

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 622.233:622.34.012

**ОБКАТКА РЕДУКТОРОВ ГОРНО-ШАХТНЫХ МАШИН**

Иванов В.П. (УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Беларусь)

*Обоснована схема стенда для обкатки редукторов горно-шахтных машин с приложением эксплуатационной нагрузки только к валам и зубчатым колесам, образующим замкнутый контур. Отсутствие тормоза с малыми энергетическими затратами на привод стенда обеспечивает экономическую эффективность его использования.*

**Введение**

Обкатка изготовленного или отремонтированного агрегата подготавливает его к предстоящему использованию по назначению путем приведения в движение в управляемом режиме с выполнением некоторых дополнительных работ. Основное содержание обкатки редукторов состоит в приработке трущихся поверхностей друг к другу, что обеспечивает в дальнейшем их работу с минимальным изнашиванием без схватывания, задиров и заедания. При обкатке происходит опрессовывание прокладок и резьб, а детали занимают эксплуатационное положение. Во время обкатки подтягивают резьбовые соединения, выявляют и устраняют течи жидкостей.

Обкатка редукторов протекает в две стадии. Первую стадию обкатки выполняют в конце их изготовления или ремонта на стенде в течение 0,5-2,0 ч под нагрузкой, изменяющейся от нулевой до эксплуатационной на машиностроительном или ремонтном предприятии, а вторую – в течение 20-30 ч при использовании по назначению в условиях эксплуатационного предприятия.

Приработка трущихся соединений агрегата – самоорганизующийся процесс их начального изнашивания под действием управляемой нагрузки на трущиеся поверхности при установленной относительной скорости скольжения, сопровождающийся нужными изменениями, как геометрических параметров этих поверхностей, так и физико-механических свойств материала поверхностных слоев. Изменения поверхностей трения выражаются тем [1], что контактирующие выступы шероховатости пластически деформируются, становятся более плоскими (рисунок 1), а их материал наклепывается. Изменяется вид кривой опорной поверхности, а шероховатость поверхностей становится равновесной (устойчивой). Изменяются волнистость поверхностей и в меньшей степени – их форма и расположение. Образуется новый микрорельеф. Изменяются также физико-механические свойства материала поверхностных слоев: повышаются их твердость и внутренние напряжения в них, снижаются пластичность и коэффициент трения. Эти изменения приводят к уменьшению силы трения, появлению устойчивого следа контакта на поверхностях трения, снижению и стабилизации температуры материала деталей и уменьшению скорости их изнашивания. Правильно организованная приработка трущихся соединений позволяет более полно использовать расчетный ресурс агрегатов. Обработкой резанием при изготовлении и восстановлении деталей невозможно достичь комплекса свойств поверхностных слоев, которые обеспечиваются приработкой соединений.

Цель работы – обосновать выбор оборудования для обкатки редукторов, обеспечивающего нормативное качество процесса с минимальным расходом энергии.

