

## Технико-экономическая эффективность при модернизации приводов с зацеплением гибкой связью

*Б.В. Шогенов, Д.М. Иванова, Ф.М. Шогенова*

*Кабардино-Балкарский государственный университет*

**Аннотация:** Одним из критериев эффективной эксплуатации современных агрегатов, машин, механизмов и устройств, является бесшумность приводов. Исследование шумообразования в механических передачах имеет большое значение. Предложена модернизация приводов с гибким звеном, как один из методов решения проблемы снижения шума.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, привод, машина, механизм, цепная передача, зубчато-ременная передача, исследование, гибкая связь.

Проблема уменьшения шума в механических передачах имеет большое значение. Использование современных быстроходных машин, механизмов и приборов, зависит от шумовых характеристик, используемых в главных приводах передач с гибкой связью. Для многих видов машин и оборудования преобладающим фактором интенсивного источника шума является механический шум (МШ), обусловленный колебаниями деталей машин и их взаимным перемещением. Рост шумовых характеристик наблюдается, особенно при средних и высоких скоростях. Значимый процент МШ на производстве регулярно влияющего на организм человека составляет шум, происходящий от приводов агрегатов, среди которых наиболее значимое место занимают механические передачи с гибкой связью, такие как цепная передача (ЦП) и ременные, получившие большое использование на современном производстве. Доказано, что под влиянием шумов появляются различные профессиональные заболевания, такие как нарушение артериального давления и ритма сердечной деятельности, снижение чувствительности слуха, а при продолжительном систематическом действии возникают стойкие поражения слуховых органов. Шум является причиной падения работоспособности, ослабления памяти и внимания. Для человека

---

естественный шумовой фон, который не наносит вреда здоровью: 20-30 децибел (дБ). Допустимая, санитарная норма - 80 децибел. Оценив опыт, использования рассматриваемых передач в условиях производства пришли к выводу, что степень шумообразования в ЦП выше, чем в ременных и превышают санитарные нормы (до 80 дБ) рис. 1.

Из выше сказанного вопрос изучения шума, встающий при работе ЦП в агрегатах, встает весьма острой проблемой [1,2,6,7].

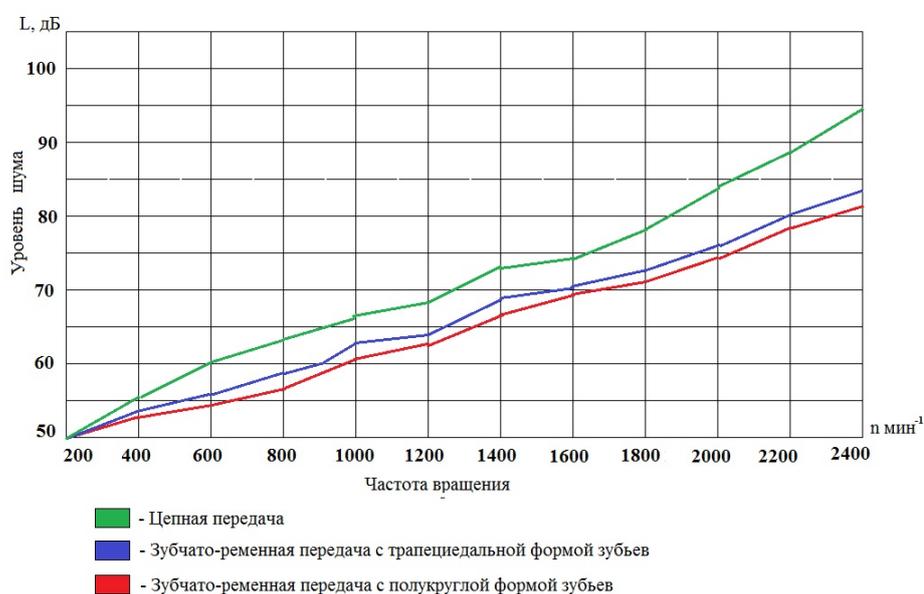


Рис. 1. - Зависимость уровня шума от частоты вращения для различных передач с гибкой связью.

Проведенная спектральная, относительная оценка шума ЦП на производстве выявила, недопустимые значения до 90-95 дБ. Это доказывает вредоносность влияния шума ЦП на самочувствие работающего персонала. Одним из методов понижения степени шума в цепном приводе является мотивированная замена ЦП на зубчато-ременную передачу (ЗРП).

