

УДК 681.855.001

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ С ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ

SPECIAL MECHANICAL TRANSFERS WITH FLEXIBLE COMMUNICATION

Бережной Сергей Борисович
доктор технических наук, профессор,
Кубанский государственный
технологический университет

Скорюнов Антон Андреевич
аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
set@id-yug.com

Аннотация. Приведена классификация специальных цепных передач. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по цепным передачам с внутренним зацеплением. Разработаны методики расчета геометрических, силовых и динамических характеристик передачи. Разработана адекватная методика прогнозирования изнашивания втулочно-роликовой цепи в передачах с внутренним зацеплением. Представлены результаты экспериментальных испытаний редуктора с внутренним цепным зацеплением.

Ключевые слова: цепная передача, внутреннее цепное зацепление, звездочка, втулочно-роликовая цепь, интенсивность изнашивания.

Berezhnoy Sergey Borisovich
Dr. Sci. Tech., professor,
Kuban State University of
Technology

Skoryunov Anton Andreevich
postgraduate student,
Kuban State University of
Technology
set@id-yug.com

Annotation. Classification of special chain transfers is given. Results of theoretical and pilot studies on chain transfers with internal gearing are presented. Method of calculation of geometrical, power and dynamic characteristics of transfer are developed. The adequate technique of forecasting of wear of a vtulochno-roller chain in transfers with internal gearing is developed. Results of experimental tests of a reducer with internal chain gearing are presented.

Keywords: chain drive, internal engagement of chain, sprocket, bushing-roller chain, wear rate.

В последнее время все большее значение в технике приобретают вопросы, связанные с передачей энергии механизмами, имеющими высокую надежность, компактность, безотказность и универсальность в применении. К таким механизмам относятся специальные передачи с гибкой связью. Рассмотрим классификацию специальных цепных передач (рис. 1).

В данной статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по цепным передачам с внутренним зацеплением. Исследованию зубчато-цепных передач посвящены работы [2, 17–24].

На данный момент существует потребность в передачах, которые, во-первых, имели бы малые габариты, во-вторых, позволяли иметь разные направления вращения ведомых звеньев за счет разной обводки цепи звездочек, в-третьих, сохраняли бы при этом все достоинства традиционных цепных передач.

Передачи с гибкой связью с внутренним зацеплением, позволяют уменьшить металлоемкость и габариты создаваемых устройств, а в сравнении с применением зубчатых передач, снизить требования к точности монтажа, изготовления элементов передачи к жесткости рам.

Данный вид передач позволяет передавать крутящий момент с ведомого вала на ведущий в широком диапазоне передаточных отношений и межосевых расстояний, в том числе и при межосевых расстояниях близких или равных нулю.

Такие передачи могут применяться в машинах и оборудовании нефтегазовой отрасли, где работа передач связана с загрязнением, большими нагрузками, ограниченными габаритами и прерывистыми режимами работы, а также в транспортном и



Рисунок 1 – Классификация специальных цепных передач

сельхозмашиностроении, подъемно-транспортных устройствах, полиграфическом оборудовании и других отраслях промышленности. Кроме того эти передачи ремонтпригодны, легко заменить гибкий элемент — цепь, либо изготовить и заменить другой элемент редуктора. Данные цепные передачи при применении в цепных редукторах в разы дешевле зубчатых редукторов тех же параметров, тем самым их изготовление является экономически выгодным.

Анализ научной литературы показывает, что теоретические и экспериментальные исследования цепных передач с внутренним зацеплением (ЦПВЗ) практически отсутствуют: нет обоснований и решений вопросов о выборе профиля зубьев звездочек, геометрии внутреннего цепного зацепления, силового расчета передачи и способа изготовления ее элементов.

Учитывая актуальность внедрения цепных передач с внутренним зацеплением и отсутствие исследований в этой области, необходимо разработать теорию синтеза и анализа ЦПВЗ и провести экспериментальные исследования.

Цепная передача с внутренним зацеплением [1, 2, 6] состоит из ведущей звездочки 1 с внешними зубьями, ведомой звездочки 2 с внутренними зубьями, приводной роликовой цепи 6, направляющих роликов 4, 5 и шины 3, обеспечивающей зацепление цепи 6 с внутренними зубьями ведомой звездочкой 2 (рис. 2).

Специфичность цепной передачи с внутренним зацеплением состоит в том, что приводная роликовая цепь 6 входит в зацепление как с ведущей звездочкой 1 с внешними зубьями, так и с ведомой звездочкой 2 с внутренними зубьями. Два отклоняющих ролика 4 и 5 ограничивают угол обхвата цепью ведомой звездочки с внутренним зацеплением. Шина 3 поддерживает цепь. Конструкция передачи с внутренним зацеплением образует две ведущие и две ведомые ветви в цепном контуре.

При этом сохраняются достоинства традиционных цепных передач: отсутствие скольжения цепи по зубьям звездочки; малые силы, действующие на валы; высокий КПД.

Изготовление ведущей звездочки с внешними зубьями и ведомой звездочки с внутренними зубьями осуществляется по запатентованной методике [3, 4].

В целях проверки расчетных зависимостей и моделирования процесса нарезания звездочек цепной передачи с внутренними зубьями на основе математической модели была разработана компьютерная программа [5], состоящая из двух частей: первая (аналитическая) — позволяет производить расчет всех геометрических параметров эвольвентной звездочки по исходным величинам и силовых параметров передачи, вторая (графическая) — моделирует процесс нарезания зубьев.

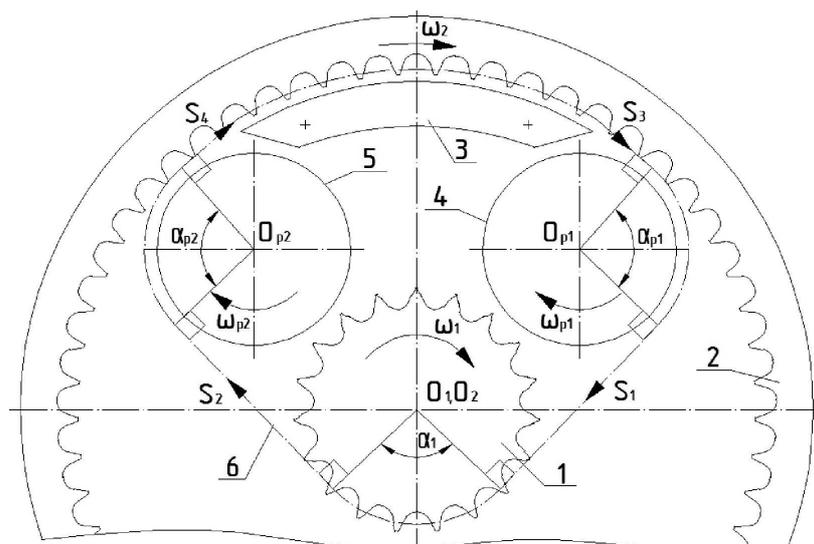


Рисунок 2 – Общая схема цепной передачи с внутренним зацеплением (ЦПВЗ).
Силы в контуре передачи

Графическое моделирование позволяет отображать на экране монитора весь процесс формообразования зубьев эвольвентных звездочек с внутренними зубьями и получать изображение их профилей в необходимом масштабе (рис. 3).

