

УДК 62-533.66

## ПОДБОР ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ КОМПОНОВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Макеев Александр Алексеевич<sup>(1)</sup>, Пантелеев Николай Викторович<sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, магистр 2 года<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Металлорежущие станки»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,  
старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

**Название секции:** «Металлорежущие станки и оборудование»

**Ключевые слова.** Тепловые деформации, погрешности, точность механической обработки, металлорежущий станок, технологическая система, САЕ-системы, искусственный интеллект, внедрение нейронных сетей в машиностроение.

**Аннотация:** Рассмотрены источники погрешностей, возникающих при механической обработке на металлорежущих станках. Проведен анализ тепловых деформаций узлов и механизмов металлорежущих станков. Показана возможность подбора наиболее оптимальной и эффективной компоновки конструкции станка на основе технологии термической симметрии с внедрением искусственного интеллекта в процесс проектирования с целью исключения возможных ошибок проектирования.

Под точностью детали подразумевается степень ее соответствия заданному эталонному прототипу. Обеспечение изделия необходимыми геометрическими параметрами является основной задачей обработки резанием.

Количественной оценкой точности изготовления является погрешность – величина, характеризующая степень несоответствия полученных геометрических параметров заданным. Различают погрешности: изготовления, форм и взаимного расположения поверхностей и пр.

Источниками этих погрешностей выступают множество факторов: тепловые деформации узлов и механизмов станка, упругие деформации технологической системы от сил резания, т.е. жесткость системы, геометрическая неточность металлорежущего оборудования (МРО), деформация заготовки из-за перераспределения внутренних напряжений и под действием сил закрепления, неточность настройки инструмента на размер и его износ, кинематическая неточность МРО, вибрации и износ МРО, неравномерность процесса обработки и др.

Все эти погрешности, в той или иной степени, ухудшают точность механической обработки. Одним из доминирующих факторов, вызывающим погрешность в металлообработке, являются тепловые деформации узлов и механизмов станка.

Тепловые деформации, в процессе обработки, проявляются в виде линейного расширения несущей системы станка, основных узлов и механизмов станка, режущего инструмента и обрабатываемой заготовки. Это приводит к изменению относительного положения инструмента и заготовки в направлениях линейных осей координат (X, Y, Z) и угловых поворотов вокруг этих осей (A, B, C).

В свою очередь, линейные расширения возникают в результате нагрева технологической системы из-за работы электродвигателя, сил резания и трения в

рабочей зоне, трения в передаточных механизмах, нестабильной температуры помещения и т.д.

В настоящее время, при создании новых конструкций металлорежущих станков, а также при анализе существующих с целью оценки влияния на них негативных воздействий тепловых деформаций, имеется возможность программного моделирования температурных нагрузок при одновременном воздействии нескольких факторов с помощью метода конечных элементов (МКЭ), используя при этом системы инженерного анализа – *CAE-системы (Computer Aided Engineering)*.

Учитывая характеристики и законы линейного расширения каждого термического источника, появляется возможность сформировать положения рабочих узлов в конструкции таким образом, чтобы их термические возмущения взаимно компенсировались, а суммарное воздействие тепловых деформаций минимальным образом влияло на геометрическую точность станка.

Подобрать наиболее оптимальную и эффективную термостабильную компоновку технологической системы металлорежущего оборудования на стадии проектирования – непростая задача. Конструктор способен допустить ошибку или сформировать не самый лучший вариант расположения термических источников при проектировании технологической системы.

Использование искусственного интеллекта поможет подобрать наиболее рациональную термостабильную компоновку технологической системы металлорежущего оборудования. Это позволит исключить ошибки при проектировании новых конструкций станков и снизить влияние тепловых возмущений на геометрическую точность обработанных деталей до минимально возможных параметров.

В совокупности, данные технологии значительно уменьшат влияние тепловых деформаций на точность механической обработки, заложив широкий фундамент качества в современные станки и выведя отечественное станкостроение на новый уровень.

## Литература

1. Лебедев, Б. В. Тенденции развития технологий в контексте глобальных проблем / Б. В. Лебедев. – DOI 10.31660/1993-1824-2022-2-56-66 // *Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика.* – 2022. – № 2. – С. 56–66.
2. А.Г. Ягопольский, Д.Э. Крикунов. Анализ коррекции тепловых деформаций в станках // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”* 2014. № 5 105
3. Ягопольский А.Г., Макеев А.А., Гюлалыев Э. Э. Внедрение нейронных сетей в машиностроение // *Научно-аналитический журнал “Инновации и инвестиции”*. 2024. №1. – С. 261–263.
4. Andryukhin, N.D., Yagopol'skii, A.G., Zaitsev, A.N. et al. Simulation in Selecting Metal-Cutting Equipment at Different Stages of Preproduction. *Russ. Engin. Res.* 2023, 43(5), 598–600