

УДК 621.83.061

## УПРАВЛЯЕМАЯ ЗУБЧАТАЯ СТУПЕНЬ КРАНОВОГО РЕДУКТОРА

Ю.В. Ремизович, О.В. Абдулаева  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

**Аннотация.** В данной статье предложена конструкция зубчатой ступени кранового редуктора, снабженная муфтой и механизмом включения и предназначенная для передачи значительных ( $>10$  кНм) вращающихся моментов. Встроенная в колесо муфта содержит два ряда конических роликов, клиновую пару, приводимую в действие шаговым электродвигателем через шарико-винтовую передачу. Даны рекомендации по расчету.

**Ключевые слова:** редуктор, зубчатая пара, муфта, конические ролики, клиновой механизм.

## ВВЕДЕНИЕ

Во всех крановых механизмах для увеличения вращающего момента используют зубчатые редукторы с постоянным передаточным числом. Для управления скоростями рабочих операций (подъем-опускание груза, перемещение крана, тележки) используют тиристорный электропривод, что сопровождается потерями электроэнергии.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

В транспортных средствах (ТС) используют коробки перемены передач (КПП), в том числе, автоматические (АКПП). КПП содержат зубчатые пары и представляют собой редуктор с переменным передаточным числом. Для переключения передач, в том числе, планетарных, используют двухкаскадную электрогидравлическую систему с исполнительными гидроцилиндрами кольцевого типа. На каждой из передач используют различное сочетание трех фрикционных элементов: два тормоза и муфта, две муфты и тормоз и т.д. [1,2]. В автомобильных АКПП используют обгонную муфту одностороннего действия с цилиндрическими роликами.

В СибАДИ ведутся исследования по разработке способов управления скоростями рабочих операций крана методами механики с использованием промышленного электропривода, т.е. по разработке редуктора с переменным передаточным числом [3,4].

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

На рис. 1 изображена схема управляемой зубчатой пары (ступени) редуктора, включающей шлицевой вал 1, шестерню 2, зубчатое колесо 3. Колесо 3 составное и содержит (см. рис. 2) ступицу 3 и обод 4.

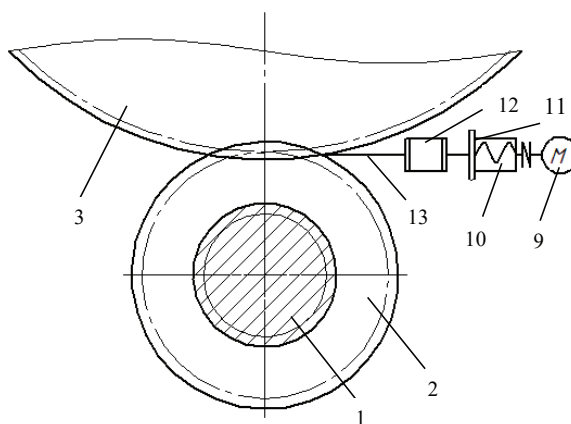


Рис. 1. Схема зубчатой ступени редуктора

Выступ 5 ограничивает смещение колеса 3. Между ступицей 3 и ободом 4 помещены конические ролики 6, удерживаемые дисками 7, 8. Таким образом, колесо 3 содержит двойной комплект деталей 4, 6, 7, 8. Привод механизма управления содержит (см. рис. 1) шаговый электродвигатель (ШД) 9, шарико-винтовую передачу (ШВП) 10, закрепленную в стенке 11 редуктора. ШВП 10 через муфту 12 соединена с тягой 13, которая соединена с пластиной 14. На пластине 14 закреплены клиновые вставки 15, каждая из которых взаимодействует с дисками 8. Диски 16 препятствуют смещению ободов 4. В целом, комплект деталей 3, 4, 6, 7, 8 зафиксирован гайкой 17. Резьба выполнена на наружной поверхности шлицев вала 1.

На рис. 3 представлена схема клиновой вставки с указанием существенных размеров и сил, действующих в клиновом механизме [5,6].

