УДК 621.85.056;62.178.1 DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-2-20-23

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПРИВОДНОЙ РОЛИКОВОЙ ЦЕПИ

Серёгин А.А.*,
канд. техн. наук, профессор;

Ламин В.А.,
инженер

Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета, п. Персиановский, Октябрьский район, Зерноград, Ростовская область, 346493, Российская Федерация, *e-mail: alexandrseriogin@mail.ru

Анализ узлов механических приводов сельскохозяйственной техники выявил относительно узкий спектр передач и узлов. В конструкциях зерноуборочных и кукурузоуборочных комбайнов в качестве механических приводов узлов и агрегатов в основном предусмотрены цепные передачи. В комбайнах Vector 425, Acros 585, Torum 780, выпускаемых на заводе компании «Ростсельмаш», используют приводные роликовые цепи. Износ их звеньев в процессе эксплуатации приводит к относительному удлинению среднего шага цепи и снижению надежности механического привода. Для повышения надежности привода предложили модернизированную приводную роликовую цепь. Внутри ее шарниров установлены вкладыши, образующие полость для размещения и удержания смазочного материала, что гарантирует непрерывную смазку контактирующих поверхностей цепной передачи в процессе эксплуатации. Провели сравнительные лабораторные исследования относительного удлинения среднего шага серийной и модернизированной цепей. Представили экспериментальные данные и зависимости относительного удлинения среднего шага цепей от продолжительности работы, которые аппроксимируются полиномом второй степени. Установили, что скорость относительного удлинения среднего шага серийной цепи превышает этот показатель модернизированной цепи в 2,17 раза. Предложенную модернизацию приводной роликовой цепи для выполнения требуемого набора функций без перераспределения между элементами и увеличения их функциональной нагрузки следует рассматривать как функциональное резервирование с целью повышения надежности привода механических систем сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: сельхозтехника, приводная роликовая цепь, относительное удлинение, скорость изнашивания, смазочный материал, функциональное резервирование.

Для цитирования: Серёгин А.А., Ламин В.А. Экспериментальная оценка износа модернизированной приводной роликовой цепи // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N3. С. 20-23.

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF WEAR OF MODERNIZED DRIVE ROLLER CHAIN

Seregin A.A.*, Cand. Sci. (Eng.);

Lamin V.A.

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Don State Agrarian University, set. Persianovsky, Oktyabrsky District, Zernograd, Rostov Region, 346493, Russian Federation, *e-mail: alexandrseriogin@mail.ru

Analysis of mechanical drives groups in agricultural machines identifies relatively narrow range of types of transmission and units. Chain transmission are mainly used as mechanical drive of assemblies and units in grain and corn harvesters designs. Transmission roller chains are used in Vector 425, Acros 585, Torum 780 harvesters produced by combine plant «Rostselmash». The links wear during operation leads to relative elongation of middle chain pitch and reduction of reliability of the mechanical drive. To improve the drive reliability the authors proposed upgraded roller drive chain. Inserts are placed inside the hinges and form cavity for accommodating and retaining the lubricant, which guarantees lubrication of contacting surfaces of chain transmission during operation. Comparative laboratory tests were carried out to study the relative elongation of the middle pitch of commercial and modernized chains. The authors presented experimental data and dependences of relative elongation of chains average pitch on the duration of the operation, which are approximated by second order polynomial. The speed of relative elongation of middle pitch of commercial chains is by 2.17 times more than of modernized one. The proposed modernization of the drive roller chain to perform the required set of functions without the redistribution between the elements and increase their functional load should be considered as functional redundancy

to increase the reliability of the drive in the mechanical systems of agricultural purposes.

Keywords: Agricultural machinery; Drive roller chain; Relative elongation; Wear rate; Lubricant; Functional redundancy.

For citation: Seregin A.A., Lamin V.A. Experimental assessment of wear of modernized drive roller chain. Sel'skohkozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2017; 3: 20-23. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-2-20-23 (In Russian)

Анализ состояния сельскохозяйственной техники в России показал, что более 60% машин и оборудования выработали свой срок службы и требуют повышенных затрат на поддержание их рабочего состояния. Количество зерноуборочных комбайнов по России уменьшилось в среднем в 5 раз. В особо плачевном состоянии находится оборудование для животноводства. Резкое сокращение производства продукции животноводства привело к снижению объемов поставляемого оборудования. При этом количество агрегатов для животноводческих ферм в некоторых регионах уменьшилось в целом по стране в 1,8 раза. Сложившееся положение усугубляется еще и тем, что значительно возросли нагрузки на технику. В 2015 г. они составили: на зерноуборочный комбайн – 327 га, на кукурузоуборочный комбайн – 817 га. В целом энергообеспеченность сельского хозяйства России крайне низка – всего 1,67 кВт/га. Это в 2-4 раза ниже, чем в развитых зарубежных странах [1].

