

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ МЕТОДОМ СВОБОДНОГО ВЫБЕГА

В. М. МЕДУНЕЦКИЙ¹, В. А. ЗИНКОВ^{1,2}

¹Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: vm57med@yandex.ru

²АО «Научно-производственная фирма „Меридиан“», 197198, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрена возможность оценки показателей качества цилиндрических зубчатых зацеплений методом свободного выбега, который заключается в измерении времени вращения зубчатой передачи под действием инерционной нагрузки. Предложена конструкция универсального стенда для реализации метода и представлена его схема. Кратко описан принцип работы стенда и приведены его основные преимущества.

Ключевые слова: цилиндрические зубчатые передачи, метод свободного выбега, стенд для оценки качества зубчатых передач, конусообразные цилиндрические зубчатые венцы

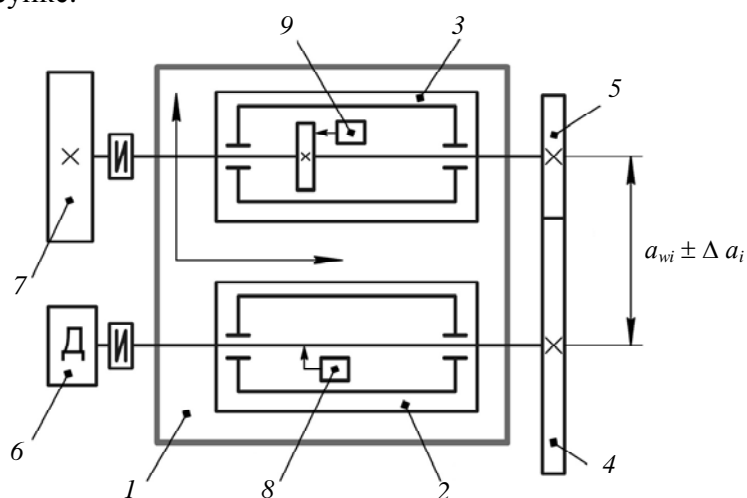
Известно, что качество зубчатой передачи характеризуется следующими основными показателями: плавность работы; кинематическая точность; постоянство величины бокового зазора; шумовые, вибрационные и динамические явления [1]. В приборах, которые характеризуются высокой степенью надежности, достаточно часто применяют так называемые отсчетные передачи, в которых главное внимание уделяют пропорциональности углов поворота зубчатых колес [2].

В практике для выборочной экспериментальной оценки показателей качества используют, как правило, специализированные стенды. К примеру, для контроля межосевого расстояния используется межцентромер КДП-300. Одно из колес КДП-300 смещается к другому в радиальном направлении, т.е. происходит зацепление практически без бокового зазора, и в этом варианте колеса соприкасаются одновременно по левым и по правым профилям зубьев. Используются в практике межосемеры с приводом вращения МЦ-160, МЦ-400, различающиеся только диапазонами измеряемых межосевых расстояний. Известен также стенд БВ-5137, который предназначен для приемочного и операционного контроля зубчатых колес путем их обката в плотном двухпрофильном зацеплении с измерительными зубчатыми колесами.

В последние годы за рубежом появились стенды, в частности, для контроля измерительного межосевого расстояния с полной записью характера его изменения. Также имеются устройства с приборами для оценки результатов контроля с помощью программного обеспечения для анализа причин возможных погрешностей. К примеру, зубоизмерительный прибор GearSpect DO-0 PC для определения точности цилиндрических зубчатых колес малых размеров, реализует метод двустороннего обката с эталонной шестерней [3]. В конструкции этого прибора два зубчатых колеса располагаются под нагрузкой, обеспечивающей постоянное зацепление зубчатых венцов. При вращении зубчатой передачи возникают колебания межосевого расстояния, которое регистрируется этим прибором. Известны также приборы

для двухпрофильного контроля шестерни, к примеру, модели 3102, 3102А, предназначенные для проверки расстояния между центрами цилиндрической шестерни и вала шестерни с целью контроля радиального биения зубчатого венца [4]. При этом следует отметить, что программное обеспечение этих приборов позволяет выполнять проверку измеряемых параметров только по зарубежным стандартам.

