

7. Aleksandrov A.A., Evstifeev V.V. Opredelenie tehnologi-cheskikh parametrov pri poperechno-prjamom vydav-livanii stakanov [Defining technological parameters for extrusion direct cross-cup]. *Prikladnye zadachi mehaniki*, Omsk: Izd-vo OmGTU, 2003. pp. 41 – 44.

8. Bajkov S.P. *Novye tehnologicheskie pro-cessy proizvodstva sharikov: Obzor*. [New technological processes for the production of bulbs: Overview]. Moscow, NII-TAVTOPROM, 1968. 27 p.

9. Kokoulin, V.P., Loskutov V.A., Mokrousov R.A. *Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa i povysenie stojkosti instrumenta holodnoj ob'emnoj shtampovki sharikov* [Improvement of the process and increasing the tool life of cold forging balls]. *Otchet po NIR*, № 24, OmPl. Gos. registracija № 740430058. 26 p.

10. Averkiv Ju.A. *Holodnaja shtampovka: Formoizmenjajushhie operacii* [Cold pressing: shaping operations]. Rostov – na Donu: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1984. 288 p.

11. Aleksandrov A.A., Evstifeev V.V., Lobas V.N., Ignatovich I.A. A.s. no 1355339 (SSSR). *Sposob formovki flancev na poloj cilindricheskoj detali* [The method of molding the flange on the hollow cylindrical member]. 1987.

12. Podkolzin G.N., Evstifeev V.V. Metodika postroeniya geo-metrii instrumenta pri holodnom vydavlivanii konicheskikh stakanov [The method of constructing the geometry of the tool during the cold extrusion conical cup]. *Kuznechno-shtampovnoe proizvodstvo*, 1976, no 3. pp. 11 – 13.

13. *Holodnaja ob'emnaja shtampovka stal'nyh detalej v avtomobil'noj promyshlennosti*. RTM37. 002. 0098.-83. [Cold forging steel parts in the automotive

industry. RTM37. 002. 0098.-83]. Moscow, NIITAvtoprom, 1984. 101 p.

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер ОПО «Иртыш» (644060, ул. Гуртьева, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Александров Александр Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Evstifeev Aleksandr Vladislavovich Russian Federation, Omsk) – engineer of OPO «Irtys» (644060, Gyrtvea, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Alexandrov Alexander Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Building structure" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Evstifeev Vladislav Victorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Automobiles, construction materials and technologies", of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

УДК 621.83.061

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕДУКТОРА КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ю.В. Ремизович

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье предложена и обоснована конструкция редуктора с переменным передаточным числом. Редуктор позволяет производить разгон и движение крана (тележки) с тремя скоростями с плавным переключением передач. Муфты встроены в зубчатые колеса. Конструкция компактная, простая и надежная. Обеспечено снижение динамических нагрузок, раскачивание груза. В качестве прототипа муфт принята обгонная муфта с цилиндрическими роликами. В предложенном редукторе муфты содержат конические ролики.

Ключевые слова: редуктор, муфта, передача, скорость.

Введение

Все крановые механизмы содержат редуктор. В зависимости от типа крана и механизма редуктор может быть одно-, двух или трехступенчатым, т.е. иметь от одной до трех пар зубчатых колес. Каждая пара зубчатых колес имеет постоянное передаточное число,

как и редуктор в целом. Для управления (изменения) скоростей рабочих операций: передвижения крана, тележки используют тиристорный электропривод, работа которого сопровождается преобразованием электроэнергии, что приводит к потерям.

Постановка задач

Исходя из изложенного, следует признать актуальным разработку редуктора с регулируемым передаточным числом. Такой редуктор позволит управлять скоростями рабочих операций средствами механики с использованием обычного промышленного электропривода.

Попытки создания редукторов с переменным передаточным числом предпринимались неоднократно [1, 2].

К наиболее близким по технической сущности к редукторам с регулируемым передаточным числом могут быть отнесены планетарные коробки перемены передач (КПП) транспортных средств (ТС), в том числе автоматические (АКПП) [3, 4].

Для переключения передач в КПП используют фрикционные муфты и тормозы по три указанных элемента на каждой передаче. Для управления муфтами и тормозами используют гидропривод (кольцевые гидроцилиндры) или электропривод [4, 5].

В КПП легковых автомобилей используют неуправляемые роликовые обгонные муфты одностороннего действия.

КПП ТС непригодны для использования в приводах крановых механизмов, т.к. они не могут обеспечить возвратно-поступательное движение крана (тележки).

Решение задач

Кинематическая схема предлагаемого редуктора изображена на рис.

Редуктор содержит входной вал 1, на котором закреплена шестерня 2, находящаяся в зацеплении с зубчатым колесом 4, закрепленном на валу 3. На валу 3 закреплены шестерни 5, 6 и 7, находящиеся в зацеплении с колесами 8, 9 и 10. Упомянутые зубчатые колеса 8 – 10 закреплены на выходном валу 11. В каждое колесо 8, 9, 10 встроены муфты 12, 13 и 14 соответственно. Каждая из упомянутых муфт управляется механизмами 15, 16, 17 переключения передач. Конструкции встроенных муфт и механизмов переключения передач описаны в работе [6].

