

Это связано с тем, что традиционно зубья формообразующих поверхностей оснастки для изготовления ремней и шкивы передачи нарезались методом копирования и отсутствовали методы синтеза профиля червячных фрез для реализации метода обкатки. Между тем известно, что непрерывное деление при прочих равных условиях позволяет получать зубчатые венцы на 2-4 степени точности выше, нежели дискретное.

Анализ многопарного взаимодействия зубьев ремня и шкива свидетельствует о том, что повышение точности их шага позволяет упорядочить неравномерное распределение усилий в зацеплении и снизить тем самым интерференцию (деформацию) входящих в зацепление зубьев ремня, и, следовательно, снизить уровень генерируемого зацеплением шума. Таким образом, была поставлена задача разработать методику профилирования рабочей части червячных фрез для нарезания как оснастки, так и шкивов стандартных трапецеидальных профилей.

Такая методика была разработана на основе общей теории зубчатых зацеплений, причем аксоидами такой псевдопередачи являлись: для шкива (зубчатого сердечника) – совпадающий с делительным начальный цилиндр радиуса  $R = m \cdot z / 2$ , где  $m$ ,  $z$  – модуль и число зубьев шкива, для фрезы – начальная плоскость, в которой расположен ряд зубьев искомого профиля.

Практическая реализация разработанной методики производилась путем изготовления червячных фрез для ремней модуля  $m = 3$  мм по ОСТ 380514-76. С их помощью были нарезаны комплекты опытных шкивов с  $z = 16$  и зубчатый сердечник пресс-формы для производства ремня типоразмера СБ 3-60 (60 зубьев). Одновременно был изготовлен такой же комплект деталей, зубья которых нарезались методом копирования на этом же оборудовании.

Для оценки эффективности предложенной методики были проведены испытания обоих видов передач, для чего использовался стенд с замкнутым силовым потоком, позволяющий испытывать одновременно 2 передачи одного типа. Стенд помещался в антиреверберационную камеру с установленными в ней микрофонами. Измерительной аппаратурой являлся измеритель шума и вибраций ИШВ -1 с октавными фильтрами. В результате исследований в идентичных условиях, т.е. при одинаковых уровнях окружающей силы и натяжения ремня установлено, что при частоте вращения шкивов 2000, 4000 и 6000 об/мин снижение уровня шума для передач, нарезанных методом обкатки, составляет не менее 3, 5 и 12 дБ соответственно. Подобный результат позволяет рекомендовать повсеместное применение метода обкатки для нарезания шкивов и деталей оснастки вместо метода копирования.

## **КОЛЕБАНИЯ – КАК ИСТОЧНИК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ШУМА В ЗУБЧАТО-РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ**

*В.Н. Авсиевич, А.Г. Баханович*

Научный руководитель – д.т.н., профессор *А.Т. Скойбеда*  
*Белорусский национальный технический университет*

Работа зубчато-ременных передач сопровождается шумом. К его характерным источникам относят ударный вход зубьев ремня и шкива в зацепление, колебание ветвей ремня, ударное взаимодействие вершин зубьев шкива с межзубными впадинами ремня /1,2,3/. Целью данной работы является представление колебаний в качестве источника возникновения шума в зубчато-ременной передаче и разработка рекомендаций по снижению его величины.

Шум в передаче данного вида возникает в результате вынужденных колебаний системы с движущимся ремнем /4/. Вынужденные колебания связаны с изменением натяжения ремня при приложении внешних сил и моментов, которые, в свою очередь, связаны с технологическими погрешностями изготовления деталей передачи. Большинство способов снижения шума основаны на зависимости интенсивности шума от силы удара. При входе очередного зуба ремня в зацепление с зубьями шкивов возникает ударный импульс, который вызывает поперечные и продольные колебания ветвей ремня, с свою очередь сопровождающиеся резким всплеском шумовых характеристик. Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что снижение ударного импульса и, как следствие – колебательного процесса, приведет к снижению акустической эмиссии и шума.

Самый простой способ уменьшения ударного импульса – снижение твердости материалов зубьев ремня и шкива. Применение шкивов, рабочая часть которых выполнена из синтетического материала (фторопласт, нейлон), приводит к снижению шума в 1,2-1,3 раза.

Для уменьшения влияния аэродинамической составляющей звукового давления необходимо: обеспечить беспрепятственный выход воздуха из межзубных впадин при его сжатии (отвод воздуха сверлением каналов в теле шкива, устройство кольцевых канавок в теле реборд для отвода воздуха на наружную поверхность ремня, изготовление шкивов из пористых материалов; обеспечить минимальную величину сжимаемого воздуха (достигают путем выполнения впадины с глубиной равной высоте зуба ремня, при этом объем воздуха, закрытый и сжимаемый во впадине зуба, будет минимальным).

Так как наибольшей ударной деформацией при входе в зацепление подвержены зубья ремня, то модификация их наружной поверхности приведет к ощутимым результатам. Так, покрытие ремня противоударным слоем из термопластичных полимеров либо нанесение на поверхности зубьев дополнительных слоев резины 1-2 мм, приводит к снижению шума до 10дБ.

Таким образом, изложенные аспекты предполагают колебания одним из основных источников возникновения шума в зубчато-ременной передаче.

#### **Литература**

1. Сабанчиев Х.Х. Теория, расчет и проектирование зубчато-ременных передач: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.02/Спб. гос. техн. ун-т.–Спб., 1991.–32с.
2. Скойбеда А.Т., Баханович А.Г., Никончук А.Н. Разработка и исследование принципов формирования новых типов передач из неметаллических материалов. Разработка теоретических основ инженерного расчета механических приводов с улучшенными экологическими характеристиками. М., 2000. – 286 с.
3. Баханович А.Г. Повышение несущей способности и долговечности зубчато-ременных передач путем выбора их рациональных параметров: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/Ин-т надежности машин НАН Республики Беларусь.–Мн., 1998.–22с.
4. Скойбеда А.Т., Никончук А.Н. Ременные передачи.– Мн.: Наука и техника, 1985.– 383с.

## **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЧАСТОТЫ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЕТВИ ЗУБЧАТО-РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ**

*В.Н. Авсиевич, А.Г. Баханович*

Научный руководитель – д.т.н., профессор *А.Т. Скойбеда*

*Белорусский национальный технический университет*

При работе зубчато-ременной передачи происходит воздействие на ее элементы комплекса динамических нагрузок /1/. Целью данной работы является определение частоты поперечных колебаний ветви зубчато-ременной передачи с учетом коэффициента неравномерности распределения массы ремня.

Колебания ветви ремня объясняются ударной природой входа зубьев ремня и шкива в зацепление, а также взаимодействием вершин зубьев шкива с межзубными впадинами ремня /2,3/.

При исследовании устойчивости колебаний ветвей зубчато-ременной передачи определяют собственные частоты колебаний ветвей:

$$\omega_n = \left[ \delta^2 + \left( \frac{\pi n}{l} \right)^2 (V_p^2 \kappa + (c^2)) \right]^{0.5} + f_s$$

где  $n=1,2,3\dots$ ;

$\delta$  – коэффициент колебаний ветви ремня, определяемый после экспериментального установления амплитуд соседних затухающих колебаний;

$l$  – длина ветви ремня;

$c$  – фазовая скорость распространения изгибных волн в ремне;