

Рис. 8. Зависимость дисперсии от скорости движения:
верхний график – демпфирование без управления; нижний график – с управлением, применяя оба алгоритма

Библиографические ссылки

1. Дербаремдикер А. Д. Амортизаторы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 200 с.
2. Исследование работы самонастраивающегося амортизатора / А. Д. Дербаремдикер [и др.] // Автомобильная промышленность. – 1985. – № 1. – С. 15–16.
3. Там же.
4. Мусарский Р. А. Синтез параметров подвески экипажа // Изв. вузов. Радиофизика. – 1972. – Т. XV, № 3. – С. 474–479.

5. Там же.
6. Дербаремдикер А. Д. Указ. соч.
7. Гордеев Б. А. Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред / Б. А. Гордеев, В. И. Ерофеев, А. В. Синева, О. О. Мугин. – М.: Физматлит, 2004. – 176 с.
8. Мусарский Р. А. Математические модели колесных экипажей: учеб. пособие / НГУ им. Н. И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2008. – 163 с.

Получено 26.11.15

УДК 621.7/9+623.44

М. В. Байметов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ВЛИЯНИЕ ПОКРЫТИЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Основными функциями покрытия в оружии являются защита от коррозии, а также повышение безотказности работы автоматики. Каждое покрытие имеет свою структуру и особенности, поэтому при расчетах автоматики стрелкового оружия необходимо учитывать силу трения скольжения для каждого конкретного покрытия, так как она существенно влияет на безотказность.

Коэффициент трения зависит от следующих факторов:

- 1) материала трущихся тел и характера смазки, пленки, имеющейся на поверхности;
- 2) конструкции фрикционного сочленения: размера поверхности, геометрического очертания, в основном – от отношения площадей трения контактирующих деталей;
- 3) режима работы – температуры, скорости, нагрузки [1].

Коэффициент трения для одной и той же пары трущихся материалов изменяется в широком диапазоне: так, для стали, трущейся по стали, коэффициент трения в пределах 0,05...0,8 [2].

В рамках работы проводилось исследование трения стали по стали с двумя видами обработки и с различными покрытиями: фрезерование (Ra 6,3 – 5-й класс шероховатости) и шлифование (Ra 1,6 – 7-й класс шероховатости) [3].

В качестве установки, измеряющей усилие, выбрана система Trigger Scan. Система Trigger Scan является инструментом определения характеристик усилия спуска стрелкового оружия. При измерении каждый профиль, отражающий зависимость усилие – ход, появляется в виде кривой на графике: по вертикальной оси – значения усилия (Н), по горизонтальной – ход (мм). Выбираемые единицы измерения указываются в скобках сверху графика, например [Н/мм]. Каждая кривая состоит из отдельных точек, соединенных прямыми линиями. Прибор ставит точки данных через каждые 0,0127 мм хода, что соответствует 3,2 миллисекундам. Рычаг-датчик перемещается на 32 мм с постоянной скоростью 4 мм/с.

Использовались следующие профили деталей: пластина с габаритными размерами 100×60×10 мм и цилиндр диаметром 34 мм и толщиной 10 мм.

На рис.1 представлена схема установки детали на датчике.

Схема нагружения сил представлена на рис. 2.

Для каждого вида обработки проводилось по пять измерений. В результате измерений имеем по пять максимальных усилий страгивания и коэффициентов трения движения.

Пример измерений приведен на рис. 3.

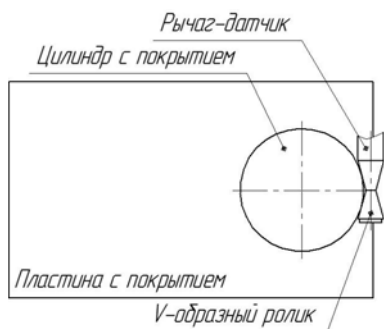


Рис. 1. Схема установки

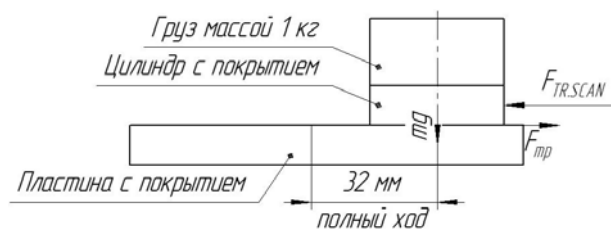


Рис. 2. Схема нагружения сил

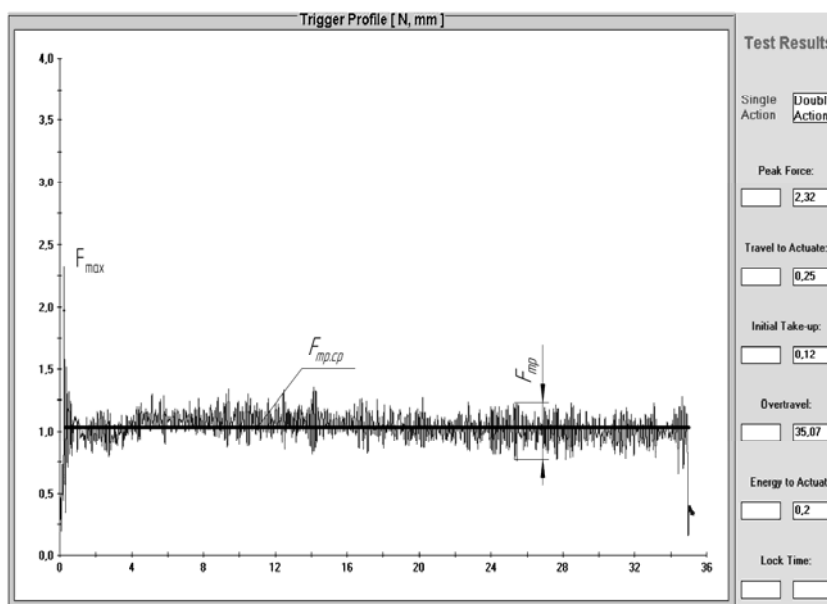


Рис. 3. Результаты Хим.Фосф.прп.БФ-4 с нигразином (П/1,6 -Ц/1,6)

