

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕДОМОГО ДИСКА УСТРОЙСТВА БЛОКИРОВКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ ГИДРОМУФТЫ НА НАГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ

А.В. Коперчук, к.т.н., доц., А.В. Мурин, к.т.н., доц.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, проспект Ленина, 30, тел. (3822) 56-46-55

E-mail: avkop@tpu.ru

Гидродинамические муфты применяются в приводах как известных всем машин (ленточные, цепные скребковые и пластинчатые конвейеры, вентиляторы, смесители и т.д. [1]), так и перспективных (геоходы - новый класс горных машин, предназначенных для проходки горных выработок [2,3]). Существенным недостатком гидродинамических муфт является потеря энергии на установившемся режиме, обусловленная разными угловыми скоростями турбинного и насосного колес. Одним из вариантов устранения этой проблемы является использование устройства блокировки. В работах [4-7] приведены результаты исследований предохранительной гидродинамической муфты, оснащенной устройством блокировки в виде центробежной муфты с дробью (рис. 1)

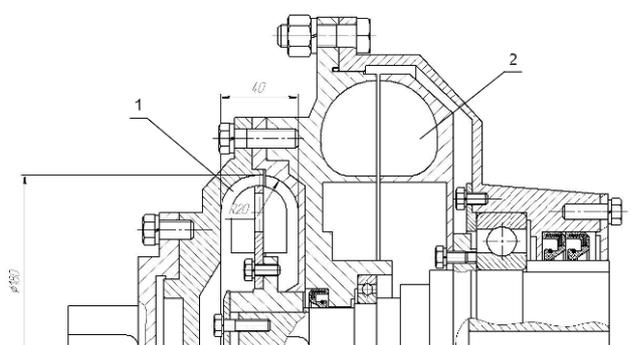


Рис. 1. Конструкция предохранительной гидродинамической муфты с устройством блокировки
1 - устройство блокировки
2 - предохранительная гидромуфта

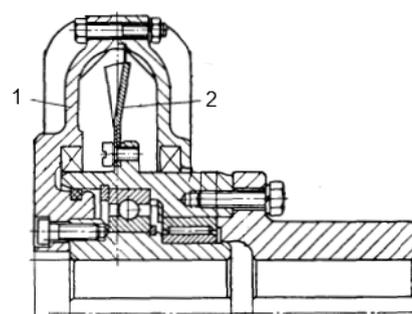


Рис. 2. Дробовая муфта производства Stromag. 1 - корпус
2 - ведомый гофрированный диск

В известных конструкциях дробовых муфт с полуторовой рабочей полостью (рис. 2) [8] на внутренней поверхности рабочей полости корпуса находятся выступы, предназначенные для повышения пускового и максимального момента муфты. Механизм блокировки не имеет таких выступов, т.к. с точки зрения плавного пуска ведомого вала важно осуществить его в основном за счет гидромуфты. Поскольку значение момента трения, формирующегося на стенках рабочей полости от контакта с дробью, будет в этом случае несколько меньшим, возникает вопрос об упрощении формы и технологии изготовления ведомого диска, который обычно выполняют гофрированным. Предложено использовать плоский ведомый диск с отверстиями (рис. 3а) и плоский диск с выступами (рис. 3б).

Теоретическая оценка величины нагрузочной способности сплошного плоского диска устройства блокировки приводится в работе [9]. Однако, информации о применении плоских дисков с отверстиями или выступами в подобных устройствах в литературе нами не найдено.

На наш взгляд, момент, передаваемый диском с отверстиями, теоретически определить затруднительно, т.к. он формируется не только за счет сил трения между элементами дроби и плоских участков диска, но и за счет сопротивления движению элементами, попавшими в отверстия и образовавшими выступы и впадины в этих зонах. Вследствие этого нагрузочная способность устройства блокировки с указанными выше дисками определялась экспериментально.

Были изготовлены диски толщиной 3 мм с 40 отверстиями диаметром 8,5 мм; с 20 отверстиями диаметром 17 мм; с 10 отверстиями диаметром 34 мм. Общая площадь отверстий была одинаковой на всех дисках.

Диски с радиальными выступами проектировались по аналогии с данными для гофрированных дисков, приведенными в источнике [10]. В первом варианте высота выступа была принята близкой к диаметру дроби (3,175 мм) и равнялась 3 мм. В конструкции второго диска высота выступа 12 мм была выбрана из условий гарантированного исключения проскальзывания сыпучего материала по диску и обеспечения зазора между корпусом и выступом, позволяющим свободное распределение

дросли по внутренней полости. Длина выступов была одинакова (35 мм) и принималась согласно толщине кольцевого слоя дросли при рабочем заполнении устройства блокировки. Число выступов принято аналогично количеству гофр, т.е. по 6 с каждой стороны.

