

**А. Н. Сарапин, В. М. Адамов, В. С. Глушаков**

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗНОС ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ**

Долговечность тракторных двигателей, кроме многих других факторов, определяется также температурным состоянием деталей кривошипно-шатунного механизма и особенно гильзопоршневой группы.

Колебания температуры деталей двигателей вызывают коррозионное изнашивание, изменение их геометрии (коробление), нарушают зазоры в сопряжениях, что, естественно, снижает моторесурс двигателя.

В настоящей статье излагаются результаты исследования влияния температурного режима системы охлаждения тракторных дизелей Д-50 и Д-60 на распределение температуры на поверхности гильз цилиндров, величин температурных напряжений в гильзе и явлений коррозионного износа гильз в процессе эксплуатации. Исследование проводилось на стенде, оборудованном электрической балансирной машиной. Термометрированию подвергались гильзы 2 и 3-го цилиндров, так как исследованиями, ранее проведенными на Минском моторном заводе, установлено, что они являются наиболее напряженными по тепловому состоянию.

Температура измерялась медьконстантановыми термопарами, подключенными посредством компенсационных проводов к электрическому потенциометру с ценой деления шкалы  $1^{\circ}\text{C}$ . Термопары были установлены равномерно по периметру гильз в двух поясах: на расстоянии 25 мм (8 термопар) и 70 мм (4 термопары) от верхнего торца гильзы. Горячий спай термопар отстоял на 2 мм от рабочей поверхности гильз.

Температура охлаждающей воды изменялась от 40 до  $80^{\circ}\text{C}$  с интервалом  $20^{\circ}\text{C}$  и от 80 до  $110^{\circ}\text{C}$  с интервалом  $10^{\circ}\text{C}$ . На каждом тепловом режиме двигателя замерялась температура гильз при работе его на номинальных оборотах и различных нагрузках.

Опыты показали, что температура обеих гильз в верхнем поясе наибольшая со сторон, обращенных друг к другу. При этом максимальные температуры у обеих гильз примерно одинаковы.

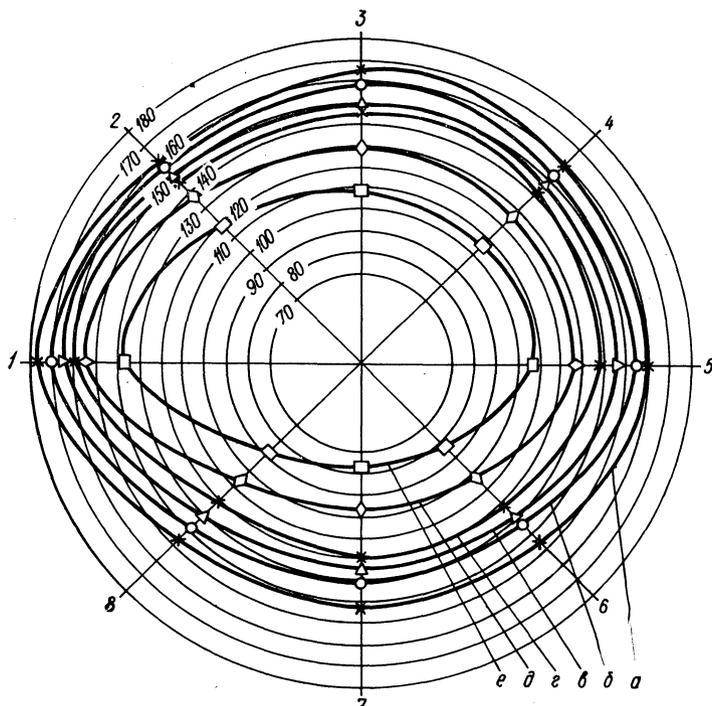


Рис. 1. Распределение температуры в верхнем поясе гильзы 3-го цилиндра при работе дизеля Д-60 на режиме максимальной мощности в зависимости от температуры охлаждающей воды: *a* — 110°; *б* — 100; *в* — 90; *г* — 80; *д* — 60; *е* — 40°С; *1*—8 — точки установки термпар (точка *1* расположена со стороны второго цилиндра; *5* — со стороны четвертого цилиндра; *7* — со стороны подвода охлаждающей жидкости)

На рис. 1 и 2 показан характер изменения температуры в верхнем поясе гильзы 3-го цилиндра двигателя Д-60 в зависимости от температурного режима системы охлаждения.