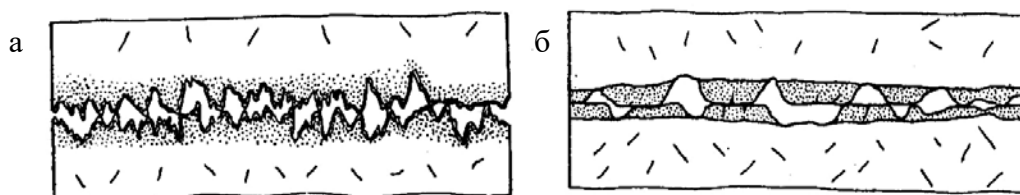
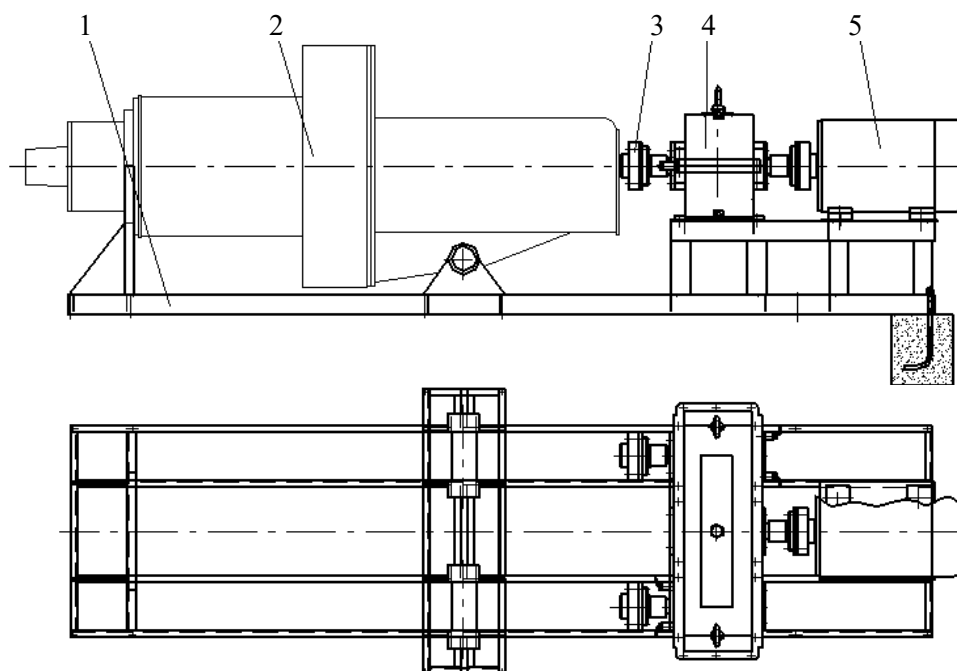


Рисунок 1. – Схема строения соприкасающихся поверхностей в результате обработки резанием (а), приработки (б)

### Основная часть

Для обкатки используют стенды двух видов. Первый вид стендов – обкаточно-тормозных – основан на традиционной схеме нагружения, при которой крутящий момент от приводного двигателя прикладывают к ведущему валу обкатываемого агрегата, а нагрузку на ведомый вал агрегата создают тормозом [2]. Реализация способа при обкатке редукторов горно-шахтного оборудования, передающих мощность, измеряемую сотнями кВт, сопряжена со значительными и излишними энергетическими затратами. Второй вид стендов [3], в которых нагрузку на прирабатываемые соединения создают только в замкнутом кинематическом контуре из валов и зубчатых колес обкатываемого агрегата и механизма нагружения, является более рациональным. В этот контур не входит приводной двигатель, поэтому нет необходимости в использовании тормоза. Мощность приводного двигателя в стенде второго вида на порядок меньше мощности двигателя в устройствах первого вида. Схема стенда второго вида более сложная по сравнению со схемой стенда первого вида, однако стенд второго вида требует меньших затрат энергии. Стенд для обкатки редукторов горно-шахтных машин представлен на рисунке 2.



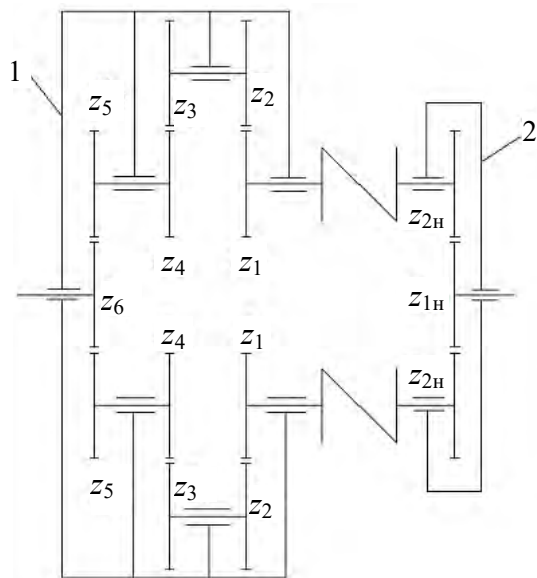
1 – рама; 2 – обкатываемый редуктор; 3 – муфта;  
4 – механизм нагружения; 5 – электродвигатель

Рисунок 2. – Стенд для обкатки редуктора привода фрез проходческого комбайна ПК-8

Стенд для обкатки редукторов горно-шахтных машин включает установленные на раме 1 приводной электродвигатель 5, механизм нагружения 4 и опоры для установки обкатываемого редуктора 2. Момент от двигателя к механизму нагружения и от последнего к обкатываемому редуктору передают с помощью муфт 3. Рама стенда закреплена на полу фундаментными болтами.

