

Муслимов А.П.

д.т.н., проф. Кыргызского госуд. техн. универ. им. И. Раззакова,
Кыргызская Республика

Кадыров Э.Т.

к.т.н., доцент Кыргызского госуд. техн. универ. им. И. Раззакова,
Кыргызская Республика

Атаканова Н.Э.

преп. Кыргызского госуд. техн. универ. им. И. Раззакова, Кыргызская Республика

ТАШТЫ ИШТЕТҮҮЧҮ ТОКАРДЫК СТАНОКТУН ГИДРОМОТОРУНУН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ

Бул макала ташты иштетүүчү токардык станоктун гидромоторун математикалык сүрөттөөгө арналган. Математикалык модель гидромотордун октолгоочунун айлануу огуна келтирилген айлантма массалардын иннерциясынын моментин эске алуусунун негиздөөсүнүн, гидромотордун суюктугунун ички агууларын, илээшкек сүрүлүүлөрдүн күчүнөн чыккан моменттин негизинде жана гидромотордун динамикалык шартындагы иштөөсүндө орун алган жумушчу суюктугунун кысылуусу, жумушчу суюктугунун илээшкектигинин өзгөрүүсү, агызма магистралинин басымы өңдүү факторлорду эске албоонун негизинде түзүлгөн. Ушул көрсөткүчтөрдү эске алуу менен Д.Аламбер принцибинин негизинде гидромотордогу динамикалык чектерди сүрөттөгөн дифференциалдык теңдемелер түзүлгөн – моменттердин теңдемеси, жумушчу суюктугунун агымынын ажырагыстыгынын теңдемеси. Аталган теңдемелерди чыгаруунун натыйжасында өткөөл процесс экспонента боюнча өтүүсүн жана $T_{\text{мех}}$ убакты өтүүсү менен бурчтук ылдамдык $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$ маанисине жетүүсүн көрсөткөн гидромотордун өткөөл процессинин графиги түзүлгөн.

Негизги сөздөр: гидромотор; математикалык модель; гидромотордун динамикасы; дифференциалдык теңдеме; гидромотордун өткөөл процессинин графиги.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОМОТОРА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ТОКАРНОГО СТАНКА

Данная статья посвящена математическому описанию гидромотора камнеобрабатывающего токарного станка на основании обоснования учета момента инерции вращающихся масс, приведенных к оси вращения вала гидромотора, внутренних утечек жидкости в гидромоторе, момента от сил вязкого трения и пренебрежения факторов, присутствующих в его работе в динамических условиях таких как, сжимаемость рабочей жидкости в гидромоторе, изменение вязкости рабочей жидкости, давление магистрала слива. Учитывая эти показатели на основании принципа Д. Аламбера составлены дифференциальные уравнения описывающие динамические границы в гидромоторе – уравнение моментов, уравнение неразрывности потока рабочей жидкости. В результате решения названных уравнений построен график переходного процесса гидромотора, который показывает, что переходной процесс протекает по экспоненте и по истечении времени $T_{\text{мех}}$ угловая скорость достигает значения $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$.

Ключевые слова: гидромотор; математическая модель; динамика гидромотора; дифференциальное уравнение; график переходного процесса гидромотора.

MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRAULIC MOTOR OF A STONE-WORKING LATHE

This article is devoted to the mathematical description of hydraulic inspection based on the justification of taking into account the moment of inertia of rotating masses brought to the axis of rotation of the hydraulic motor shaft, internal fluid leaks in the hydraulic motor, the moment from the forces of viscous friction and neglect of factors present in its operation under dynamic conditions such as compressibility of the working fluid in hydraulic cylinders, changes in the viscosity of the working fluid, the pressure of the drain line. Taking into account these indicators, on the basis of the principle of D. Alembert, differential equations describing dynamic boundaries in a hydraulic motor are compiled – the equation of moments, the equation of the continuity of the working fluid flow. As a result of solving these equations, a graph of the transient hydrometric process is constructed, which shows that the transient process proceeds exponentially and after the expiration of the

time, the angular velocity reaches a value of $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$.

Key words: hydraulic motor; mathematical model; hydraulic motor dynamics; differential equation; agram of the transient process of the hydraulic motor.

Актуальность исследований обработки камня и технологических процессов этого производства обусловлена постоянным совершенствованием и модернизацией производства обработки камня.

