

УДК 538.4:621.82/83:621.89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА ТРОГАНИЯ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Владимир Александрович Добер

Студент 6 курса

Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.П. Михайлов, доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»; А.М. Базиненков, аспирант, ассистент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Современное исследовательское и технологическое оборудование, применяемое в производстве современных микро - и нанoeлектронных устройств и проведения исследовательских работ в области нанотехнологий предъявляет жесткие требования к устройствам юстировки и виброизоляции. Устройства должны сочетать высокие нагрузочные и точностные характеристики. Примером подобного устройства является трёхкоординатный магнитореологический (МР) модуль юстировки и виброизоляции, разработанный на кафедре МТ11 МГТУ им. Баумана (рис. 1).

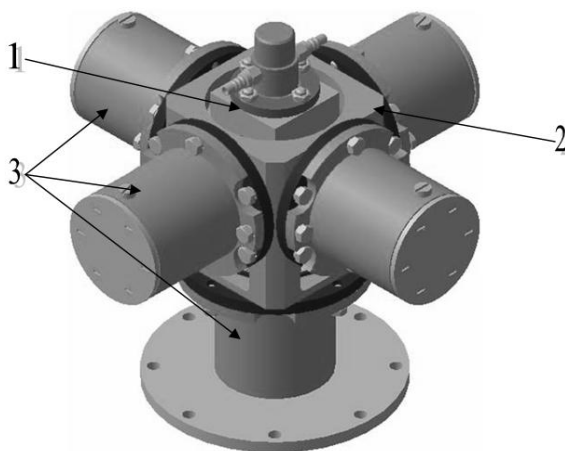


Рис. 1. Трёхкоординатный МР модуль:
1 – подвижный шток, 2 – корпус,
3 – гидроцилиндры

Магнитореологическим эффектом называется быстрое обратимое повышение эффективной вязкости неводных дисперсных систем (суспензий) в сильных магнитных полях. Значительные изменения претерпевают также другие свойства суспензий, такие как тепло- и электропроводность, магнитная проницаемость.

Магнитореологические суспензии (МРС) или жидкости МРЖ (рис. 2) представляют собой специально приготовленную смесь частиц железа размером около 1...10 мкм в жидкости-носителе со стабилизирующими и специальными добавками. В качестве дисперсной фазы при магнитореологическом (МР) эффекте в приводе

прецизионных перемещений обычно используются частицы магнитомягких материалов (например, Fe или CrO_2).

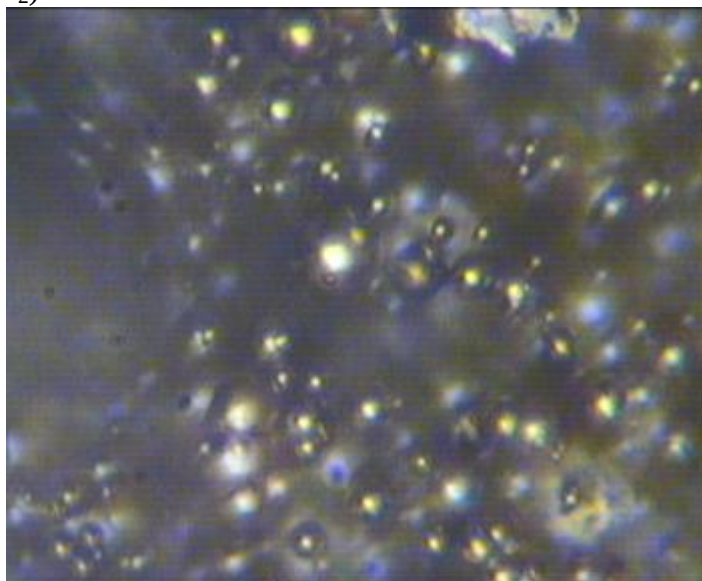


Рис. 2. Фотография МР-жидкости

Механизм изменения динамической вязкости при магнитореологическом эффекте объясняется процессами структурирования рабочей жидкости. При структурировании происходит ориентация частиц дисперсной фазы вдоль силовых линий магнитного поля и их перемещение в сторону наибольшей напряжённости поля.