Взаимодействие деталей передачи будет следующим. Положение «выключено»: вращаются вал 1, шестерня 2, ступица 3. Детали 4, 6,

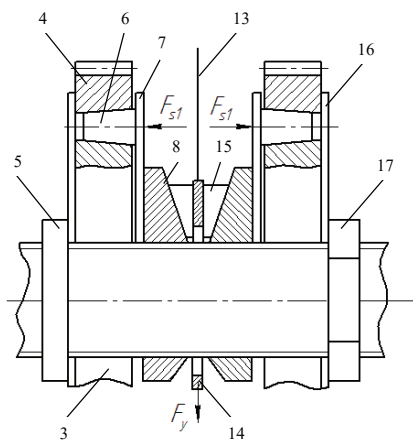


Рис. 2. Схема механизма управления

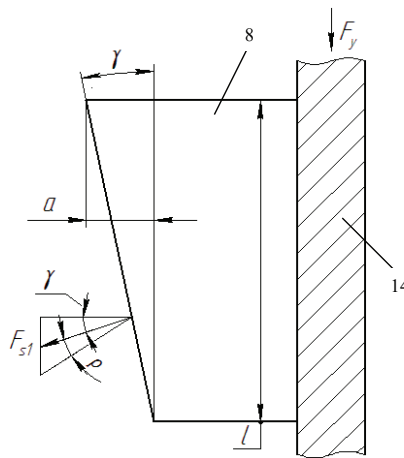


Рис. 3. Схема клиновой вставки

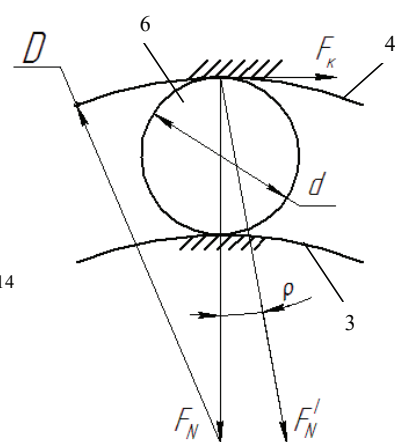


Рис. 4. Схема сил, действующих на заклиненный ролик

7, 8, 15 неподвижны, т.к. между ними есть зазор 0,5...1,0 мм и, кроме того, детали 7, 8 имеют посадку с зазором относительно наружной поверхности вала 1. В работе [1] отмечено, что диски муфт в известных КПП при зазоре порядка 0,5 мм вращаются (муфту «ведет»), на что затрачивается мощность [2].

При включении ШД 9 ШВП 10 преобразует вращательное движение в поступательное, которое через муфту 12, тягу 13 передается на пластину 14, что приводит к срабатыванию клинового механизма: вставки 15 воздействуют на диски 7 и 8, вызывая их смещение в осевом направлении. При этом диски 7 нажимают на ролики 6, вызывая их заклинивание. Ступень приходит в положение «включено», т.е. обод 4 вращается, передавая момент с вала 1 на вал (не обозначен) колеса 3.

Передачи, рассмотренные в статье [3] работоспособны при шевронном зацеплении зубчатых колес. Предлагаемая передача работоспособна при прямозубом зацеплении, которое более технологично, чем шевронное.

При любом из указанных типов зацеплений в них возникают силы: радиальная  $F_r$  и окружная  $F_t$  [7]. Во встроенной муфте (см. рис. 4) возникают силы: касательная  $F_K$  и радиальная  $F_N$  [8]. Равнодействующая указанных сил будет сила  $F_S$ , приложенная к роликам в осевом направлении. Определять силу  $F_S$  рекомендуют по формуле

$$F_S = 1,245 \operatorname{tg} \alpha F_t,$$

где  $\alpha$  – угол наклона роликов относительно линии действия силы  $F_t$ .

Следовательно, для замыкания муфты к роликам должна быть приложена сила  $F_{S1}$  (см. рис. 2), большая  $F_S$  и противоположно направленная.

