

А.Ю. Горелова, М.Г. Кристаль**ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГИЛЬЗ ГИДРОСТОЕК,
ОСНАЩЕННЫЙ СТАБИЛИЗАТОРОМ**

Разработан метод обработки изделий с глубокими отверстиями. Описана экспериментальная установка для исследования процесса гашения колебаний по предложенному методу. Представлен расчет параметров гироскопического стабилизатора при помощи компьютерного моделирования.

Ключевые слова: расточной инструмент, гироскопический стабилизатор для инструмента.

В состав механизированной шахтной крепи входит более десяти гидроцилиндров. Гильзы для этих гидроцилиндров являются изделиями с глубокими отверстиями, так как длина гильзы в десять раз превышает ее диаметр. От качества обработки этих изделий зависит безопасность работ в забое [1].

При обработке изделий с глубокими отверстиями неизбежно наступление резонанса при равенстве частоты вынужденных колебаний, определяемой режимом обработки, и частоты собственных колебаний инструмента. Это приводит к образованию погрешностей, наиболее трудно устранимой из которых является разностенность, возникающая вследствие увода оси инструмента относительно оси отверстия [2]. Известные методы повышения точности обработки глубоких отверстий не обеспечивают полного гашения резонансных колебаний [3, 4, 5].

Для предотвращения возникновения указанной погрешности нами предложен метод повышения точности обработки глубоких отверстий. Метод заключается в использовании инструмента, оснащенного гироскопическим стабилизатором, который выполнен в виде рамы, помещенной в полости резцовой головки и содержащей двухступенной гироскоп. Условие, при котором гироскопический стабилизатор полностью

гасит резонансные колебания, возникающие в системе «инструмент-заготовка», состоит в равенстве частот собственных колебаний инструмента и рамы гироскопа при невращающемся роторе [6].

Для исследования динамических параметров модели, оснащенной гироскопическим стабилизатором разработан экспериментальный стенд. Определена эффективность успокоения вынужденных частот колебаний в диапазоне 100...1200 рад/с при различных собственных частотах колебаний модели с гироскопическим стабилизатором. Под понятием «эффективность» здесь принято считать величину α отношения полученной амплитуды колебаний модели в поперечном направлении с активным гироскопическим стабилизатором (вращение ротора гироскопа) к амплитуде модели с неактивным стабилизатором. $\alpha = A_1/A_0$, где A_1 – амплитуда колебаний системы с вращением ротора гироскопа, A_0 – амплитуда колебаний системы без вращение ротора гироскопа.

На рис. 1 показан общий вид экспериментальной установки для исследования модели с гироскопическим стабилизатором.

На плите-основании 1 установлены кронштейны 2 и 3, которые поддерживают с помощью упругих подвесов 4 корпус модели 5 с гироскопическим

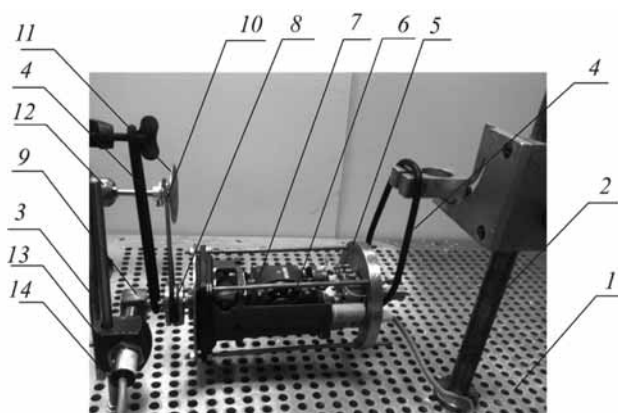


Рис. 1. Экспериментальная установка

стабилизатором колебаний. Модель 5 содержит ротор 6, соединенный с возможностью вращения с рамой 7. Рама соединена с корпусом модели 5 посредством карданного подвеса. Такое соединение обеспечивает две степени свободы для гироскопа, третью степень свободы обеспечивает корпус модели 5, подвешенный на упругих подвесах, играя роль внешнего кольца карданного подвеса. Модель с гироскопическим стабилизатором содержит шкив 8, закрепленный с

возможностью вращения, и экран 9 в виде куба. Шкив 8 соединен ремнем со шкивом 10, установленным на валу 11 двигателя 12 с возможностью свободного вращения около оси вала 11. На плите-основании 1 так же установлен кронштейн 13, в котором с возможностью регулировки по высоте закреплен индукционный датчик перемещений 14, который вырабатывает сигнал по положению экрана 9.

На рис. 2 показана зависимость эффективности α гашения колебаний от частоты ω вынужденных колебаний.