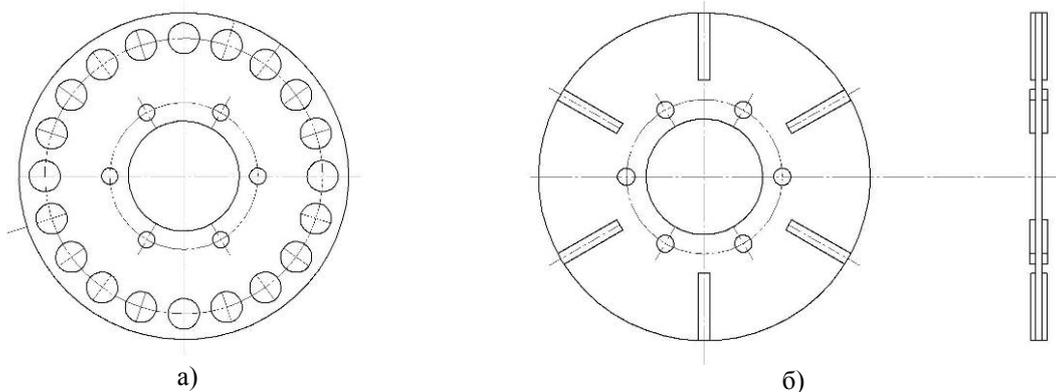


Рис. 3. Конструкция ведомых дисков

Согласно работе [11] нагрузочная способность дробовых муфт стабилизируется после приработки, т.е. нескольких циклов разгона и торможения под нагрузкой. В этот период на поверхности, по которой происходит проскальзывание сыпучего материала, образуются концентрические канавки. Поэтому результаты испытаний фиксировались после появления следов приработки.

Геометрические параметры внутренней полости корпуса устройства блокировки (рис.1):

- наибольший радиус внутренней полости $R_0 = 0,09$ м;
- радиус торовой полости $\rho = 0,02$ м.

Геометрические параметры дисков (рис. 3):

- наружный диаметр дисков с отверстиями 0,178 м ;
- наружный диаметр дисков с выступами 0,17 м (для обеспечения равномерного распределения наполнителя по внутренней полости с обеих сторон диска).

В качестве наполнителя использовались закаленные полированные шарики для подшипников диаметром 3,175 и 4,763 мм из стали ШХ15. Масса наполнителя $Q = 2,2$ кг. Материал корпуса и дисков сталь 20 ГОСТ 1050-88 без термической обработки.

Экспериментально установлено [12], что без рабочей жидкости в гидромуфте нельзя осуществить разгон ненагруженного ведомого вала при заполненном дробью до рабочих значений устройстве блокировки. Пусковой момент устройства недостаточен для преодоления сопротивления в подшипниках, упругой муфте, ременной передаче и подшипниках электрического тормоза испытательного стенда. Для осуществления разгона ведомого звена в гидродинамическую муфту был залит 1 литр рабочей жидкости (И-20А ГОСТ 20799-88), что соответствует степени ее наполнения 28%.

На рисунке 4 приведена запись испытаний при разгоне без нагрузки и торможении гидромуфты с наполнением 28%, полуторовым устройством блокировки с шариками диаметром 4,763 мм и диском с выступами высотой 12 мм. В левой части рисунка показан результат тарировки динамометрического устройства в Нм. Использованные обозначения:

- n_1 - частота вращения ведущего вала гидромуфты;
- n_2 - частота вращения ведомого вала гидромуфты;
- M_2 - момент на выходном валу гидромуфты;
- t - время.

Из анализа записи эксперимента следует, что:

- совместная работа гидромуфты и устройства блокировки позволяет осуществить разгон ведомого вала до частоты ведущего;
- скольжение на установившемся режиме отсутствует и это подтверждается отсутствием нагрева гидромуфты;
- нагрузка передается только за счет устройства блокировки, т.к. при отсутствии относительного движения насосного и турбинного колес гидромуфта работать не может.