Известно, что механические приводы сельскохозяйственных машин, в частности комбайнов *Vector 425*, *Acros 585*, *Torum 780*, относятся к системам многократного действия, для эксплуатации которых характерна периодичность. Срок службы машины в зависимости от ее типа колеблется в пределах 5-10 лет. Следовательно, расчетная долговечность привода и его составных частей должна составлять 450-2500 ч. Анализ узлов механических приводов сельскохозяйственной техники показал, что в данной отрасли применяется относительно узкий спектр передач и узлов, среди которых наибольшее распространение получили цепные передачи.

Для сельскохозяйственных нужд, в том числе и в сфере животноводства, широко используют приводные и тяговые роликовые цепи, которые эксплуатируют в довольно тяжелых условиях, что повышает износ их деталей, приводит к удлинению и разрыву цепи [2, 3]. Кроме того, смазка приводных роликовых цепей осуществляется периодически в процессе технического обслуживания машин и оборудования, а наличие абразивных частиц при эксплутации еще больше ухудшает условия работы механического привода, надежность которого в первую очередь будет определяться бесперебойной работой цепной передачи.

Для повышения надежности привода предложили модернизированную приводную роликовую цепь. Внутри ее шарниров установлены вкладыши, образующие полость для размещения и удержания смазочного материала, что гарантирует непрерывную смазку контактирующих поверхностей цепной передачи в процессе эксплуатации [4, 5].

Цель исследования – сравнительная экспериментальная оценка износа серийной и модернизированной цепей.

Материалы и методы. Проведены сравнительные лабораторные исследования серийной и модернизированной приводных роликовых цепей на стенде, конструкция которого выполнена по принципу замкнутого силового потока и имитирует максимально близкие эксплуатационные условия работы цепей с учетом их силовых и скоростных режимов. Принципиальная схема стенда представлена на *рисунке 1.* Достоинством данного стенда является то, что энергия приводного вала электродвигателя расходуется только на преодоление жесткости цепи, сил трения в испытываемых цепях и подшипниковых опорах.

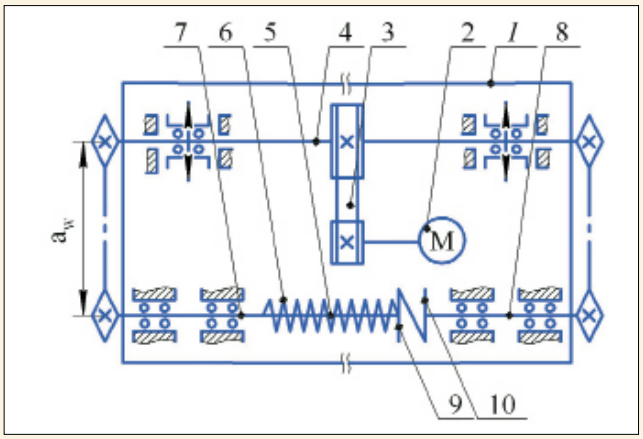

Рис. 1. Принципиальная схема стенда для испытания цепных передач:
1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – клиноременная передача; 4 – приводной вал; 5 – приводимый вал; 6 – нагружающее устройство; 7, 8 – левая и правая части вала; 9, 10 – диски муфты
Fig. 1. Schematic diagram of the test stand for chain drives:
1 – frame; 2 – electric motor; 3 – vee belt transmisssion; 4 – drive shaft; 5 – driven shaft; 6 – loading fixture; 7, 8 – left and right parts of a shaft; 9, 10 – clutch discs

Приводимый вал выполнен разъемным, состоящим из левой и правой частей, которые соединены между собой с помощью двух дисков муфты.

Для экспериментальной оценки износа серий-

ной и модернизированной цепей измеряли относительное удлинение среднего шага Δt цепей. В качестве объектов исследований были использованы приводные роликовые цепи с шагом t = 19,05 мм и числом зубьев ведомых и ведущих звездочек в обоих цепных контурах $z_1 = z_2 = 20$.