В двухсосом клиновом механизме (см. рис. 3), используемом для замыкания муфт, силу  $F_{S1}$  можно определить по формуле [5,6].

$$F_{S1} = F_y [2 \operatorname{tg}(\gamma + \rho)],$$

где  $F_y$  – сила, развиваемая устройством управления;  $\operatorname{tg} \gamma = a/l$  (см. рис. 3);  $\rho$  – угол трения, град., при этом,  $\rho = \operatorname{arctg} f$ , где  $f$  – коэффициент трения.

При угле  $\gamma \approx 30^\circ$  и  $f = 0,05$  клиновой механизм дает значительное увеличение управляющего воздействия.

## ВЫВОДЫ

Предложена и обоснована конструкция управляемой зубчатой ступени редуктора. С использованием в редукторе 2...3 управляемых передач можно получить редуктор с диапазоном передаточных чисел от 30 до 100, обеспечивая при этом плавное увеличение скоростей рабочих операций от 0,5 до 1,5 м/с. Расчет зубчатых передач в таком редукторе и роликовой муфты можно выполнять по

известным стандартным методикам с экспериментальным уточнением некоторых коэффициентов. Раздвоение тихоходной ступени редуктора существенно увеличит его мощностные возможности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев, Л.А. Устройства управления планетарной коробкой перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. 2014. № 11. С. 31 – 35.

2. Кириллов, А.А. Экспериментальное исследование потерь мощности в выключенных фрикционных механизмах КПП трактора / А.А. Кириллов, М.С. Карпов // Строительные и дорожные машины. – 2016. – № 8. – С. 7 – 12.

3. Ремизович Ю.В. Результаты совершенствования редуктора крановых механизмов / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 1 (47). – С. 14 – 17.

4. Пат. 160353 Российская Федерация, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Механизм плавного пуска / Ремизович Ю.В., Ерёмкина С.В., Курбацкая О.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «СибАДИ». – № 2015120153/02 заявл. 27.05.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8.

5. Справочник машиностроителя : в 6 тт. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Mashgiz, 1956. Т. 4 / ред. Н.С. Ачеркан. – 1956. – 851 с.

6. Крайнев, А.Ф. Механика от греческого *mechanike (techne)* – искусство построения машин : фундаментальный словарь / А.Ф. Крайнев. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2001. – 903 с.

7. Приводы машин : справочник / В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш ; под общ. ред. В.В. Длоугого. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. – 383 с.

8. Добровольский, В.А. Детали машин /

В.А. Добровольский [и др.]. – М. : Mashgiz, 1959. – 581 с.

#### REFERENCES

1. Rumyantsev L.A. The control Device, planetary gearbox changes gear // Construction and road machines. 2014. №. 11. Page 31 – 35.

2. Kirillov A.A., Karpov M.S. Pilot study of losses of power in the switched-off frictional mechanisms of the check point of the tractor// Construction and road cars. 2016. №. 8. Page 7 – 12.

3. Remizovich Y.V. Results of improvement of the reducer crane mechanisms // Vestnik SibADI. – № 1 (47) 2016. – Page 14 – 17.

4. Patent 160353 Russian Federation, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Mechanism of smooth start-up / Remizovich Y.V., Eryomina S.V., Kurbatskaya O.V., applicant and patentee FGBOU VPO of «SIBADI». – № 2015120153/02 it is declared 27.05.2015; it is published 20.03.2016, Bulletin № 8.

5. Reference book of the mechanician: in 6 t. – 2nd prod., it is corrected and additional – М.: Mashgiz, 1956. Т. 4 / edition N.S. Acherkan. – 1956. – 851 pages.

6. Kraynev A.F. Mechanics from the Greek *mechanike (techne)* – art of creation of cars: fundamental dictionary / A.F. Kraynev. – 2nd prod., it is corrected. – М.: Mechanical engineering, 2001. – 903 pages.