Трёхкоординатный МР модуль (рис. 3) содержит пять гидроцилиндров 1, герметизированных сильфонами 2, штоки 3, неподвижный корпус 4 и подвижную платформу 5. Штоки 3 гидроцилиндров содержат систему входных и выходных МР дросселей (рис. 4). МР модуль работает следующим образом.

Рабочая МР-жидкость подается при помощи гидравлической насосной станции в гидроцилиндры через входные МР дроссели и далее перемещается в сливной бак через выходные МР дроссели. При подаче управляющих сигналов на входные и выходные МР дроссели меняется динамическая вязкость рабочей жидкости и в каждом гидроцилиндре создается определенное давление. Под действием давлений гидроцилиндров возникают силы, перемещающие подвижную платформу 5 по координатам X, Y, Z.

Рассмотрим главный исполнительный элемент демпфера – МР дроссель. Схема типового МР-дросселя с кольцевым рабочим зазором приведена на рис. 4. Дроссель состоит из электромагнитной катушки 1, корпуса 2 и сердечника 3 из магнитной стали, которые выполняют функции магнитопровода. МР - дроссель работает следующим образом. Ток, протекающий через обмотку катушки, вызывает появление магнитного поля и соответственно магнитного потока 4 через магнитопровод. Магнитный поток 4 замыкается через зазор 5 и увеличивает динамическую вязкость МР-жидкости, протекающей через зазор.