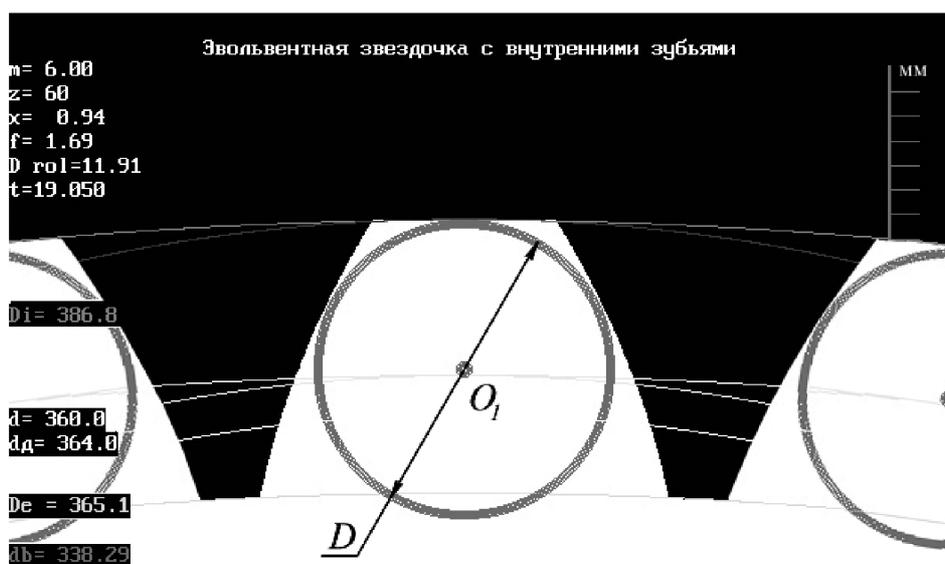


Рисунок 3 – Результат моделирования процесса нарезания эвольвентной звездочки с внутренними зубьями

Таким образом, разработанные математические модели, а также составленная на их базе компьютерная программа позволяют производить проверку расчетных геометрических параметров эвольвентных звездочек с внутренними зубьями и силовых параметров передачи, не проводя их изготовления.

Следующей важнейшей задачей проектирования цепных передач с внутренним зацеплением является расчет натяжений ветвей цепи и коэффициентов сцепления цепи с элементами передачи.

Помимо рабочей и холостой ветвей с натяжением S_1 и S_2 , которые присутствуют и в традиционной цепной передаче, цепная передача с внутренним зацеплением дополнительно содержит две короткие ветви с натяжением S_3 и S_4 между роликом и шиной (рис. 2). Данные короткие ветви S_3 и S_4 вносят существенные изменения в расчет данной цепной передачи, которые мы рассмотрим далее.

В ходе исследований была разработана методика силового расчета передачи, которая состоит из 5 этапов:

- 1) расчет натяжения рабочей ветви передачи и определение коэффициента сцепления цепи с ведущей звездочкой с внешними зубьями;
- 2) расчет коэффициентов сцепления цепи с направляющими роликами;
- 3) расчет натяжений коротких ветвей между роликами и шиной;
- 4) определение коэффициента сцепления цепи с ведомой звездочкой с внутренними зубьями и сил, действующих в зацеплении цепи с ведомой звездочкой;
- 5) объединение полученных данных и построение графика сил, действующих в цепном контуре передачи с внутренним зацеплением.

В таблице 1 и 2 приведены исходные данные для силового расчета цепной передачи с внутренним зацеплением.

В таблице 3 приведены данные полученные в результате силового расчета передачи. Подробное описание методики силового расчета представлено в работе [12].

Таблица 1 – Исходные данные для силового расчета цепной передачи

t, мм	z_1	z_2	u	P_1 , Вт	n_1 , об/мин	n_2 , об/мин	T_1 , Н·м	T_2 , Н·м	$V_{ц}$, м/с	F_t , Н
12,7	19	57	3	2000	640	213	30	90	2,57	777

Таблица 2 – Исходные данные для расчета сил действующих на шарниры цепи на ведомой звездочке

z_2	β_j	ξ'_j	ξ''_j	f	S_3 , Н	S_4 , Н	B_4	p	B_j
54	109.025°	86.84°	86.84°	0.1	704	16	43	11	1,37

Таблица 3 – Результаты расчета силовых характеристик передачи

Наименование параметра	Буквенное обозначение	Численное значение
Натяжение рабочей ветви	S_1	777
Коэффициент сцепления цепи с роликом 4	B_2	1,1878
Натяжение короткой ветви между роликом 4 и шиной	S_3	654
Коэффициент сцепления цепи с ведомой звездочкой z_2	B_4	32,87
Натяжение короткой ветви между шиной и роликом 5	S_4	19,9
Коэффициент сцепления цепи с роликом 5	B_3	1,1878
Натяжение холостой ветви	S_2	16,75
Коэффициент сцепления цепи с ведущей звездочкой z_1	B_1	46,38
Центробежная сила цепи	$S_{ц}$	4,97

На основании полученных данных произведем построение графика сил действующих на шарниры цепи в контуре передачи (рис. 4).

После расчета сил действующих в передаче переходим к расчету поперечных колебаний ведущей ветви передачи. Так как именно ведущая ветвь испытывает максимальные нагрузки в процессе работы передачи.

Специфичность цепной передачи состоит в том, что ее нормальная работа сопровождается такими циклическими возмущениями, как граненностью звездочек (расположением звеньев цепи на звездочки в виде граней многогранника) и их эксцентриситетом, соударением шарниров цепи о зубья ведущей звездочки в начальный момент зацепления.

Изнашивание приводной роликовой цепи в работающей передаче происходит непрерывно при перемещении звеньев по контуру передачи. При этом приращение среднего шага цепи Δt происходит в цепи вследствие относительных угловых перемещений в шарнире как в процессе входа в зацепление с зубом ведущей звездочки и выхода из зацепления с зубом ведомой звездочки звеньев цепи, так и при вынужденных поперечных колебаниях ветвей цепной передачи на участках между звездочками [8, 9].

