

УДК 621.825

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЦЕССА ВКЛЮЧЕНИЯ
ГИДРОУПРАВЛЯЕМЫХ МУФТ
ПРИВОДОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ
СТАНКОВ**

*А. О. Ташкина, А. А. Городов,
А. С. Юкин, С. В. Вовченко*

Донской государственной технической
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

Pozhidaeva_albina@mail.ru
antonygorodov@gmail.com
asyukin2033pro@gmail.com
sergvv@list.ru

Проведен анализ экспериментального исследования дисковых гидروуправляемых фрикционных муфт с выводом эмпирических зависимостей определения величины давления рабочей жидкости и передаваемого крутящего момента в процессе включения муфт под нагрузкой. Проведена оценка точности соответствия расчетных и экспериментальных данных, рассматриваются причины их расхождений.

Ключевые слова: гидروуправляемые фрикционные муфты, крутящий момент, давление рабочей жидкости.

Введение. Обработка поверхностей деталей машин в современном производстве требует применения станков с автоматизированным приводом движения исполнительных органов. Реализовать это можно путем применения приводов с регулируемыми электродвигателями и приводов с управляемыми автоматизированными устройствами, такими как фрикционные муфты. В приводах современных станков используются, в основном, муфты двух типов — электромагнитные и гидравлические. Гидроуправляемые фрикционные муфты (ГФМ), по сравнению с электромагнитными, обладают следующими преимуществами, положительно влияющими на качество обрабатываемой поверхности: высокая скорость и плавность включения, высокий передаваемый крутящий момент и высокая теплоемкость [1].

Актуальной задачей в станкостроении является расширение области применения дисковых гидроуправляемых фрикционных муфт. Это приводит к необходимости проведения экспериментального исследования различных конструкций для оценки их работоспособности и выявления преимуществ и недостатков каждого типа конструкций, а также создания упрощенных методов расчета на основе эмпирических зависимостей [2]. Многообразие конструкций таких муфт не позволяет исследовать их все и создать универсальный метод расчета.

В работе проведен анализ результатов экспериментальных исследований [2], направленных на выявление закономерностей изменения передаваемого крутящего момента в зависимости от

UDC 621.825

**PARAMETERS INVESTIGATION OF
START-UP PROCESS OF
HYDRAULICALLY CONTROLLED DRIVES
CLUTCHES OF MACHINES MAIN MOTION**

*A. O. Tashkina, A. A. Gorodov,
A. S. Yukin, S. V. Vovchenko*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

Pozhidaeva_albina@mail.ru
antonygorodov@gmail.com
asyukin2033pro@gmail.com
sergvv@list.ru

The article considers the analysis of an experimental study of hydraulically controlled frictional clutches, with the determination of the empirical dependences of determining the magnitude of the pressure of the working fluid and the transmitted torque in the process of starting-up clutches under load. The authors have conducted the accuracy assessment of conformity of the calculated and experimental data and clarified the reasons for their differences.

Keywords: hydraulically controlled frictional clutch, torque, pressure of the working fluid.

давления рабочей жидкости, а также применения этих закономерностей в методах расчета и конструирования дисковых ГФМ.

Целью исследования является определение наиболее эффективных и точных зависимостей, позволяющих определять передаваемый момент и давление дисковых ГФМ.

Основная часть. Анализ результатов экспериментальных исследований и расчет параметров переходного процесса включения дисковых ГФМ проводился по двум режимам [2]:

- Пуск электродвигателя при включенной муфте под нагрузкой и в режиме холостого хода.
- Включение муфты при работающем двигателе привода под нагрузкой и в режиме холостого хода.

Исследование динамических характеристик гидроуправляемых муфт осуществляется в настоящей работе с целью получения зависимостей, реально отображающих изменение конкретных параметров переходных процессов. При этом желательно использовать минимум исходных данных, полученных эмпирическим путем, т. к. все параметры переходного процесса определить для различных конструкций устройств не всегда возможно. При проведении исследований использовалась муфта со следующими конструктивными параметрами: $z = 2$ — число пар трения; $f_{mp} = 0,08$ — площадь трения; $R_{n \max} = 62,5$ мм — наружный радиус поршня; $R_{n \min} = 26$ мм — внутренний радиус поршня; $T_{\epsilon} = 0,07$ — постоянная времени включения муфты; $R_{\max} = 67,5$ мм — наружный радиус трения; $R_{\min} = 26$ мм — внутренний радиус трения [3].