На камнеобрабатывающих токарных станках в качестве двигателя рабочего органа используют гидромотор. Гидромотор относится к исполнительным двигателям, является элементом гидропривода, который выполняет заданные функции и потребляет в своей работе энергию сжатой рабочей среды [1].

Для разработанных автоматических систем управления разработанных камнеобрабатывающих станков применяются гидромоторы без обратной и с обратной гидравлической связью. В целях дальнейшего исследования разработанных автоматических систем управления необходимо составить математическую модель элементов этих систем.

При выводе математической модели гидромотора проведем обоснование учета и пренебрежение факторов, присутствующих в его работе в динамических условиях.

1. Учитываем момент инерции вращающихся масс, приведенных к оси вращения вала гидромотора;
2. Внутренние утечки жидкости в гидромоторе;
3. Момент от сил вязкого трения.

Пренебрегаем:

1. Сжимаемостью рабочей жидкости в связи с тем, что объемы её в гидромоторе невелики по сравнению, например, в гидроцилиндрах;
2. Изменением вязкости рабочей жидкости, так как объем бака значителен для отвода тепла жидкости;
3. Давлением в магистрали слива, оно мало по сравнению с рабочим давлением гидромотора.

С учетом сказанного выше на основании принципа Д.Аламбера представляется возможным составить дифференциальное уравнение, описывающее динамические границы гидромоторе [2].

Уравнение моментов:

$$\frac{q}{2\pi} P = \frac{d\omega}{dt} + M_H + M_{mp} \quad (1)$$

Уравнение неразрывности потока рабочей жидкости:

$$Q = \frac{q}{2\pi} \omega + K_{ym} P, \quad (2)$$

где: q – расход жидкости, необходимый на 1 оборот; p – рабочее давление; J – момент инерции от вращающихся масс, приведенных к оси вращения вала гидромотора; $\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение; M_H – момент нагрузки; M_{mp} – момент оси трения.

Решая совместно уравнения (1) и (2), после соответствующих преобразований, получим

$$\frac{K_{ym} J}{\left(\frac{q}{2\pi}\right)^2} \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{Q}{\frac{q}{2\pi}} - \frac{M_H + M_{mp}}{\left(\frac{q}{2\pi}\right)^2} \quad (3)$$

Вводим обозначение:

$$T_{\text{мех}} = \frac{K_{\text{VT}} J}{\left(\frac{q}{2\pi}\right)^2}; \omega_0 = \frac{Q}{\frac{q}{2\pi}}; \alpha_0 = \frac{M_H + M_{TP}}{\left(\frac{q}{2\pi}\right)^2} \quad (4)$$

С учетом этих обозначений формула (3) имеет вид:

$$T_{\text{мех}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_0 - \alpha_0 t \quad (5)$$

Характеристическое уравнение (5):

$$T_{\text{мех}} p + 1 = 0 \quad (6)$$

$$P = -\frac{1}{T_{\text{мех}}} \quad (7)$$

Общее решение уравнения при этом корне:

$$\omega_{\text{об}} = c e^{-\frac{t}{T_{\text{мех}}}} \quad (8)$$

Частное решение уравнения (3.19) есть установившееся значение угловой скорости, т.е.

$$\omega_4 = \omega_0 - \alpha_0 \quad (9)$$

Тогда полное решение будет:

$$\omega = \omega_{\text{об}} + \omega_{\text{и}} = c e^{-\frac{t}{T_{\text{мех}}}} + \omega_0 - \alpha_0 t \quad (10)$$

Постоянную интегрирования C определяем из начальных условий: при $t = 0$; $\omega = 0$, следовательно, $c = -(\omega_0 - \alpha_0)$

Таким образом, решение уравнения, определяющее переходный процесс, будет иметь следующий вид:

$$\omega = (\omega_0 - \alpha_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{\text{мех}}}} \right) \quad (11)$$

График переходного процесса гидромотора камнерезного токарного станка представлен на рисунке 1.

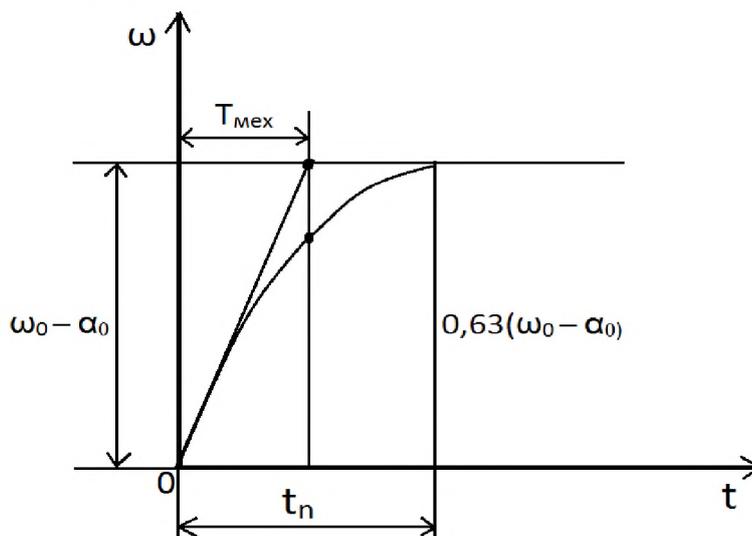


Рисунок 1 - График переходного процесса гидромотора.

Решение уравнения (11) и график 1 построенный по нему показывает, что переходной процесс протекает по экспоненте и по истечении времени, равное $T_{\text{мех}}$, угловая скорость достигает значения $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$. В то же время известно [3], что, вычислив значения $T_{\text{мех}}$ по параметрам гидромотора – $K_{\text{ут}}$, J, q , можно рассчитать время переходного процесса: $t_n \approx 3T_{\text{мех}}$ без решения дифференциального уравнения.

Таким образом, исследован гидромотор камнеобрабатывающего станка и разработана для него математическая модель, что является одним из этапов разработки автоматической системы управления камнеобрабатывающего станка. В результате решения приведенных выше уравнений построен график переходного процесса гидромотора, который показывает, что переходной процесс протекает по экспоненте и по истечении времени равное $T_{\text{мех}}$, угловая скорость достигает значения $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$.

Выводы:

1. Разработана математическая модель гидромотора камнеобрабатывающего токарного станка с учетом его динамических характеристик;
2. На основании принципа Д.Аламбера составлены дифференциальные уравнения, описывающие динамические границы в гидромоторе – уравнение моментов, уравнение неразрывности потока рабочей жидкости;
3. Построен график переходного процесса гидромотора, который показывает, что переходной процесс протекает по экспоненте и по истечении времени $T_{\text{мех}}$, угловая скорость достигает значения $0,63(\omega_0 - \alpha_0)$.

Список литературы:

1. Харитонов, Е.Д. Гидромотор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://engcrafts.com/item/428-gidromotor> - Загл. с экрана
2. Башта, Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы [Текст] / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1970.- 504 с.
3. Попов, Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем [Текст] / Д.Н. Попов - Москва, 1987. - 464 с.
4. Муслимов, А.П. Автоматизация технологических процессов в машиностроении [Текст] / А.П. Муслимов, С.Б. Васильев.-Б.: КРСУ, 2018. – 221 с.
5. Берестова, С.А. Принцип Даламбера [Текст]: учеб. пособие / С.А. Берестова, Ю.В. Денисов.- Екатеринбург: УралГУ, 2016.- 92 с.
6. Муслимов, А.П. Механическая характеристика гидромотора без обратной и с обратной гидравлической связью камнеобрабатывающих станков [Текст] / А.П. Муслимов, Э.Т. Кадыров, Н.Э. Атаканова // Наука.Образование.Техника.- Ош: КУМУ, 2021.- №3.- С.24-28.
7. Исманов, М.М. Мобильный станок для распиловки крупноформатных строительных блоков из декоративного бетона и малопрочного камня [Текст] / М.М. Исманов, Н.А. Калдыбаев, Ж.М. Маматов // Наука.Образование.Техника. - Ош: КУМУ, 2021. - №3. - С. 19-24.
8. Исманов, М.М. Разработка динамической модели и получение уравнений движения алмазно-канатной машины АКМ-1 [Текст] / М.М. Исманов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - Екатеринбург: УГГУ, 2016. - №5. - С. 60-69.

DOI:10.54834/16945220_2022_2_18

Поступила в редакцию 22. 03. 2022 г.