

V. V. Kozlov, DSc in Engineering, Professor, Perm Military Institute of Internal Armies of Russian Federation

A. L. Pogudin, PhD in Engineering, Perm Military Institute of Internal Armies of Russian Federation

V. G. Sheremetyev, Perm Military Institute of Internal Armies of Russian Federation

A. Yu. Kozlov, Perm Military Institute of Internal Armies of Russian Federation

Assessment of Predicted Damage at Accidents at Chemically-Dangerous Objects

A standard accident at chemically dangerous objects with influence of striking factors of explosion and possible scenarios of its development are considered.

Keywords: accident, predicted damage, explosion.

Получено 25.09.2014

УДК 621.833.1

В. В. Беспалов, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

В. И. Хазова, кандидат технических наук, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗАЦЕПЛЕНИЯ, ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПО СИНУСОИДАЛЬНОМУ ЗАКОНУ ПО УГЛУ 2φ , НА СПЕКТР ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ЗУБЦОВОЙ ЧАСТОТЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Проведена экспериментальная проверка влияния перекоса шевера при обработке зубчатых колес на спектр гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты. Исследование показало, что изменение погрешности зацепления, вызванное перекосом шевера, приводит к изменению амплитуд нечетных гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты, а приращение амплитуд четных гармонических составляющих незначительно.

Ключевые слова: погрешность зацепления, циклическая погрешность зубцовой частоты, однопрофильный контроль, перекося шевера, дисковый шевер, цилиндрические зубчатые колеса.

Зубчатые передачи используются во многих отраслях машиностроения, причем области их применения непрерывно расширяются и повышаются требования к качеству их работы.

Быстро увеличивающийся объем зуборезных работ, являющихся одной из наиболее трудоемких и малопроизводительных операций в составе технологического процесса изготовления зубчатых колес, ставит проблему зубообработки в ряд наиболее актуальных.

Большинство зубчатых колес, применяемых в автомобиле-, тракторо-, станкостроении и других отраслях машиностроения, изготавливаются по седьмой и восьмой степеням точности.

К концу 30-х годов XX века следует отнести возникновение науки «теория реальных механизмов», основоположником которой является Н. А. Калашников [1]. Методология ее заключается в том, что действительная ошибка любого элемента механизма рассматривается лишь как промежуточное звено между технологией его изготовления и ее действием в работе данного механизма. Таким образом, основной задачей теории реальных механизмов применительно к зубчатым передачам является установление связи между неточностями производства и погрешностями зубчатых колес с одной стороны и между

погрешностями зубчатых колес и их проявлением в работающей передаче – с другой.

В процессе механической обработки звено-изделие включается в некоторую механическую цепь, отличную от той, в которой ему предстоит работать. Но так как выведенные законы действительны для любой цепи, то здесь задача сводится к нахождению приведенной ошибки всего обрабатываемого агрегата, которая и является результирующей ошибкой, получаемой на изделии.

Ключом к обнаружению закономерности происхождения дефектов зубчатого колеса и их проявлению в работе механизма явилось введение понятия о функционально действующих ошибках. В пределах непрерывного цикла действия звена его отдельные последовательно вступающие в работу ошибки могут быть приведены к одной обобщенной. Ошибка звена, отсчитанная таким образом, называется приведенной ошибкой. Только приведенная действующая ошибка определяет геометро-кинематическое качество звена.

Изучение точности обработки деталей состоит в обнаружении изменения приведенной ошибки за рабочий цикл, то есть выражении ее как функции перемещений, совершаемых зубчатым колесом относительно обрабатываемого его инструмента. Таким

образом, из всего комплекса ошибок деталей машин и технологических процессов их изготовления для анализа точности механизмов выделяют лишь те, которые являются функциями перемещения звена, детали, механизма. Такой подход к изучению точности зубчатого колеса дает возможность рассматривать реальное колесо не как носитель случайного количества ошибок, для которых невозможно установить характер их проявления, а как изделие, отражающее неточности средств его изготовления, проявляющиеся при эксплуатации, изменяясь в функции перемещения звена.