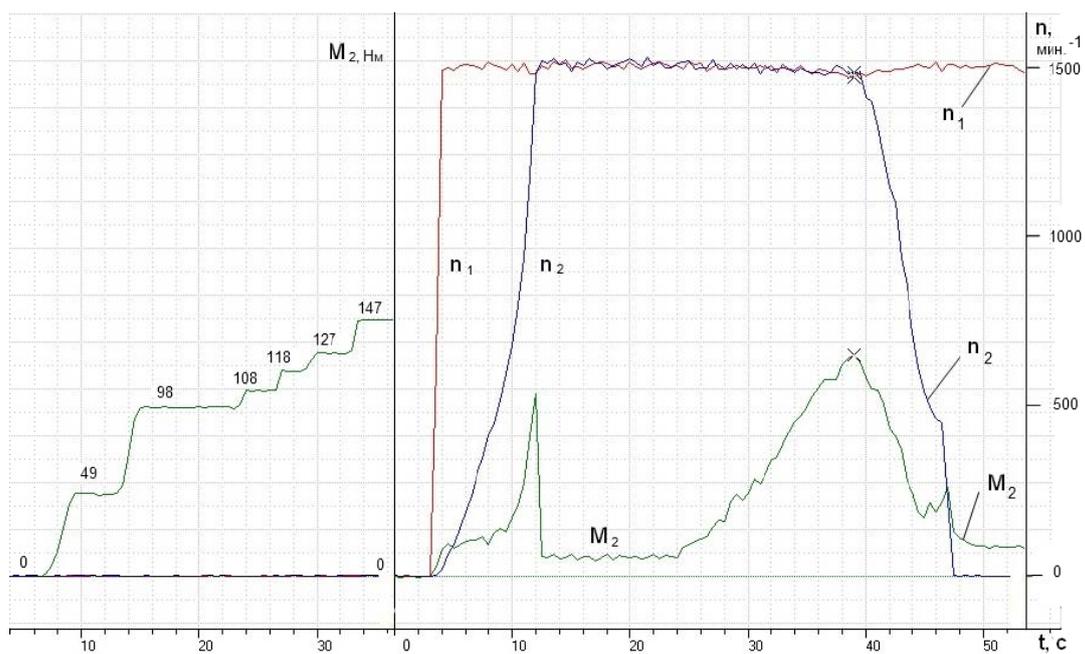


Рис. 4. Механические характеристики гидромуфты с устройством блокировки

По следам взаимодействия шариков с элементами механизма блокировки выявлено, что проскальзывание сыпучего материала для дисков с отверстиями и выступами высотой 3 мм происходит по поверхности диска (рис. 5). При использовании выступов высотой 12 мм скольжение шариков происходит, как и предполагалось, по внутренней части корпуса блокирующего механизма (рис. 6).

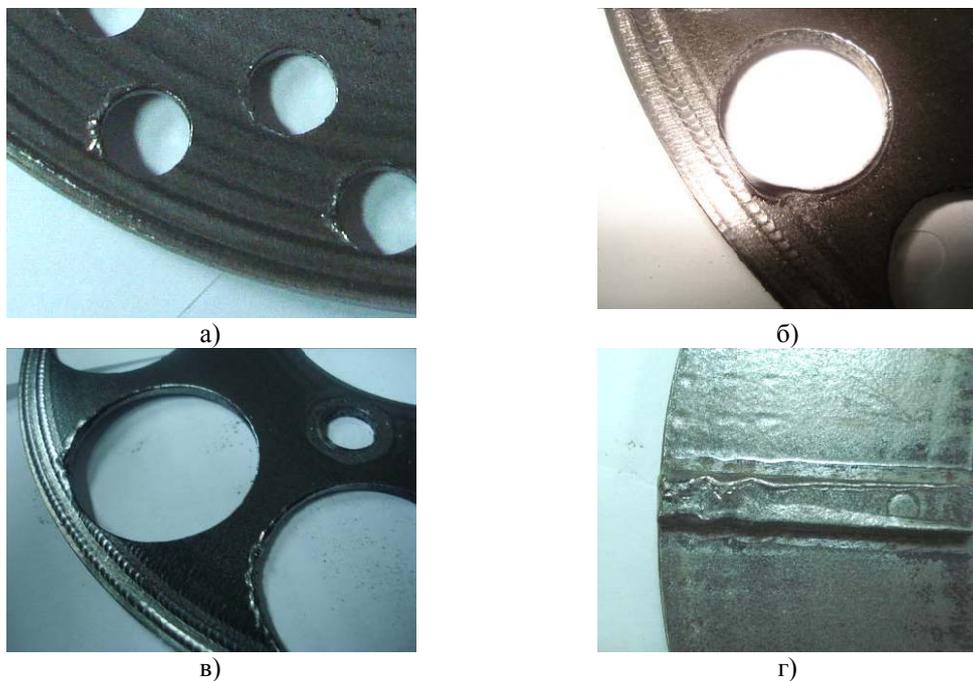


Рисунок 5 - Ведомые диски со следами скольжения шариков по их поверхности

- а) диск с отверстиями диаметром 8,5 мм
- б) диск с отверстиями диаметром 20 мм
- в) диск с отверстиями диаметром 34 мм
- г) диск с выступами высотой 3 мм