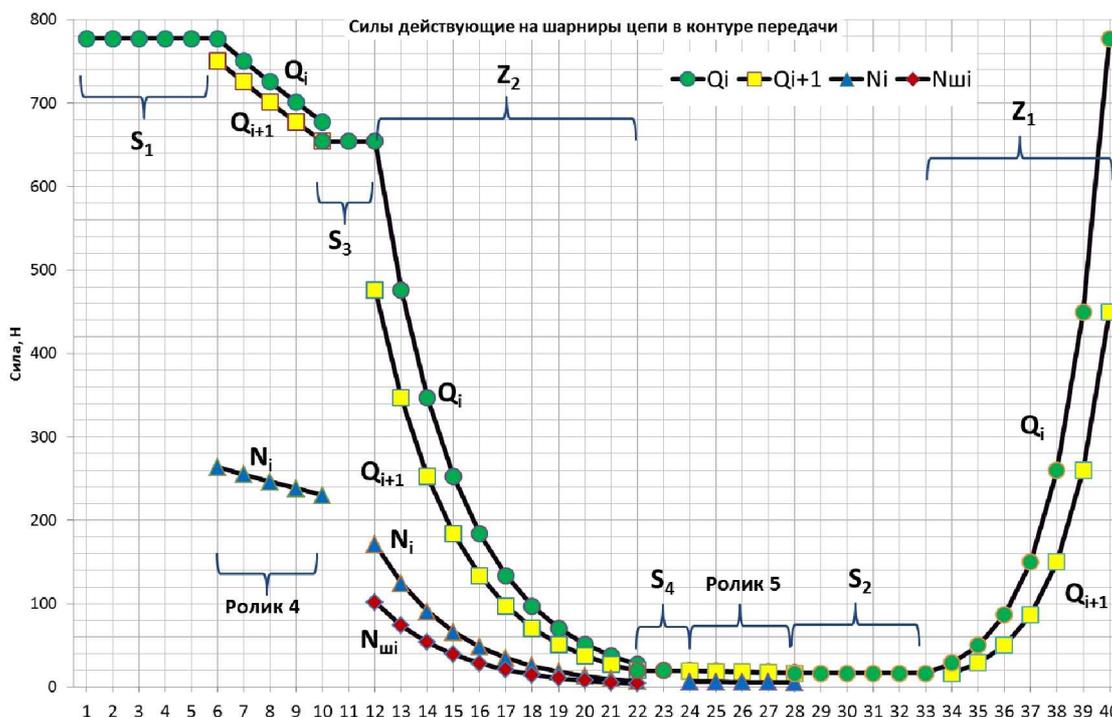


Рисунок 4 – График распределения усилий действующих на шарниры цепи в контуре передачи

Разработанный метод прогнозирования интенсивностей изнашивания приводных роликовых цепей в передачах с внутренним зацеплением основан на вероятностно-статистическом представлении процесса изнашивания.

Путь трения в шарнире за один оборот цепного контура обусловлен угловыми перемещениями в шарнире при входе и выходе из зацепления звеньев цепи со звездочкой (роликом) и суммарным угловым перемещением в шарнире в процессе пробега звеньев цепи по ветвям передачи между звездочками и роликами.

Траектория шарнира цепи поперечных колебаний второй ведущей ветви, обусловленных граненностью звездочек, описывает [10] уравнение

$$\begin{aligned}
 U_1(x) = & A_1 \cdot \frac{x}{L_2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{k1} \cdot \frac{\sin \frac{kz_1 \omega_1 a_2}{a_1^2 - v^2} \cdot x}{\sin \frac{kz_1 \omega_1 a_2}{a_2^2 - v^2} \cdot L_2} \cdot \cos kz_1 \omega_1 \left(\frac{x}{v} + \frac{v(x - L_2)}{a_2^2 - v^2} \right) + \\
 & + A_2 \cdot \frac{L_2 - x}{L_2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{k2} \cdot \frac{\sin \frac{kz_t \omega_p a_2}{a_1^2 - v^2} \cdot (L_2 - x)}{\sin \frac{kz_t \omega_p a_2}{a_2^2 - v^2} \cdot L_2} \cdot \cos kz_t \omega_p \left(\frac{x}{v} + \frac{\varphi_c}{\omega_p} + \frac{vx}{a_2^2 - v^2} \right),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $A_1 = \left(\frac{z_1}{\pi} - \text{ctg} \frac{\pi}{z_1} \right) \frac{t}{2}$, $A_2 = \left(\frac{z_t}{\pi} - \text{ctg} \frac{\pi}{z_t} \right) \frac{t}{2}$, $A_{k1} = \frac{t z_1}{\pi(1 - k^2 z_1^2)}$, $A_{k2} = \frac{t z_t}{\pi(1 - k^2 z_t^2)}$;

x, L_2 — перемещение шарнира вдоль ведущей ветви цепного контура и длина второй ведущей ветви; k — номер гармоники колебаний; z_1, z_t — число зубьев ведущей звездочки и число звеньев цепи на отклоняющем ролике по его окружности; ω_1, ω_p — угловая скорость ведущей звездочки и отклоняющего ролика; a и v — скорость распространения волны возмущения в ведущих ветвях и скорость движения цепи, $a_2 = \sqrt{\frac{F_1}{m}}$; F_1 — натяжение ведущей ветви; m — масса

1-го метра цепи; φ_c — угол сдвига фазы отклоняющего ролика относительно ведущей звездочки, $\varphi_c = \psi \frac{2\pi}{Z_p}$; ψ — коэффициент, учитывающий целое число звеньев в ветви цепного контура, $\psi = \frac{L_2 - nt}{t}$; t — шаг цепи.

Траектория шарнира цепи, полученная из уравнения (1) по следующим исходным данным: $z_1 = 19$, $R_2 = 37$ мм, $t = 12,7$ мм, $L_2 = 63,5$ мм, $\omega_1 = 66,9$ рад/с, $v = 2,57$ м/с, $a = 32,19$ м/с, представлена на рисунке 5.

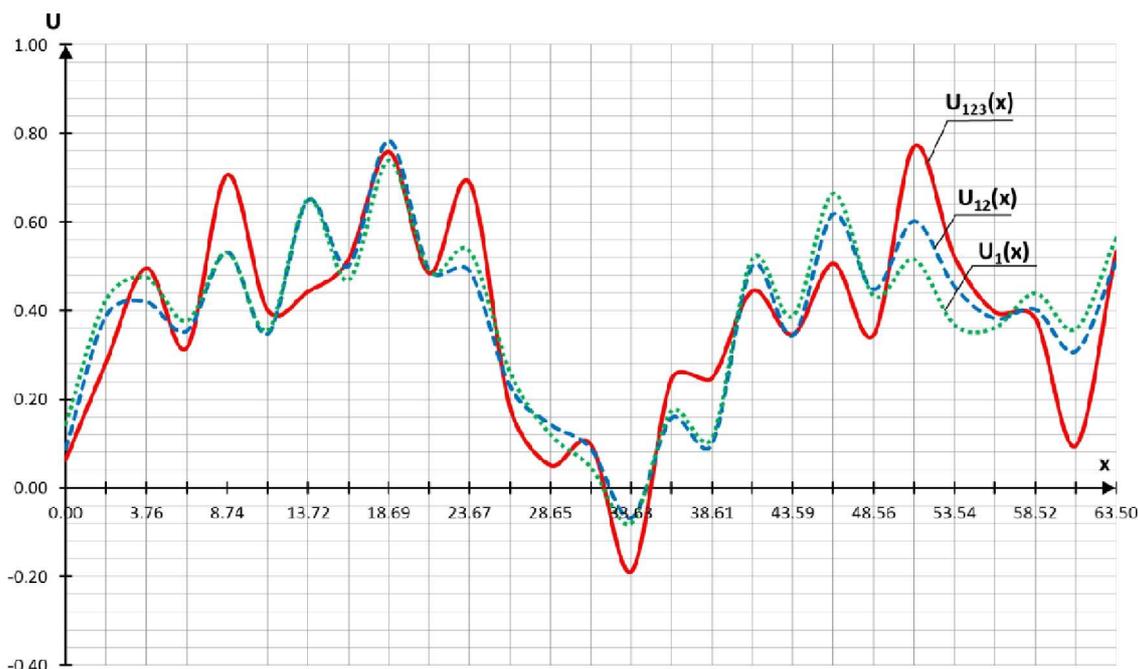


Рисунок 5 – Траектория движения шарнира цепи при поперечных колебаниях второй ведущей ветви передачи с внутренним зацеплением с номерами гармоник: $k = 1 (U_1(x))$, $k = 2 (U_{12}(x))$, $k = 3 (U_{123}(x))$