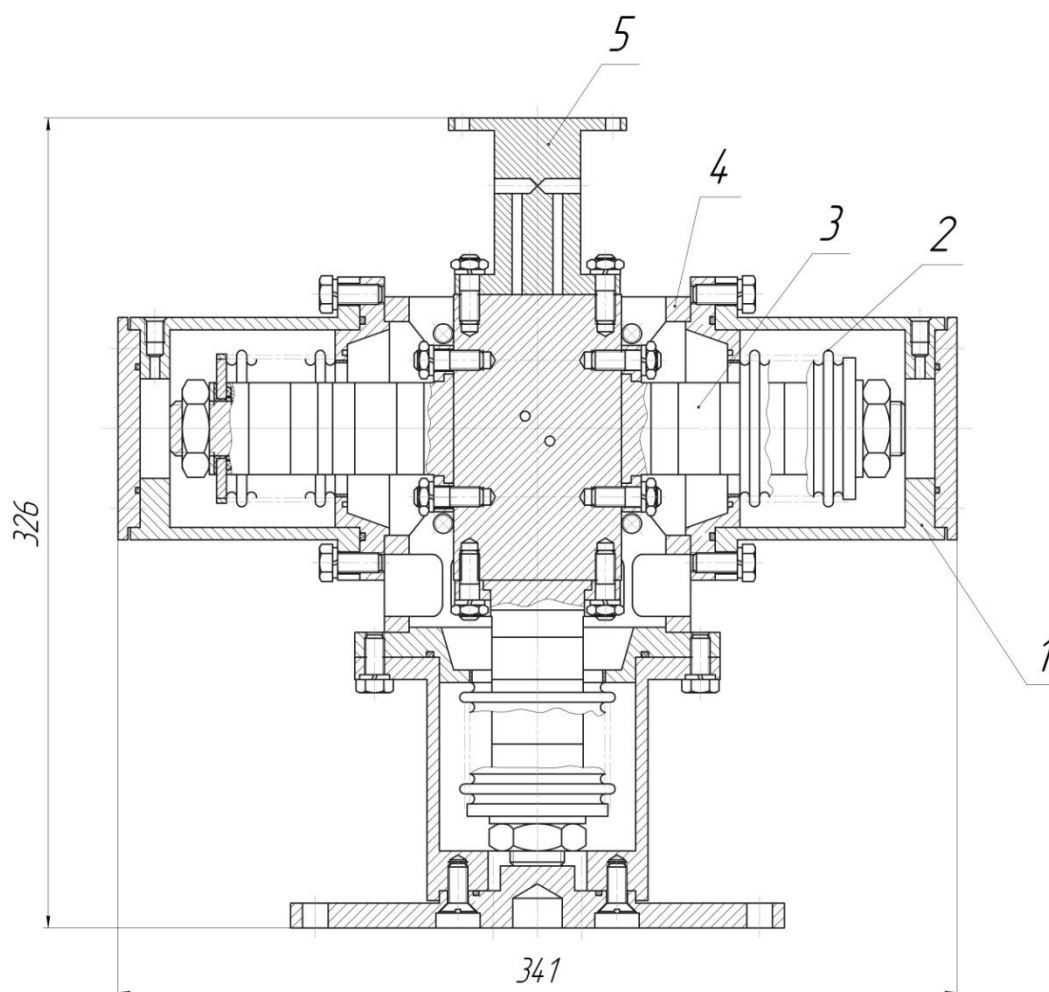


Рис. 3. Схема трёхкоординатного МР модуля

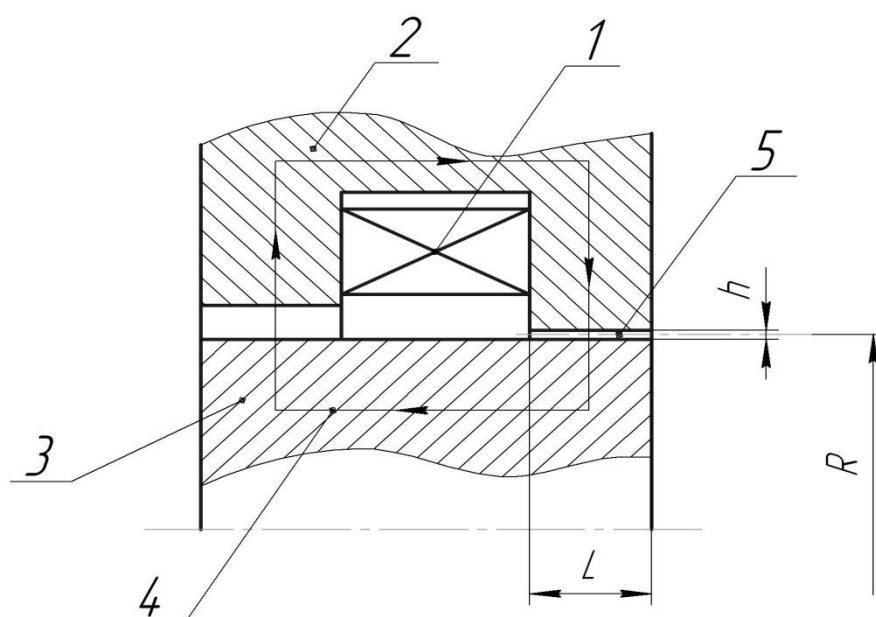


Рис. 4. Схема МР дросселя с кольцевым рабочим зазором

Определение тока трогания МРЖ при различных параметрах важно с той точки зрения, что он определяет погрешность перемещения модуля, которая, в свою очередь, определяет его статическую ошибку. Статическая ошибка модуля с замкнутой системой управления в общем случае вычисляется как:

$$\delta_{СТ} = \delta_{Л} + \delta_{И} + \delta_{С},$$

где $\delta_{Л}$ - погрешность перемещения, обусловленная люфтами; $\delta_{И}$ - инструментальная погрешность перемещения; $\delta_{С}$ - погрешность перемещения, обусловленная силами статического трения в модуле.

Анализ структурных схем модулей показывает, что погрешность полностью замкнутого модуля можно свести к одной составляющей:

$$\delta_{С} = 2\delta_{Т} = 2I_{ТР} / (k_{Д} k_{У}),$$

где $\delta_{Т}$ – зона нечувствительности следящей системы; $I_{ТР}$ – ток трогания системы; $k_{Д}$ – коэффициент передачи датчика положения; $k_{У}$ – коэффициент усиления измерительной системы.