В рамках натурного эксперимента обнаружено гашение в пределах узкого диапазона частот вынужденных колебаний. Так как задачей является гашение всех частот, необходимо уточнить конструктивные параметры стабилизатора. Для увеличения диапазона частот, на которых возможно гашение колебаний необходимо изменить частоту собственных колебаний

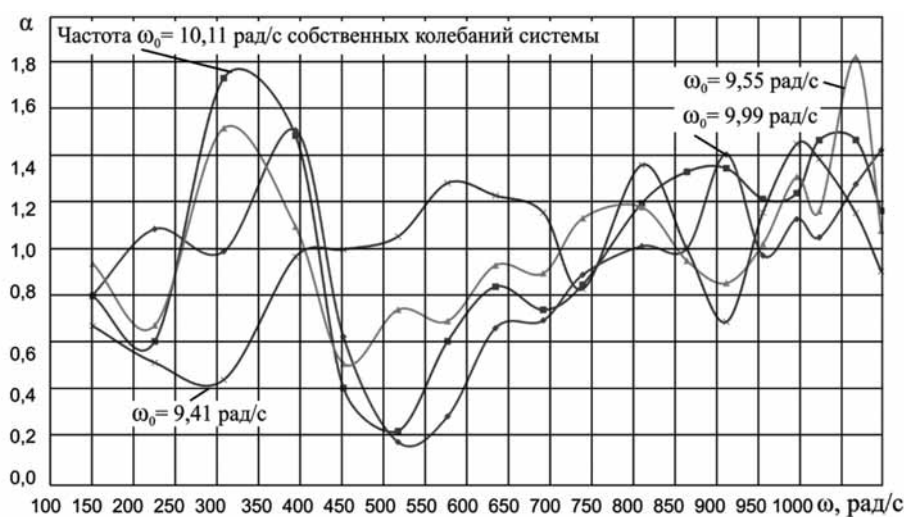


Рис. 2. Зависимость эффективности гашения колебаний α от частоты ω вынужденных колебаний

Параметры системы

Обозначение	Название	Значение
M	масса ротора гироскопа, кг	0,179
M_1	масса рамы, кг	0,195
A_1	экваториальный момент инерции рамы, кг·м ²	0,000128
A	экваториальный момент инерции ротора гироскопа, кг·м ²	0,000058
C_1	полярный момент инерции рамы кг·м ²	0,000339
J	момент инерции системы, кг·м ²	0,001257
P	вес системы, Н	15,3
p	вес груза, Н	
b	расстояние от грузика до центра ротора, м	
c	расстояние до центра тяжести, м	0,13
a	расстояние от O до оси BC , м	0,15

рамы гироскопа. Для этого необходимо согласно условию [6] расположить на раме гироскопа добавочный грузик E .

В программном комплексе Solid Works смоделированы ротор, рама гироскопа, а также модель в сборе с гироскопическим стабилизатором (рис. 3). Определены параметры гироскопического стабилизатора и модели расточной головки, для которых необходимо осуществить расчет и произвести параметризацию (таблица).

Согласно условию [6] определим параметры грузика E : p – вес груза, b – расстояние до центра рамы гироскопа.

$$(A + A_1)Pc = \\ = (J + (M + M_1)a^2 + A + C_1)pb$$

$$pb = \frac{(A + A_1)Pc}{J + (M + M_1)a^2 + A + C_1}$$

Используя данные таблицы, получим: $pb = 0,0363$. Зависимость веса груза p от расстояния b до центра рамы гироскопа приведена на рис. 4.

Натурная модель системы, оснащенная гироскопическим стабилизатором



Рис. 3. Модель в сборе с гироскопическим стабилизатором

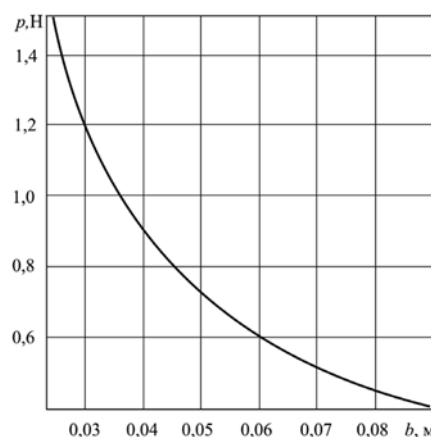


Рис. 4. Зависимость веса p груза от расстояния b до центра рамы гироскопа

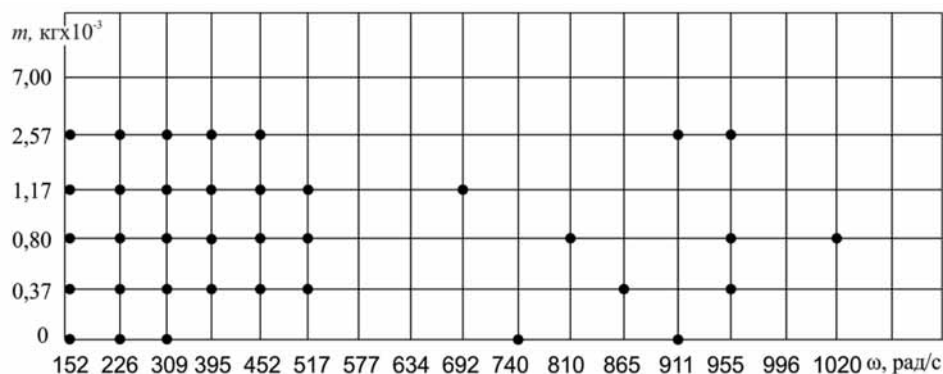


Рис. 5. Частоты ω на которых происходит гашение колебаний для различных масс m дополнительных грузиков E