Рис. 6. Внутренняя поверхность корпуса устройства блокировки со следами скольжения шариков после работы с ведомым диском с выступами высотой 12 мм

Следует отметить, что незакаленные диски с отверстиями и выступами высотой 3 мм достаточно сильно повреждаются при проскальзывании шариков по их поверхности. При использовании диска с выступами высотой 12 мм на гладкой поверхности внутренней полости корпуса наблюдаются концентрические впадины от следов взаимодействия с сыпучим наполнителем, но их глубина после образования остается неизменной в течение довольно длительного времени.

По данным экспериментов были построены графики зависимости момента на выходном валу муфты M_2 от скольжения S , отражающие механические статические характеристики устройств блокировки с различными дисками (рис. 7).

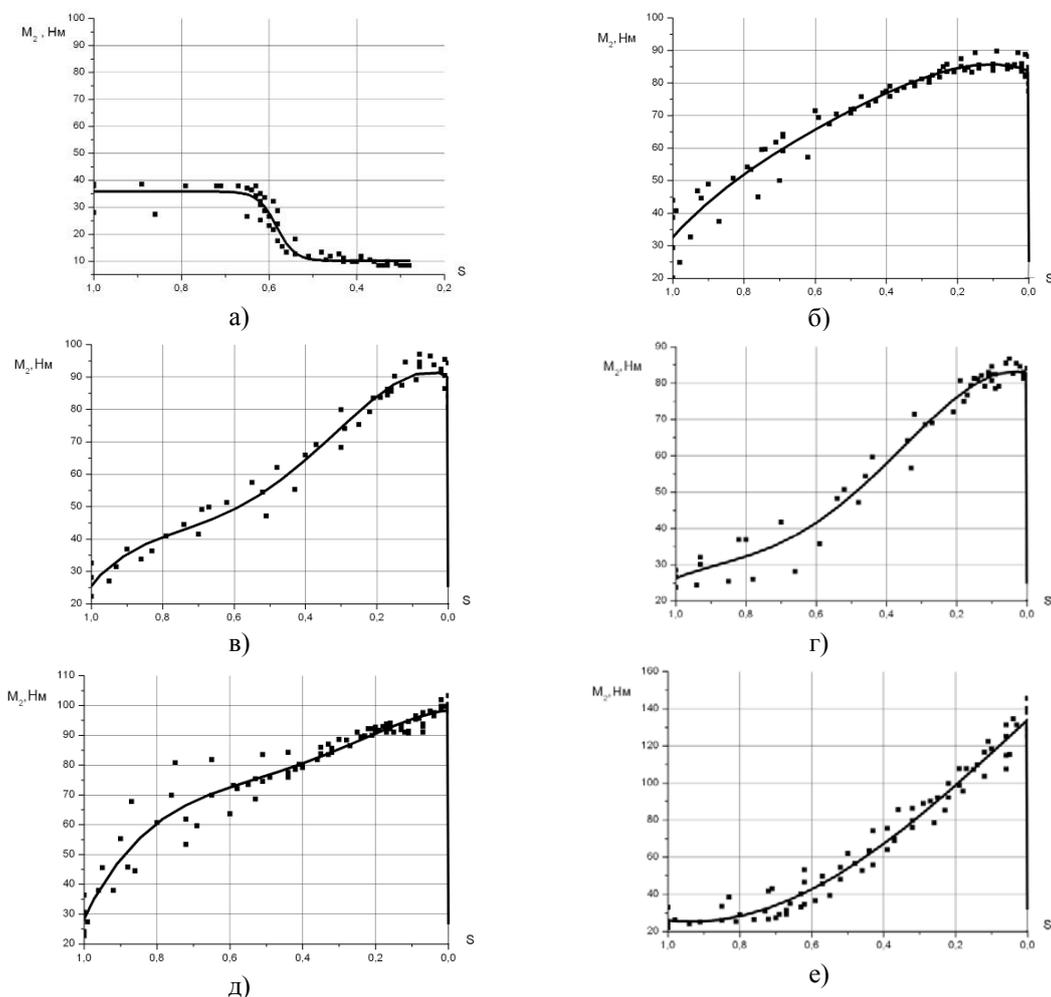


Рис. 7. Механические характеристики блокирующего устройства с полуторовой формой полости и различными дисками

