

тых колес / *А.Н. Королевских* // Методические указания – Тюмень: Издательский центр БИК, ТюмГНГУ, 2014. – 28 с. **9.** *Бабичев Д.Т.* Геометрический синтез и компьютерное исследование равнопрочных цилиндрических прямозубых передач / *М.Г. Сторчак, Д.А. Бабичев* // Теория и практика зубчатых передач: Сборник трудов Международного симпозиума. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2013. – С.309-315.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Kravchenko I.F.* Jeksperimental'nye i teoreticheskie rezul'taty issledovanija aviacionnyh zubchatyh peredach dlja dvigatelej pjatogo i shestogo pokolenij / *A.B. Edinovich, V.A. Jakovlev, V.L. Dorofeev* // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – No8(55). – Kharkov: KhAI, 2008. – P.129-134. **2.** *Vulgakov Je.B.* Teorija jevol'ventnyh zubchatyh peredach – Moscow: Mashinostroenie, 1995. – 320p. **3.** *Barnett D.W.* Load sharing in High Contact Ratio Thick Transmission Gearing / *A.B. Agarwal, E.R. Braun* // ATZ Automobiltechnische Zeitschrift. 92(1990). – No2. – P.80-88. **4.** *Stasilevich A.G., Supin V.V.* Sozdanie transmissij traktorov s zubchatymi peredachami mnogoparnogo zacepljenja // Vestnik NTU "KhPI": sb. nauchn. trudov. – Kharkov, 2011. – No29. – P.165-169. **5.** *Babichev D.A.* Analysis of evolvent spur gear vibroactivity of tooth friction power / *A.A.Serebrennikov, V.V.Supin* // Machine design, Vol.4(2012) No4. – P.205-208. **6.** *Babichev D.T.* Komp'juternoe modelirovanie raboty ploskih mehanizmov i mnogovariantnoe konstruirovanie odностепенчатyh cilindricheskikh reduktorov // Teorija mehanizmov i mashin. 2011. – No2(18). – P.38-47. **7.** *Babichev D.T.* Analiz i sintez cilindricheskikh peredach v kurse "Prikladnaja mehanika" / *A.V. Balin., V.N.Irkitova* // Teorija i praktika zubchatyh peredach // Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma – Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2013. – P.89-95. **8.** *Babichev D.T.* Narezanie jevol'ventnyh zubchatyh koles / *A.N.Korolevskih* // Metodicheskie ukazaniya – Tjumen': Izdatel'skij centr BIK, TjumGNGU, 2014. – 28p. **9.** *Babichev D.T.* Geometricheskij sintez i komp'juternoe issledovanie ravnoпрочnyh cilindricheskikh prjamozubyh peredach / *M.G. Storčak, D.A. Babichev* // Teorija i praktika zubchatyh peredach // Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma. – Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2013. – P.309-315.

*Поступила (received) 14.05.2015*

УДК 621. 833

**В.А. БЕРЕЖНОЙ**, старший преподаватель каф. ГМКГ НТУ "ХПИ";  
**Н.В. МАТЮШЕНКО**, к.т.н., доцент каф. ГМКГ НТУ "ХПИ";  
**А.В. ФЕДЧЕНКО**, к.т.н., доцент кафедры ГМКГ НТУ "ХПИ"

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ПРЯМОЗУБОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Рассматривается методика экспериментального исследования шума для эвольвентных прямозубых передач. Показана актуальность решения данной задачи. Рассмотрены основные понятия и стандарты, необходимые для проведения экспериментальных исследований. Изучаются основные шумовые характеристики передачи: уровень звукового давления, интенсивность звука и акустическая мощность источника. Приводятся основные способы определения акустической мощности машины. Выбирается методика исследования шума редуктора и приводятся основные её положения.

**Ключевые слова:** эвольвентная прямозубая передача, шумовые характеристики, экспериментальная методика, акустическая мощность, звуковое давление, интенсивность звука.

**Введение.** В последние годы к зубчатым передачам стали предъявлять высокие требования по динамическим показателям, подразумевая вибрационные и шумовые характеристики машин. Эти вибрационные и шумовые процессы обычно определяются индивидуальными свойствами машины и представляют собой внешнее проявление возникающей при работе механизмов колебательной энергии [1, 2].

Колебательная энергия, возникшая в источнике на действующих узлах машины, а применительно к редукторам – в зубчатых колесах, распространяется по отдельным частям машины и, с одной стороны, через муфты и систему

© В.А. Бережной, Н.В. Матюшенко, А.В. Федченко, 2015

крепления передается присоединенным деталям или фундаменту, а с другой стороны, через корпус, – в воздушную среду. Первый процесс воспринимается как вибрации, второй воспринимается в виде воздушного шума.