Оценка влияния текущей величины давления рабочей жидкости на передаваемый крутящий момент была выявлена на основе реальных экспериментальных результатов (рис. 1-3).

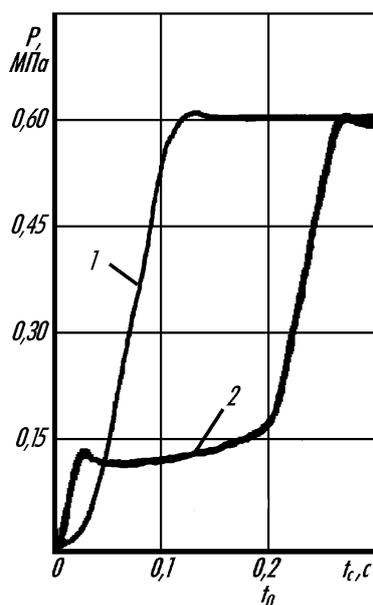


Рис. 1. Рост давления при включении муфты: 1 — при включении муфты со свободными дисками; 2 — при включении муфты с принудительным упругим размыканием дисков

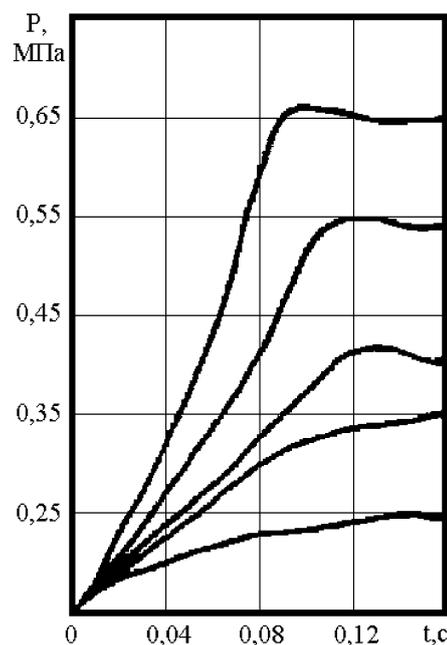


Рис. 2. Исследование изменения давления при включении муфты при разных значениях линейного давления гидросистемы

В работе предложены несколько функций для аппроксимации кривой, отображающей фактическое изменение давления при включении дисковой ГФМ. На рис. 4. приведены графики этих функций совместно с графиком экспериментальных данных.

Анализ результатов показал, что изучаемые функции лучше всего описываются зависимостями:

