // Информационные технологии и вычислительные системы. 2015. № 3. С. 81-91.
7. Кацюба О.А. Теория идентификации стохастических динамических систем в условиях неопределенности: монография. – Самара: СамГУПС, 2008.



Кульга К. С., Половинкин А. В.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Актуальность проблемы.** Детали и сборочные единицы (ДСЕ) авиационных двигателей характеризуются сложностью и разнообразием конструкций, что приводит к необходимости разработки значительного количества станочных приспособлений (СП). К конструкции СП предъявляются высокие требования по точности изготовления и качеству базовых поверхностей.

Системный анализ существующих бизнес-процессов (БП) проектирования СП, основанных на применении стандартной функциональности программного обеспечения (ПО) САД (*Computer Aided Design*)-систем, выявил следующие недостатки:

- создание нового СП основано на экспертных оценках конструкции, включает значительные затраты времени на изучение проектной и справочной информации, а также на проектирование СП;
- учитываются только общие вопросы базирования заготовок с профильными посадочными поверхностями;
- не учитываются особенности проектирования и технологичности базовых деталей СП, что приводит к снижению качественного уровня конструкции СП;
- проектирование СП выполняется без применения методов автоматического формирования параметрических трёхмерных геометрических моделей СП и формирования комплекта конструкторской документации СП (чертежи, спецификации и т.п.). Во всех изученных методологиях преобладают рутинные функции для проектирования и оформления комплекта конструкторской документации СП, осуществляемые с помощью САД (*Computer Aided Designer*)-систем и баз данных типовых конструктивных элементов.

Таким образом, создание и экспериментальная апробация системы автоматизированного проектирования (САПР), предназначенной для повышения эффективности проектирования СП, применяемых для изготовления деталей авиационных двигателей расчётов, является актуальной научной задачей.

**Теоретическая часть.** Разработка ПО САПР для проектирования СП осуществлялась на основе методологии, подробно описанной в монографии [1].

**Функциональная модель (ФМ) САПР.** Объектно-ориентированная функциональная модель САПР разработана с применением методологии *Rational Unified Process (RUP)* и платформенно-независимого объектно-ориентированного языка *UML (Unified Modeling Language)* [2].



Этапы разработки объектно-ориентированной ФМ САПР [1, 5]: бизнес-моделирование; определение функциональных и нефункциональных требований; анализ и проектирование; реализация; тестирование; развертывание.

Каждый этап включал выполнение задач для достижения конечной цели функционального моделирования – разработка ПО САПР для проектирования СП. Реализация вышеуказанных этапов подробно рассмотрена в работе [5].

Разработанная ФМ является основой для создания информационно-математической модели и базовых информационных технологий САПР проектирования СП.

**Информационно-математическая модель (ИММ) САПР.** Основой для создания ИММ является разработанная объектно-ориентированная ФМ САПР, математические модели и методы для проведения размерных характеристик, точностных и силовых расчётов конструкций СП [3, 7, 8], а также алгоритмическое обеспечение для автоматизации построения параметрических 3D геометрических моделей и проекционных сборочных чертежей СП, формирования спецификации на основе API (*Application Programming Interface*)-функций САД-системы.

Исполнительные размеры сборочного СП определяются с учётом размеров посадочной и упорной поверхностей, которые указаны в комплекте технологической документации для ДСЕ. Точность обработки детали оценивается сопоставлением расчетной погрешности с допустимой величиной погрешности её изготовления.

**Базовые информационные технологии САПР.** Для реализации этого этапа методологии [1] разработано ПО САПР *Stalker MTA* для автоматизированного проектирования типовых конструкций СП.