Подавление шума и вибраций стало актуальной проблемой, так как ее решение может, с одной стороны, обеспечить здоровые условия труда на производстве, а с другой, – высвободить дополнительные резервы для увеличения производительности труда, что, в конечном счете, полностью оправдывает материальные затраты на борьбу с шумом и вибрациями в промышленности.

**Постановка задачи.** Цель работы – изучить экспериментальную методику исследования шумовых характеристик ( $L_p, L_{PA}$ ) для эвольвентных прямозубых передач.

**Особенности исследования шума и его характеристик для эвольвентного цилиндрического прямозубого зацепления.** Рассмотрим основные понятия и стандарты, необходимые для проведения экспериментальных исследований связанных с измерением шума в зубчатых передачах.

Характер шума зависит от вида источника. Различают: механический шум, возникающий в результате движения отдельных деталей и узлов машин; ударный шум, возникающий при некоторых технологических процессах; аэродинамический шум, возникающий при больших скоростях движения газообразных сред; и взрывной или импульсный шум, возникающий при работе двигателей внутреннего сгорания и т.д. Как сложный звук, шум может быть разделён на простые составляющие его тона с указанием интенсивности и частоты. Графическое изображение состава шума называется спектром.

Шум может характеризоваться физическими и физиологическими параметрами. С физической стороны шум характеризуется звуковым давлением, интенсивностью (силой) звука, плотностью звуковой энергии, уровнем звукового давления, частотой и плотностью дискретных составляющих и другими параметрами. Шум, как физиологическое явление, характеризуется высотой, громкостью, областью возбужденных частот или тембром и продолжительностью действия. [3]

Уровень звукового давления или интенсивности звука принято оценивать не в абсолютных, а в относительных единицах – белах, децибелах:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ дБ}, \quad (1)$$

где  $p$  – измеренное звуковое давление в  $\text{н/м}^2$ ,  $p_0$  – условный порог давления, равный  $2 \cdot 10^{-5} \text{н/м}^2$ .

Уровень интенсивности (силы) звука:

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

где  $I$  – интенсивность звука в  $\text{вт/м}^2$ ,  $I_0$  – интенсивность звука, принимаемая за нулевой уровень, равный  $10^{-12} \text{вт/м}^2$ .

Уровень акустической мощности источника:

$$L_w = 10 \cdot \lg \frac{W}{W_0}, \text{ дБ}, \quad (3)$$

где  $W_0$  – условный порог акустической мощности, равный 10-12вт.

Нормирование значения предельно-допустимых уровней звукового давления приведены в санитарных нормах СН 785-69, СН 245-63, СН 626-66, СН 627-66, ОСТ2 Н89-5-79.

Для оценки шума, производимого машиной, необходимо определить её акустическую мощность в функции частоты, т.е. количество энергии, излучаемое колеблющимися поверхностями машины в окружающее пространство. Спектрограмма акустической мощности должна соответствовать наиболее шумному режиму работы промышленной установки.

С помощью полученных спектрограмм возможно не только характеризовать качество машины с точки зрения производимого ею шума, но и оценить уровень звукового давления, который создаётся машиной на определённом расстоянии от неё, если известны акустические характеристики производственного помещения. Для исследования акустической мощности машины предусмотрены следующие государственные стандарты: ГОСТ 11870-66, ГОСТ 23941-79, ГОСТ 27871-88, ДСТУ 2796-94 (ГОСТ 29285-95) [3, 4].

Для проведения экспериментальных исследований основное внимание необходимо уделять следующим вопросам:

- выбор метода проведения испытаний;
- расчёт и производство экспериментальной передачи;
- объект и средства испытаний;
- определение шумовых характеристик передачи.

Согласно ГОСТ 11870-66 предусмотрены следующие способы определения акустической мощности машин: в свободном звуковом поле (в заглушенных камерах, в помещениях с большим поглощением или открытым пространстве); в отражённом звуковом поле (в реверберационных камерах либо в гулких помещениях); в обычных помещениях с помощью образцового источника шума; на расстоянии одного метра от наружного контура машины. Рекомендуется экспериментальные исследования проводить на специальном стенде с помощью последнего способа, так как его применяют для ориентировочной оценки в случаях, когда невозможно провести измерения в помещениях с помощью первых трёх способов.

Согласно методике измерений (М2-150-2000) шумовых характеристик на стендах с разомкнутым контуром по ориентировочному методу в качестве нормируемых величин устанавливаются октавные уровни звуковой мощности  $L_P$  и скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PA}$ . Измерение должно проводиться при номинальном крутящем моменте и с частотой вращения, при которой достигается наивысший уровень звуковой мощности. Для измерения уровней звукового давления и уровней звука применяют шумомеры по ГОСТ 17187 с полосовыми электрическими фильтрами (ВШВ-003-М2).