Редуктор содержит (см. слева направо) четыре зубчатых пары (ступени) с передаточными числами U_1 , U_2 , U_3 , U_4 .

Следовательно, передаточные числа $U_{п1}$, $U_{п2}$, $U_{п3}$ передач будут: на первой

$U_{п1} = U_1 \cdot U_2$; на второй – $U_{п2} = U_1 \cdot U_3$; на третьей – $U_{п3} = U_1 \cdot U_4$.

В наибольших масштабах используются мостовые краны грузоподъемностью $Q = 20 - 25$ тонн. Скорости перемещения указанных кранов и их тележек находятся в диапазоне $0,5 - 1,5$ м/с [1]. При пуске (разгоне) крана (тележки) происходит раскачивание груза и динамические воздействия на металлоконструкцию, сокращающие срок ее работы. Поэтому, необходим плавный пуск (разгон) крана (тележки) с ускорением a не более $0,2$ м/с². Обеспечить данные условия возможно при соответствующем переключении передач в предлагаемом редукторе.

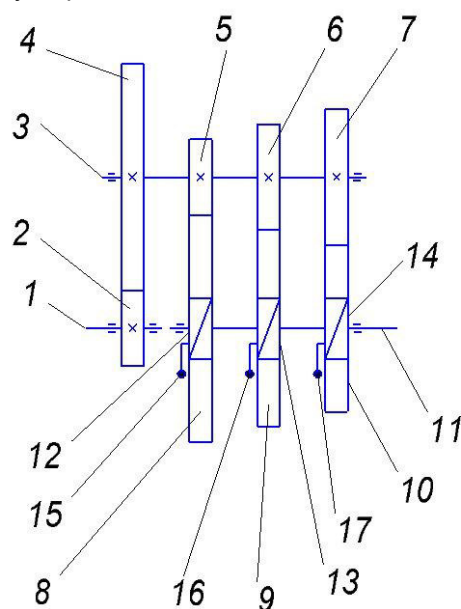


Рис. 1. Кинематическая схема редуктора

Передаточное число $U_{п}$ передачи для указанного диапазона скоростей v крана (тележки) можно определить по формуле

$$U_{п} = \pi D n_1 / 60 v,$$

где D – диаметр (м) ходового колеса крана (тележки); n – частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹.

Приняв $D = 0,25 - 0,32$ м; $n_1 = 1000 - 1500$ мин⁻¹ и исходя из стандартного ряда передаточных чисел редуктора 2,5; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0 можно предложить разбивку передаточных чисел по ступеням и итоговые скорости перемещения крана (тележки) – см. таблицу.

Таблица 1 – Параметры редуктора и крана (тележки)

Передача	Ступень				Передаточное число	Частота вращения колеса, мин ⁻¹	Скорость крана (тележки). м/с
	1	2	3	4			
1 – я	+	+	–	–	32	30	0,4
2 – я	+	–	+	–	16	60	0,8
3 – я	+	–	–	+	10	100	1,4

Знак «+» муфта включена; знак «–» выключена.

Передаточное число U_1 первой ступени желательно иметь наименьшим. Но при трех передачах это неосуществимо. Вероятен вариант редуктора с муфтами в шестернях, но это неизбежно повлечет искусственное увеличение размеров зубчатых передач.

Для первой ступени редуктора может быть рекомендовано косозубое зацепление; для остальных трех – шевронное. При шевронном зацеплении осевая сила $R_a = 0$; радиальная $F_r = 2T \tan \alpha_{tw} / d_w$, где T – вращающий момент; α_{tw} – начальный диаметр зубчатых колес. Радиальную силу F_r можно выразить через параметры тел качения [7]

$$F_r = k z d_p \ell_p \cos \beta,$$

где k – численный коэффициент, характеризующий статическую стойкость муфты ($k = 2,2$) [7]; z – количество тел качения; d_p и ℓ_p – диаметр и длина тел качения; β – угол контакта тел качения с поверхностями полумуфт.

Обгонная муфта с цилиндрическими роликами имеет сходство с предложенной конструкцией муфты. На ролик обгонной муфты действуют силы: нормальная F_N и касательная F_T [8], при этом

$$F_N = \frac{2T \tan(\alpha/2)}{zD},$$

где α – угол заклинивания ($\alpha \cong 5^\circ$); D – диаметр поверхности наружной полумуфты.

Зная силу F_N , можно определить контактные напряжения σ_k , возникающие на линии контакта ролика с поверхностью

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{2F_N E}{d_p \ell_p}},$$

где E – модуль нормальной упругости.

Величина σ_k может составлять 900 – 1200 МПа (большие значения при работе муфты в режиме тормоза).

