

УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

*Краснослободцев Т.В., студент гр. 4А22
НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail: tvk27@tpu.ru*

Повышение показателей надёжности зубчатых передач за счёт наделяния венцов зубчатых колес дополнительной изгибной податливостью.

По результатам анализа статистических данных по выходу из строя сельскохозяйственной техники можно сделать вывод, что около, 20 % неисправностей приходится на часть элементов трансмиссии, работоспособность которых в большей степени ограничивается зубчатыми передачами. Обзор научно-исследовательских работ и анализ условий эксплуатации дают возможность определить основные причины уменьшения эксплуатационных свойств трансмиссий сельскохозяйственной техники, связанные с кромочным контактом зубьев зубчатого зацепления. Это доказывается экспериментами и данными эксплуатации, приведёнными в работах как зарубежных, так и Российских авторов. Поэтому направление на конструктивное улучшение зубчатых передач трансмиссии, для повышения показателей надёжности сельскохозяйственной техники и увеличение производительности её работы является актуальной.

При работе в зубчатом зацеплении возникают дополнительные нагрузки из-за ошибок изготовления, монтажа деталей, деформаций зубьев, валов и их опор или условий эксплуатации. Поэтому, концентрация нагрузки у кромок зубьев обусловлена всеми возможными факторами. По мере износа элементов передачи влияние этих факторов увеличивается, ударные и вибрационные нагрузки влекут за собой перекося осей взаимодействующих колес (рис. 1, а), при этом соприжатые поверхности контактируют без нагрузки не по всей длине (рис. 1, б).

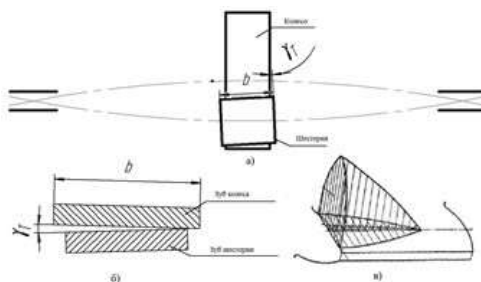


Рис. 1

Зубья деформируются при нагружении вращающимися моментами, нагрузка вдоль контактной линии распределяется неравномерно, так как перемещения сечений зуба неодинаковы (рис. 1, в). Известно, что появления трещин, сколов, усталостного выкрашивания, повышенного износа приводит наличие концентрации нагрузки у кромки зуба, которое ограничивает возможность увеличения ширины зубчатого венца.

Использование продольной модификации профиля зуба приводит к устранению «кромочного контакта» и обеспечению равномерного распределения нагрузки. При определении профиля модифицированного зуба важно учитывать изгибные деформации, деформации, возникающие при кручении, а также температурные деформации. Правильно выбранная модификация является важным условием для надёжной работы редуктора. Однако не всегда удаётся учесть размеры деформаций, а также технологические ошибки, возникающие в процессе его производства и сборки.

В связи с этим появляется необходимость создания зубчатых колес с адаптивными свойствами, которые могут компенсировать влияние как внешних, так и внутренних факто-

ров. Одна из возможностей адаптации зубчатой передачи заключается в упругой деформации зубьев колес. При этом зубья одного из колес могут обладать значительной изгибной податливостью, что обеспечивает венцу зубчатого колеса дополнительную степень свободы. Это, в свою очередь, приводит к снижению кромочного взаимодействия между зубьями колес.

Для производства передачи с адаптивными свойствами требуется оснастить ведомое зубчатое колесо тремя кольцевыми канавками, глубина которых составляет полтора модуля. Эти канавки должны быть выполнены по замкнутой винтовой линии и расположены в плоскостях, параллельных плоскостям движения колеса. Данное расположение канавок делит зубья на четыре равные части, что обеспечивает зубьям упругодеформирующие свойства, необходимые для компенсации неравномерного распределения нагрузки вдоль контактных линий. Такой подход не нуждается в использовании специализированного режущего инструмента, что позволяет сократить затраты на производство и упростить процесс изготовления.