Используя уравнение траектории шарнира при поперечных колебаниях ветви (1), найдем угол φ_i относительного поворота валика и втулки в i -м шарнире при перемещении шарнира на один шаг из положения i в положение $i + 1$

$$\varphi_i = \frac{U_{2i+2} - 3U_{2i+1} + 3U_{2i} - U_{2i-1}}{t}, \quad (2)$$

где $U_{2i+2}, U_{2i+1}, U_{2i}, U_{2i-1}$ — ординаты $i + 2, i + 1, i, i - 1$ шарниров цепи, которые находятся [10] при подстановки в уравнение (1) расстояния $x_j = it$; i — порядковый номер шарнира цепи в ветви цепного контура, $i = 1, 2, \dots, n$.

На рисунке 6 график углового перемещения в шарнире цепи при его пробеге по второй ведущей ветви в процессе поперечных колебаний.

Угол поворота в шарнире (2) при поперечных колебаниях второй ведущей и третьей ведомой ветви, возмущенных граненностью звездочек, с учетом их симметрии составляет

$$\varphi_k = \sum_{i=1}^n \varphi_{i2\psi} + \sum_{i=1}^n \varphi_{i3\psi}. \quad (3)$$

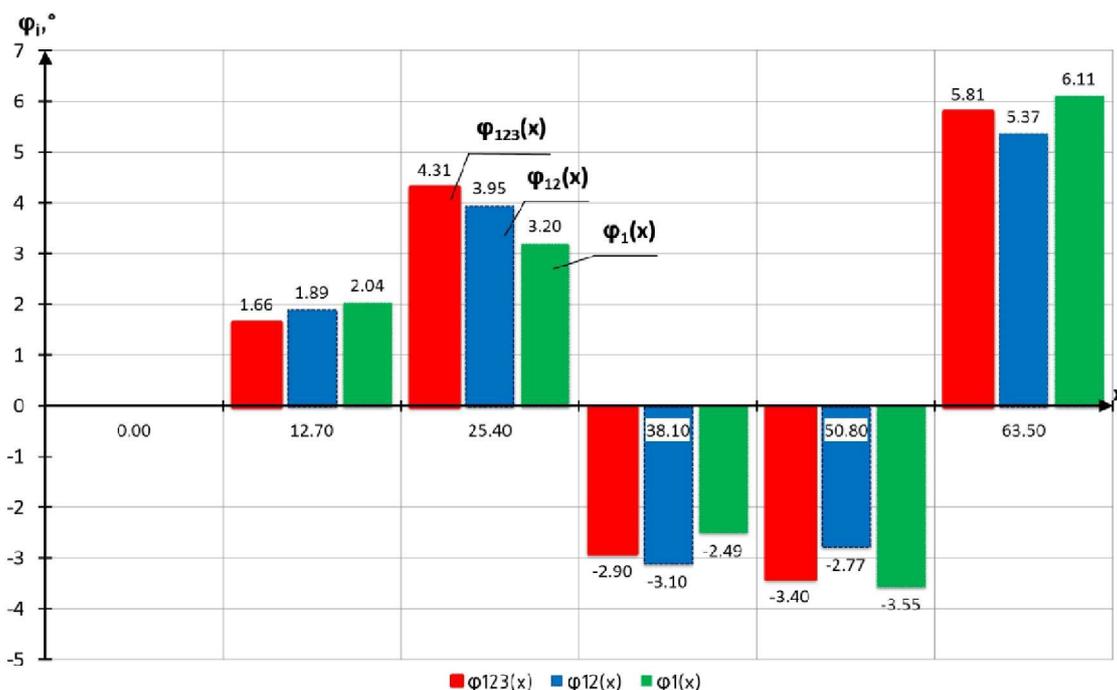


Рисунок 6 – График углового перемещения в шарнире цепи при его пробеге по второй ведущей ветви в процессе поперечных колебаний с номерами гармоник: $k = 1$ ($\varphi_1(x)$), $k = 2$ ($\varphi_{12}(x)$), $k = 3$ ($\varphi_{123}(x)$)

Таким образом суммарное угловое перемещение в шарнире за один пробег контура цепи с учетом (2) и (3) имеет вид

$$\varphi_{\Sigma} = \varphi_z + \varphi_k \quad (4)$$

За время работы T цепной передачи с внутренним зацеплением путь трения в шарнире составит

$$S_T = 1800 \frac{T v d_e \varphi_{\Sigma}}{W_{tk} t}, \quad (5)$$

где d_e — диаметр валика цепи; W_{tk} — количество звеньев в цепном контуре передачи.

Пример расчета.

Исходные данные следующей цепной передачи с внутренним зацеплением: тип цепи — ПР-12,7-18,2, $W_{kt} = 40$ звеньев, $z_1 = 19$, $z_2 = 57$, $v = 2,57$ м/с, $d_e = 4,45$ мм, $\overline{P}_1 = 2000$ Вт, $\overline{P}_2 = 2000$ Вт, $\overline{P}_3 = 43$ Вт, $\overline{P}_4 = 43$ Вт, $\eta = 0,97$, $K_d = 1,3$, $K_{ен} = 1,25$, $K_{вск} = 0,75$, $K_{есл} = 1,13$, $K_{всб} = 11,33$.

По приведенным данным построим график зависимости увеличения среднего шага приводной роликовой цепи от наработки в часах (рис. 7).

На рисунке 7 приведены зависимости увеличения среднего шага цепи от наработки для различных условий эксплуатации передачи рассчитанных по новой методике и по справочнику при картерной смазке.

Представленная новая модель прогнозирования изнашивания приводной роликовой цепи в передаче с внутренним зацеплением [13] разработана на вероятностно-статистической основе и учитывает достигнутый уровень качества (нормированную удельную интенсивность изнашивания), условия эксплуатации передачи, путь трения и давление в шарнирах цепи. Учет указанных факторов позволил прогнозировать износ цепи с отклонением от нормированной передачи при испытании на надежность в соответствии с технологическими условиями стандарта [15] на 17,95 %, что позволило увеличить точность расчета по сравнению со справочником [14] в 5 раз.