Для проведения эксперимента по определению тока трогания МРЖ была разработана оснастка (рис. 5, 6), включающая две бюретки с МРЖ, сообщаемые через зазор в магнитопроводе, где посредством катушки индуктивности создавалось электромагнитное поле. В ходе эксперимента одна из бюреток подключалась к магистрали сжатого воздуха и осуществлялась подача управляющего тока на катушку индуктивности. При создании избыточного давления в одной из бюреток проводился контроль давления по стрелочному манометру, а также фиксация момента начала движения МРЖ и значения избыточного давления, при котором движение произошло.

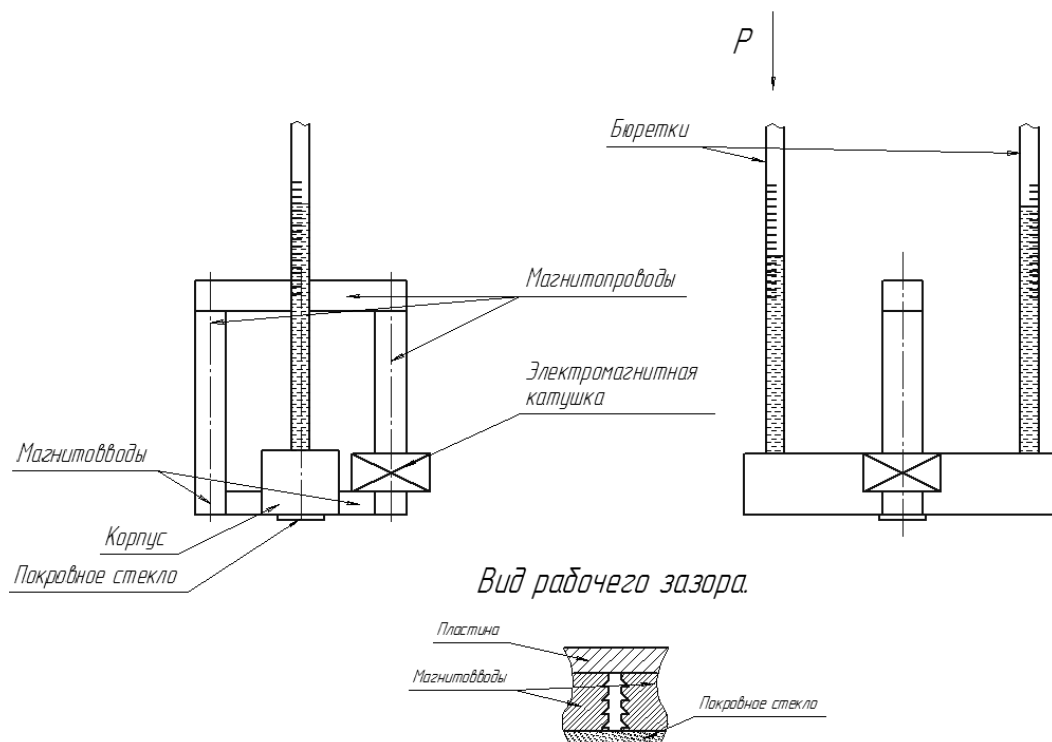


Рис. 5. Схема экспериментальной оснастки

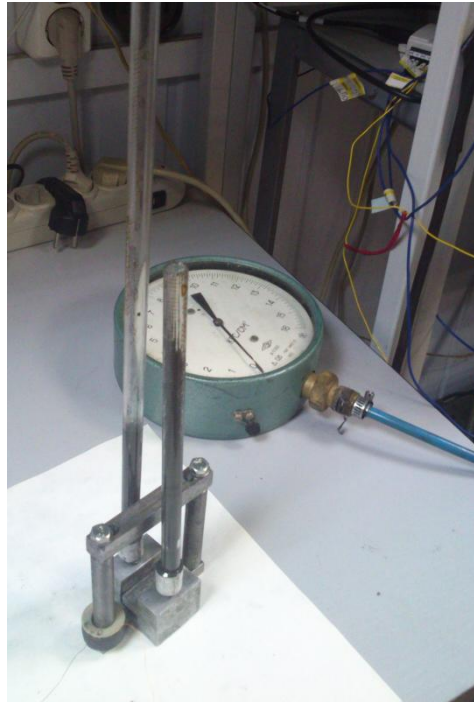


Рис. 6. Фотография экспериментальной оснастки

В ходе эксперимента одна из бюреток подключалась к магистрали сжатого воздуха и осуществлялась подача управляющего тока на катушку индуктивности. При создании избыточного давления в одной из бюреток проводился контроль давления по стрелочному манометру, а также фиксация момента начала движения МРЖ и значения избыточного давления, при котором движение произошло.

