

А.Ф.КИРИЧЕНКО, д-р. техн. наук, НТУ "ХПИ"
В.А.БЕРЕЖНОЙ, асс., НТУ "ХПИ"

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ В ВИДЕ ПРОТОЧКИ ВДОЛЬ ВЕРШИНЫ ЗУБА НА ЕГО ИЗГИБНУЮ ЖЁСТКОСТЬ.

Розглядається один із шляхів підвищення працездатності прямозубих коліс. Виконується розрахунок об'ємного пружно-деформованого стану модифікованих прямозубих коліс методом скінчених елементів. Отримані результати розрахунків напруги та жорсткості модифікованих прямозубих коліс з проточкою уздовж вершини зуба.

The increasing way of spur gears capacity to work are studied. Gear tooth calculation of volumetric stress strain state of modification spur gears by method of finite element is performed. The stress and rigidity calculation results of modification spur gears with by sharpening along tooth apex have been calculated.

Постановка проблемы. Одной из неотъемлемых составляющих практически каждой машины являются зубчатые передачи, от надёжности и качества которых в значительной степени зависят общая компоновка, все габариты и жизнедеятельность машины в целом [1]. Области применения зубчатых передач непрерывно расширяются, непрерывно повышаются и требования к качеству их работы, несущей способности, долговечности, снижению веса и уменьшения габаритов, что немалосило без использования современных методов расчёта и проектирования [2]. Практическое исчерпание возможностей повышения прочностных и улучшения качественных показателей эвольвентных зубчатых колёс в рамках стандартных исходных контуров вынуждает конструкторов всё чаще обращаться к поиску новых форм, соотношений параметров зубчатых профилей, способов образования зубчатых передач. К таким зубчатым передачам следует отнести успешно разрабатываемые в последнее время, так называемые зубчатые передачи с модифицированными зубьями зубчатых колёс [3, 4]. Вместе с тем достичь положительных результатов от использования подобных передач возможно только при обеспечении правильного выбора параметров модификации зубьев, достаточной точности изготовления, подборки соответствующих материалов колёс и смазки. Также следует учитывать, что варьирование всевозможными параметрами модификаций автоматически приводит к изменению у передач не только тех параметров и показателей, которые по каким-то соображениям не удовлетворяют разработчиков, но и многих других, часто ухудшая их. Необходимы обширные и всесторонние теоретические исследования в этом направлении, поскольку уже созданные, апробированные и вновь проектируемые зубчатые передачи могут существенно отличаться по условиям работы, точности и технологии изготовления, а также по требованиям к надёжности, уровню шума и вибраций.

Цель статьи. На данный момент разработано большое число способов и рекомендаций по изысканию путей снижения виброактивности и повышения долговечности зубчатых колёс [3, 4]. Одним из известных способом улучшения вибрационных и шумовых характеристик прямозубых передач с одновременным повышением их нагрузочной способности является модификация с проточкой у вершины зуба (Рис.1.). Главное достоинство указанной модификации – понижение жесткости зубьев в момент их пересопряжения за счёт пазов, которые фрезеруют по всей длине зубьев на некоторой глубине. Тем не менее, несмотря на такие существенные преимущества, широкого внедрения на машиностроительных заводах этот относительно простой способ улучшения качественных характеристик прямозубых передач не нашёл. Одним из недостатков, сдерживающих внедрение подобной передачи, является отсутствие должного теоретического исследования влияния параметров модификации, как на жёсткость передачи, так и на её напряжённое состояние.

В связи с приведённым выше, целью данной статьи явилось систематизированное изложение результатов расчётно-теоретических исследований влияния модификации в виде проточки вдоль вершины зуба на его изгибную жёсткость при параллельном контроле напряжений в выкружке зуба.

