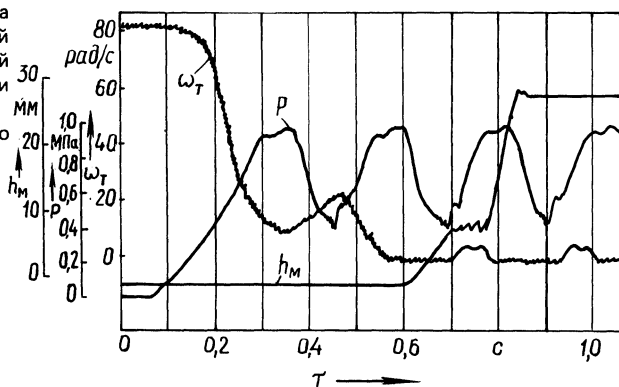


Рис. 3. Осциллограмма процесса включения зубчатой муфты гидромеханической трансмиссии при управлении тормозом-синхронизатором давлением пилообразного вида



зубчатой полумуфты ω_M и перемещение соединяемой полумуфты h_M . На ней видно, что спустя 0,5 с переходный процесс в динамической системе заканчивается, и включение зубчатой муфты осуществляется в установившемся режиме импульсного проворота одной из полумуфт. Параметры УФИД при этом подобраны таким образом, чтобы максимальная угловая скорость полумуфты на каждой фазе ее разгона составляла не более 5 рад/с.

Импульсная система управления зубчатыми муфтами решает проблему включения зубчатых муфт гидромеханических передач и коробок передач с переключением под нагрузкой при отсутствии главной муфты сцепления. Она также позволяет улучшить процесс включения зубчатых муфт диапазонов коробки передач с главной муфтой сцепления и фрикционными муфтами переключения передач тракторов типа МТЗ-100, МТЗ-102, используя для этого управление моментом от поводков фрикционных муфт при включенной главной муфте сцепления и нейтрали в КП. С их применением повышается качество процесса управления коробкой передач, увеличивается долговечность самих зубчатых муфт и механизмов управления ими, а также открывается возможность дальнейшего совершенствования схемных решений тракторных трансмиссий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторы "Кировец" К-701 и К-700А. — М., 1980.

УДК 621.436

Г.М.КУХАРЕНОК, Д.М.ПИНСКИЙ,
М.П.ИВАНДИКОВ

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

При экспериментальных исследованиях динамики тепловыделения в двигателях внутреннего сгорания используется метод, заключающийся в снятии индикаторных диаграмм и последующей их обработке [1].

Для снятия индикаторных диаграмм (ИД) широко используются пьезо-

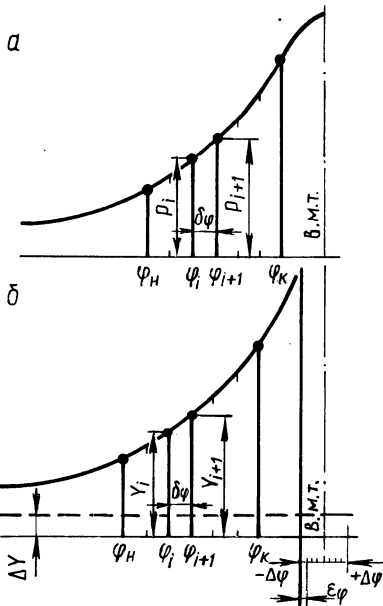


Рис. 1. Участки сравнения линий сжатия расчетной (а) и экспериментальной (б) индикаторных диаграмм

электрические индикаторы давления. При обработке этих диаграмм возможны ошибки, обусловленные погрешностями индицирования. Основное влияние на результаты обработки оказывают неточности определения положения поршня в верхней мертвой точке (в.м.т.), нулевой линии и масштаба давления. Ошибка в определении в.м.т. на 1 град п.к.в. обуславливает погрешность найденных максимальной доли сгоревшего топлива χ_{\max} в 7...10 %, а среднего индикаторного давления p_i — 6...8 %. Ошибка в положении нулевой линии ИД искажает характеристику тепловыделения. Неточность определения масштаба давления также ведет к погрешностям результатов вычисления χ_{\max} и p_i .

В практике обработки индикаторных диаграмм используют различные способы уточнения масштаба давления μ_p , положения в.м.т. и нулевой линии ИД.

Например, корректировку положения в.м.т. проводят по диаграммам сжатия-расширения, по максимальной доле выгоревшего топлива и путем сравнения среднего индикаторного давления, полученного прокруткой двигателя, с давлением, определенным при обработке ИД.

Для определения масштаба давления пьезокварцевых датчиков используют статическая тарировка на масляном прессе, динамическая — с помощью генератора П-образных импульсов и по образцовому датчику давления. Перечисленные способы позволяют проводить корректировку только отдельных параметров индикаторных диаграмм и в ряде случаев усложняют эксперимент.