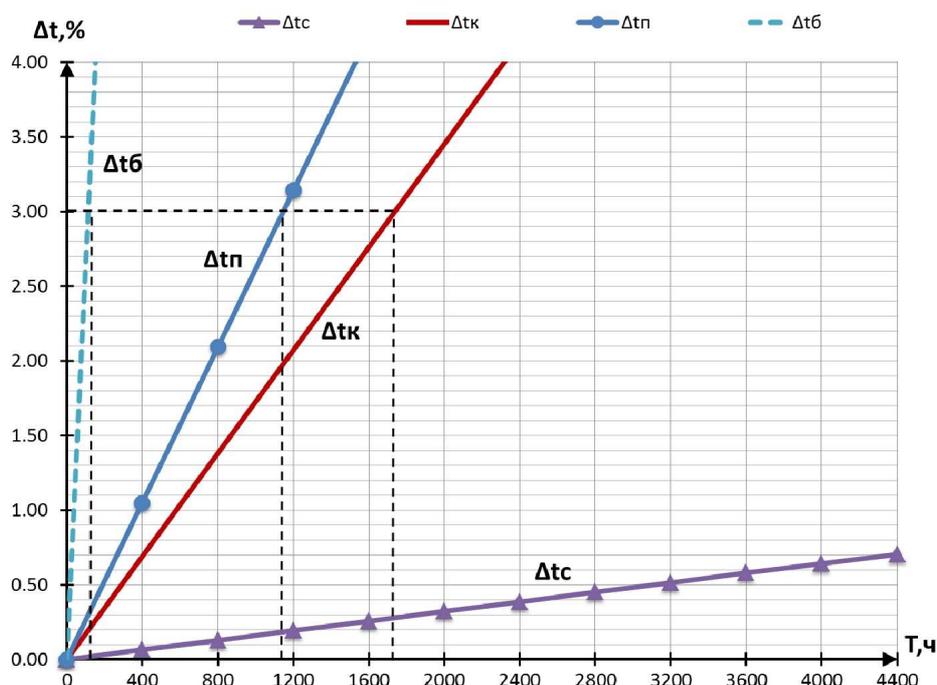


Рисунок 7 – График увеличения среднего шага приводной роликовой цепи:
 Δt_c — рассчитанный по справочнику (при картерной смазке);
 Δt_k — при картерной смазке; Δt_n — при периодической смазке; Δt_b — без смазки

Данная методика расчета долговечности цепи позволяет реально прогнозировать износ шарниров, что соответствует практике эксплуатации цепных передач, т.е. долговечность цепи (срок эксплуатации) сокращается в 5–6 раз.

В ходе работы был разработан редуктор с внутренним цепным зацеплением. Экспериментальные исследования данного редуктора проводились на испытательном стенде в испытательной лаборатории ОАО «Майкопский редукторный завод».

Замеры ведущей, ведомой звездочек и вспомогательных элементов передачи производились на координатно-измерительной машине CA7 ARM в лаборатории ООО «КЛААС».

Измерения втулочно-роликовой цепи производились с помощью измерительной системы для контроля действительных шагов цепи [16] в исследовательской лаборатории кафедры технической механики и гидравлики Кубанского государственного технологического университета. На рисунке 8 представлена функциональная схема и фотография измерительной системы.

Данная измерительная система состоит из шагомера, линейки, индуктивного датчика линейных перемещений («Калибр», модель 275), аналого-цифрового преобразователя АЦП L-264, кнопки «Запись» и ЭВМ.

Принципиальная схема и фотография шагомера представлена на рисунке 9.

После процедуры измерения полученные данные обрабатываются в программе Statistika. Результатом обработки данных является получение численных значений отклонения действительных шагов цепи по наружному и внутреннему звену от номинального значения (рис. 10).

Результаты измерений представлены на графике износа цепи (рис. 11).

На графике представлены результаты теоретических расчетов (прямая — «по Теории») и полученные в ходе экспериментальных испытаний (прямые — «Факт по внешнему звену»; «Факт по внутреннему звену»; «Факт среднее значение») цепной передачи с внутренним зацеплением. Из графика износа втулочно-роликовой цепи видно, что теоретическое значение износа цепи отличается от среднего значения износа, полученного в ходе эксперимента, не значительно и на границе допустимого износа (3 %) составляет всего 0,2 %. Это подтверждает адекватность представленной в работе модели прогнозирования износа втулочно-роликовой цепи в передаче с внутренним зацеплением.

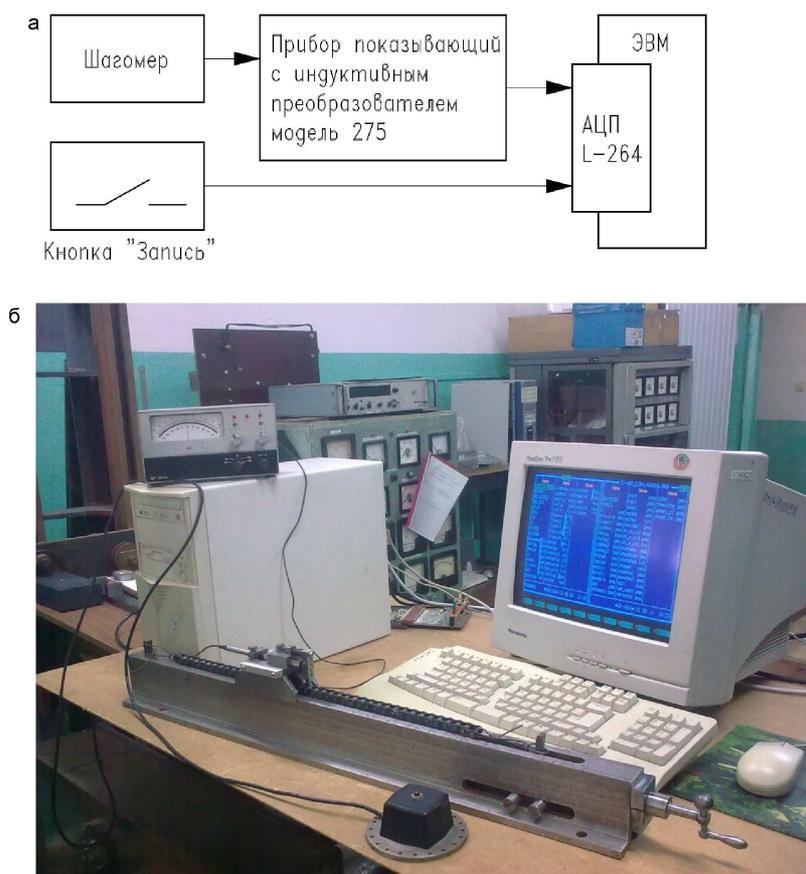


Рисунок 8 – Функциональная схема (а) и фотография (б) измерительной системы для контроля действительных шагов цепи