Базовыми критериями работоспособности машин являются надежность, долговечность, вибростойкость и бесшумность. К приводам применяются все более серьезные требования, так при небольших

габаритных размерах им необходимо передавать большую мощность. ЗРП имеет больше преимуществ по сравнению со многими другими [10,11]. ЗРП применяются в приводах металлорежущих и деревообрабатывающих станков, промышленных роботов и манипуляторов, подъемно-транспортных машинах, сельхозмашинах, различных агрегатах и устройствах.

На рис. 2 приводятся статистические данные и сравнительные характеристики для трех видов передач с гибким звеном.

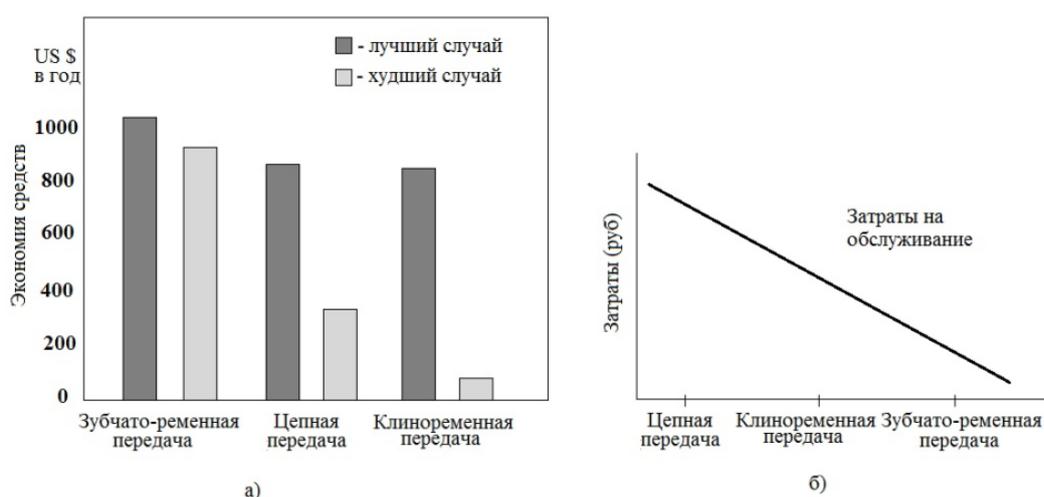


Рис. 2. - Сравнительные характеристики передач с гибкой связью

ЗРП обеспечивают, одинаковую угловую скорость входного и выходного звеньев, высокую скорость движения ремня (до 100 м/с), существенно ниже нагрев ремня и шкивов, вследствие отсутствия скольжения по сравнению с клиновыми ремнями, лучше работает в режиме реверса, большие значения передаваемой мощности (до 800 кВт), при необходимости могут работать в агрессивных средах. Достоинства ЗРП: уменьшение шумообразования, расходов на обслуживание, отсутствие необходимости смазки, не подверженность коррозии, значительный срок службы.

Экономический эффект от применения передачи с предлагаемыми параметрами, по сравнению с другими рассмотренными видами передач с

гибкой связью, складывается из многих факторов: более низких капитальных затрат на изготовление и на обслуживание, возможности передачи большого окружного усилия, повышенной долговечности, наименьшего уровня шума и т.д.

В качестве примера приведен расчет технико-экономической эффективности, от применения предлагаемой передачи вместо цепной, без конструктивных видоизменений привода выгрузного шнека комбайна «ДОН 1500» [3].

Годовой экономический эффект от замены ЗРП равен:

$$E_T = E_{ед} \cdot A, \quad (1)$$

где  $E_{ед}$ - экономическая эффективность от применения одной передачи;

$A$ - количество используемых зубчатых ремней в год.

Экономический эффект от применения одной передачи рассчитывается следующим образом:

$$E_{ед} = E_1 + E_2, \quad (2)$$

где  $E_1$ - экономический эффект при уменьшении стоимости ЗРП для передач с одинаковыми техническими характеристиками ;

$E_2$ - экономический эффект получаемый за счет большего срока службы передачи.

Значения  $E_1$  и  $E_2$  определяем по следующим формулам:

$$E_1 = S'_0 - S_0;$$

$$E_2 = S_0(K_1 - K_2) = S_0K, \quad (3)$$

где  $S_0 = (S_1 + S_2)$  - стоимость ЗРП. Согласно номенклатуре приводных ЗРП выпускаемых «Беларусьрезинотехника»  $S_1 = 300$  руб. - цена зубчатого ремня;  $S_2 = 620$  руб. - цена зубчатых шкивов. Тогда  $S_0 = 920$  руб.

$S'_0 = (S'_1 + S_2)$ - стоимость цепной передачи;  $S'_1 = 850$  руб. - цена роликовой цепи;  $S_2 = 3100$  руб. - цена звездочек;  $S_0 = 3950$  руб.