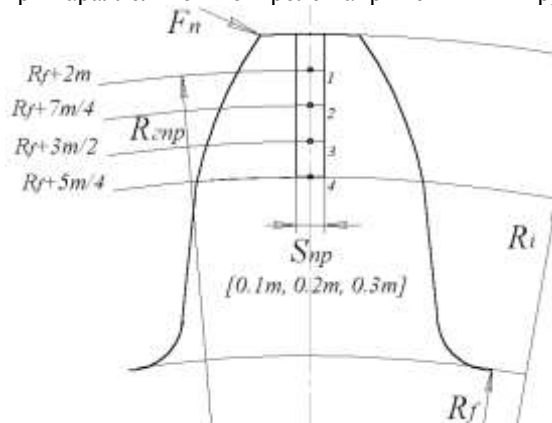


Рис.1 Форма зубьев с модификацией в виде проточки.

Влияния параметров модификации $R_{впр}$ и $S_{пр}$ на напряжённо-деформированное состояние зубьев прямозубых колёс.

Одним из наиболее развитых и апробированных методов исследования напряжённо-деформированного состояния тел сложной формы является метод конечных элементов [5]. Обладая большой инвариантностью к геометрии конструкции и высокой степенью приспособленности к автоматизации всех этапов расчёта, метод конечных элементов позволяет исследовать влияние модификации в виде проточки у вершины зуба на его жёсткостные и прочностные характеристики передачи. В данной работе использован конечно-элементный программный комплекс COSMOS, который вместе с пакетом адаптированных к нему программ успешно решает поставленные перед нами задачи [6].

Рассмотрим конструкцию зубчатых колес с пониженной жесткостью зубьев [4]. Рис.1 даёт наглядное представление о форме зубьев с модификацией в виде проточки у вершины. При этом основными варьируемыми параметрами модификации является: радиус глубины проточки $R_{впр}$ и ширина проточки $S_{пр}$. В процессе предварительных исследований с точки зрения исполнения модификации и влияния её на напряжённо-деформированные характеристики зуба были выбраны основные границы варьирования параметров проточки. Как видно из рис.1 диапазоном изменения радиуса глубины проточки $R_{впр}$ является 4 точки (точка 1 = R_f+2m , точка 2 = $R_f+7m/4$, точка 3 = $R_f+3m/2$, точка 4 = $R_f+5m/4$), при этом шаг изменения $R_{впр}$ равен $m/4$. Следует отметить, что дальнейшее понижение $R_{впр}$ приводит к значительной потере изгибной прочности зуба. Наиболее целесообразным, на наш взгляд, выбором пределов изменения ширины проточки $S_{пр}$ есть 3 величины [0.1m, 0.2m, 0.3m]. Отметим также, что уменьшение $S_{пр}$ ниже 0.1m не оказывает надлежащего влияния на характеристики зуба, а увеличение $S_{пр}$ свыше 0.3m приводит зуб к выходу из работоспособного состояния. Исследования проводили над специально разработанными конечно-элементными моделями модифицированных (в виде проточки) прямозубых колёс с зубьями стандартного исходного контура нагруженных в вершине силой $F_n=1$ кГ/мм, при этом $m=1$ мм, $z=20$, $bw=1$ м. На рис.2 и рис.3 приведены в виде графиков результаты расчётов изгибных напряжений и податливости зубьев модифицированных колёс.