Системный анализ функций отечественных и зарубежных САД-систем выявил, что российская САД-система *КОМПАС-3D* [4] обладает следующими возможностями:

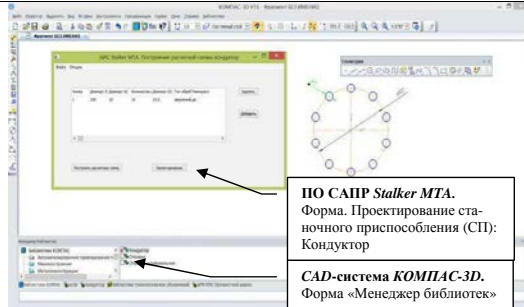
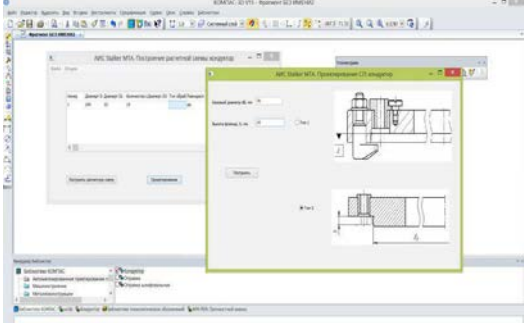
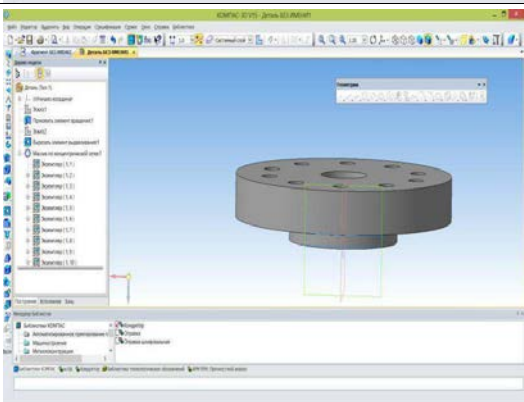
- параметрическое 2D/3D геометрическое моделирование ДСЕ;
- наличие библиотек стандартных изделий с заполненными наборами данных, применяемых при проектировании СП;
- оформление конструкторской документации для СП в соответствии с российскими государственными стандартами;
- наличие ПО API-функций для нового геометрического ядра *C3D Kernel*, в котором объединены модули геометрического моделирования, параметризации и трансляции данных. Это позволяет создавать ПО САПР с реализацией программного доступа к объектам САД-системы [6].

В качестве экспериментальной апробации предложенных моделей и методов были разработано ПО библиотек, входящих в состав САПР *Stalker MTA*, для автоматизированного проектирования следующих сборных СП: токарные, шлифовальные и фрезерные оправки, кондукторы.



В качестве примера рассмотрим автоматизированное проектирование СП «Кондуктор», предназначенного для сверления отверстий в корпусных ДСЕ авиационных двигателей (таблица 1).

Таблица 1. Базовые информационные технологии САПР *Stalker MTA*

№ п.п.	Описание базовой информационной технологии САПР	Реализация базовой информационной технологии САПР
1.	Построение схемы расположения отверстий с помощью САПР <i>Stalker MTA</i> . Реализация интеграции САПР <i>Stalker MTA</i> с САД-системой <i>Компас-3D</i> на уровне управления и наборов данных.	 <p>ПО САПР <i>Stalker MTA</i>. Форма. Проектирование станочного приспособления (СП): Кондуктор</p> <p>САД-система <i>КОМПАС-3D</i>. Форма «Менеджер библиотек»</p>
2.	Проектирование СП «Кондуктор» на основе предложенных методик размерных, точностных и силовых расчетов.	
3.	Автоматическое построение параметрических 3D геометрических моделей ДСЕ СП. Проведение проверочных расчётов прочности СП с помощью метода конечных элементов. Автоматическое формирование комплекта конструкторской документации СП (чертежи, спецификации и т.п.).	



ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* подключается к менеджеру библиотек CAD-системы *КОМПАС-3D* (см. п.1, таблица 1).

Для автоматизированного проектирования СП в САПР *Stalker MTA* используются наборы данных электронной структуры изделия, которой управляет интегрированная автоматизированная информационная система (ИАИС) предприятия [1].