Относительное удлинение среднего шага цепей измеряли в соответствии с рекомендациями ГОСТ 13568-97 [6-8]. Для этого на исследуемых цепях отмечали три участка по 10 звеньев, равномерно распределенных по контуру. Перед измерением длины цепи хорошо промывали, после чего подвергали их воздействию нагрузки, равной по величине 1% от разрущающей. Участки цепей измеряли штангенциркулем ШЦ-I-300 с ценой деления по нониусу 0,05 мм, за результат принимали среднее значение измеренных участков. Измерение относительного удлинения среднего шага цепей проводили через каждые 50 ч работы стенда. Общая продолжительность исследований составила T =300 ч, что соответствует сезонной наработке зерноуборочных комбайнов. При необходимости проводили технический осмотр и техническое обслуживание цепных передач.

Результаты и обсуждение. На *рисунке 2* представлены результаты измерений относительного удлинения среднего шага серийной и модернизированной приводных роликовых цепей. Относительное удлинение среднего шага звеньев серийной цепи нарастает значительно быстрее, чем модернизированной. Следовательно, износ контактирующих поверхностей шарниров в серийной цепи протекает интенсивнее. Характер кривых свидетельствует об однотипности протекающих процессов и, соответственно, о возможности использования предлагаемых мероприятий для модернизации приводной роликовой цепи.

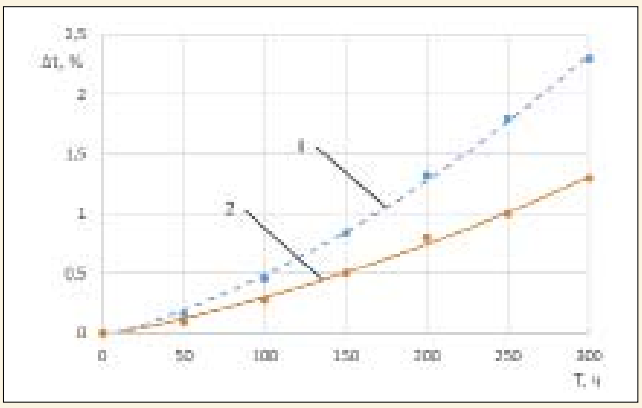

Рис. 2. Зависимость относительного удлинения среднего шага Δt звеньев цепей от продолжительности работы T: 1 – серийная цепь; 2 – модернизированная

Fig. 2. Dependence of relative elongation of an average pitch Δt in chains links on duration of operation T: 1 – commercial chain; 2 – modernized one

Обработав экспериментальные данные относительного удлинения среднего шага звеньев серийной и модернизированной цепей с помощью прикладных статистических приложений в таблицах (*analysis-excel*), получили зависимости относительного удлинения среднего шага цепей обеих передач от продолжительности работы T в виде полиномов второй степени:

– для серийной цепи:

$$\Delta t_{сер} = 1{,}3 \cdot 10^{-5} T^2 + 3{,}866 \cdot 10^{-3} T - 3{,}333 \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где $\Delta t_{сер}$ – относительное удлинение среднего шага серийной цепи, %;

T – продолжительность исследований, ч (коэффициент детерминации R^2 = 0,998);

– для модернизированной цепи:

$$\Delta t_{мод} = 0{,}6 \cdot 10^{-5} T^2 + 2{,}643 \cdot 10^{-3} T - 2{,}286 \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

где $\Delta t_{мод}$ – относительное удлинение среднего шага модернизированной цепи, % (коэффициент детерминации R^2 = 0,997).

Определим скорость относительного удлинения среднего шага цепей:

$$V_{\Delta t} = \frac{d\Delta t}{dT}, \quad (3)$$

где $V_{\Delta t}$ – скорость относительного удлинения среднего шага цепей, %/ч;

Тогда скорость отностельного удлинения среднего шага серийной цепи:

$$V_{\Delta t}^{сер} = 2{,}6 \cdot 10^{-5} T + 3{,}87 \cdot 10^{-5}, \quad (4)$$

а скорость отностельного удлинения среднего шага модернизированной цепи:

$$V_{\Delta t}^{мод} = 1{,}2 \cdot 10^{-5} T + 2{,}64 \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

Решая параметрически уравнения (4) и (5), получим:

$$V_{\Delta t}^{сер} = 2{,}17 \cdot V_{\Delta t}^{мод} - 1{,}86 \cdot 10^{-3}. \quad (6)$$