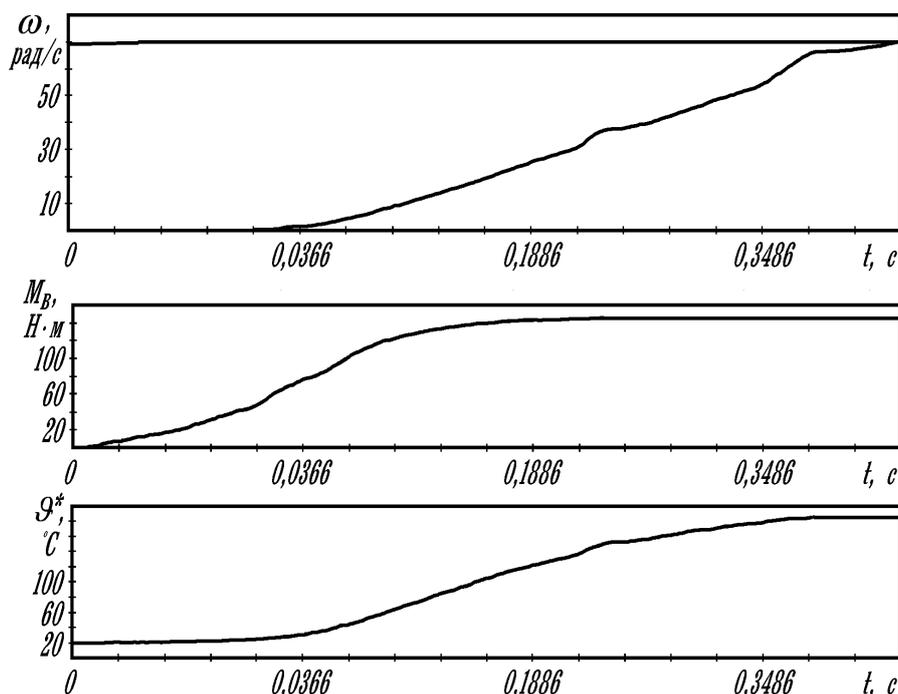


Рис. 3. Изменение частоты вращения, момента и температуры поверхности при включении под нагрузкой

$$P(t) = P_{\text{л}} \cdot th\left(\frac{t}{T_B}\right)^{k_p P_t} \quad (1)$$

$$P(t) = P_{\text{л}} \cdot \left(th\left(\frac{t}{T_B}\right)\right)^n \quad (2)$$

$$P(t) = P_{\text{л}} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{T_B}\right)^{k_p P_t}}\right) \quad (3)$$

$$P(t) = P_{\text{л}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_B}}\right)^n, \quad (4)$$

где $n = k_p P_t$, а $k_p = f_{\text{dyn}} \cdot F_n \cdot z_{\text{mp}} \cdot R_{\text{mp}}$, т.к. они дают достаточно близкие значения характеристики к экспериментальной кривой, как в нижней, так и в верхней части. При этом надо отметить, что при широком варьировании показателей степени вид изменения процесса лучше показывают функции (1) и (3) [4].

При варьировании показателя степени у графиков не только меняется угол наклона кривых к оси абсцисс, но и происходит сдвиг всего графика вдоль нее, что вполне логично предположить при увеличении или уменьшении давления в гидросистеме.

На рис. 4. видно, что наиболее удобными для использования при проведении

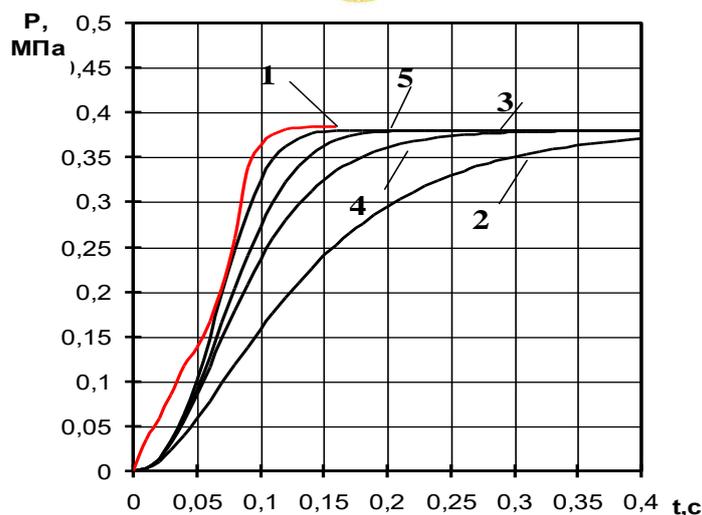


Рис. 4. Изменение давления при включении муфты: 1 — экспериментальные данные; расчетные данные, полученные при помощи: 2 — функции (4); 3 — функции (3); 4 — функции (2), 5 — функции (1).

расчетов давления рабочей жидкости являются функции (1) и (3).

На рис. 5 показан процент сходимости результатов расчетов давления с экспериментальными данными для функций (1) и (3). Оценивая характер изменения давления в ходе включения муфты под нагрузкой, можно сделать выводы, что из представленных четырех функций, описывающих изменение давления во время переходного процесса, наиболее точно отражает это изменение давления функция по формуле (1). Эта функция не только более точно описывает процесс изменения давления с соответствием времени выхода на его линейное значение, но и почти совпадает с экспериментальными данными на большей части переходного процесса [5].

