УДК 811

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Тыллануров Исламберди
старший преподаватель
Оразмаммедов Довлетмаммет, Аннаоразова Аннагуль
преподаватели-стажеры
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Цифровое моделирование и оптимизация параметров механических передач представляют собой важнейшее направление развития современного машиностроения, нацеленное на создание высокоэффективных и надежных приводных систем. В условиях возрастающих требований к долговечности, коэффициенту полезного действия и динамическим характеристикам машин традиционные эмпирические методы проектирования редукторов и передач исчерпывают свой ресурс. Переход к компьютерному инжинирингу позволяет с высокой точностью прогнозировать поведение сложных механических систем под нагрузкой еще на стадии эскизного проектирования. Интеграция математических моделей и современных вычислительных комплексов кардинально сокращает сроки разработки новой техники.

Ключевые слова: цифровое моделирование, оптимизация параметров, механические передачи, зубчатые редукторы, метод конечных элементов, динамический анализ, трибология, машиностроение, виртуальные испытания, автоматизированное проектирование

DIGITAL MODELING AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF MECHANICAL TRANSMISSIONS

Tyllanurov Islamberdi
senior lecturer
Orazmammedov Dovletmammet, Annaorazova Annagul
trainee lecturers
Turkmen State Institute of Architecture and Construction
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. Digital modeling and parameter optimization of mechanical transmissions represent a crucial direction in the development of modern mechanical engineering, aimed at creating highly efficient and reliable drive systems. Amid increasing requirements for durability, efficiency, and

dynamic performance of machines, traditional empirical methods for designing gearboxes and transmissions are exhausting their potential. The transition to computer-aided engineering makes it possible to predict the behavior of complex mechanical systems under load with high accuracy as early as the preliminary design stage. The integration of mathematical models and modern computing complexes drastically reduces the development time for new equipment.

Keywords: digital modeling, parameter optimization, mechanical transmissions, gearboxes, finite element method, dynamic analysis, tribology, mechanical engineering, virtual testing, computer-aided design

Введение

Метод конечных элементов занимает центральное место в виртуальных испытаниях зубчатых, червячных, ременных и цепных передач, обеспечивая детальную визуализацию напряженно-деформированного состояния. Трехмерные модели зацепления позволяют анализировать распределение нагрузки по длине контактной линии с учетом погрешностей изготовления и монтажа. Численное моделирование помогает выявить концентраторы напряжений и оптимизировать геометрическую форму зубьев для снижения уровня шума и вибраций. Инженерный анализ методом конечных элементов существенно снижает потребность в дорогостоящих натурных испытаниях прототипов.

Оптимизация геометрических параметров зацепления открывает возможности для максимального повышения нагрузочной способности и снижения габаритно-массовых характеристик механических передач. Многокритериальные алгоритмы оптимизации позволяют одновременно улучшать коэффициент полезного действия, уменьшать габариты редуктора и минимизировать моменты инерции вращающихся масс. Вариация угла зацепления, коэффициентов смещения контура и модификация профиля зубьев обеспечивают идеальное пятно контакта. Автоматизированный поиск оптимальных параметров выполняется с использованием мощных вычислительных кластеров.

Динамическое моделирование переходных процессов в механических передачах учитывает упруго-диссипативные свойства элементов трансмиссии и характеристики привода. Пусковые нагрузки, реверсирование, ударные воздействия и крутильные колебания способны многократно превышать номинальные значения, вызывая разрушение зубьев. Цифровые симуляции позволяют исследовать поведение многомассовых динамических систем в реальном времени и подбирать оптимальные параметры упругих муфт и демпферов. Анализ спектрального состава колебаний предотвращает возникновение резонансных режимов работы.

Трибологическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазывания в механических передачах обеспечивает высокую точность прогнозирования ресурса узлов.

Расчет толщины масляной пленки в гидродинамическом контакте зубьев предотвращает схватывание и преждевременный абразивный износ рабочих поверхностей. Моделирование учитывает реологические свойства смазочных материалов, шероховатость поверхностей и температурный режим. Оптимизация системы смазки и выбор оптимальных масел минимизируют механические потери на трение.

Интеграция систем автоматизированного проектирования и виртуальных испытаний формирует единую цифровую среду сквозной разработки механических приводов. Конструкторские бюро используют специализированные программные модули для автоматической генерации трехмерных моделей зубчатых колес по заданным параметрам зацепления. Бесшовная передача данных из расчетных комплексов в производственные системы с числовым программным управлением исключает ошибки передачи информации. Цифровой двойник механической передачи сопровождает изделие на всех этапах жизненного цикла.

Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения все шире применяются для экспресс-оценки вариантов геометрии передач и прогнозирования их усталостной долговечности. Обученные на больших массивах расчетных данных нейросети способны за доли секунды находить оптимальные конфигурации редукторов под заданные технические требования. Интеллектуальные алгоритмы эффективно справляются с многопараметрическими задачами синтеза зубчатых механизмов. Это позволяет инженерам сосредоточиться на творческих аспектах проектирования инновационных машин.

Заключение

Экономическая эффективность цифрового моделирования и оптимизации механических передач выражается в существенном сокращении материальных затрат и времени выхода продукции на рынок. Снижение металлоемкости редукторов при сохранении или улучшении их прочностных показателей дает прямой экономический эффект в серийном производстве. Повышение надежности и энергоэффективности приводов повышает конкурентоспособность отечественного машиностроения. Инвестиции в современные программные комплексы и подготовку кадров полностью окупаются за счет устранения конструкторских ошибок.

Список литературы:

1. Болотов А.Н. Моделирование и расчет механических передач. Москва: Машиностроение, 2019.
2. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов и теория упругости. Санкт-Петербург: Лань, 2020.

3. Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка в машинах. Москва: Машиностроение, 2021.