- а) предохранительная гидромуфта (наполнение 28%) без устройства блокировки
- б) устройство блокировки с диском с 10 отверстиями диаметром 34 мм
- в) устройство блокировки с диском с 20 отверстиями диаметром 17 мм
- г) устройство блокировки с диском с 40 отверстиями диаметром 8,5 мм
- д) устройство блокировки с диском с 12 выступами высотой 3 мм
- е) устройство блокировки с диском с 12 выступами высотой 12 мм

Для удобства сравнения кривые совмещены на один график (рис. 8). Из анализа графиков, наблюдений при проведении экспериментальных исследований и осмотра состояния деталей устройства блокировки после эксперимента можно сделать следующие выводы:

- устройство блокировки с сыпучим наполнителем обладает малым значением пускового момента, что не снижает пусковых свойств гидромуфт;
- в дисках с отверстиями и дисках с выступами высотой 3 мм скольжение сыпучего наполнителя происходит по поверхности диска;
- диск с выступами высотой 12 мм обеспечивает скольжение дроби по внутренней поверхности корпуса; при скольжении наполнителя по поверхности внутренней полости корпуса нагрузочная способность блокирующего устройства выше в 1,35 раза;
- для применения в блокирующем устройстве предохранительной гидромуфты рекомендуется использовать диски, обеспечивающие скольжение дроби по поверхности корпуса, т.к. они обеспечивают более высокую нагрузочную способность и меньшую дополнительную нагрузку на привод при скольжении S более 0,65.

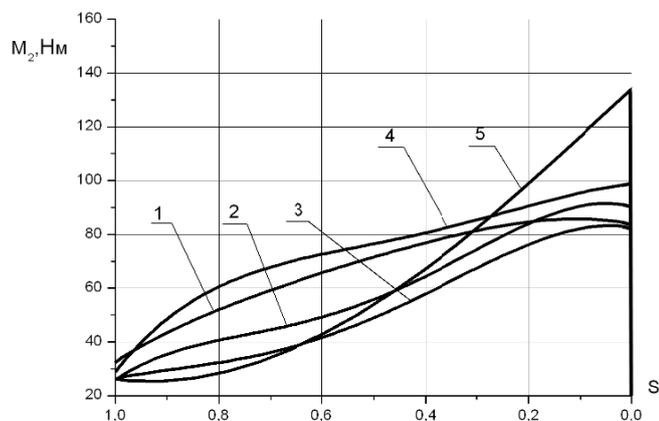


Рис. 8. Механические характеристики полуторового механизма блокировки с различными дисками
1 - диск с 10 отверстиями диаметром 34 мм
2 - диск с 20 отверстиями диаметром 17 мм
3 - диск с 40 отверстиями диаметром 8,5 мм
4 - диск с 12 выступами высотой 3 мм
5 - диск с 12 выступами высотой 12 мм

Литература

1. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блашук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Обзор трансмиссии горной техники // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – Т. 3. – № 12. – С. 55-66.
2. Classification of geokhod units and systems based on product cost analysis and estimation for a prototype model production / V.V. Aksenov [и др.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Т. 91. – С. 012088.
3. Sadovets V.Y. Development of math model of geokhod bladed working body interaction with geo-environment / V.Y. Sadovets, V.Y. Beglyakov, V.V. Aksenov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Т. 91. – С. 012085.
4. Мурин А. В., Коперчук А. В. Снижение потерь энергии в приводах горных машин за счёт применения блокируемой гидродинамической муфты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2011 - №. ОВ2 - С. 337-343
5. Коперчук А. В., Мурин А. В. Совершенствование блокируемой гидродинамической муфты для приводов горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012 - №. ОВ3 - С. 300-305
6. Koperchuk A. V., Murin A. V. Influence of geometrics of synchronization devices of fluid coupling on loading capability // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 499-503
7. Koperchuk A. V., Murin A. V. , Dortman A. A. , Filonov V. V. A change in mechanical behavior of safety fluid couplings when the lockup device is used in its construction // Applied Mechanics and Materials. - 2015 - Vol. 770. - p. 279-282
8. Ряховский, О.А. Справочник по муфтам / О.А. Ряховский, С.С. Иванов.- Л.: Политехника, 1991.- 384 с.
9. Мурин, А.В. Предохранительная блокируемая гидромуфта / А.В. Мурин, В.А. Осипов // Бесступенчатые передачи, приводы машин и промышленное оборудование: Первая международная научно-техническая конференция. Сб. тезисов докладов.- Калининград, 1997.
10. Дьяченко, С.К. Предохранительные муфты / С.К. Дьяченко, Н.Ф. Киркач.- Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1962.- 124 с.