



Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «ОДЕССКАЯ ПОЛИТЕХНИКА»
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. СЕМЕНА КУЗНЕЦА
АССОЦИАЦИЯ ТЕХНОЛОГОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИМ. В.Н. БАКУЛЯ НАН УКРАИНЫ
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ
КАФЕДРА ЮНЕСКО «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
АДАПТАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ К ПРОБЛЕМАМ
ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ И ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОГРЕССА»
ГВУЗ «ПРИАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО ХК «МИКРОН»
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ВАРИУС»
ПАО ОДЕССКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ОДЕСКАБЕЛЬ»
ООО «ИМПЕРИЯ МЕТАЛЛОВ»

НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

*Материалы международной научно-технической
конференции*

22-24 сентября 2021 года

Одесса – 2021

Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-технической конференции, 22-24 сентября 2021 г., г. Одесса. – Одесса: Государственный университет «Одесская политехника», 2021. – 222 с.

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

1. Перспективные технологии и производственные процессы будущего.
2. Современные ресурсосберегающие технологии.
3. Микро- и нанотехнологии в промышленности.
4. Высокопроизводительные инструменты и процессы в материалообработке.
5. Автоматизация технологических процессов в машиностроении и энергетике.
6. Метрологическое обеспечение новых и нетрадиционных технологий.
7. Экологическо-энергетические нетрадиционные технологии и перспективные направления их развития.
8. Технологическая динамика.
9. Методологические вопросы высшего образования в области новых технологий.
10. Новые технологии производственной безопасности.

Материалы представлены в авторской редакции.

*Шелковой А.Н., Гасанов М.И., Набока Е.В.,
Клочко А.А., Белоусов Н.А.,
Новиков Ф. В.*
Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина
Харьковский национальный экономический университет
им. Семена Кузнецца, Харьков, Украина

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Одной из важнейших задач современного тяжелого машиностроения и металлургического производства является выпуск высококачественной, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках современной, качественной, высокопроизводительной и ремонтпригодной продукции.

В значительной степени такие требования относятся к тяжело нагруженным машинам, обеспечивающих переработку огромных потоков продукции, таких, как горнодобывающие, горно-обогащительные, металлургические, транспортные, шахтные и другие.

Повышение технического уровня тяжелых машин и его сохранение в течение заданного периода эксплуатации и послеремонтного цикла являются актуальнейшими задачами современного машиностроения.

Решение такой задачи в значительной степени определяется уровнем технологического оснащения при интенсивной и высококачественной обработке ответственных крупногабаритных зубчатых колес и зубчатых венцов диаметром до 15000 мм, модулем от 12 мм до 65 мм рудоразмельных мельниц, поворотных платформ экскаваторов, шагающих экскаваторов, подъемных шахтных машин (рис. 1), прокатных станов, сталелитейных разливочных машин, тяжело нагруженных редукторов.

В тяжело нагруженных машинах в качестве приводов используют передающие механизмы, содержащие зубчатые передачи, степень совершенства которых в значительной мере определяет стоимость и эксплуатационные характеристики. Большая часть тяжело нагруженных машин (горные, транспортные, металлургические, шахтные) работают при высоких нагрузках и в условиях значительного запыления окружающей среды и, в том числе, с использованием открытых крупномодульных зубчатых передач. Тяжелые условия работы динамический, вибрационный характер нагружения этих машин снижают прочность и время эксплуатации зубчатых передач и их приводов.

При работе зубчатой передачи между зубьями сопряженных зубчатых колес возникает сила давления F_n , направленная по линии зацепления. От скольжения зубьев между ними образуется сила трения и, соответственно, износ контактируемых поверхностей (рис. 2):

$$F_{mp} = F_n \cdot f, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения атакционные характеристики промышленного оборудования.