Величина перепада температур между отдельными точками по окружности зависит главным образом от места подвода охлаждающей жидкости.

Температурный перепад по высоте гильзы со стороны смежного цилиндра в 2—3 раза выше, чем со стороны подвода охлаждающей жидкости. По окружности гильзы температурный перепад в верхнем поясе выше в 2—3 раза, чем в среднем. Так, при работе двигателя Д-60 на максимальной мощности температурный перепад по высоте гильзы со стороны смежного цилиндра находился в пределах 50—54°С, а со стороны подвода охлаждающей жидкости — 20—22°С. По окружности в верхнем поясе гильзы температурный перепад находился в пределах 38—54°С, а в среднем — 10—20°С. У двигателя Д-50 на максимальной мощности температурные перепады как по высоте, так и по окружности гильзы

практически сохраняются в тех же пределах, что и у двигателя Д-60.

Измеренные температуры относятся к слою гильзы, отстоящему на расстоянии 2 мм от рабочей поверхности. Принимая температуру поверхности гильзы со стороны рубашки такой же, как у

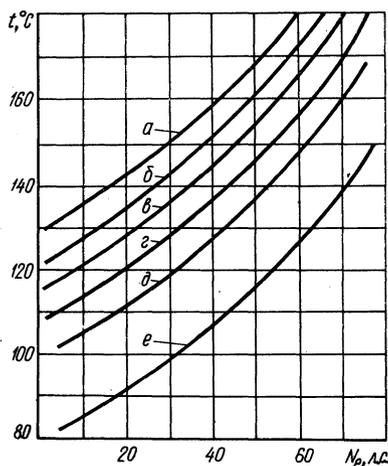


Рис. 2. Изменение температуры гильзы 3-го цилиндра дизеля Д-60 в верхнем поясе со стороны 2-го цилиндра (максимальный температурный уровень) в зависимости от нагрузки и температуры воды в системе охлаждения:

*a* — 110°; *б* — 100; *в* — 90; *г* — 80;  
*д* — 60; *e* — 40°С

воды, температуру рабочей поверхности гильзы можно определить по следующей формуле:

$$t_{c1} = \frac{t\delta - t_{c2}x}{\delta - x},$$

где  $t_{c1}$  — температура рабочей поверхности гильзы;  $t$  — температура гильзы в точке замера;  $t_{c2}$  — температура гильзы со стороны охлаждающей жидкости;  $\delta$  — толщина стенки гильзы ( $\delta=6,5$  мм);  $x$  — расстояние от горячего сая термопары до рабочей поверхности гильзы ( $x=2$  мм).

Из данных табл. 1 видно, что при работе дизеля Д-50 на максимальной мощности с температурой воды 90°С максимальная температура рабочей поверхности верхнего пояса гильзы составляет 193°С и соответственно при 110°С повышается до 197°С, что не превышает максимально допустимого уровня, равного 200°С [1, 2].

При работе дизеля Д-60 на том же режиме уже при 90°С воды в системе охлаждения максимальная температура рабочей поверхности верхней части гильзы достигает 211°С. Поэтому надежность дизеля Д-60 можно обеспечить лишь путем применения высококачественных масел с комплексными присадками, которые допускают повышение температуры рабочей поверхности в верхней части гильзы до 220°С.

Тепловое состояние двигателя оказывает значительное влияние на износ основных его деталей. Как показали многочисленные исследования [3, 1, 4; 5, 6], при низком тепловом состоянии двигателя

**Влияние температурного режима системы охлаждения на температурные  
и суммарные напряжения в гильзах цилиндров**

Двигатель	Температурный режим системы охлаждения, °С	Максимальная температура гильзы, °С		Температурное напряжение, Мн/м <sup>2</sup>	Суммарное напряжение, Мн/м <sup>2</sup>
		в точке замера	на рабочей поверхности		
Д-50	110	171	197	58,0	114,5
	100	—	—	—	—
	90	163	193	67,5	124,0
	80	157	191	72,5	129,0
	60	143	180	78,5	135,0
	40	129	169	84,5	141,0
Д-60	110	184	216	70,6	127,1
	100	180	215	76,5	133,0
	90	174	211	83,5	140,0
	80	170	208	85,0	141,5
	60	162	206	97,0	153,5
	40	152	202	108,0	164,5

резко увеличивается коррозионный износ деталей гильзопоршневой группы.