В разработанном Н. А. Калашниковым [1] подходе неточности зубчатого колеса приводились к одному параметру – изменению мгновенного радиуса основной окружности по углу поворота колеса. Интегрирование этого избыточного приращения плеча по углу поворота колеса характеризовало дефектное приращение линии действия и, следовательно, неправильность работы передачи.

Б. А. Тайц [2], развивая далее теорию реальных механизмов, показал, что значительно удобнее взамен рассмотрения приращения плеча по углу поворота выявлять непосредственно избыточное приращение линии действия, то есть линии, проходящей через точку взаимодействия зубьев, по которой происходит передача рабочего усилия (применительно к зубчатым колесам таким элементом является линия зацепления). Эта погрешность без дополнительных переходов отражает неточность положения производящей поверхности инструмента относительно обрабатываемых боковых поверхностей зубьев колес. Приращение по линии действия характеризует избыточное приращение сопряженной поверхности при работе зубчатого колеса, то есть позволяет выявить нарушение процесса зацепления при эксплуатации.

Конкретное применение положений «теории реальных механизмов» дает возможность провести анализ влияния погрешностей различных элементов станка, инструмента, заготовки, их базирования и технологии зубообработки на точность зубчатого колеса.

Шевингование цилиндрических зубчатых колес является финишной операцией, используемой при изготовлении автомобильных редукторов, зубчатых передач в станкостроении, турбиностроении главным образом для улучшения плавности передачи и снижения шума. Боковые поверхности зубьев колеса генерируются при обкатывании производящей поверхности шевера, которая образуется режущими кромками шевера. Режущие кромки шевера представляют собой пересечение боковых поверхностей зубьев шевера с передними поверхностями стружечных канавок. Различные погрешности изготовления и заточки дискового шевера приводят к искажению производящей поверхности. Все эти неточности могут быть приведены к одной суммарной погрешности, действующей вдоль потенциальной линии зацепления дискового шевера с обрабатываемым зубчатым колесом – погрешности зацепления.

Для силовых быстроходных передач важным показателем является нарушение кинематического закона движения, возникающее при входе зубьев в зацепление и выходе из него, так как эти отклонения вызывают циклические погрешности зубцовой частоты, создающие динамические перегрузки при работе передачи, шум и вибрацию при ее эксплуатации [2].

Основным методом контроля кинематической точности зубчатого колеса в передаче является однопрофильная обкатка его с парным колесом. Метод однопрофильного контроля при осуществлении непрерывного обката с измерительным элементом является типичным случаем комплексного контроля, поскольку получаемый результат дает непосредственно комплексную оценку кинематической точности изделия и характеризует непрерывное изменение погрешностей углового положения контролируемого колеса по углу его поворота [2]. Поэтому в качестве линии зацепления выступает кинематическая погрешность зубчатого колеса.

В работе [3] было показано, что линия зацепления винтовой пары имеет погрешность. На точность зубчатого колеса, обрабатываемого на зубошевинговальном станке, оказывает влияние большое количество факторов. Анализ этих факторов позволяет сделать вывод, что суммарная погрешность цилиндрического зубчатого колеса складывается из погрешностей, вносимых станком (включая погрешности приспособления), инструментом (шевером), заготовкой, собственно процессом шевингования и измерения.

Плавность зацепления зубчатых колес зависит в большей степени от точности как самого шевера, так и его установки на станке [4]. Величина погрешности линии зацепления от элементных погрешностей изготовления, заточки и установки дискового шевера впервые рассчитана в работе [4], где показано, что суммарная приведенная погрешность зацепления определяется монотонными кусочно-линейными составляющими, синусоидальными по углу φ и синусоидальными по углу 2φ . Суммарная приведенная погрешность может быть разложена на указанные составляющие. Вид, форма и размеры суммарной приведенной погрешности зацепления определяются сочетанием данных составляющих.

Синусоидальные составляющие по углу 2φ суммарной приведенной погрешности зацепления определяются осевой составляющей перекоса шевера. Выделить синусоидальную составляющую по углу 2φ в чистом виде экспериментально не удастся. В связи с этим рассматривается суммарное воздействие перекоса шевера на погрешность зацепления.