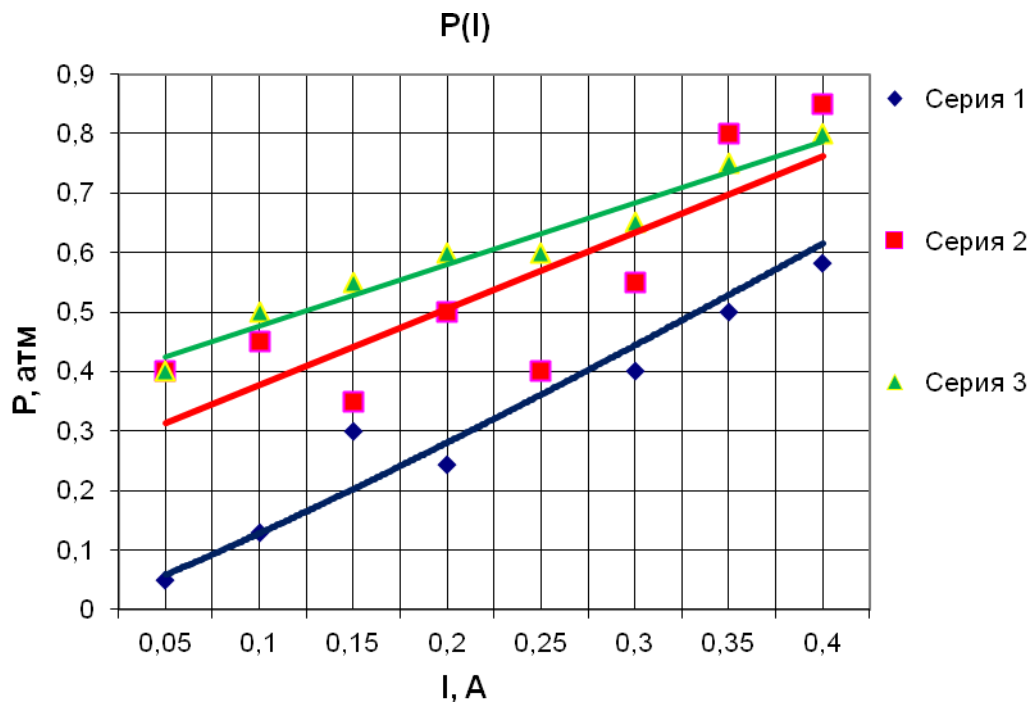


Рис. 7. Зависимости сдвигового давления от тока на электромагнитной катушке

Эксперимент проводился на неразбавленной и разбавленной МРЖ (с меньшим содержанием частиц). Зависимость сдвигового давления от тока на электромагнитной катушке представлена на рис. 7.

Из графика видно, что для жидкости с большим содержанием частиц давление, при котором наступает деструктуризация, выше. Чем больше ток, подаваемый на катушку, а следовательно, чем выше значение магнитного поля в зазоре, тем большее давление способна выдержать структурировавшаяся фаза МРЖ. Это объясняется тем, что при увеличении магнитного поля увеличивается сила взаимодействия частиц, структурировавшихся в зазоре.

Литература:

1. *Анисимов В.В., Деулин Е.А., Михайлов В.П.* Прецизионный гидропривод поступательного перемещения с магнитореологическим распределителем // Приборы и техника эксперимента. – 1991. - №3. – С. 244-245.
2. *Шульман З.П., Кордонский В.И.* Магнитореологический эффект. – Минск: Наука и техника, 1982. – 184 с.