

## МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ СИЛОВОГО ЗАМЫКАНИЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

*Пипкин Ю.В., Зинченко А.М., Левченко Э.П., Кучма С.Н.  
Донбасский государственный технический институт, Алчевск*

**Ключевые слова:** моделирование силового замыкания, фрезерное приспособление, техническая система, математическая модель, компьютерный эксперимент, натурное моделирование, производственный эксперимент.

**Аннотация.** Обоснована актуальность применения методов моделирования станочных приспособлений, рассмотрена методологическая последовательность методов моделирования силового замыкания: «математическое моделирование – натурное моделирование (лабораторный физический эксперимент) – компьютерное моделирование (вычислительный эксперимент) – натурное моделирование (производственный эксперимент), дана характеристика основной стратегии моделирования силового замыкания станочного приспособления как статически неопределимой механической системы.

## TECHNIQUE FOR MODELING A FORCE CLOSING SYSTEMS OF WORKHOLDING FIXTURES FOR MILLING

*Pipkin Yu. V., Zinchenko A. M., Levchenko E. P., Kuchma S. N.  
Donbass State Technical Institute, Alchevsk*

**Keywords:** modeling a force closure, workholding fixtures for milling, technical system, mathematical model, computer experiment, full-scale modeling, manufacturing experiment.

**Abstract.** The relevance of the application of methods for modeling of workholding fixtures is substantiated, the methodological sequence of methods for modeling a force closure is considered: “mathematical modeling - full-scale modeling (laboratory physical experiment) - computer modeling (computational experiment) - full-scale modeling (production experiment), the characteristic of the main strategy of modeling the force closure of workholding fixtures as a statically indeterminate mechanical system is given.

Подходы к проектированию станочных приспособлений, в частности – фрезерных, прошли определенную последовательность этапов, связанных с повышением эффективности применения их конструкций. От накопления множества индивидуальных инженерных решений, через унификацию, стандартизацию и классификацию конструкций пришли к современному этапу цифровизации, характеризующегося значительным повышением наукоемкости технологических систем механической обработки.

Для обеспечения высокого технического уровня конструкций станочных приспособлений предлагается перейти от подхода, основанного на решении текущих производственных задач собственными конструкторскими бюро оснастки и инструментальными участками предприятий, к созданию региональных центров станочных приспособлений [1]. Этот подход создает предпосылки для разностороннего многокритериального анализа конструкций [2, 3].

Такой прогнозный анализ возможен на основе методики моделирования конструкций станочных приспособлений, как класса технических систем [4], для которых силовое замыкание (СЗ) – это основное системное свойство. Системой

элементов – «заготовка – опоры – корпус – силовой привод – зажимной механизм – зажимной элемент» в совокупности можно считать системой силового замыкания.

Проведенные исследования в области фрезерных приспособлений [4] позволили разработать методику, включающую в себя последовательность методов моделирования (табл. 1).

Табл. 1. Последовательность методов моделирования силового замыкания и их краткое содержание

Метод моделирования	Результат моделирования
<b>Математическое моделирование</b>	
Геометрическое моделирование	Получение базовой расчетной схемы (БРС) СЗ [5] и параметризация ее геометрии
Графовое схемно-структурное моделирование	Получение полносного графа системы на основе БРС СЗ
Графовое моделирование переменных и параметров	Получение графа сигналов системы (математической модели СЗ)
<b>Физическое (натурное) моделирование</b>	
Лабораторный физический эксперимент с БРС	Экспериментальное определение параметров математической модели (ММ).
	Статистическая обработка экспериментальных данных
<b>Компьютерное моделирование</b>	
Пакетное	Реализация ММ СЗ в математическом пакете
Параметрическое	Вычислительные эксперименты для верификации ММ СЗ.
<b>Комбинированное (натурное и компьютерное) моделирование</b>	
Вычислительный эксперимент	Расчет выходных переменных модели БРС СЗ
	Определение оптимальных параметров СЗ.
Лабораторный физический эксперимент	Экспериментальная проверка оптимальности параметров СЗ.
	Проверка адекватности ММ БРС СЗ
Вычислительный эксперимент	Расчет конструктивных параметров элементов СЗ и (или) режимов резания в зависимости от оптимальных параметров системы СЗ
Производственный физический эксперимент	Проверка значимых расчетных зависимостей для конкретных производственных условий.

Выполненные исследования показали [4], что основная стратегия моделирования – это определение таких параметров жесткости и геометрии в системе силового замыкания, при которых расчетные значения погрешности обработки стабилизируются на некотором уровне, что означает минимизацию погрешности профиля обработанной поверхности. Предполагается, что минимизация погрешности профиля происходит в соответствии с теоремой Менабреа о минимуме потенциальной энергии в статически неопределимых механических системах.

Применение разработанной методики направлено как на совершенствование существующих, так и на получение новых, более эффективных конструкций.

#### Список литературы

1. Аверченков А.В., Ильицкий В.Б. Механизмы создания региональных центров универсально-сборных приспособлений для решения задачи обеспечения качественной

- технологической оснасткой малых инновационных предприятий // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – №1(29). – С. 91-94.
2. Микитянский В.В., Микитянская Л.М. Оптимизация параметров приспособления по комплексному критерию // Научные труды Астраханского государственного технического университета. Сер. Механика. – 2000. – С. 4-10.
  3. Микитянский В.В., Микитянская Л.М. Влияние динамических параметров технологической оснастки на характеристики технологических машин // Научные труды Астраханского государственного технического университета. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002. – С. 108-110.
  4. Пипкин Ю.В. Обоснование параметров фрезерных приспособлений моделированием силового замыкания: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.13. – Алчевск: ДонГТУ, 2020. – 21 с.
  5. Пипкин Ю.В., Зелинский А.Н., Коцюбинская Н.В. Базовая расчетная схема силового замыкания в станочных приспособлениях. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения Междунар. сб. научн. трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – Вып. 31. – С. 227-237.

Сведения об авторах:

*Пипкин Юрий Владимирович* – к.т.н., доцент кафедры технологии и организации машиностроительного производства;

*Зинченко Андрей Михайлович* – к.э.н., доцент, заведующий кафедрой технологии и организации машиностроительного производства;

*Левченко Эдуард Петрович* – к.т.н., доцент, профессор кафедры прикладной гидромеханики имени З.Л. Финкельштейна;

*Кучма Светлана Николаевна* – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии и организации машиностроительного производства.