Каждая часть зуба, находящаяся между канавками, будет функционировать как отдельное зацепление, что даёт возможность подстраиваться под изменяющиеся условия эксплуатации. Одним из основных преимуществ данной конструкции является то, что ширина прорезей не оказывает негативного влияния на площадь контакта между зубьями, обеспечивая надёжное соединение. При этом адаптивные свойства зубчатой передачи могут значительно повысить надёжность и долговечность работы механизма, особенно в условиях переменных нагрузок и механического износа. Таким образом, использование зубчатых колес с упругими характеристиками, созданных описанным образом, открывает новые горизонты для проектирования и применения передач в различных областях машиностроения, позволяя улучшить управление динамикой систем и снизить вероятность возникновения отказов.

Для подтверждения предложенной теории и проведению контактного анализа зубчатых передач с адаптивными свойствами, нужно организовать выполнение несколько ключевых шагов:

1. Построение геометрической модели зуба, выполненной в среде КОМПАС Shaft-3D, которое опирается на эвольвентный профиль, будет создаваться с учётом необходимых параметров, таких как:

- Модуль зуба (m);
- Количество зубьев (z);
- Угол давления (α);
- Высота головки зуба (h);
- Размеры и параметры кольцевых канавок.

Кольцевые канавки, глубиной полтора модуля от головки зуба, следует точно воспроизвести в модели. Это важно для корректного получения результатов КЭ-анализа, поскольку они играют ключевую роль в распределении контактных напряжений.

2. Подготовка Модели для КЭ Анализа

После создания геометрической модели важно подготовить её для численного анализа:

Дискретизация: Модель необходимо разбить на конечные элементы. Важно учитывать, что форма и размер элементов могут существенно повлиять на точность решения. Для этого лучше использовать более мелкие элементы в областях, где ожидается значительная концентрация напряжений.

Материалы: Задать материалы для зубьев и основания, с определением механических и упругих свойств (модуль Юнга, коэффициент Пуассона).

3. Установка граничных условий критически важна для получения достоверных результатов:

Контактные пары: В рабочей позиции модель зубьев вводится в контакт. Здесь следует определить параметры контакта, такие как коэффициенты трения.

Нагрузки: Задать действующие нагрузки (статические). Это могут быть распределённые силы по линии зацепления, моделирующие реальные условия работы передачи.

4. Проведение Расчёта и Анализ Результатов

После выполнения всех вышеуказанных шагов, производится расчёт с использованием методов КЭ. Результатами анализа являются:

Контактные давления: Полученные значения давления между зубьями помогут оценить возможность развития усталостных трещин или других разрушений.

Распределение напряжений и деформаций: Определение областей с максимальными значениями напряжений или деформаций даст представление о механической надёжности конструкции.

5. Визуализация Результатов

Для наглядного анализа результатов можно использовать графики, показывающие распределение контактных давлений, а также визуализировать напряжение в областях, подверженных максимальному воздействию.

По итогу анализа контактных напряжений методом конечных элементов можно подтвердить или опровергнуть гипотезу о необходимости использования адаптивных свойств зубьев. Вероятно, результаты эксперимента продемонстрируют значительное улучшение в распределении нагрузок за счёт упругодеформирующих свойств зубьев с кольцевыми канавками. Полученные данные будут полезны не только для данной передачи, но и для дальнейших исследований в области зубчатых передач с адаптивными элементами. Таким образом, при численном решении задач упругого контакта зубьев с помощью программной системы конечно элементного анализа SOLIDWORKS simulation можно установить, что конструкция зубчатой передачи с адаптивными свойствами позволяет компенсировать неравномерность распределения нагрузки вдоль контактных линий, возникающую из-за ошибок изготовления, монтажа деталей, деформаций зубьев, валов и их опор и условий эксплуатации.

Список литературы

1. Макаров Г.Н. Повышение надёжности зубчатых передач трансмиссий сельскохозяйственной техники // Экономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 7 (19). – URL: <http://aeconomy.ru/science/agro/povyshenie-nadezhnosti-zubchatykh-p/>