САПР *Stalker MTA* реализует размерные, точностные и силовые расчёты СП (см. п. 2, табл. 1) с использованием методик приведённых в описании ИММ АИС.

На основе автоматически построенной геометрической модели сборки СП ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* формирует сборочный чертеж СП и его спецификацию (см. п. 3, таблица 1).

**Заключение.** На основе предложенных моделей и методов авторами разработано и экспериментально апробировано ПО САПР *Stalker MTA*, отличающиеся реализацией автоматизированного проектирования СП на стадии технической подготовки производства ДСЕ авиационных двигателей и взаимодействием на уровне управления и наборов данных с интегрированной автоматизированной информационной системой предприятия.

### Литература

1. Кульга К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством [Текст] / Кульга К. С., Кривошеев И. А. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка [Текст] / Рамбо Дж. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 544 с.
3. Станочные приспособления [Текст]: Справочник. В 2-х т./ ред. Вардашкин Б. Н. – М.: Машиностроение. – 1984. – 430 с.
4. Компания АСКОН. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ascon.ru> (Дата обращения 12.01.2015).
5. Кульга К.С., Половинкин А.В. Автоматизация проектирования станочных приспособлений. СТИН. – 2015. – №10, с 4-9.
6. C3D Labs. The Core 3D. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://c3dlabs.com/ru/> (Дата обращения 11.03.2016).
7. Hui Wang, Yiming (Kevin) Rong, Hua Li, Price Shaun. Computer aided fixture design: Recent research and trends. Computer Aided Design. Volume 42 (2010). – p.p. 1085-1094.
8. Малых В. А. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие для вузов / В. А. Малых – Уфа: УГАТУ. – 2001. – 188 с.



В.В. Любимов, В.С. Лашин, К.Е. Шилов

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ВРАЩЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА С МАЛОЙ АСИММЕТРИЕЙ В АТМОСФЕРЕ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)

**Постановка задачи.** Рассматривается задача о нахождении нормальных напряжений при вращении твердого тела с малой асимметрией в атмосфере. Целью работы является определение значений асимметрий, при которых произойдет превышение предела прочности конструкции. При входе тела с малой массовой и аэродинамической асимметриями в атмосферу Земли важно знать, при каких величинах асимметрии произойдет разрушение корпуса космического аппарата (КА). В данной задаче рассматривается твердое тело, имеющее следующие параметры и начальные условия движения: масса равна 150кг, средний радиус окружности наибольшего кольца конструкции равен 0,12м, скорость входа в атмосферу равна 7700 м/с. В таблице 1 содержатся прочностные характеристики учитываемых при моделировании сплавов. В предлагаемой задаче наибольший интерес представляет нахождение зависимости конечных значений угловой скорости твердого тела от величин массовой и аэродинамической асимметрий.

Таблица 1 – Прочностные характеристики обшивки КА

Марка металла	Предел прочности, $\sigma$ (МПа)
АД31 ГОСТ 18482-79	130
АМг6 ГОСТ 18482-79	315
Д16 ГОСТ 18482-79	420

**Математические модели.** При численном моделировании применяются приближенные нелинейные уравнения движения космического аппарата с малой асимметрией [1-5]:

$$\bar{I}_x \frac{d\omega_x}{dt} = -\varepsilon m_x^A \sin(\theta + \theta_2), \quad (1)$$

$$\frac{F_a}{4\omega_a^2} \frac{d\alpha}{dt} = -\Psi \frac{\omega^2 \operatorname{tg} \alpha}{4\omega_a^2 \pi} \mp \varepsilon \frac{m^A}{2\omega_a} \cos(\theta + \theta_1) \quad (2)$$

$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega_x - \omega_{1,2} \quad (3)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \frac{\omega}{2q} \frac{dq}{dt}. \quad (4)$$