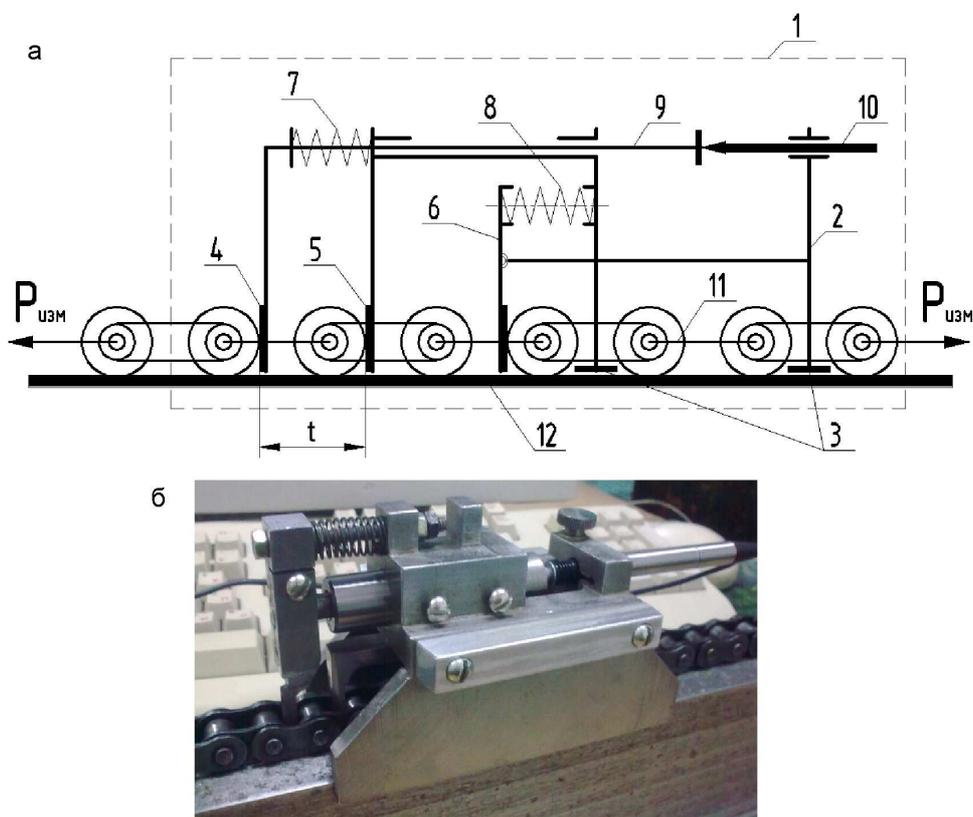


Рисунок 9 – Принципиальная схема (а) и фотография шагомера (б)

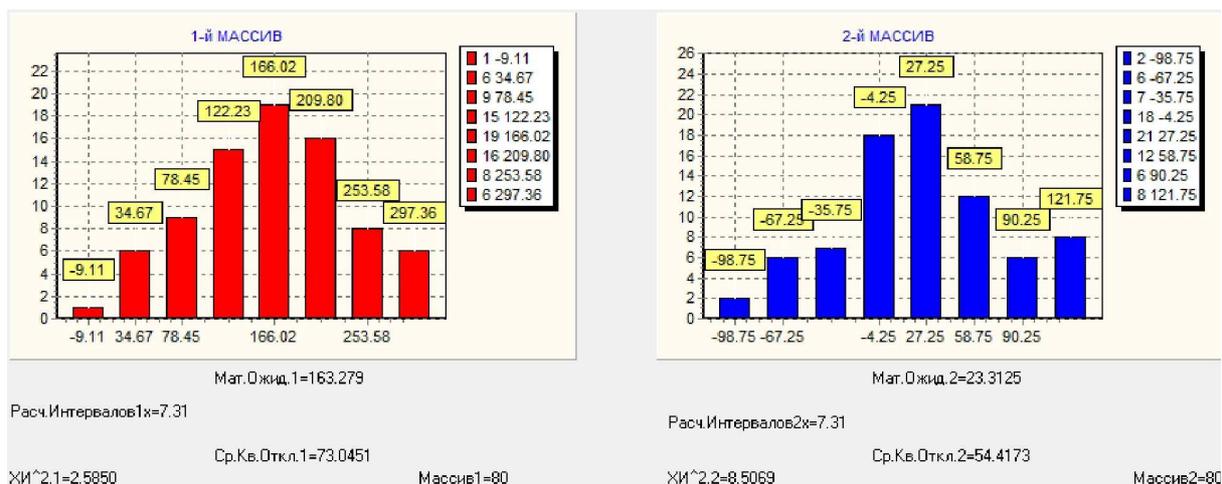


Рисунок 10 – Результаты обработки данных в программе Statistika

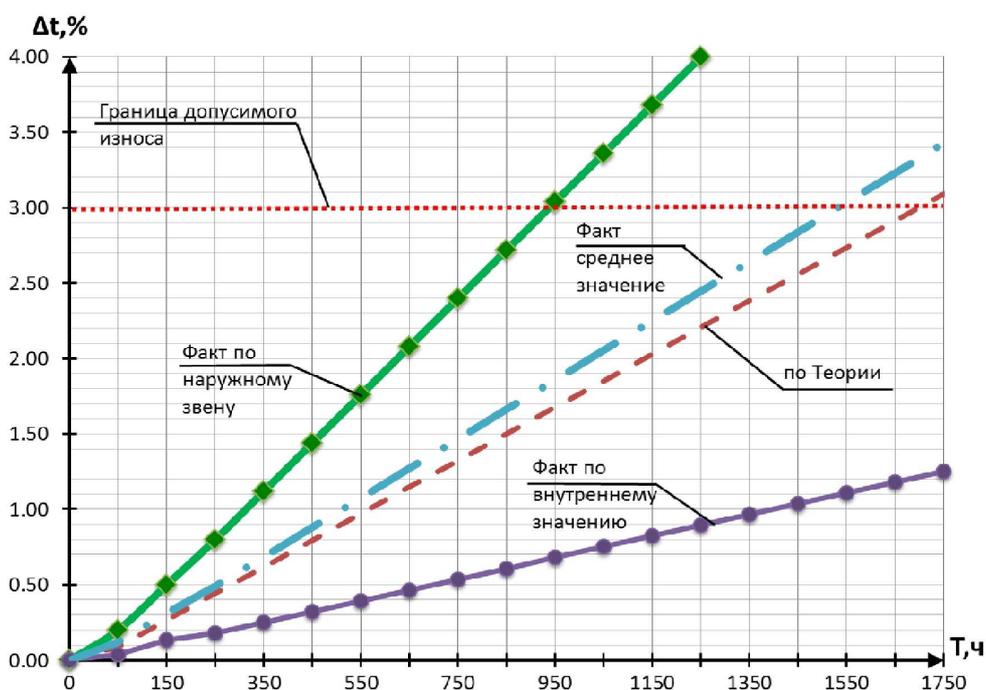


Рисунок 11 – График износа втулочно-роликовой цепи

Литература:

1. Пат. 141362 Российская Федерация, МПК F 16 Н 7/06. Цепная передача с внутренним зацеплением / Бережной С.Б., Пунтус А.В., Скорюнов А.А. ; Фед. гос. бюд. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ФГБОУ ВПО КубГТУ). – № 2013154819/11; заявл. 10.12.13; опубл. 24.04.14, Бюл. № 23. – 2 с.: ил.
2. Пат. 131438 Российская Федерация, МПК F 16 Н 37/02. Зубчато-цепная передача с внутренним цепным зацеплением / Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А., Скорюнов А.А., Курапов Г.В. ; Фед. гос. бюд. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ФГБОУ ВПО КубГТУ). – № 2013122154/11; заявл. 14.05.13; опубл. 20.08.13, Бюл. № 23. – 2 с.: ил.
3. Пат. 2110374 Российская Федерация, МПК B 23 F 1/06, F 16 Н 55/30. Способ изготовления эвольвентных звездочек / Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А., Пунтус А.В. ; Кубанский государственный технологический университет. – № 97108283.28 ; заявл. 20.05.97 ; опубл.10.05.98, Бюл. № 13. – 3 с.: ил.

