

УДК 621.43:629.114.2:62

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВА НА САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

© В.Ф. Калинин, А.М. Шувалов, С.В. Кочергин

Kalinin V.F., Shuvalov A.M., Kochergin S.V. The substantiation of power choice for the electroheating device on self-adjustable semiconductor heating elements. The article describes the principle of posistors operation in the device for engine oil electroheating and proposes a mathematical model of non-steady process of engine oil heating in a crankcase sump of the engine KAMAZ. The analytical investigations of the parameters of the device for engine oil electroheating with power self-regulation were conducted and the rational power consumption of the device was determined.

В литературе [1–6] приводятся рекомендации о выборе параметров устройств предпускового подогрева двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и моторного масла в зимний период, необходимых для надежного запуска двигателя, однако эти рекомендации, как правило, противоречивы и относятся к устройствам с постоянной потребляемой мощностью.

В настоящее время для тепловой подготовки двигателей внутреннего сгорания все больше используют устройства с саморегулированием мощности. Однако информационно-патентные исследования показали, что для таких устройств отсутствуют сведения по выбору их мощности.

В ИИТиНом разработано устройство предпускового электроподогрева моторного масла в поддоне картера ДВС на саморегулируемых электронагревательных элементах (позисторах). Позисторы – один из видов терморезисторов, изделий электронной техники, особенностью их является экстремально большая и обратимая зависимость сопротивления от температуры, которая обеспечивает процесс саморегулирования [7].

Здесь под саморегулированием необходимо понимать изменение температуры на поверхности позисторного

элемента по заранее заданному его температурной характеристикой сопротивления режиму в зависимости от внешних возмущающих факторов. Температурная характеристика позистора приведена на рис. 1.

Для анализа нестационарных теплообменных процессов, происходящих при подогреве моторного масла в поддоне картера двигателя, была разработана математическая модель (1).

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{yc}(t_1) = \frac{N \cdot U^2}{8,67 - 0,0302t_1} \quad \text{при } t_1 \leq 125 \text{ }^\circ\text{C} \\ P_{yc}(t_1) = \frac{N \cdot U^2}{1,68 \cdot 10^{-7} e^{0,132t_1}} \quad \text{при } t_1 \geq 125 \text{ }^\circ\text{C} \\ \frac{dt_1}{d\tau} = \frac{P_{yc}(t_1) - \alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1 - \alpha_{13}(t_1 - t_3)F_1}{C_1 M_1} \\ \frac{dt_2}{d\tau} = \frac{\alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1 - \alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2}{C_2 M_2} \\ \frac{dt_3}{d\tau} = \frac{(\alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2 + \alpha_{13}(t_1 - t_3)F_1) - \alpha_{34}(t_3 - t_4)F_3 - \alpha_{3cp}(t_3 - t_{cp})F_{3cp}}{C_3 M_3} \\ \frac{dt_4}{d\tau} = \frac{\alpha_{34}(t_3 - t_4)F_3 - \alpha_{4cp}(t_4 - t_{cp})F_4}{C_4 M_4} \end{array} \right. \quad (1)$$

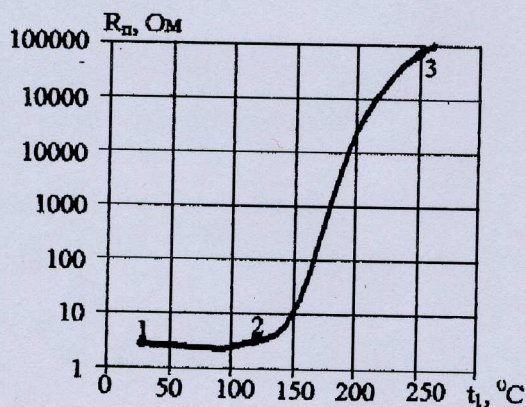


Рис. 1. Зависимость сопротивления позистора РТС-Д от его температуры

где  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_{cp}$  – температура позисторов, корпуса устройства, моторного масла, поддона картера, окружающей среды, соответственно,  $^\circ\text{C}$ ;  $\tau$  – время нагрева моторного масла, с;  $P_{yc}(t_1)$  – мощность электронагревательного устройства на участках при  $t_1 \leq 125 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_1 \geq 125 \text{ }^\circ\text{C}$ , Вт;  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – удельная теплоемкость позисторов, корпуса устройства, моторного масла, поддона картера соответственно, Дж/кг·К;  $\alpha_{12}$  – коэффициент теплоотдачи от позисторов к корпусу устройства, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_{13}, \alpha_{23}, \alpha_{34}, \alpha_{3cp}, \alpha_{4cp}$  – коэффициенты теплоотдачи от позисторов и пластины к моторному мас-



лу, от моторного масла к поддону картера, от моторного масла во внутрикартерный воздух, от поддона картера в окружающую среду, соответственно,  $Вт/(м^2 \cdot К)$ ;  $F_1, F_2, F_3, F_{зср}, F_{дср}$  – суммарная площадь позисторов, корпуса устройства, поверхности теплоотдачи моторного масла к поддону картера, поверхности теплоотдачи моторного масла во внутрикартерный воздух, поверхности поддона картера, соответственно,  $м^2$ ;  $M_1, M_2, M_3, M_4$  – масса позисторов, моторного масла, корпуса устройства, поддона картера, кг;  $N$  – количество параллельно соединенных позисторов;  $U$  – напряжение питания устройства, В.