---

Полученные значения  $S'_0$  и  $S_0$  подставляем в формулу (3) получаем

$$E_1 = 3030 \text{ руб.}$$

По данным долговечность ЗРП с полукруглым профилем зубьев составляет 2000...2500 часов, а втулочно-роликовой ЦП [4] составляет 1000...1500 часов. При этом выбираем коэффициент долговечности ЦП, ( $K_2=1$ ), находим коэффициент долговечности ЗРП с полукруглым профилем зубьев ремня

$$K_1=2000/1000...2500/1500=1,6...1,7.$$

Тогда, формула (3) примет вид

$$\begin{aligned} E_1 &= 3030; \\ E_2 &= S_0(0,6...0,7), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $S_0$ -стоимость ЗРП ( $S_0=920$ ).

Подставляя значения единичных эффектов (4) в выражение (1), имеем

$$E_{\text{ед.}} = (3030+920 \cdot 0,65) A, \quad (5)$$

Таким образом, годовой эффект от замены одной ЗРП с полукруглым профилем зубьев, вместо ЦП в приводе выгрузного шнека комбайна ( $A=1$ ) составляет:  $E_{\text{ед.}}=3628$ руб.

В соответствии с программой годового выпуска  $A=500$  штук комбайнов Дон-1500 и потребность в зубчатых ремнях составляет 500 штук. Следовательно, количества комбайнов ( $A=500$ ) годовой экономической эффект равен

$$E_{\text{Г}} = E_{\text{ед.}} \cdot A \quad (6)$$

$$E_{\text{Г}} = 3628 \cdot 500 = 1814000 \text{ руб.}$$

Социально-экономическая эффективность по уменьшению шума в работающей передаче связана со степенью акустической безопасности труда персонала. Социальный ущерб определяется количеством людей, получивших различные профессиональные заболевания, связанные с

---

нарушением санитарных норм. В частности повреждение слуха. Основные положения по защите от шума и по определению шумовых характеристик машин изложены в государственных стандартах: ГОСТ 23941-79 (СТСЭВ 541-77), ГОСТ 12.1. 023-80, ГОСТ 12.1.003-83 и др. В нашей стране и за рубежом в основном рассматривается влияние производственного шума с уровнем выше санитарных норм на органы слуха человека [ 8, 9]. Оценка воздействия производственного шума с целью сохранения слуха регламентируется в стандарте ИСО-1999-75. Влияние шума на персонал не ограничивается воздействием на органы слуха. Так, человек, попадающий в поле значительных шумов, тратит в среднем на 10-20% больше физических сил. При росте уровня звука от 80 до 95 дБ (А) коэффициент полезного действия падает на 20% [4], при звуке выше 85 дБ(А) повышается артериального давления. Следовательно, экономические потери при негативном влиянии производственного шума характеризуются повышением затрат труда на производство единицы продукции, обусловленных увеличением числа дней временной нетрудоспособности, повышенным утомлением здоровых рабочих.

Годовой экономический эффект от уменьшения неблагоприятного воздействия шума на организм человека путем замены ЗРП цепной передачей, усредненный за нормативный срок окупаемости капитальных вложений, равный в руб/год [5], можно определить по формуле

$$E_2 = (1,5DZ/100) (T_1 - T_2), \quad (7)$$

где  $Z$  - среднегодовая заработная плата рабочего, руб;

$D$  – количество рабочих, подвергающихся действию шума;

$T_1$  и  $T_2$  - ежегодные полные трудовые потери в процентном соотношении, усредненные за срок окупаемости, при работе в условиях шума с

эквивалентными уровнями звука на рабочих местах  $L_{A1}$  и  $L_{A2}$ , соответственно до, и после применения ЗРП для снижения шума.

Полные трудовые потери, вследствие повреждения слуха  $\Delta T_1^*$ ,  $\Delta T_1$  и повышенной утомляемости  $\Delta T_2^*$ ,  $\Delta T_2$  здоровых рабочих в %

$$\begin{aligned}T_1 &= \Delta T_1 + \Delta T_2, \\T_2 &= \Delta T_1^* + \Delta T_2^*\end{aligned}\quad (8)$$

где  $\Delta T_1^*$ ,  $\Delta T_1$  - трудовые потери вследствие повреждения слуха до и после применения методов снижения от шума;

$\Delta T_2^*$ ,  $\Delta T_2$  - трудовые потери вследствие заболеваемости до и после применения методов снижения от шума;

Значения  $T_1$  и  $T_2$ , найденные для значений  $L_1=95$  и  $L_2=85$  дБ (А), приведены в таблице 2.3 [5] и составляет соответственно 5,5% и 0,5%.