Рисунок 1 – Шахтные подъемные машины с одним цилиндрическим неразрезным барабаном

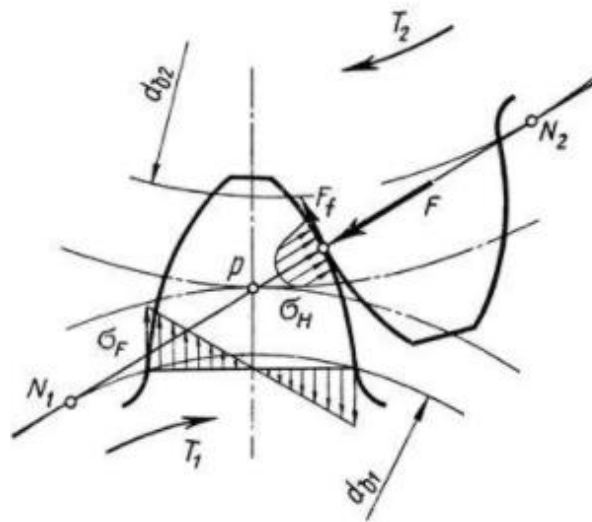


Рисунок 2 – Схема распределения сил в момент зацепления

Принимают, что сила F_n направлена по нормали к их профилям. Под действием силы F_n и $F_{тр}$ зубья находятся в сложном напряженном состоянии. Возникают напряжения изгиба δ_f в поперечных сечениях зубьев и контактные напряжения δ_H в поверхностных слоях зубьев. Оба эти напряжения, переменные во времени, и являются причиной усталостного разрушения зубьев или их рабочих поверхностей. Время действия δ_f и δ_H определяется продолжительностью зацепления при повороте колеса на один окружной шаг t_0 с учетом накопленной погрешности шага, радиального биения зубчатого венца, погрешности колебания длины общей нормали.

Напряжения изгиба вызывают поломку зубьев, а контактные напряжения – усталостное выкрашивание поверхностных слоев зубьев. С контактными напряжениями и трением в зацеплении связаны также износ, заедание и другие виды повреждения поверхностей зубьев.

Оценка долговечности крупногабаритных зубчатых передач по исходным параметрам эвольвентных профилей зубьев без учета технологического обеспечения параметров состояния поверхностного слоя зубчатых колес и восстановленных крупногабаритных зубчатых венцов является весьма приближенной не отражает того факта, что из-за износа зубьев форма профиля становится отличной от исходной эвольвентной поверхности, в результате чего изменяются нагрузочно-кинематические параметры контакта, которые, в свою очередь, интенсивно изменяют процесс изнашивания и форму профилей зубьев по линии контакта и в поперечном сечении [1, 2, 4].

Общая имитационная модель формирования и прогнозирования интермиттенции в результате износа формы рабочей поверхности зубьев направлена на разработку средств дифференцированного и комплексного технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей крупномодульных зубчатых колес при помощи системной оптимизации и позволяет научно обосновать изменения качественных характеристик крупногабаритных зубчатых передач в зависимости от времени их эксплуатации, являются актуальными и соответствуют требованиям научно-технического прогресса современного машиностроения.

Новый подход прогнозирования погрешностей механической обработки зубчатых колес, базирующийся: на принципах суперпозиции, векторном характере составляющих погрешности и методе статистического математического моделирования, основывается на методе Монте – Карло.

Отличием реального формообразования от номинального (идеального) является наличие отклонений параметров состояния поверхностного слоя крупногабаритных зубчатых колес реальных профилей от номинальных. Основными конечными задачами, которые должны быть решены при исследовании закономерностей реального формообразования, являются задачи прогнозирования с заданной достоверностью возникающих погрешностей, а также задачи управления, в том числе оптимального, этими погрешностями.