Однако комплексную оценку показателей качества собственно зубчатого зацепления в той или иной мере можно экспериментально реализовать путем использования метода выбега. Применительно к зубчатой передаче суть метода заключается в том, что измеряется время свободного вращения исследуемых зубчатых звеньев от некоторой заданной скорости до полной их остановки за счет сил трения в зоне зацепления зубчатых венцов. Метод предложено реализовать на универсальном стенде, упрощенная конструктивная схема которого представлена на рисунке.



Стенд состоит из основания 1, на котором установлены подшипниковые узлы 2 и 3 с испытываемыми зубчатыми колесами 4 и 5. Узел 2 жестко закреплен к основанию 1, узел 3 имеет возможность смещения по основанию 1 вдоль оси Y с последующей жесткой фиксацией. Это необходимо для обеспечения возможности исследования зубчатых передач с разными передаточными отношениями (с разными делительными диаметрами) и для точной установки зазоров в зацеплении звеньев. Весьма точной координации звеньев можно достичь с помощью контрольной визуально-цифровой линейки, например КЛВЦ [5]. Также предусмотрено смещение этого подшипникового узла вдоль оси X , в частности для установки зазора в зоне зацепления конусообразных цилиндрических венцов. Вращение зубчатой передачи обеспечивается электродвигателем 6. Для свободного вращения зубчатой передачи при выключенном электродвигателе на валу подшипникового узла 3 установлена инерционная нагрузка 7 в виде диска. На узле 2 установлен фиксатор 8, который при отсутствии вращения может обеспечить неподвижность зубчатого колеса 4 с целью измерения кинематического мертвого хода в зоне зацепления зубчатых венцов исследуемых цилиндрических колес с помощью датчика угловых перемещений 9.

Оценка показателей качества зубчатого зацепления на предложенном стенде выполняется следующим образом. С помощью электродвигателя 6 обеспечивается вращение исследуемой зубчатой передачи и далее при выключении электродвигателя происходит свободное ее вращение по инерции только за счет инерционной нагрузки 7 до полной остановки из-за сил трения во вращающихся парах (всех имеющихся подшипниках, муфтах и в зоне зубчатого зацепления). При этом необходимо измерить время свободного вращения исследуемой зубчатой передачи (время выбега).

Важно отметить, что в случае варьирования зазором зацепления зубчатых колес (при прочих равных условиях) вращающихся механических узлов стенда будет меняться уровень

трения в зоне зацепления зубчатых венцов, который является некоторой комплексной величиной имеющих погрешностей, что отражается на времени выбега.

При этом следует учитывать: чем больше масса инерционной нагрузки, тем дольше будет осуществляться свободное вращение, при этом объективность экспериментального измерения времени выбега будет выше. Это связано с тем, что проявляется более четкое влияние сил трения в зоне зацепления на полную остановку исследуемой передачи.

С помощью стенда также можно выбрать оптимальный зазор в зубчатом зацеплении конусообразной зубчатой цилиндрической передачи [6]. Это осуществляется за счет некоторого компромисса между величиной трения в зоне зацепления и приемлемой величиной кинематического мертвого хода передачи. Для такого варианта на стенде, как было отмечено выше, предусмотрена возможность точного смещения подшипникового узла 3 вдоль его оси вращения (оси X) с целью изменения зазора в зоне зубчатого зацепления конусообразных зубчатых венцов. Кинематический мертвый ход измеряется путем обеспечения неподвижности вала подшипникового узла 2 с помощью фиксатора 8 и поворота зубчатого колеса 5 в пределах имеющегося зазора в зацеплении, который измеряется датчиком угловых перемещений 9.