Изготовленный или отремонтированный редуктор устанавливают с помощью подъемного механизма на опорные элементы стенда, а его ведущие валы соединяют с помощью муфт с валами нагрузочного устройства.

При обкатке редуктора вращение от вала электродвигателя 5 передается к валам механизма нагружения 4, который создает на валах редуктора крутящие моменты, значения которых установлены технологической документацией. В кинематический контур (рисунок 3), элементы которого нагружены расчетными крутящими моментами, входят валы и зубчатые колеса обкатываемого редуктора  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  и  $z_6$ , а также валы и колеса  $z_{1н}$  и  $z_{2н}$  механизма нагружения. Колеса  $z_{1н}$  и  $z_{2н}$  косозубые, они имеют возможность осевого перемещения под действием приложенного усилия, которое приводит к повороту колес  $z_{2н}$  в разные стороны и нагружению контура установленным моментом.



**Рисунок 3.** – Кинематический контур из валов и зубчатых передач обкатываемого редуктора 1 и механизма нагружения 2

Усилия от гидроцилиндров на диски передаются через штоки, закрепленные в дисках с помощью винтов. Нагрузку на детали в кинематическом контуре создают путем подачи масла под давлением в гидроцилиндры. Перемещение их штоков с усилием  $F_a$  (Н) приводит к возникновению моментов  $M$  на валах 3

$$M = F_a d_o / 2 \operatorname{tg}(\beta + f), \text{ Нм},$$

где  $d_o$  – делительный диаметр ведомого колеса, м;

$\beta$  – угол наклона зубьев, град.;

$f$  – угол трения.

При обкатке редукторов на каждом ее переходе нормируют частоту вращения ведущего вала  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и момент  $M$  (Нм).

Механизм нагружения стенда (рисунок 4) устроен и работает следующим образом. В корпусе 1 на подшипниках качения установлены ведущий вал 6 и два ведомых вала 3. На ведущем валу с помощью призматической шпонки установлена косозубая шестерня 5. На ведомых валах расположены ведомые косозубые колеса 7, которые имеют возможность осевого перемещения по прямым шлицам валов. На этих валах с возможностью осевого перемещения также расположены диски 4, каждый из которых взаимодействует с ведомым колесом посредством упорного подшипника 8. Каждый диск перемещается усилием шести гидроцилиндров 2, равномерно расположенных на поверхности обрабатываемого цилиндра, ось которого совпадает с осью ведомого вала. Уси-

Нагрузку на валы обкатываемого редуктора изменяют путем регулирования давления масла, подаваемого в гидравлические цилиндры.

Диаметр  $d$  гидравлических цилиндров равен

$$d = \sqrt{\frac{2F_a}{\pi n p \eta}}, \text{ м,}$$

где  $n$  – количество гидравлических цилиндров;

$p$  – давление масла в системе, Па;

$\eta$  – КПД привода.

Момент, прилагаемый к ведущему валу редуктора, преодолевает моменты от сил трения в соединениях агрегата. Этот момент  $M_{np}$  равен