4. Пат. 2243068 Российская Федерация, МПК7 В 23 F 5/16. Способ изготовления эвольвентных звездочек / Петрик А.А., Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А. ; Кубанский государственный технологический университет. – № 2003125198 ; заявл. 14.08.03 ; опубл.27.12.04, Бюл. № 36. – 4 с.: ил.
5. Бережной С.Б., Война А.А., Скорюнов А.А. Геометрическое и силовое моделирование зацепления втулочно-роликовой цепи с эвольвентной звездочкой с внутренними зубьями. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014614644; Кубанский государственный технологический университет. — № 2014612077; заявл. 12.03.14 ; опубл.05.05.14.
6. Бережной С.Б. Роликовые цепные передачи общемашино-строительного применения. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 242 с.
7. Бережной С.Б. Синтез и анализ роликовых цепных передач : Дис. ... д-ра. техн. наук. – Краснодар, 2004. – 431 с.
8. Глущенко И.П., Петрик А.А. Цепные передачи. – Киев : Техніка, 1973. – 104 с.
9. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М. : Машиностроение. – 1978. – Кн. 1. – 1978. – 400 с.; Кн. 2. – 1979. – 358 с.
10. Глущенко И.П., Петрик А.А., Метильков С.А. О поперечных колебаниях приводной роликовой цепи, обусловленных граненностью звездочек // Механические передачи: Сб. науч. тр. Вып. 73 / Краснодар. политехн. ин-т. – Краснодар, 1975. – С. 3–10.
11. Метильков С.А., Бережной С.Б., Бачалов И.А. Расчет работоспособности цепных передач // Вестник машиностроения. – 2010. – № 12. – С. 19–23.
12. Бережной С.Б., Скорюнов А.А. Силовое исследование цепной передачи с внутренним зацеплением для нефтегазового оборудования // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2013. – № 6. – С. 310–330. – URL : http://www.ogbus.ru/authors/BerezhnoySB/BerezhnoySB_1.pdf
13. Бережной С.Б. Прогнозирование изнашивания приводной роликовой цепи в специальных цепных передачах, работающих в машинах и оборудовании нефтегазового комплекса / С.Б. Бережной, С.А. Метильков, А.А. Скорюнов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – № 03 (097). – IDA [article ID]: 0971401080. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/80.pdf>, 1,125 усл. печ. л.
14. Готовцев А.А., Котенок И.П. Проектирование цепных передач: Справочник. – М. : Машиностроение, 1982. – 336 с.
15. ГОСТ 13568-97. Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 22 с.
16. Пат. 123512 Российская Федерация, МПК G01B 7/14. Система для измерения параметров цепи / Пунтус А.В., Мевша Н.В.; Фед. гос. бюд. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ФГБОУ ВПО КубГТУ). – № 2012112493/28; заявл. 30.03.12; опубл. 27.12.12, Бюл. № 36. – 2 с.: ил.
17. Бережной С.Б., Остапенко О.И., Скорюнов А.А.. Проектирование зубчато-цепной передачи // Сборник студенческих научных работ, отмеченных наградами на конкурсах / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2011.
18. Пат. 110440 Российская Федерация, МПК F 16 H 7/06. Зубчато-цепная передача / Бережной С.Б., Остапенко О.И., Понякин М.В., Скорюнов А.А. ; Гос. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ГОУ ВПО КубГТУ). – № 2011134905/11; заявл. 19.08.11; опубл. 20.11.11, Бюл. № 32. — 2 с.: ил.
19. Бережной С.Б., Остапенко О.И., Скорюнов А.А. Зубчато-цепная передача // Машиностроение : межвуз. сб. науч. ст. / ФГБОУ ВПО Кубан. гос. технол. ун-т.; под общ. ред. проф. С.Б. Бережного. — Краснодар : Издательский Дом – Юг. Вып. 4. – 2011. – С. 41–43.
20. Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А., Скорюнов А.А. Геометрический расчет зубчато-цепной передачи // Машиностроение : межвуз. сб. науч. ст. / ФГБОУ ВПО Кубан. гос. технол. ун-т.; под общ. ред. проф. С.Б. Бережного. – Краснодар : Издательский Дом – Юг. Вып. 4. – 2011. – С. 44–47.

21. Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А., Скорюнов А.А. Зубчато-цепные передачи с зубчатой цепью // Машиностроение: межвуз. сб. науч. ст. / ФГБОУ ВПО Кубан. гос. технол. ун-т.; под общ. ред. проф. С.Б. Бережного. – Краснодар : Издательский Дом – Юг. Вып. 4. – 2011. – С. 48–50.

22. Пат. 120477 Российская Федерация, МПК F 16 H 7/06. Зубчато-цепная передача / Бережной С.Б., Остапенко О.И., Война А.А., Скорюнов А.А., Курапов Г.В. ; Гос. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ГОУ ВПО КубГТУ). – № 2012124592/11; заявл. 14.06.12; опубл. 20.09.12, Бюл. № 26. – 2 с.: ил.

23. Пат. 2469229 Российская Федерация, МПК F 16 H 37/02, F 16 H 7/06. Зубчато-цепная передача / Бережной С.Б., Остапенко О.И., Понякин М.В., Скорюнов А.А. ; Гос. обр. уч. высшего проф. обр. «Кубанский гос. технологический университет» (ГОУ ВПО КубГТУ). – № 2011120967/11; заявл. 24.05.11; опубл. 10.12.12, Бюл. № 34. – 4 с.: ил.

24. Бережной С.Б. Зубчато-цепной привод / С.Б. Бережной, С.А. Метильков, А.В. Пунтус, А.А. Война, А.А. Скорюнов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – № 03 (097). – IDA [article ID]: 0971401083. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/83.pdf>, 0,750 усл. печ. л.

References:

1. Stalemate. 141362 Russian Federation, МПК F 16 H 7/06. Chain transfer with internal gearing / Berezhnoy S.B., Puntus A.V., Skoryunov A.A.; Fed. the state. bud. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (FGBOU VPO KUBGTU). – No. 2013154819/11; dec. 10.12.13; publ. 24.04.14, Bulletin No. 23. – 2 p.: silt.