Расхождения с экспериментальными данными около 68–14% только на начальном этапе времени включения до 0,05с. Они могут быть связаны с нестабильностью жидкости, ее упругостью, низким давлением, герметичностью гидросистемы, сложностью контроля процесса и высокой погрешностью измерений. Весь остальной период включения соответствует экспериментальным данным с выходом на номинальное давление и составляет порядка 0,15–0,16 с, и поэтому можно сказать, что эта функция наиболее точно отражает фактический процесс, происходящий внутри рабочей камеры при включении муфты. Ее можно в дальнейшем использовать в проектировочных расчетах [6].

Для аппроксимации изменения величины передаваемого крутящего момента муфты в процессе ее включения (рис. 6) использовались функции

$$M_B(t) = 440,22 \cdot (P_{\text{л}} - 0,054) \cdot th\left(\frac{t}{0,0615}\right)^{5,128(P_{\text{л}} - 0,054)} \quad (5)$$

$$M_B(t) = 440,22 \cdot (P_{\text{л}} - 0,054) \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{0,0615}\right)^{5,128(P_{\text{л}} - 0,054)}}\right) \quad (6)$$

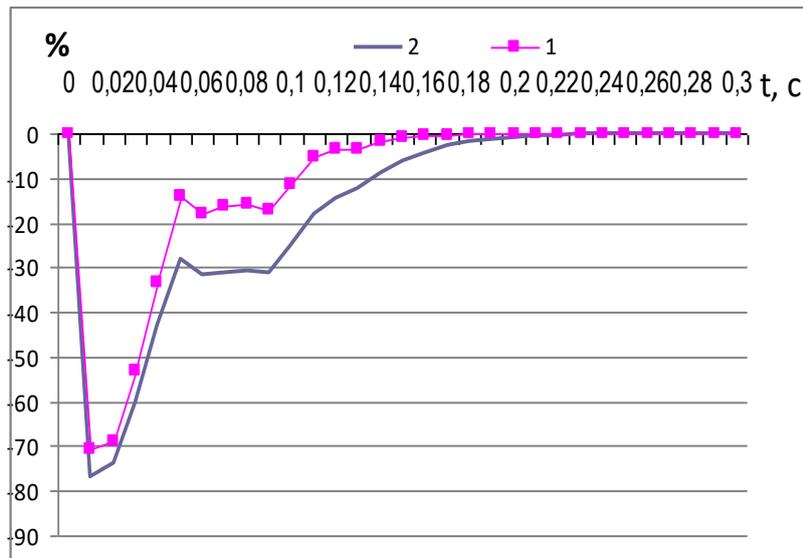


Рис. 5. Процент сходимости величины давления по результатам эксперимента и результатам расчета: 1 — по функции (1) и 2 — по функции

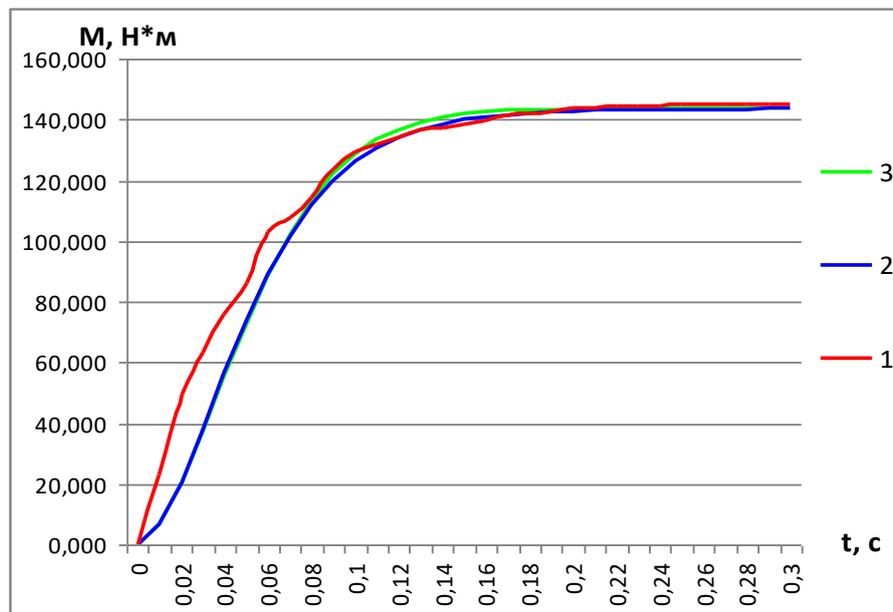


Рис. 6. Величина крутящего момента дисковой гидроуправляемой фрикционной муфты: 1 — экспериментальная, расчетные: 2 — по формуле (5) и 3 — по формуле (6)

при следующих исходных данных: $P_n=0,38$ Мпа; $T_v=0,09$; $n=2,2$.