Сравнивая замеренную в опытах температуру гильз с температурой насыщения парами воды рабочих газов в цилиндрах двигателя, можно определить условия возникновения влажной электрохимической коррозии деталей гильзопоршневой группы.

Для давлений не выше 2 Мн/м<sup>2</sup> температура насыщенного пара может быть определена по эмпирической формуле

$$t_n = 179\sqrt[4]{p},$$

где  $p$  — давление газов в цилиндре, Мн/м<sup>2</sup>.

В дизельных двигателях максимальная температура насыщения колеблется от 110° до 140°С [3].

Коррозионное изнашивание цилиндров наблюдается в зонах, в которых температура газов во время рабочего хода равна или ниже указанной критической температуры. Следовательно, при работе дизелей Д-50 и Д-60 на частичных режимах и пониженных тепловых режимах создаются условия для повышенного коррозионного изнашивания гильз цилиндров и других деталей гильзопоршневой группы.

Зная распределение температуры в цилиндрах при различных режимах работы двигателя, можно определить температурные напряжения в гильзах цилиндров.

Максимальные температурные напряжения в стенке гильзы цилиндра, омываемой охлаждающей водой, определяются из выражения

$$\sigma_t = \pm \frac{E\alpha\Delta t}{2(1-\mu)} \text{ Мн/м}^2,$$

где  $E$  — модуль упругости первого рода (для чугуна  $E=1,0 \cdot 10^5$ );  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения ( $\alpha=11 \cdot 10^{-6}$ );  $\mu$  — коэффициент Пуассона ( $\mu=0,23-0,27$ );  $\Delta t$  — температурный перепад между внутренней и наружной стенками гильзы.

Суммарное напряжение на наружной поверхности гильзы будет равно  $\sigma_z = \sigma_t + \sigma_p$ , где  $\sigma_p$  — напряжение разрыва от сил давления газов, которое определяется по формуле

$$\sigma_p = 0,5p_z \frac{D}{\delta} \text{ Мн/м}^2,$$

где  $p_z$  — максимальное давление сгорания ( $p_z=6,7 \text{ Мн/м}^2$ );  $D$  и  $\delta$  — диаметр цилиндра и толщина стенки гильзы ( $D=110 \text{ мм}$ ,  $\delta=6,5 \text{ мм}$ ).

Максимальные значения температурных и суммарных напряжений для верхнего пояса гильзы 3-го цилиндра дизелей Д-50 и Д-60, работавших на максимальных мощностях и при различных температурных режимах системы охлаждения, приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что максимальные суммарные напряжения гильз цилиндров дизеля Д-50 в зоне рабочих температур системы охлаждения ( $80-90^\circ\text{C}$ ) составляют  $124-120 \text{ Мн/м}^2$ , а для дизеля Д-60 соответственно  $140-141,5 \text{ Мн/м}^2$  при максимально допустимой величине  $130 \text{ Мн/м}^2$ .

Повышение температурного режима системы охлаждения дизелей Д-50 и Д-60 вызывает снижение температурных, а следовательно, и суммарных напряжений в гильзах цилиндров.

При работе дизелей Д-50 и Д-60 на максимальной мощности в условиях низких температурных режимов системы охлаждения возрастают температурные, а следовательно, и суммарные напряжения в гильзах цилиндров, которые превышают максимально допустимую величину.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Гурвич И. Б., Егорова А. П. Рабочая температура деталей автомобильных двигателей. М., 1964. [2] Звонов В. А., Петров Н. Н. О форсировании теплового двигателя ЧН24/27. — Труды ХИИТА. 1963, вып. 68. [3] Величкин Н. И. и др. Ускоренные испытания дизельных двигателей на износостойкость. М., 1964. [4] Гурвич И. Б. Износ автомобильных двигателей. М., 1961. [5] Демьянов Л. А., Сарафанов С. П. Пути повышения надежности и долговечности автотракторных двигателей. М., 1967. [6] Автомобиле- и тракторостроение. Исследование автотракторных двигателей. [Сб. ст.]. Минск, 1971.