Повышение точности определения характеристик тепловыделения в двигателях связано с необходимостью комплексной корректировки ИД, включающей уточнение масштаба давления, отметки в.м.т. и нулевой линии. Для этой цели предлагается расчетно-экспериментальный метод, основанный на сравне-

нии линии сжатия расчетной ИД с линией сжатия экспериментальной диаграммы.

Современные методы расчета рабочего цикла, основанные на первом законе термодинамики, при использовании ЭВМ позволяют с высокой точностью определять давление в процессе сжатия по известным параметрам заряда на впуске [2]. При корректировке расчетная кривая запоминается в ЭВМ в виде парных значений давление — угол поворота коленчатого вала (п.к.в.) $(p - \varphi)$ с заданным шагом $\Delta\varphi$.

Экспериментальная индикаторная диаграмма вводится в ЭВМ в виде парных значений ордината (давление) — угол п.к.в. $(Y - \varphi)$. Ординаты задают в миллиметрах, если берут из осциллограммы, записанной на фотобумаге, или в других единицах (милливольты, миллиамперах), если используются цифровые устройства для регистрации ординат ИД.

Для определения параметров корректировки выбирается участок сравнения линий сжатия расчетной и экспериментальной индикаторных диаграмм, имеющей наибольший градиент давления, например от $\varphi_n = 280$ град п.к.в. до $\varphi_{\kappa} = 340$ град п.к.в. (рис. 1). Перед началом корректировки производится линейное сглаживание ординат давления экспериментальной ИД известным методом по трем точкам.

На выбранном участке сравнения масштаб (μ_p) и смещение нулевой линии ΔY определяется по выражениям:

$$\mu_p = (p_{\varphi_{i+1}} - p_{\varphi_i}) / (Y_{\varphi_{i+1}} - Y_{\varphi_i}); \quad (1)$$

$$\Delta Y = p_{\varphi_i} / \mu_p - Y_{\varphi_i}; \quad (2)$$

где $p_{\varphi_i}, p_{\varphi_{i+1}}, Y_{\varphi_i}, Y_{\varphi_{i+1}}$ — соответственно давления на расчетной линии сжатия и ординаты ИД в рассматриваемых точках φ_i и φ_{i+1} .

Масштаб давления μ_p и смещение нулевой линии ΔY будут случайными величинами для других точек участка из-за ошибок (округления, считывания) при фиксировании значений ординат.

Для определения усредненных значений параметров корректировки участок сравнения ИД разбивается на n отрезков с постоянным шагом $\delta\varphi$. С целью увеличения количества рассматриваемых отрезков организуется комбинированный перебор ординат ИД и давлений на расчетной линии сжатия во всех $n + 1$ точках и определяется среднее арифметическое значение масштаба давления

$$\mu_{p\text{ср}} = \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z \mu_{pj}; \quad (3)$$

где μ_{pj} — текущее значение масштаба на отрезке, определяемое по выражению (1); z — количество сочетаний, образующихся при комбинированном переборе отрезков на участке сравнения с шагом $\delta\varphi$: $z = C_{n+1}^2$.

Полученное значение среднего масштаба будет истинным в том случае, если правильно определено положение в.м.т. Критерием этого соответствия

при разных положениях в.м.т. может являться, например, минимальное значение $S_{\Delta\mu}$ — суммы абсолютных отклонений текущих масштабов μ_{pj} от среднего масштаба $\mu_{p\text{ср}}$:

$$S_{\Delta\mu} = \sum_{i=1}^z |\mu_{p\text{ср}} - \mu_{pj}|. \quad (4)$$

Поэтому дальнейшая корректировка связана с уточнением положения в.м.т. Вводится смещение в.м.т. $\Delta\varphi_{k_i} = -\Delta\varphi + k_i\epsilon_\varphi$ (k_i — текущее смещение в.м.т. в пределах прогнозируемой ошибки от $-\Delta\varphi$ (левой границы) до $+\Delta\varphi$ (правой границы) с учетом знака с заданным дискретным шагом ϵ_φ). Это смещение учитывается при определении новых значений ординат ИД методом интерполяции по известным значениям. Для каждого смещения в.м.т. определяются $\mu_{p\text{ср}}$ и $S_{\Delta\mu}$ и запоминаются вместе с $\Delta\varphi_{k_i}$.

Искомым вариантом параметров корректировки $\mu_{p\text{ср}}$ и $\Delta\varphi_{k_i}$ является тот, который соответствует диапазону прогнозируемой ошибки по положению в.м.т. при минимальной $S_{\Delta\mu}$.