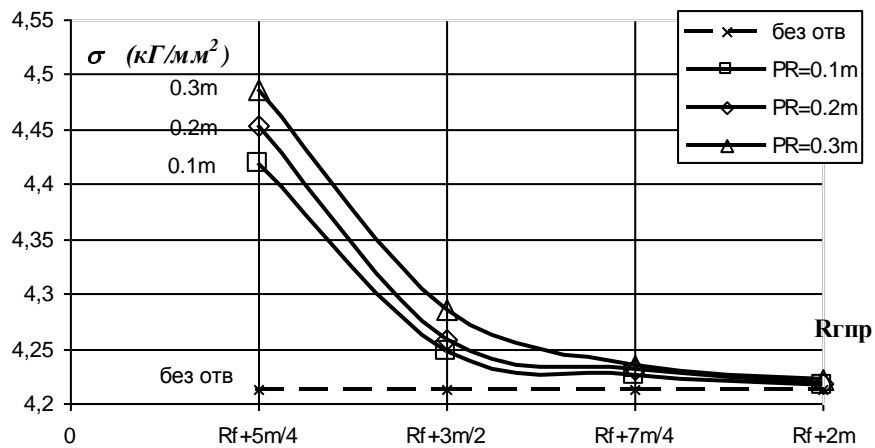


Рис.2 Зависимость напряжений изгиба зуба от $R_{впр}$ и $S_{пр}$.

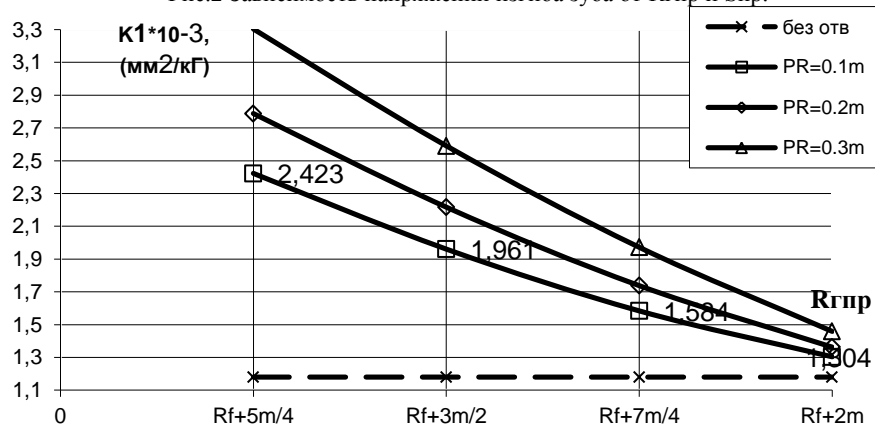


Рис.3 Зависимость податливости зуба от $R_{впр}$ и $S_{пр}$.

Выводы. На основе анализа полученных данных для зубьев модифицированных колёс можно сделать следующие выводы: использование модификации в виде проточки заданной ширины в пределах [$R_f+3m/2$, ..., R_f+2m] способствует понижению жёсткости зубьев, не ухудшая при этом напряжения изгиба; применение модификации на участке [$R_f+5m/4$, ..., $R_f+3m/2$] обусловлено одновременным возрастанием напряжённо-деформированных характеристик зубьев, причём податливость зубьев увеличивается

стремительнее. Следует отметить, что подобные тенденции изменения характеристик зубьев характерны для всех трёх значений параметра Sn_p . Таким образом, полученные результаты на основе разработанной в данной диссертации методики подтверждают корректность выводов полученных в [4] о возможности понижения жёсткости зуба за счёт модификации в виде проточки.

Список литературы: 1. *Александров А.И., Артёмченко Н.П., Костюк Д.И.* Цилиндрические зубчатые колёса. Издательство ХГУ им. Горького, Харьков, 1956, с.318. 2. *Устиненко В.Л.* Напряжённое состояние зубьев цилиндрических прямозубых колёс. Машиностроение, Москва, 1972, с.91. 3. *Сухоруков Ю.Н.* Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колёс. Издательство «Техника», Киев, 1992, с.200. 4. *Берестнев О.В., Жук И.В., Неделькин А.Н.* Зубчатые передачи с повышенной податливостью зубьев. – Минск.: Наука и техника, 1993. -184 с. 5. *Розин Л.А.* Основы метода конечных элементов в теории упругости: Пер. с англ. –Ленинград: Машиностроение, 1972. - 438 с. 6. *Lashkari M.* COSMOS/M USER GUIDE Stress, vibration, buckling, dynamics and heat transfer analyses.– S.P.A.C. 1988.–1246 p..

Поступила в редакцию 10.05.2005