тором рис. 1 дополнительно оснащена грузиком E на расстоянии $b = 0,015$ м от центра ротора гироскопа. В результате диапазон частот, в которых наблюдается эффект гашения колебаний различается для различных масс m грузика E . Результаты эксперимента представлены на рис. 5. Самый узкий диапазон частот зафиксирован для рамы без грузика E . Для конкретных параметров изготовленной модели при весе груза, превышающим 0,003 кг, рама гироскопа не колеблется. Следовательно, для полного гашения колебаний необходимо изменить параметры рамы гироскопа.

Данные, полученные по результатам эксперимента, позволяют установить феноменологическую модель процесса успокоения вынужденных колебаний с помощью гироскопического стабилизатора.

Определено, что наиболее эффективно гироскопический стабилизатор гасит колебания, направление которых совпадает с направлением оси вращения его ротора. Для гашения колебаний во всех направлениях необходимо использовать два последовательно расположенных гироскопа, оси роторов которых расположить взаимно перпендикулярно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Набатников Ю.Ф. Повышение точности изготовления силовых гидроцилиндров механизированных крепей путем совершенствования технологического процесса сборки: Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора технических наук. – М.: ГОУ ВПО им. И.М. Губкина, 2012. – 37 с.
2. Горелова А.Ю., Плешаков А.А., Измайлов А.Д., Кристал М.Г. Повышение точности обработки гильз гидростоек / Неделя горняка-2014, 27–31 янв.: сб. науч. тр. семинара «Современные технологии в горном машиностроении». – М.: МГТУ, 2014. – С. 486–492.
3. Макаров Б.Ф. и др. Патент РФ 2224219 на изобретение. МПК G01C19/30. Гироско-

- пическое устройство. Оpubл. 20.02.2004. Бюл. № 31.
4. Михик П. Патент РФ 2365471 на изобретение. МПК B23B29/00. Резцедержатель, демпфирующий вибрации. Оpubл. 27.08.2009. Бюл. № 24
5. Комаишко С.Г. и др. Патент РФ 2421302 на изобретение. МПК B23B35/00 Способ сверления глубокого отверстия в детали. Оpubл. 20.06.2011. Бюл. № 17.
6. Николаи Е.Л. Теоретическая механика. Ч. 3. Изд. 2-е, испр. и доп. – Л.; М.: ГОНТИ НКТП СССР, Ред. Техничко-теор. лит., 1939. – 311 с.: ил. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Горелова А.Ю. – аспирант,
Кристалль М.Г. – доктор технических наук, профессор,
Волгоградский государственный технический университет.

UDC 621.9.015

THE DEEP HOLE BORING INSTRUMENT FOR HYDRAULIC LEGS' SHELL MANUFACTURING EQUIPPED WITH STABILIZER

Gorelova A. Yu.¹, Graduate Student,
Kristal' M. G.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
¹ Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

The paper covers the proposed method of deep holes manufacturing. It describes the experimental stand for the study of the process of damping by the proposed method and gives the calculations of the parameters of the gyroscopic stabilizer by computer simulation.

Key words: deep boring tool, tools gyroscopic stabilizer.

REFERENCES

1. Nabatnikov Yu. F. *Povyshenie tochnosti izgotovleniya silovykh gidrotsilindrov mekhanizirovannykh krepey putem sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa sborki* (Improvement in accuracy of manufacture of hydraulic power cylinders for powered support by refinement of assemblage process), Doctor's thesis, Moscow, GOU VPO im. I. M. Gubkina, 2012, 37 p.
2. Gorelova A. Yu., Pleshakov A. A., Izmaylov A. D., Kristal' M. G. *Nedelya gornyaka-2014, 27–31 yanv.: sb. nauch. tr. seminara «Sovremennye tekhnologii v gornom mashinostroenii»* (Miner's Week-2014, January 27–31, Proceedings of Workshop on Advanced Technologies in Mining Machine Engineering), Moscow, MGGU, 2014, pp. 486–492.
3. Makarov B. F. *Patent RU 2224219, 20.02.2004.*
4. Mikhik P. *Patent RU 2365471, 27.08.2009.*
5. Komaishko S. G. *Patent RU 2421302, 20.06.2011.*
6. Nikolai E. L. *Teoreticheskaya mekhanika. Ch. 3. Izd. 2-e* (Theoretical mechanics, part 3, 2nd edition, Leningrad, Moscow, GONTI NKTP SSSR, Red. Tekhniko-teor. lit., 1939, 311 p.



РИСУЕТ НАТАЛЬЯ МОИСЕЕВА



Селекция