В таблице приведены средние значения по пяти измерениям. Измерения проводились на покрытиях, наиболее часто применяемых в оружейном производстве. Были рассмотрены следующие покрытия: Хим.Н6, ВНИИПП-212, Хим.Окс.прм., Тенифериро-

вание, Хим.фос.прп.БФ-4 с нигразином [4]. Для сравнительной оценки были проведены замеры углеродистой (Сталь 50) и легированной (30ХГСА) стали без покрытия.

Результаты измерений

Деталь/ частота поверхности (П – пластина; Ц – цилиндр)	Максимальный коэффициент трения (страгивания)	Коэффициент трения (движения)
Без покрытия углеродистая сталь, поверхность сухая		
П/1,6 – Ц/1,6	0,236	0,174 ± 0,0137
П/1,6 – Ц/6,3	0,261	0,192 ± 0,0232
П/6,3 – Ц/6,3	0,368	0,25 ± 0,0435
Без покрытия легированная сталь, поверхность сухая		
П/1,6 – Ц/1,6	0,248	0,165 ± 0,010
П/1,6 – Ц/6,3	0,344	0,257 ± 0,016
П/6,3 – Ц/6,3	0,452	0,263 ± 0,043
Покрытие Хим.Н6 – химическое никелирование		
П/1,6 – Ц/1,6	0,192	0,161 ± 0,0125
П/1,6 – Ц/6,3	0,185	0,141 ± 0,0077
П/6,3 – Ц/6,3	0,250	0,171 ± 0,0404
Покрытие ВНИИПП-212		
П/1,6 – Ц/1,6	0,336	0,213 ± 0,0043
П/1,6 – Ц/6,3	0,334	0,194 ± 0,0045
П/6,3 – Ц/6,3	0,300	0,192 ± 0,0460

Окончание табл.

Деталь/ частота поверхности (П – пластина; Ц – цилиндр)	Максимальный коэффициент трения (страгивания)	Коэффициент трения (движения)
Покрытие Хим.Окс.Прм – химическое оксидирование промасливание		
П/1,6 – Ц/1,6	0,526	0,421 ± 0,0152
П/1,6 – Ц/6,3	0,564	0,463 ± 0,0274
П/6,3 – Ц/6,3	0,572	0,455 ± 0,0585
Покрытие Тениферация		
П/1,6 – Ц/1,6	0,158	0,134 ± 0,008
П/1,6 – Ц/6,3	0,170	0,138 ± 0,011
П/6,3 – Ц/6,3	0,255	0,17 ± 0,029
Покрытие Хим.фос.прп.БФ-4 с нигрозином – химическое фосфатирование пропитанное БФ-4 с нигрозином		
П/1,6 – Ц/1,6	0,270	0,107 ± 0,014
П/1,6 – Ц/6,3	0,257	0,114 ± 0,018
П/6,3 – Ц/6,3	0,223	0,117 ± 0,02
Покрытие поверхности – азотирование		
П/1,6 – Ц/1,6	0,251	0,207 ± 0,031
П/1,6 – Ц/6,3	0,212	0,155 ± 0,022
П/6,3 – Ц/6,3	0,291	0,151 ± 0,054

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что реальные значения коэффициентов трения, полученные экспериментально, существенно отличаются от табличных – на 10-30 %. Причинами таких расхождений являются: различные степени обработки, особенности структуры и поверхности. Следует отметить, что в механизмах редко используется сталь без покрытия, а потому для расчетов целесообразно использовать значения коэффициента трения исходя из чистоты обработки и вида покрытия поверхности.

Анализ результатов, приведенных в таблице, позволяет сделать ряд выводов. Наилучшие результаты получены для покрытий с химическим фосфатированием, пропитанным БФ-4 с нигрозином, однако на практике данное покрытие является низкоизносостойким: после непродолжительного использования

Получено 03.12.15

покрытие стирается полностью, и механизм работает без защитного покрытия. Поэтому наиболее целесообразным представляется использование покрытия Тениферации, обладающего высоким сопротивлением износу и не склонного к хрупкому разрушению при минимальном коэффициенте трения.

Библиографические ссылки

1. *Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики. – 17-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 416 с.
2. *Крагельский И. В., Виноградова И. Э.* Коэффициенты трения: справ. пособие. – М.: Книга по требованию, 2013. – С. 228.
3. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
4. ГОСТ 9.306–85. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения.

УДК 621.833.6

М. Н. Каракулов, доктор технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
А. С. Мельников, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
А. Э. Саблин, студент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛУНЖЕРНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Использование современных методов вычислений, реализованных в комплексах САД и САЕ, дает возможность проводить исследования различных характеристик проектируемых объектов, что позволяет менять конструкцию этих объектов без создания экспериментальных образцов, не прибегая к длительной и дорогостоящей процедуре натурных исследований [1–3].

Среди средств САЕ важное место занимают комплексы метода конечных элементов (МКЭ (FEA)), позволяющие проводить имитационное моделирование исследуемых элементов зацепления на основе подробного описания их геометрии, физики моделируемых процессов, свойств применяемых материалов, эксплуатационных характеристик, способов нагружения и иных указываемых пользователем ис-