Решение полученной математической модели (1) позволяет определить динамику изменения потребляемой мощности устройства. Математическая модель рассчитывалась на персональном компьютере по разработанной программе на языке Turbo C++, а полученные данные обрабатывались с помощью Mathcad 2001i Professional.

Рассмотрим вопрос выбора рациональной мощности устройства. В работе [8] отмечается, что с ростом мощности устройства подогрева двигателя, время, необходимое для достижения пусковой температуры, уменьшается. В результате этого уменьшаются потери тепла, и в пределе вся энергия идет только на разогрев двигателя. Однако в целях экономии электроэнергии бесконечно увеличивать мощность не целесообразно, поэтому необходимо провести теоретическое обоснование выбора мощности устройства электроподогрева.

Так как мощность устройства зависит от площади его теплоотдающей поверхности, а именно удельной мощности (2), то для достоверности опытов выбирались устройства с одинаковой удельной площадью при различном количестве позисторов.

$$F_{уд} = \frac{F_2}{N} \quad (2)$$

Опыты проводились при температурах окружающей среды:  $-15^\circ C, -25^\circ C, -35^\circ C$  на поддоне картера двигателя КАМАЗ-740. Так как потребляемая мощность устройства значительно меняется за цикл нагрева, то будем рассчитывать ее среднее значение. Средняя мощность устройства  $P_{ср}$  за цикл нагрева моторного масла в поддоне картера двигателя определялась по следующему выражению:

$$P_{ср} = \frac{C_3 M_3 (t_{нач} - t_{кон})}{\eta \tau_{нагр}}$$

где  $t_{нач}, t_{кон}$  – начальная и конечная температуры нагрева моторного масла, соответственно,  $^\circ C$ ;  $\eta$  – КПД устройства;  $\tau_{нагр}$  – время нагрева моторного масла до конечной температуры, с.

В результате опытов была установлена зависимость времени достижения моторным маслом температуры  $10^\circ C$  (при которой обеспечивается необходимая

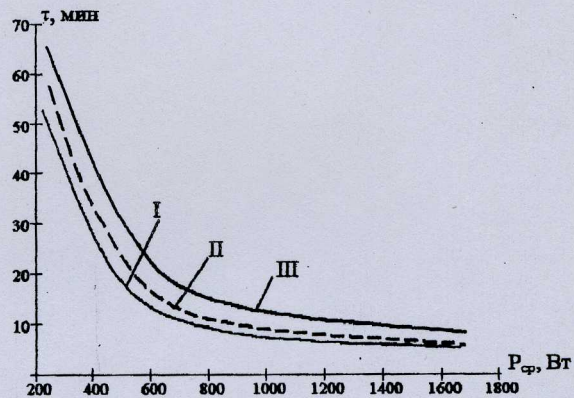


Рис. 2. Зависимость времени достижения моторным маслом температуры  $10^\circ C$  от средней мощности устройства при температурах окружающей среды I –  $(-15^\circ C)$ , II –  $(-25^\circ C)$ , III –  $(-35^\circ C)$

вязкость моторного масла для надежного запуска двигателя) от средней потребляемой мощности устройства при температуре окружающей среды:  $-15^\circ C, -25^\circ C, -35^\circ C$  (рис. 2).

Эти функции не имеют характерного экстремума, однако, можно сказать, что с увеличением средней мощности устройства выше  $750 Вт$ , уменьшение времени нагрева до температуры, необходимой для надежного запуска двигателя внутреннего сгорания, становится менее интенсивным, поэтому эта мощность является рациональной для данного устройства.

Проведенные теоретические исследования работы устройства электроподогрева моторного масла с саморегулированием мощности позволили определить рациональную среднюю потребляемую мощность устройства электроподогрева моторного масла в поддоне картера двигателя за цикл нагрева.

## ЛИТЕРАТУРА

- Суранов Г.И. Уменьшение износа автотракторных двигателей при пуске. М.: Колос, 1982. 143 с.
- Шубин И. Электроподогрев масла в картере двигателя // Автомобильный транспорт. 1961. № 10. 19 с.
- Расцупкин В. Какой подогрев лучше? // Автомобильный транспорт. 1990. № 2. 30 с.
- Электронагревательные устройства автомобилей и тракторов / В.Е. Козлов, В.В. Козлов, Г.Р. Миндин, В.Н. Судаченко. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. 127 с.
- Стефановский А.Б. Улучшение пусковых качеств автомобильных двигателей при низких температурах с помощью электрического предпускового подогрева. Дис. ... канд. техн. наук. М., 1990. 190 с.
- Жигадло А.П. Повышение эксплуатационных качеств автомобильных двигателей путем применения ленточных электроподогревателей моторного масла. Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Оренбург, 2001. 15 с.
- Мэклин Э.Д. Терморезисторы: Пер. с англ. / Под общ. ред. К.И. Мартошова. М.: Радио и связь, 1983. 208 с.
- Карнаухов В.Н. Разработка методики определения режима работы и мощности электроподогревателей двигателей при безгаражном хранении автомобилей зимой: Дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 1995. 186 с.

Поступила в редакцию 28 сентября 2002 г.