Для эксперимента выбирается шевер (рис. 1), удовлетворяющий условиям точности. Перекос шевера обеспечивается за счет расшлифовки его посадочного отверстия. При установке шевера на шпиндель станка создавались необходимые величины перекоса. Методика эксперимента изложена в работе [5].

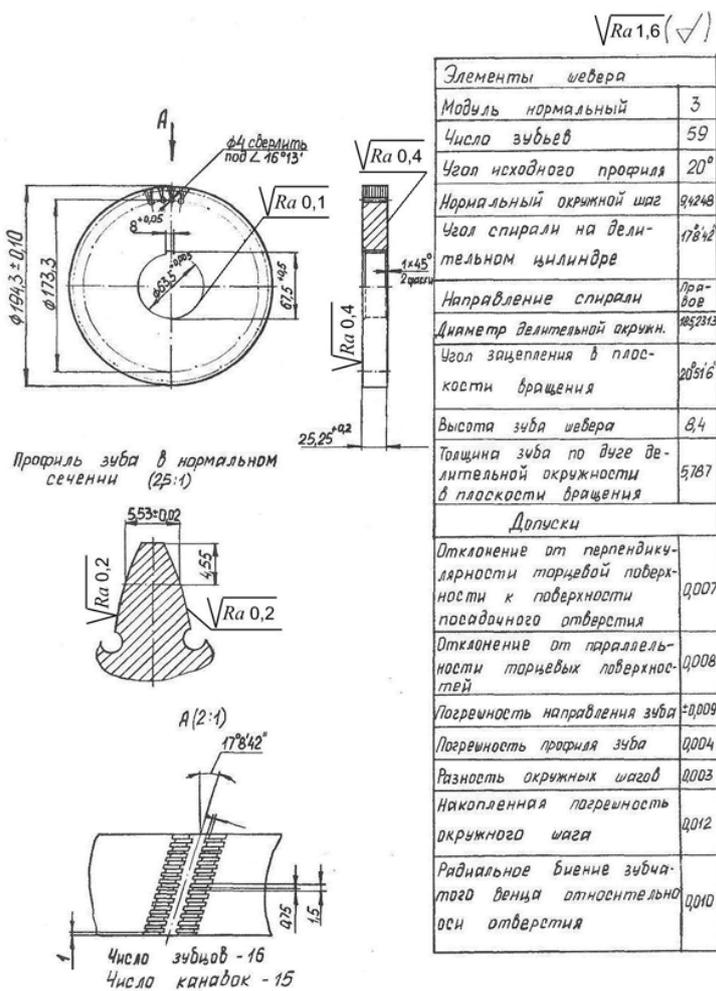


Рис. 1. Шевер дисковый правый

Зависимость амплитуд гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты от перекаса шевера на основании результатов замеров приведены на рис. 2.

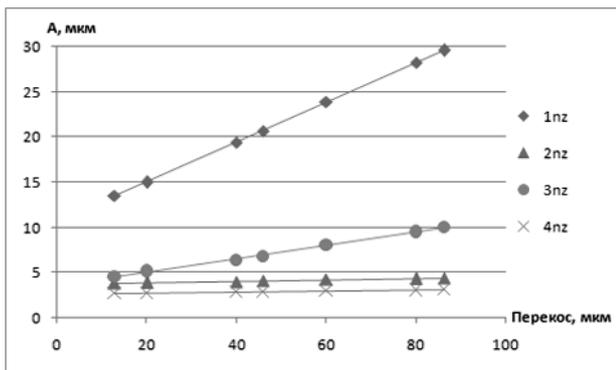


Рис. 2. Зависимость амплитуд гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты от перекаса шевера

На основании проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы.

1. Изменение погрешности зацепления, изменяющейся по синусоидальному закону по углу 2φ,

вызывает изменение амплитуд нечетных гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты.

2. Приращение амплитуды первой гармонической составляющей циклической погрешности зубцовой частоты от перекаса шевера составляет 0,225 от величины перекаса.