Затем определяется недостающий параметр корректировки — осредненное значение $\Delta Y_{\text{ср}}$. Для этого на участке сравнения организуется перебор новых ординат ИД во всех $n+1$ точках, полученных с использованием оптимальных $\mu_{p\text{ср}}$ и $\Delta\varphi_{\text{опт}}$:

$$\Delta Y_{\text{ср}} = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} \left(\frac{p_{\varphi_i}}{\mu_{p\text{ср}}} - Y_{\varphi_i} + \Delta\varphi_{\text{опт}} \right). \quad (5)$$

С целью проверки эффективности применения разработанной методики комплексной корректировки параметров $\Delta\varphi$, μ_p , ΔY в качестве экспериментальной ИД была принята искаженная расчетная ИД, ординаты которой определялись по выражению

$$Y_{\varphi_i} = p_{\varphi_i} + \Delta\varphi_{k_i} - \Delta Y / \mu_p + \epsilon,$$

где ϵ — ошибка: $\epsilon = 0,5A\sin\omega$; A — амплитуда ошибки; $\omega = (2\pi - k_i)/K$.

Здесь K , k_i — соответственно количество точек и точка текущего смещения в.м.т.

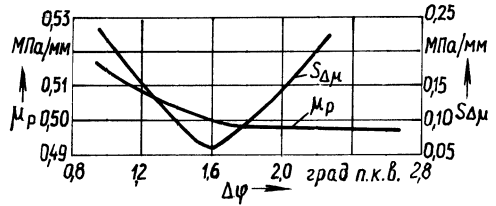
Было принято: $\mu_p = 0,5$ МПа/мм, $\Delta Y = -5$ мм, $\Delta\varphi = 1,5$ град п.к.в., $A = 0,2$ мм, $K = 8$.

На рис. 2 приведены результаты корректировки диаграммы при 5-кратном сглаживании по трем точкам при шаге сдвига отметки в.м.т. $\epsilon_\varphi = 0,1$ град п.к.в. в пределах $\Delta\varphi = \pm 3$ град п.к.в. Из графика видно, что сходимость параметров корректировки хорошая.

Расчетным оптимальным углом сдвига в.м.т. является $\Delta\varphi = 1,6$ град п.к.в., при котором $\mu_p = 0,4996$ МПа/мм, $\Delta Y = -4,973$ мм, $S_{\Delta\mu\text{min}} = 0,06$ МПа/мм.

Для более точного определения параметров корректировки при тех же начальных условиях произведен расчет при смещении в.м.т. в пределах

Рис. 2. Результаты расчета параметров корректировки индикаторной диаграммы



1,4...1,7 град п.к.в. с шагом $\epsilon'_{\varphi} = 0,01$ град п.к.в. Получены следующие параметры корректировки: оптимальный угол сдвига в.м.т. $\Delta\varphi = 1,57$ град п.к.в., средний масштаб $\mu_p = 0,5003$ МПа/мм, $\Delta Y = -4,996$ мм. Эти результаты достаточно точно соответствуют исходным параметрам.

Таким образом, разработанная методика позволяет производить комплексную корректировку экспериментальных ИД с заданной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Индикаторная диаграмма, динамика тепловыделения и рабочий цикл быстроходного поршневого двигателя / Б.С.Стечкин, К.И.Генкин, В.С.Золотаревский и др. — М., 1960.
2. К у х а р е н о к Г.М., П и н с к и й Д.М. Расчет рабочего цикла дизеля на ЭЦВМ//Автотракторостроение.— Мн., 1978. — Вып. 11. — С. 107—112.

УДК 629.113

В.В.ГЕРАЩЕНКО, В.В.КУПРИЯНЧИК

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ТРАНСМИССИИ МТА

При работе машинно-тракторные агрегаты (МТА) подвергаются воздействию нагрузок случайного характера, вследствие чего режимы их работы описываются случайными процессами. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что тяговое сопротивление, создаваемое агрегатируемыми с трактором машинами, а также момент на валу муфты сцепления являются случайными процессами, статистические характеристики которых изменяются во времени. Так, математическое ожидание момента на валу муфты изменяется во времени, т.е. момент на валу муфты является нестационарным по математическому ожиданию. Также изменяется во времени и дисперсия момента на валу в зависимости от тягового сопротивления, причем экспериментальные данные показывают, что дисперсия тягового сопротивления изменяется от $556\ 000\ \text{Н}^2 \cdot \text{м}^2$ при работе с культиватором до $4\ 090\ 000\ \text{Н}^2 \cdot \text{м}^2$ при работе трактора с прицепом для транспортировки зеленой массы. Поэтому дисперсии нагрузок на МТА также претерпевают изменения во времени, т.е. тяговое сопротивление на крюке трактора является нестационарным по дисперсии.

Исследования показали, что нагрузка на трансмиссию описывается корреляционной функцией [1]

$$R(\tau) = A e^{-\alpha|\tau|} \cos\beta\tau,$$

где A — дисперсия; α и β — коэффициенты корреляционной функции.