Таким образом, предложенный универсальный стенд позволяет выполнить комплексную оценку качества зубчатого зацепления, выбрать наиболее приемлемые параметры зацепления, оценить использование различных материалов для изготовления зубчатых венцов, а также оценить использование различных твердых смазывающих покрытий рабочих поверхностей зубьев колес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тайц Б. А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1972. 360 с.
2. Элементы привода приборов: расчет, конструирование, технологии / Под ред. Ю. М. Плескачевского. Минск: Беларус. наука, 2012. 769 с.
3. Прибор зубоизмерительный GearSpect DO-0 PC [Электронный ресурс]: <<https://all-pribors.ru/opisanie/49776-12-gearspect-do-0-pc-52770#info>>. (дата обращения: 21.02.2021).
4. Приборы для двухпрофильного контроля зубчатых колес 3100, 3101, 3102, 3103 [Электронный ресурс]: <<https://all-pribors.ru/opisanie/65115-16-3100-3101-3102-3103-74383#info>>. (дата обращения: 21.02.2021).
5. Линейки контрольные визуально-цифровые КЛВЦ [Электронный ресурс]: <<https://all-pribors.ru/opisanie/51173-12-klvts-54338#info>>. (дата обращения: 21.02.2021).
6. Зинков В. А., Медунецкий В. М., Ожиганов А. А. Усовершенствование электромеханического прибора для измерения угла поворота // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 4. С. 400—403.

Сведения об авторах

- Виктор Михайлович Медунецкий** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; E-mail: vm57med@yandex.ru
- Владимир Александрович Зинков** — аспирант; Университет ИТМО; АО «Научно-производственная фирма „Меридиан“»; инженер-конструктор I категории; E-mail: zinkov21@yandex.ru

Поступила в редакцию
01.03.2021 г.

Ссылка для цитирования: Медунецкий В. М., Зинков В. А. Оценка показателей качества зубчатых зацеплений методом свободного выбега // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 6. С. 509—512.

EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF GEARING BY THE FREE RUN-OUT METHOD

V. M. Medunetskiy¹, V. A. Zinkov^{1,2}¹ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: vm57med@yandex.ru²Research and Production Firm Meridian JSC, 197198, St. Petersburg, Russia

The possibility of evaluating the quality indicators of cylindrical gearing by the free run-out method, which consists in measuring the rotation time of a gear train under the action of an inertial load, is considered. A design of a universal stand for the implementation of this method is proposed and its structural diagram is presented. The principle of the stand operation is briefly described, and its main advantages are given.

Keywords: cylindrical gears, free run-out method, stand for evaluating the quality of gears, cone-shaped cylindrical gear rings

REFERENCES

1. Tayts B.A. *Tochnost' i kontrol' zubchatykh koles* (Precision and Control of Gears), Moscow, 1972, 360 p. (in Russ.)
2. Pleskachevskiy Yu. M., ed., *Elementy privoda priborov: raschet, konstruirovaniye, tekhnologii* (Elements of the Drive Devices: Calculation, Design, Technology), Minsk, 2012, 769 p. (in Russ.)
3. <https://all-pribors.ru/opisanie/49776-12-gearspect-do-0-pc-52770#info>. (in Russ.)
4. <https://all-pribors.ru/opisanie/65115-16-3100-3101-3102-3103-74383#info>. (in Russ.)
5. <https://all-pribors.ru/opisanie/51173-12-klvts-54338#info>. (in Russ.)
6. Zinkov V.A., Medunetskiy V.M., Ojiganov A.A. *Journal of Instrument Engineering*, 2019, no. 4(62), pp. 400–403. (in Russ.)

Data on authors

Viktor M. Medunetskiy — Dr. Sci., Professor; ITMO University; E-mail: vm57med@yandex.ru
Vladimir A. Zinkov — Post-Graduate Student; ITMO University; Research and Production Firm Meridian JSC; Design Engineer of the 1st Category; E-mail: zinkov21@yandex.ru

For citation: Medunetskiy V. M., Zinkov V. A. Evaluation of quality indicators of gearing by the free run-out method. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 6. P. 509—512 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-6-509-512