Отклонение параметров состояния поверхностного слоя крупногабаритных зубчатых колес, рассматриваются как геометрические погрешности изготовления зубчатых колес [1, 3, 5], так и качественное состояние поверхностного слоя с уровнем обеспечения точности и качества не ниже, чем требуемая, и могут быть сформулированы для геометрических параметров в виде:

$$ES_i \leq EI_i \leq f\Delta i(\alpha)$$

где $f\Delta i(\alpha)$ – функция зависимости i -й погрешности зубчатого венца от фазового угла реального профиля зубчатого колеса (α);

ES_i – минимальное значение i -й погрешности;

EI_i – максимальное значение i -й погрешности.

Таким образом, требования к точности изготовления ЗВ по обеспечению, к примеру кинематической точности, должны состоять из ограничений на радиальное биение и колебание длины общей нормали (согласно ГОСТ 1643-81) и функциональных зависимостей качественного состояния поверхностного слоя (3) и (4):

$$EI_{HRC} \leq ES_{HRC} \leq f_{HRC}(\alpha), \quad (3)$$

$$EI_h \leq ES_h \leq F_h(\alpha) \quad (4)$$

Таким образом, возникает потребность в получении функциональных дифференцированных и комплексных зависимостей погрешностей от технологических условий формирования поверхностного слоя крупногабаритных зубчатых колес при их изготовлении и восстановлении.

Так как исследуемые погрешности обработки возникают в результате воздействия ряда случайных факторов, характеристики которых, в зависимости от уровня сложности структурного строения погрешностей, являются величинами или функциями, носящими случайный характер проявления, их определение возможно с использованием методов теории вероятностей.

В соответствии с этим, для решения данной задачи, с целью повышения объективности получаемой информации, экономии временных и материальных затрат, наиболее целесообразным представляется применение методики статистического моделирования (метода Монте – Карло).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключко А. А. Технологическое обеспечение трения качения и трения скольжения в зубчатых передачах / А. А. Ключко, М. И. Гасанов, Е. В. Басова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХП», 2015. – № 40 (1149). – С. 102–107. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-004X.
2. Некоторые аспекты имитационного математического моделирования геометрических параметров процесса зубофрезерования / А. Н. Шелковой, А. А. Ключко, Е. В. Набока, Е. В. Мироненко, А. Н. Кравцов // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2015. – Вып. 36. – С. 136–149.
3. Усовершенствование конструкции зубчатых передач / А. Н. Шелковой, А. А. Ключко, Н. С. Равская, С. Воробьев, С. Ю. Палашек // Качество, стандартизация, контроль, теория и практика : Материалы 14-й Междунар. научн.-практ. конф., г. Одесса, 23–26 сентября 2014. – Киев : АТМ Украины, 2014. – С. 137.
4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова // В десяти томах. – Т. 10. Концепции развития технологии машиностроения. – Одесса: ОНПУ, 2005. – 565 с.
5. Имитационное моделирование в задачах машиностроительного производства в 2-х томах, Т. 2: учеб. пособие / А. В. Беловол, А. А. Ключко, Е. В. Набока, А. О. Скоркин, А. Н. Шелковой; под редакцией А. Н. Шелкового. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2016. – 323 с. – На русском языке. ISBN 978-966-593-749-4.

<i>Хавин Г.Л., Хоу Чживень</i> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОМПОЗИТОВ	199
<i>Хейфец М.Л., Крутько В. С., Грецкий Н.Л</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ПОЛЯ И ПОТОКИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ	203
<i>Шелковой А.Н., Гасанов М.И., Набока Е.В., Клочко А.А., Белосов Н.А., Новиков Ф.В.</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	207
<i>Шелковой А.Н., Перминов Е. В., Федоренко В.С., Стрелец А.С. Старченко Е.П., Иванченко В.В.</i> АРОЧНЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ С ИРРАЦИОНАЛЬНЫМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ ЧИСЛОМ	211
<i>Штань А.В., Оргиян О.А.</i> КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕНОСТИ КОНСОЛЬНЫХ БОРШТАНГ ДЛЯ ТОНКОГО РАСТАЧИВАНИЯ	214