$$M_{np} = M f_{np},$$

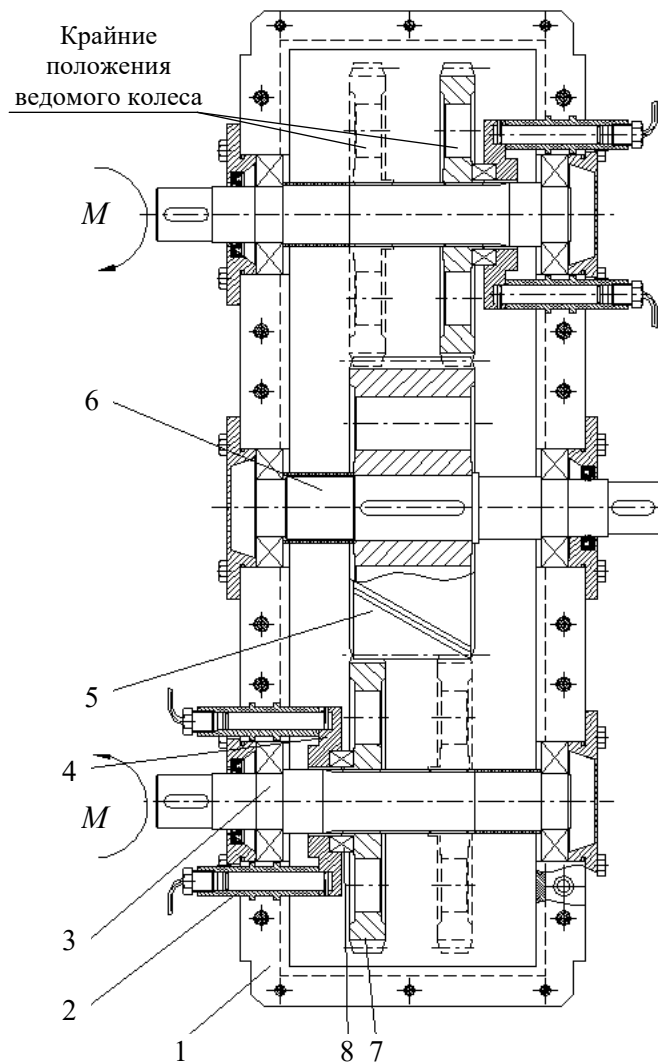
где  $f_{np}$  – приведенный коэффициент трения в соединениях редуктора.

Отношение  $k$  моментов, приложенных от приводного электродвигателя к ведущим валам обкатываемого редуктора в разработанном стенде и в стенде с тормозом, равно

$$k = \frac{M_{np}}{M + M_{np}} = \frac{M f_{np}}{M + M f_{np}} = \frac{f_{np}}{1 + f_{np}}.$$

Таким образом, мощность приводного электродвигателя в стенде с обкаткой редуктора с нагружением только замкнутого контура из валов и зубчатых колес составляет 5-10 % от мощности одноименного двигателя в стенде традиционной конструкции.

Если конструкция обкатываемого агрегата не позволяет образовать кинематический контур из валов и зубчатых колес одного агрегата, то такой контур создают из элементов двух обкатываемых агрегатов. В таком случае кинематически соединяют между собой ведомые валы обоих агрегатов, а ведущие валы соединяют с механизмом нагружения, вращение к которому передается от приводного электродвигателя. При вращении валов и зубчатых передач контура энергия привода затрачивается только на преодоление сил трения в подшипниках качения и между зубьями колес. Для обеспечения приработки зубьев колес в редких необходимых случаях с двух сторон изменяют направление вращения валов на каждом из режимов обкатки.



1 – корпус; 2 – гидроцилиндр; 3 – вал ведомый; 4 – диск; 5 – шестерня ведущая; 6 – вал ведущий; 7 – колесо ведомое; 8 – подшипник упорный  
Рисунок 4. – Механизм нагружения редуктора

После обкатки редуктора снимают муфты, соединяющие валы механизма нагружения и редуктора, после чего снимают обкатываемый редуктор со стенда с помощью подъемного механизма.

### Заключение

Показана эффективность использования схемы обкаточного стенда с нагружением редуктора в замкнутом контуре, составленном из его валов и зубчатых колес, по сравнению с разомкнутой схемой стенда, составленной из приводного двигателя, обкатываемого редуктора и тормоза.

Разработанный стенд может быть использован для обкатки редукторов привода фрез проходческого комбайна ПК-8 на предприятиях ОАО «Беларуськалий». Редуктор рассчитан на передачу мощности 110 кВт. Мощность привода стенда, обеспечивающего обкатку редуктора на нормативных режимах, составляет 15 кВт.

### Список цитированных источников

1. **Стрельцов, В.В.** Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: Колос, 1995. – 175 с.
2. Ремонт машин / К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. Н.Ф. Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 360 с.
3. **Шадричев, В.А.** Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей: учебник / В.А. Шадричев. – Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.

---

**Ivanov V.P.**

### Running-in of gears of mining machines

*The article presents a schedule for running-in of gears of mining machines with the application of operational loads only to shafts and the toothed wheels forming a closed loop. The lack of brakes with a small energy input to the actuator of the stand ensures the economic efficiency of its use.*

Поступила в редакцию 19.05.2016 г.