Учитывая, что свободный член в уравнении (6) значительно меньше единицы, им можно пренебречь. Тогда отношение скоростей относительного удлинения среднего шага цепей можно записать в виде:

$$\frac{V_{\Delta t}^{сер}}{V_{\Delta t}^{мод}} = 2{,}17. \quad (7)$$

Выводы. Модернизация серийной приводной роликовой цепи посредством вкладышей с выполненными на них вырезами, установленных между наружной поверхностью валика и внутренней поверхностью ролика, позволяет образовать в шарнире цепи полость для размещения и удержания смазочного материала, что гарантирует смазку кон-

тактирующих поверхностей цепной передачи при ее эксплуатации.

В процессе исследования подтверждена работоспособность представленной модернизированной цепной передачи и установлено, что скорость относительного удлинения среднего шага серийной приводной роликовой цепи в 2,17 раза выше, чем у модернизированной.

Предлагаемую модернизацию приводной роликовой цепи для выполнения требуемого набора функций без перераспределения между элементами и для увеличения их функциональной нагрузки следует рассматривать как реализацию функционального резервирования с целью повышения надежности привода механических систем сельскохозяйственного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев А.Т., Серёгин А.А. Повышение эффективности машин и оборудования за счтт их интервальной надtжности // Международный технико-экономический журнал. 2013. N6. С. 12-13.

2. Krishnakumar K.A., Arockia Selvakumar A. Review of failure analysis found in industrial roller chains. International Journal of ChemTech Research. 2015. Vol. 8, Issue 12: 598-603.

3. Gachet J.-M., Delattre G., Bouchard P.-O. Improved fracture criterion to chain forming stage and in use mechanical strength computations of metallic parts – Application to half-blanked components. Journal of Materials Processing Technology. 2015; 216: 260-277.

4. Пат. N101131 РФ. Приводная роликовая цепь / Попандопуло К.Х., Усов В.В., Ламин В.А. // Бюл. 2011. N1.

5. Ламин В.А. Приводная роликовая цепь сельскохозяйственного назначения // Сельскохозяйственная техника и технологии. 2011. N3. С. 34-35.

6. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Ахалая Б.Х. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина. М.: ВИМ. 2013. С. 127-130.

7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Основные направления разработки экологически эффективных технологий и технических средств для восстановления и реабилитации неиспользуемых деградированных сельхозугодий // В сборнике: Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин. 2009. С. 8-12.

8. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ. 2015. С. 10-14.

REFERENCES

1. Lebedev A.T., Seregin A.A. Improving the efficiency of machinery and equipment due to their reliability interval. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal*. 2013; 6: 12-13. (In Russian)

2. Krishnakumar K.A., Arockia Selvakumar A. Review of failure analysis found in industrial roller chains. *International Journal of ChemTech Research*. 2015. Vol. 8, Issue 12: 598-603. (In English)

3. Gachet J.-M., Delattre G., Bouchard P.-O. Improved fracture criterion to chain forming stage and in use mechanical strength computations of metallic parts – Application to half-blanked components. Journal of Materials Processing Technology. 2015; 216: 260-277. (In English)

4. Patent N101131 RF. Privodnaya rolikovaya tsep' [Driving roller chain]. Popandopulo K.Kh., Usov V.V., Lamin V.A. Byul. 2011. N1. (In Russian)

5. Lamin V.A. Drive roller chain for agricultural purposes. *Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika i tekhnologii*. 2011. N3. 34-35.

6. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A., Akhalaya B.Kh. Agrotechnical and ecological justification of efficiency (expediency) of use of bioactive technological ways of tillage in system of machine technologies for cultivation of lea and neglected fields. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Moscow: VIM. 2013: 127-130. (In Russian)

7. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Main directions of development of ecologically effective technologies and technical means for restoration and rehabilitation of not used degraded farmlands. Ekologicheskie aspekty proizvodstva produktsii rastenievodstva, mobil'noy energetiki i sel'skokhozyaystvennykh mashin: Sb. St. Petersburg: SZNIIMESKh, 2009. Vol. 2: 8-12. (In Russian)

8. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Relevance of development of perspective system of machinery and technologies for production of main types of agricultural production in the Russian Federation and Republic of Belarus. Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ch. 1. Moscow: VIM, 2015: 10-14. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.