2. Stalemate. 131438 Russian Federation, МПК F 16 H 37/02. Gear and chain transfer with internal chain gearing / Berezhnoy of S.B., Ostapenko O. I., War A.A., Skoryunov A.A., Kurapov G. V.; Fed. the state. bud. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (FGBOU VPO KUBGTU). – No. 2013122154/11; dec. 14.05.13; publ. 20.08.13, Bulletin No. 23. – 2 p.: silt.

3. Stalemate. 2110374 Russian Federation, МПК B 23 F 1/06, F 16 H 55/30. Way of production of evolvent asterisks / Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Voyna A.A., Puntus A.V.; The Kuban state technological university. – No. 97108283.28; dec. 20.05.97; publ. 10.05.98, Bulletin No. 13. – 3 p.: silt.

4. Stalemate. 2243068 Russian Federation, МПК B 23 F 5/16. Way of production of evolvent asterisks / Petrik A.A, Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Voyna A.A.; Kuban state technological university. – No. 2003125198; dec. 14.08.03; publ. 27.12.04, Bulletin No. 36. – 4 p.: silt.

5. Berezhnoy S.B., Voyna A.A., Skoryunov A.A. Geometrical and power modeling of gearing of a vtulochno-roller chain with an evolvent asterisk with internal teeths. Certificate on the state. registration of the computer program No. 2014614644; Kuban state technological university. — No. 2014612077; dec. 12.03.14; publ. 05.05.14.

6. Berezhnoy S.B. Roller chain transfers of obshchemashino-construction application. – M. : Publishing house of MGTU of N.E. Bauman, 2004. – 242 p.

7. Berezhnoy S.B. Synthesis and analysis of roller chain transfers : Dis. ... Drs. tech. sciences. – Krasnodar, 2004. – 431 p.

8. Glushchenko I.P., Petrik A.A. Chain transfers. – Kiev : Tekhnika, 1973. – 104 p.

9. Friction, wear and greasing: Reference book. In 2 books / Under the editorship of I.V. Kragelsky, V.V. Alisin. – M. : Mechanical engineering. – 1978. – Book 1. – 1978. – 400 p.; Book 2. – 1979. – 358 p.

10. Glushchenko I.P., Petrik A.A., Metilkov S.A. About the cross fluctuations of a driving roller chain caused by a granenost of asterisks // Mechanical transfers: collection of scientific works. Vyp. 73 / Krasnodar. politech. in-t. – Krasnodar, 1975. – P. 3–10.

11. Metilkov S. A., Berezhnoy S.B., Bachalov I.A. Calculation of operability of chain transfers // Messenger of mechanical engineering. – 2010. – No. 12. – P. 19–23.

12. Berezhnoy S.B., Skoryunov A.A. Power research of chain transfer with internal gearing for the oil and gas equipment // the Electronic scientific magazine «Oil and Gas

Business». – 2013. – No. 6. – P. 310–330. – URL : http://www.ogbus.ru/authors/BerezhnoySB/BerezhnoySB_1.pdf

13. Berezhnoy S.B. Forecasting of wear of a driving roller chain in the special chain transfers working in cars and the equipment of an oil and gas complex / S.B. Berezhnoy, S.A. Metilkov, A.A. Skoryunov // the Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU) [An electronic resource]. – Krasnodar : KubSAU, 2014. – No. 03 (097). – IDA [article ID]: 0971401080. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/80.pdf>, 1,125 cond. print. p.

14. Gotovtsev A.A., I.P's Kitten. Design of chain transfers: Reference book. – M. : Mechanical engineering, 1982. – 336 p.

15. GOST 13568-97. Chains driving roller and vtulochny. General specifications. – M. : Publishing house of standards, 2000. – 22 p.

16. Stalemate. 123512 Russian Federation, MPK G01B 7/14. System for measurement of parameters Chain / Puntus A.V., Mevsha N.V.; Fed. the state. bud. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (FGBOU VPO KUBGTU). – No. 2012112493/28; dec. 30.03.12; publ. 27.12.12, Bulletin No. 36. – 2 p.: silt.

17. Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Skoryunov A.A. Design of gear and chain transfer // Collection of the student's scientific works noted by awards on competitions / Kuban. the state. tech. un-t. – Krasnodar : Prod. KubSTU, 2011.

18. Stalemate. 110440 Russian Federation, MPK F 16 H 7/06. Gear and chain transfer / Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Ponyakin M.V., Skoryunov A.A.; State. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (Public Educational Institution of Higher Professional Training to KUBGTU). – No. 2011134905/11; dec. 19.08.11; publ. 20.11.11, Bulletin No. 32. — 2 p. : silt.

19. Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Skoryunov A.A. Gear and chain transfer // Mechanical engineering: interhigher education institution. Collection of scientific works / FGBOU VPO Kuban. the state. tech. un-t.; under a general edition of the prof. S.B. Berezhnoy. — Krasnodar : Publishing house – the South. Vyp. 4. – 2011. – P. 41–43.

20. Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Voyna A.A., Skoryunov A.A. Geometrichesky calculation of gear and chain transfer // Mechanical engineering: interhigher education institution. Collection of scientific works / FGBOU VPO Kuban. the state. tech. un-t.; under a general edition of the prof. S.B. Berezhnoy. – Krasnodar : Publishing house – the South. Vyp. 4. – 2011. – P. 44–47.

21. Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Voyna A.A., Skoryunov A.A. Gear and chain transfers with a gear chain // Mechanical engineering: interhigher education institution. Collection of scientific works / FGBOU VPO Kuban. the state. tech. un-t.; under a general edition of the prof. S.B. Berezhnoy. – Krasnodar : Publishing house – the South. Vyp. 4. – 2011. – P. 48–50.

22. Stalemate. 120477 Russian Federation, MPK F 16 H 7/06. Gear and chain transfer / Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Voyna A.A., Skoryunov A.A., Kurapov G.V.; State. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (Public Educational Institution of Higher Professional Training to KUBGTU). – No. 2012124592/11; dec. 14.06.12; publ. 20.09.12, Bulletin No. 26. – 2 p.: silt.

23. Stalemate. 2469229 Russian Federation, MPK F 16 H 37/02, F 16 H 7/06. Zubcha-to-tsepnaya Transfer / Berezhnoy S.B., Ostapenko O.I., Ponyakin M.V., Skoryunov A.A.; State. ed. inst. the highest prof. ed. «The Kuban state. technological university» (Public Educational Institution of Higher Professional Training to KUBGTU). – No. 2011120967/11; dec. 24.05.11; publ. 10.12.12, Bulletin No. 34. – 4 p.: silt.

24. Berezhnoy S.B. Gear and chain drive / S.B. Berezhnoy, S.A. Metilkov, A.V. Puntus, A.A. Voyna, A.A. Skoryunov // Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (Scientific magazine of KUBGAU) [An electronic resource]. – Krasnodar : KubSAU, 2014. – No. 03 (097). – IDA [article ID]: 0971401083. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/83.pdf>, 0,750 cond. print. p.