Выводы

Привод механизмов переключения передач 15 и 16 может быть объединен: при выключении муфты 12 в течение 0,5 с включается муфта 13 с необходимым «перекрытием» [4], т.е. когда одна муфта еще не выключилась, а вторая включается, что способствует плавности движения крана (тележки). Для включения (выключения) муфты достаточно перемещение втулки на ~0,5 мм. При значительных моментах ($T > 1$ кНм) возможно двухрядное или четырехрядное расположение роликов. При трехвальном исполнении возможна разработка редуктора с 4 – 6 передачами, в том числе КПП ТС, более компактная, чем современные планетарные КПП ТС.

Библиографический список

1. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.: ил.
2. Ремизович, Ю.В. Редуктор с изменяемым передаточным числом для крановых механизмов / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 3 (37). – С. 22 – 26.
3. Румянцев, Л.А. Новые планетарные коробки перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 6. С. 40 – 44.
4. Румянцев, Л.А. Устройства управления планетарной коробкой перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 11. – С. 31 – 35.
5. Пат. 2527415 Российская Федерация, МПК F16H6/26 Система автоматизированного переключения передач в механической КПП / Ю.Е. Хрящев. Оpubл. 27.08.14. Бюл. № 4.
6. Ремизович, Ю.В. Механизм переключения передач в редукторе / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 6 (46). – С. 29 – 31.
7. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Р.М. Шнейдерович. – М.: Машиностроение, 1966. – 616 с.
8. Добровольский, В.А. Детали машин / В.А. Добровольский [и др.]. – М.: Машгиз, 1959. – 581 с.

References

1. Vajnsen A.A. *Pod'emno-transportnye mashiny* [Hoisting-and-transport cars]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 536 p.
2. Remizovich Ju.V. Reduktor s izmenjaemym peredatochnym chislom dlja kranovyh mehanizmov [Reducer with variable gear-ratio for crane mechanisms]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37). pp. 22 – 26.
3. Rumjancev L.A. Novye planetarnye korobki peremeny peredach [New planetary box changes gear]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 6. pp. 40 – 44.
4. Rumjancev L.A. Ustrojstva upravlenija planetarnoj korobkoj peremeny peredach [The control Device, planetary gearbox changes gear]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 11. pp. 31 – 35.
5. Hrushchev Ju.E. Sistema avtomatizirovannogo pereklyuchenija peredach v mehanicheskoy KPP [System of the automated gear shifting in manual transmission]. Pat. RF, no 2527415
6. Remizovich Ju.V. Mechanizm pereklyuchenija peredach v reduktore [The mechanism of a gear change in the reducer]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 6 (46). pp. 29 – 31.
7. Birger I.A., Shorr B.F., Shneiderovich R.M. *Raschet na prochnost' detalej mashin* [Calculation on durability of details of cars]. Moscow, Mashinostroenie, 1966. 616 p.

8. Dobrovol'skij V.A. *Detali mashin* [Details of cars]. Moscow, Mashgiz, 1959. 581 p.

RESULTS OF IMPROVEMENT OF THE REDUCER CRANE MECHANISMS

Y.V. Remizovich

Abstract. In this article the reducer design with variable transfer number is offered and proved. The reducer allows to make dispersal and the movement of the crane (cart) with three speeds with smooth gear shifting. Couplings are built in cogwheels. Design compact, simple and reliable. Decrease in dynamic loadings, rocking of freight is provided. As a prototype couplings accepted way clutch cylindrical roller. The proposed clutch gearbox comprise tapered rollers.

Keywords: reducer, coupling, transfer, speed.

Ремизович Юрий Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Подъемно-транспортные машины и гидропривод ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: remizovich_uv@sibadi.org).

Remizovich Y. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor Hoisting-and-transport cars and a hydraulic actuator of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: remizovich_uv@sibadi.org).

УДК 625

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОУДАРНЫХ УСТРОЙСТВ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

И.А. Семенова

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье представлены результаты работы по определению основных конструктивных и энергетических особенностей гидроударных устройств, применяемых в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин. Выявлены основные факторы, влияющие на процесс разрушения грунта (прочного материала) гидроударным устройством. Предложена перспективная конструкция гидроударного устройства (гидромолота), с несколькими рабочими органами, а также приведена принципиальная гидравлическая схема с использованием нескольких гидроударников.

Ключевые слова: гидроударник, грунт, базовая машина, разрушение, дробление, импульсная нагрузка.

Введение

Гидроударное оборудование является в настоящее время одним из самых эффективных видов оборудования для разрушения, дробления, от мягких до самых крепких мерзлых грунтов или материалов (негабаритов), так как имеет бесспорные преимущества перед другими способами разрушения.

Затраты на разрушение, дробление,

применение гидроударных устройств снижаются в среднем на 30 % [1]. Повышается эффективность работы машин, за счет приложения импульсной нагрузки на рабочий орган.

Основным из преимуществ гидроударных устройств является распространенное использование в технике гидропривода, который имеет ряд преимуществ по сравнению с другими типами приводов: