

Разработанный комплекс программ использовался при проектировании и создании различных систем автоматического управления гидромеханическими трансмиссиями. Автоматизация составления математической модели исследуемых систем позволила значительно сократить затраты времени на разработку рабочих программ, которые определяются временем ввода информации о системе и составляют несколько минут, а также полностью исключить трудоемкий процесс их отладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматика и автоматизация производственных процессов/ В.П.Автушко, М.П.Бренч, В.В.Будько и др.; Под ред. Н.Ф.Метлюка. — Мн., 1985. 2. М е т л ю к Н.Ф., А в т у ш к о В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. — М., 1980.

УДК 621.43

Е.В.КУЗНЕЦОВ, Е.Е.ТАТАРОВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ

Одним из перспективных направлений повышения технико-экономических показателей современных тракторов является применение на них двигателей постоянной мощности (ДПМ). Проведенные на полигонах НАТИ испытания доказали неоспоримые преимущества ДПМ по сравнению с обычными дизельными двигателями [1]. В настоящее время на Волгоградском тракторном заводе (ВГТЗ) ведутся работы по созданию моторно-трансмиссионной установки нового трактора с ДПМ типа СМД-86ПМ.

Для детального исследования влияния ДПМ на трансмиссию трактора, а также на работу всего тракторного агрегата необходимо было составить математическую модель данного двигателя, для чего на стендовом оборудовании ВГТЗ проводились испытания двигателя СМД-86ПМ. В результате были получены зависимости изменения крутящего момента на коленчатом валу двигателя (M_D) и расхода топлива (G_T) как функции от угловой скорости коленчатого вала ω_D и положения рычага управления топливным насосом высокого давления (ТНВД) γ_H . Эти зависимости представлены на рис. 1.

Зависимость подачи топлива ТНВД ($q_H = G_T/\omega_D$) двигателя СМД-86ПМ показана на рис. 2, где видны три ярко выраженных участка. Первый горизонтальный участок 1 соответствует максимальной подаче ТНВД, которая равна $7,2 \cdot 10^{-5}$ кг/рад. В этом случае поводок дозатора ТНВД повернут до упора. Второй участок 2 характеризует работу корректора. С помощью такой характеристики q_H достигнута постоянная мощность в широком диапазоне угловых скоростей двигателя. Подача ТНВД на втором участке

$$q_H = 1,1 \cdot 10^{-4} - 3,2 \cdot 10^{-7} \omega_D.$$

Третий участок 3 характеристики подачи ТНВД соответствует работе двигателя на регуляторной ветви:

$$q_H = 1,2 \cdot 10^{-4} + 1,4 \cdot 10^{-4} \gamma_H (2 + \gamma_H) - \omega_D (1,3 \cdot 10^{-6} + 9,5 \cdot 10^{-7} \gamma_H).$$

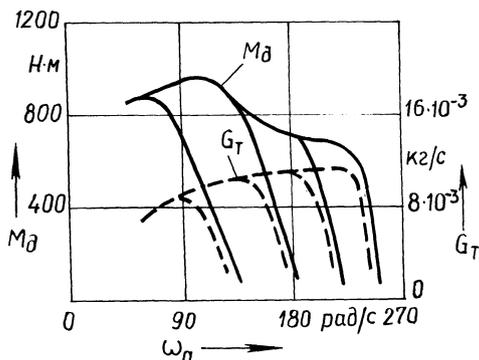


Рис. 1. Характеристики крутящего момента и часового расхода топлива двигателя СМД-86ПМ:

— M_d , --- G_T

Из рисунков видно, что выходные характеристики дизельного двигателя в основном определяются подачей ТНВД.

Обычно при моделировании характеристик дизельного двигателя крутящий момент на коленчатом валу представляется как функция угловой скорости коленчатого вала и положения рейки (h_n): ТНВД: $M_d = f(\omega_d, h_n)$ [2]. Ввиду ряда технических трудностей не удалось получить достоверную информацию о положении поводка дозатора ТНВД. В связи с этим при обработке экспериментальных данных пришлось отказаться от представления $M_d = f(\omega_d, h_n)$. Для определения крутящего момента на коленчатом валу двигателя была предложена зависимость $M_d = f(\omega_d, q_n)$. В этом случае момент двигателя

$$M_d = 84,7 + 5\,142\,917q_n + \omega_d (70\,961q_n - 0,00708\omega_d).$$

Полученное выражение не учитывает влияния сил инерции рычажной системы регулятора ТНВД. Но практика показала, что на динамические показатели двигателя значительное влияние оказывают динамические характеристики ТНВД. Поэтому на стендовом оборудовании Могилевского машиностроительного института были проведены всесторонние испытания ТНВД распределительного типа НД-22ПМ, устанавливаемого на двигатель СМД-86ПМ.

На ТНВД были установлены датчики угла поворота рычага управления регулятором и угла поворота поводка дозатора (α_d), причем датчики подбирались таким образом, чтобы их момент инерции не превышал 10 % от приведенного момента инерции рычажной системы ТНВД, а сопротивления в датчиках были не более 10 % относительно внутренних сопротивлений в ТНВД.

Определение переходных характеристик производилось по следующей методике. При постоянной угловой скорости приводного вала стэнда (ω_c) и положении рычага управления, соответствующем минимальной подаче ТНВД, при данной ω_c , производилось резкое отклонение рычага управления до положения, соответствующего максимальной подаче при данной ω_c . Максимальное время поворота рычага управления не превышало 0,03с. При этом поводок дозатора изменял свое положение. Затем производилось изменение угловой скорости приводного вала стэнда и опыт повторялся. Испытания проводились при изменении ω_c от 35 до 125 рад/с, т.е. во всем скоростном диапазоне двигателя (минимальная угловая скорость коленчатого вала СМД-86ПМ $\omega_{x.x}^{\min} =$

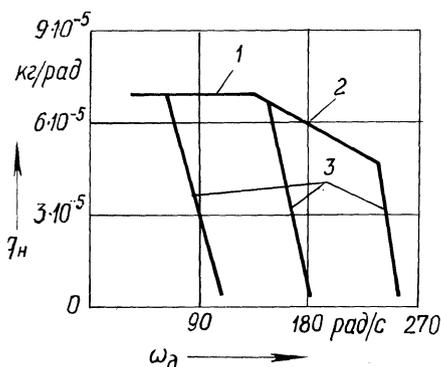


Рис. 2. Характеристика удельной подачи ТНВД НД-22ПМ

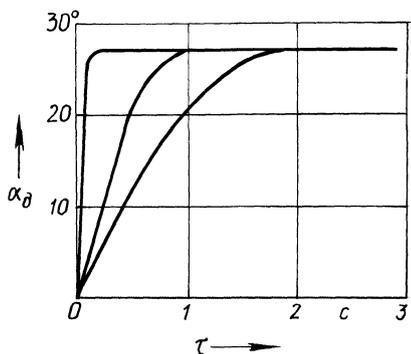


Рис. 3. Переходная характеристика ТНВД НД-22ПМ

≈ 80 рад/с, а максимальная $\omega_{x.x}^{\max} = 235$ рад/с). Информация от датчиков фиксировалась на ленте осциллографа. Фрагменты некоторых осциллограмм представлены на рис. 3.

Анализ результатов испытаний показал, что ТНВД НД-22ПМ представляет собой аperiodическое звено первого порядка во всем скоростном диапазоне работы двигателя. Постоянная времени этого звена изменяется в зависимости от угловой скорости коленчатого вала. В диапазоне от $\omega_d = 70$ до $\omega_d = 180$ рад/с $\tau = 0,07$ с. При дальнейшем увеличении ω_d τ растет по экспоненциальному закону:

$$\tau = 2,9e^{0,07\omega_d}.$$

Необходимо отметить, что при максимальной угловой скорости коленчатого вала двигателя время переходного процесса составляет почти 1,5 с. Можно предположить, что это связано с увеличением потерь на трение в ТНВД.

Проводились также эксперименты при уменьшении подачи топлива ТНВД, т.е. при перемещении рычага управления от максимального значения при данной ω_c до минимального. При этом установлено, что постоянные времени соответствовали тем же значениям, что и при увеличении q_n , т.е. по описанной выше методике.

Все приведенные выражения были получены с помощью ЭВМ с применением прикладных программ методом наименьших квадратов. Как показала статистическая обработка результатов, значения, полученные по аналитическим зависимостям, совпадают с опытными с коэффициентом корреляции не меньше 0,987, при этом относительная ошибка не превышает 7%.

Таким образом, полученная математическая модель ДПМ СМД-86ПМ с достаточной точностью описывает изменение M_d и G_T , что позволяет проводить детальные исследования процессов, происходящих в трансмиссии трактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. М а л а ш к и н О.М. Исследование работы двигателя СМД-62 с улучшенной характеристикой на тракторе Т-150К // Тракторы и сельхозмашины. — 1977. — № 8. — С. 9—10.
- В е р н и г о р В.А. Математическое моделирование тракторного двигателя // Тракторы и сельхозмашины. — 1977. — № 12. — С. 5—7.