7. Drives of machines: Reference book / V.V. Dlougy, T.I. Mucha, A.P. Tupikov, B.V. Janusz B.; ed. by V.V. Dlougy. – 2nd. ed. – Leningrad: Mashinostroenie, Leningrad. -DEP, 1988. – 383 pages.

8. Dobrovolsky V.A. Details of cars / V.A. Dobrovolsky [etc.]. М.: Mashgiz, 1959. – 581 pages.

#### THE OPERATED GEAR STEP OF THE CRANE REDUCER

**Abstract.** In this article the design of a gear step of a crane reducer supplied with the coupling and the mechanism of inclusion and intended for transfer considerable ( $>10$  kNm) the rotating moments is offered. The coupling which is built in a wheel contains two rows of conic rollers, the maple couple put in action by the step electric motor via the ball screw gear. Recommendations about calculation are made.

**Keywords:** reducer, gear couple, coupling, conic rollers, maple mechanism.

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

Абдулаева Ольга Владимировна (Россия,

г. Омск) – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: abdulaeva\_ov@mail.ru).

Remizovich Yury Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical

*sciences, the associate professor "Hoisting-and-transport, traction cars and a hydraulic actuator", the Siberian state automobile and highway academy "SibADI" (644080, Omsk, Mira St., 5, e-mail: remizovich\_uv@sibadi.org).*

*Abdulaeva Olga Vladimirovna (Russian*

*Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the teacher "Hoisting-and-transport, traction cars and hydraulic actuator", the Siberian state automobile and highway academy "SibADI" (644080, Omsk, Mira St., 5, e-mail: abdulaeva\_ov@mail.ru).*

.....

УДК.629.084

## **МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ**

*С. В. Савельев, И. К. Потеряев, Г. Г. Бурый, А. С. Белодед  
ФГБОУ ВО «СИБАДИ», Россия, г. Омск*

**Аннотация.** *В данной статье исследованы частоты колебаний вибровозбудителя при уплотнении грунтовых насыпей, рекомендованные для вибрационных катков ОАО «Раскат». Представлена методика обоснования режимных параметров вибрационных катков для уплотнения грунтов. Предложена программа, позволяющая автоматизировать процесс выбора режимов работы для конкретной модели вибрационного катка при уплотнении различных типов грунтов. Проведенные исследования позволят повысить производительность и эффективность использования вибрационных катков для уплотнения грунтов.*

**Ключевые слова:** *уплотнение, вибрационный каток, грунт, режимные параметры, виброускорения.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Рассматривая вопрос обоснования параметров дорожных катков необходимо отметить, что правильный их выбор напрямую влияет на эффективность процесса уплотнения дорожно-строительных материалов. При этом в зависимости от различных свойств уплотняемого материала необходимо использовать либо различные конструкции катков, что существенно удорожает строительство автодороги, либо правильно подбирать режимы работы катка, что так же вызывает дополнительные сложности. Режимные параметры взаимосвязаны между собой, при их выборе необходимо учитывать изменяемые в процессе деформации свойства материала, отслеживать обратную связь от обрабатываемой среды к дорожному катку [1, 2, 3]. Для вибрационных катков этот вопрос стоит ещё более остро, поскольку необходимо увязывать параметры вибрации (частота колебаний, вынуждающая сила, амплитуда колебаний) со статическими параметрами катка

(масса, геометрические размеры), правильно выбирать скоростной режим и количество проходов катка по одному следу. Решение этой проблемы позволит интенсифицировать процесс уплотнения, повысить энергоэффективность и производительность вибрационных катков.

### **МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ**

Одним из основных параметров, влияющих на эффективность уплотнения грунтовых сред, является частота колебаний вибровозбудителя. Большинство производителей уплотняющей техники назначают её, либо на основании рекомендаций СНиПов, либо по результатам эмпирических испытаний для различных уплотняемых сред. Рассмотрим частоты колебаний вибровозбудителя при уплотнении грунтовых насыпей (таблица 1), рекомендованные для вибрационных катков ведущего производителя уплотняющей техники ОАО «Раскат».