Анализ расчетов в сравнении с экспериментальными данными позволяет сделать следующий вывод: наиболее точно описывает изменение величины крутящего момента функции (5) и (6). Для достоверного отражения изменения момента на всех этапах переходного процесса в эти уравнения необходимо ввести дополнительные коэффициенты, связывающие текущие значения момента и давления со статистическими величинами и конструктивными параметрами муфты [7]. Это z — количество пар трения, f — коэффициент трения, F_n — площадь поршневого устройства, P_n — линейное давление рабочей жидкости, n — коэффициент давления рабочей жидкости, $F_{тр}$ — площадь трения и т.д.

Полученный результат показал, что изучаемые функции лучше всего описываются зависимостями (1) и (6), т. к. они дают результат, наиболее приближенный к экспериментальной кривой.

В гидромуфте можно изменять величину передаваемого момента в широком диапазоне без изменения размеров самой конструкции устройства путем изменения давления рабочей жидкости.

Используя именно эту функцию можно производить расчет передаваемого крутящего момента муфты и применять ее не только для расчетов фактических характеристик, но и на стадии проектирования, для того чтобы в процессе конструирования муфты определять действительное значение момента которые будут возникать в устройстве при ее включении.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Оценка величины расчетного крутящего момента, полученной с помощью экспоненциальной и тангенциальной зависимостей по формулам (5) и (6) в сравнении с экспериментальными данными показала, что нарастание нагрузки не теряет своей плавности и, в то же время, не теряет своей быстроты, что точно отражает время фрикционного контакта.

2. Эти функции имеют наименьший процент расхождения с экспериментальными данными и могут быть использованы для расчета рабочей характеристики муфты на этапе его проектирования.

3. Наибольшие расхождения получаются между результатами экспериментальных исследований и результатами расчета на основе эмпирических зависимостей и обусловлены малой величиной временного этапа исследования, сложностью оценки всех параметров на начале этапа включения муфты и высокой степенью погрешности изменения.

Библиографический список

1. Вовченко, С. В. Фрикционные узлы управляемых муфт, работающие в масле / С. В. Вовченко // Надежность и эффективность станочных и инструментальных систем: сб. науч. тр. — Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 1997. — С. 51–56.

2. Вовченко, С. В. Переходные процессы в дисковых гидроуправляемых фрикционных муфтах и их влияние на конструкционные параметры и эксплуатационные характеристики муфт. Дисс. ... канд. техн. наук / С. В. Вовченко. — Ростов-на-Дону, 2000. — 168 с.

3. Вовченко, С. В. Совершенствование методов расчета момента трения дисковых фрикционных муфт / С. В. Вовченко // Надежность и эффективность станочных и инструментальных систем: сб. науч. тр. — Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 1998. — С. 107–110.

4. Вовченко, С. В. Определение параметров процесса включения дисковых гидроуправляемых фрикционных муфт / С. В. Вовченко // Инновационные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-техн. конф. «Метмаш. Станкоинструмент-2010», ВЦ «Вертолэкспо». — Ростов-на-Дону, 2010. — С. 22–24.

5. Вовченко, С. В. Определение конструктивных параметров гидроуправляемых муфт с учетом термодинамики трения / С. В. Вовченко // Вестник Донского гос. техн. ун-та. Сер. Трение и износ. — 2000. — С. 48–50.

6. Вовченко, С. В. Экспериментальные исследования переходных процессов гидроуправляемых фрикционных дисковых муфт / С. В. Вовченко, Н. С. Колев, // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2002. — Т. 2, №1(11) — С. 41–44.

7. Вовченко, С. В. Расчет динамических характеристик дисковых гидроуправляемых фрикционных муфт / С. В. Вовченко // Известия Института управления инноваций авиационной промышленности. — 2007. — № 1–2. — С. 49–51.