Заработная плата в течение 12 месяцев составляет  $Z=25\text{т.р.}\times 12=300\text{т.руб.}$ . Количество комбайнеров, работающих на одном комбайне,  $D=2$ .

Годовой экономический эффект, при уменьшении уровня шума на 10 дБ(А) за счет замены ЗРП вместо ЦП в приводе комбайна, составит

$$E_2 = (1,5 \cdot 2 \cdot 300000) / 100 \cdot (5 - 0,5) = 40500 \text{ руб.}$$

Тогда, общая экономическая эффективность при замене одной передачи

$$E_{\text{общ.}} = E_{\text{ед.}} + E_2 = 4628 + 40500 = 45128 \text{ руб.}$$

### Литература

1. Шогенов Б.В., Сабанчиев Х.Х., Юдин В.В. Источники шума в ЗРП и методы его снижения // Доклады АМАН. Т.3., №2. Н., 1998. С. 69-74.



2. Шогенов Б.В. Снижение уровня вибраций и шума в передачах с зацеплением гибкой связью сельскохозяйственных машин. Дис. на соискание степени к.т.н.-Нальчик, 2006. 181 с.
  3. Шогенов Б.В. Совершенствование привода выгрузного шнека бункера комбайна «Дон-1500». Информационный листок. №33-018- 02,2002.
  4. СТ СЭВ 1930-79. Шум Допустимые уровни на рабочих местах и общие требования к проведению измерений.
  5. Борьба с шумом на производстве: Справочник/ Под ред. Е.Я. Юдина-М.: Машиностроение, 1985. 400с.
  6. Воробьев Н.В. Цепные передачи.-4-е изд., испр. и доп.-М.: Машиностроение, 1968. 252с.
  7. Масленникова С.И. Исследование шума в цепных передачах.- В кн.: механические передачи: Цепные и зубчатый ремнем. М., 1971 . 98-109 с.
  8. Пушенко С.Л., Волкова Н.Ю., Стасева Е.В. Анализ и классификация методов идентификации производственного шума в стройиндустрии // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2157](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2157).
  9. Вилинов И.Е., Раздорский С.А., Смирнов Е.Б. Кабины кранов: экспериментальные исследования виброакустических характеристик // Инженерный вестник Дона, 2008, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2008/88](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2008/88).
  10. 誠福田。歯付きベルト駆動。本発明の特許。  
№51から35666。日本、1976年。
  11. Marsel S.B., Jules J.M. Courroie de transmission d'une structure composite. Le brevet pour l'invention. The patent for the invention. № 2218000. France, 1974.
-

## References

1. Shogenov B.V., Sabanchiev H.H., Judin V.V. Istochniki shuma v ZRP i metody ego snizhenija. Doklady AMAN. T.Z., №2. N., 1998. pp. 69-74.
  2. Shogenov B.V. Snizhenie urovnja vibracij i shuma v peredachah s zacepleniem gibkoj svjaz'ju sel'skhozjajstvennyh mashin.[ Reducing vibrations and noise in the gear engagement with a flexible coupling of agricultural machinery]. Dis. na soiskanie stepeni k.t.n. Nal'chik, 2006. 181 p.
  3. Shogenov B.V. Sovershenstvovanie privoda vygruznogo shneka bunkera kombajna «Don-1500». Informacionnyj listok. №33-018- 02, 2002.
  4. ST SJeV 1930-79. Shum Dopustimye urovni na rabochih mestah i obshhie trebovanija k provedeniju izmerenij [Noise Permissible levels in the workplace and the general requirements for measurement].
  5. Bor'ba s shumom na proizvodstve [Noise abatement in manufacturing]: Spravochnik Pod red. E.Ja. Judina-M.: Mashinostroenie, 1985. 400 p.
  6. Vorob'ev N.V. Cepnye peredachi [Chain transmission]. 4-e izd., ispr. i dop. M.: Mashinostroenie, 1968. 252 p.
  7. Maslennikova S.I. Issledovanie shuma v cepnyh peredachah. [ Noise chain drives]. V kn.: mehanicheskie peredachi: Cepnye i zubchatym remnem. M., 1971. pp. 98-109.
  8. Pushenko S.L., Volkova N.Ju., Staseva E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2157](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2157).
  9. Vilinov I.E., Razdorskij S.A., Smirnov E.B. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2008, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2008/88](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2008/88).
  10. 誠福田。歯付きベルト駆動。本発明の特許。  
№51から35666。日本、1976年。
  11. Marsel S.B., Jules J.M. Courroie de transmission d'une structure composite.
-



Le brevet pour l'invention. The patent for the invention. № 2218000. France, 1974.