Редуктор должен быть установлен так, чтобы его наружная поверхность находилась не ближе 2м от отражающих звук поверхностей. Изменение температуры окружающего воздуха в период измерений не должно превышать  $\pm 10^\circ$ , объём помещения должен быть не менее  $70\text{м}^3$ , постоянная  $K$  должна быть меньше 7дБ, величина  $\Delta L$  должна быть не менее 6дБ.

Точки измерения уровня звукового давления, минимальное количество которых равно пяти, располагаются на измерительной поверхности вдоль двух линий измерений в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Расстояние до основных габаритов машины должно равняться 1м. Точки измерения должны быть расположены на расстоянии не ближе 1м от ограждений и поверхностей сосед-

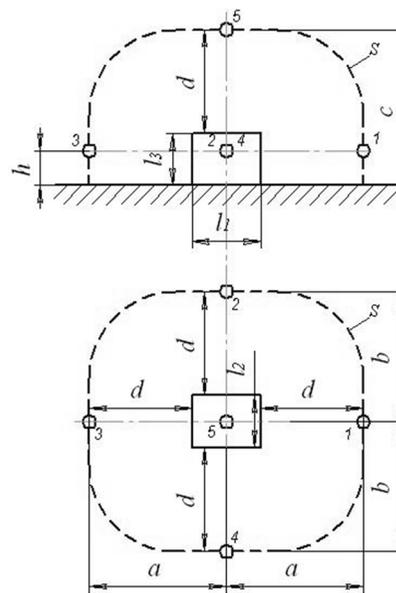


Рисунок – Схема расположения точек измерения вокруг редуктора на расстоянии 1м при измерении акустической мощности источника шума

них машин и не ближе 2м от углов помещения (см. рисунок). Высота микрофона над полом должна быть не менее 1,5м.

По результатам измерений октавных уровней звукового давления и уровней звука необходимо вычислить октавные уровни звуковой мощности  $L_P$ , дБ и скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PA}$ , дБа. Октавный уровень звуковой мощности вычисляют по формуле

$$L_P = L_{m1} + L_S, \quad (4)$$

где  $L_{m1}$  – средний октавный уровень звукового давления в данной октаве на измерительной поверхности, расположенной на расстоянии 1м от наружного контура редуктора;  $L_S$  – слагаемое, учитывающее размеры измерительной поверхности (выбирается по специальной таблице).

Скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PA}$  вычисляют по аналогичной формуле (4), где  $L_{m1}$  означает средний уровень звука на измерительной поверхности. Шумовые характеристики редуктора должны оцениваться путем сравнения вычисленных результатов с величинами, приведенными в отраслевом стандарте ГОСТ 25484, ГОСТ 16162.

Площадь измерительной поверхности  $S$ ,  $\text{м}^2$  вычисляется по формуле:

$$S = 4(ab + ac + bc) \cdot \frac{a + b + c}{a + b + c + 2d}. \quad (5)$$

**Выводы.** Рассмотрена экспериментальная методика исследования шумовых характеристик ( $L_P$ ,  $L_{PA}$ ) для эвольвентных прямозубых передач.

**Список литературы:** 1. Саркисян М.М. Источник шума зубчатых механизмов. – Ереван, 1974. – 254с. 2. Диментберг Ф.М. Вибрация в технике: Справочник. В 6т. – Т.3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф.М. Диментберга, К.С. Колесникова. – М.: Техника, 1980. – 456с. 3. ГОСТ 23941-79. Шум. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 10с. 4. Берестнев О.В. Зубчатые колёса пониженной виброактивности / О.В. Берестнев, А.С. Соболев. – Минск: Наука и техника, 1978. – 120с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Sarkisjan M.M. Istochnik shuma zubchatykh mehanizmov. – Erevan, 1974. – 254p. 2. Dimentberg F.M. Spravochnik Vibracija v tehnike: V 6 vol. – Vol.3. Kolebanija mashin, konstrukcij i ih jelementov / Pod red. F.M. Dimentberga, K.S. Kolesnikova. – Moscow: Tehnika, 1980. – 456p. 3. GOST 23941-79. Shum. Metody opredelenija shumovykh harakteristik. Obshhie trebovanija. – Moscow: Izd-vo standartov, 1979. – 10p. 4. Berestnev O.V. Zubchatye koljosa ponizhennoj vibroaktivnosti / O.V. Berestnev, A.S. Sobolev. – Minsk: Nauka i tehnika, 1978. – 120p.

Поступила (received) 22.04.2015