3. Коэффициент приращения амплитуд третьей гармонической составляющей циклической погрешности зубцовой частоты от перекаса шевера непостоянен. При малых величинах перекаса он выше и уменьшается с увеличением перекаса.

4. Приращение амплитуд четных гармонических составляющих незначительно.

5. Результаты исследования расширяют возможности управления точностью изготовления зубчатых колес на операции шевингования.

Библиографические ссылки

1. Калашиков Н. А. Точность в машиностроении и ее законы. – М. : Машгиз, 1950. – 248 с.
2. Тайц Б. А. Точность и контроль зубчатых колес. – М. : Машиностроение, 1972. – 368 с.
3. Полоцкий М. С. Повышение точности быстроходных зубчатых передач шевингованием // Труды ЦНИИТМАШ. – 1960. – № 10. – С. 5–63.

4. Беспалов В. В., Сорокин В. М. Влияние погрешностей дисковых шевнеров на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач // Межвуз. сб. науч. тр. – Н. Новгород, 1995. – С. 92–100.

5. Беспалов В. В., Хазова В. И. Влияние погрешностей зацепления, изменяющихся по синусоидальному закону по углу φ , на спектр гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 3(59). – С. 41–43.

V. V. Bepalov, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev
V. I. Khazova, PhD in Engineering, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev

Effect of Transmission Error Varying According to Sinusoidal Law by 2φ Angle on the Spectrum of Harmonic Components of the Cyclic Error of Gear-Meshing Frequency of Spur Gears

The present research deals with experimental validation of disc shaving cutter skewness at spur gears machining with its effect on the spectrum of harmonic components of the cyclic error of gear-meshing frequency. This research shows that transmission error variation, caused by disc shaving cutter skewness, results in amplitude modulation of odd harmonic component of the cyclic error of gear-meshing frequency, leaving even harmonic components amplitudes with no considerable increment.

Keywords: transmission error, cyclic error of gear-meshing frequency, single-flank control, shaving cutter skewness, disc shaving cutter, spur gears.

Получено 30.09.2014

УДК 629,113

А. С. Вашурин, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
Л. Н. Орлов, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
А. В. Тумасов, кандидат технических наук, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ПАССИВНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ КУЗОВОВ ВАХТОВЫХ АВТОБУСОВ ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Приведены результаты исследования влияния отдельных конструктивных и технологических особенностей на пассивную безопасность кузовов из многослойных панелей вахтовых автобусов.

Ключевые слова: пассивная безопасность, варианты кузовов, автобус, опрокидывание, компьютерное моделирование, многослойная панель.

Проблема снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий является одной из важных. Целью федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» является сокращение смертельных исходов в результате дорожно-транспортных происшествий к 2020 году на 28,82 процента [1]. Это может быть достигнуто в том числе и за счет повышения уровня пассивной безопасности транспортных средств. При этом особое внимание отводится автобусам, поскольку среди ДТП с тяжкими последствиями аварии с их участием занимают около 30 % [2]. Пассивная безопасность многоместных пассажирских транспортных средств регламентируется требованиями Правил ЕЭК ООН № 66. Одним из перспективных направлений улучшения технических характеристик является применение в кузовах автобусов многослойных панелей. Однако особенности поведения таких конструкций мало изучены. Недостаточно информации о влиянии отдельных конструктивных решений на пассивную

безопасность. В России многослойные панели получили распространение в конструкциях кузовов вахтовых автобусов. В данной работе рассмотрено влияние на пассивную безопасность некоторых конструктивных и технологических решений кузова вахтового автобуса из трехслойных панелей. Для этого была разработана методика расчетно-экспериментальной оценки [3], структурная схема этой методики показана на рис. 1.

На рис. 2 приведены фрагменты реализации ее блока по определению характеристик материалов и последующему сравнению результатов расчетов и экспериментов [4], а на рис. 3 – фрагменты реализации блока по оценке несущей способности многослойных панелей.

Для выбора наиболее рационального способа представления панелей были разработаны три вида конечно-элементных моделей: модель 1 содержит оболочечные и объемные элементы, соединенные «узел в узел»; модель 2 – оболочечные и объемные элементы, соединенные связанным контактом; мо-