

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА МОТОРНОГО МАСЛА ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ С ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Для интенсификации и улучшения качества очистки отработанных моторных масел требуется снижение его вязкости, что может достигаться нагревом масла до 75-80°C. Наиболее предпочтительно вести нагрев вертикально установленными пластинами с поверхностно-распределенными электронагревателями (ПЭН), так как они имеют невысокую удельную поверхностную мощность, равномерное температурное поле, малую температурную инерционность, а вертикально расположенные пластины исключают осаждение на них содержащихся в масле загрязнений, а следовательно, и их пригорание.

Для изучения динамических характеристик процесса нагрева масла проведены эксперименты по определению температуры на контактной поверхности теплообмена (КПТ) и по высоте объема масла при естественной установившейся конвекции. Температура масла на КПТ измерялась хромель-копелевыми термопарами с помощью потенциометра постоянного тока ПП-63, а также самонизирующего потенциометра ЭПП. Испытавались 4 пластины площадью 770 см<sup>2</sup>. Эксперимент проводился при количестве пластин 1, 2, 3 и 4 с изменением расстояния между ними с интервалом в 0,02 м. Для двух пластин оно составляло 0,07 м, для 3-х - 0,05, для 4-х - 0,03 м.

Удельная поверхностная мощность пластины изменялась с помощью регулятора напряжения типа ТС-4М. Повторность опыта для каждой пластины была пятикратной. Наибольшее отклонение от средних значений не превышало 4,3 %. На рис.1 приведены экспериментальные значения температуры пластины в зависимости от удельной поверхностной мощности при различном удельном тепловом потоке (числе пластин).

Анализ результатов эксперимента показывает, что с увеличением числа пластин, а равносильно и теплового потока в масло, коэффициент теплоотдачи пластины уменьшается. При конструировании узла нагрева следует учитывать этот фактор, а также допустимую максимальную температуру изоляционного материала резистивного слоя ПЭН. Для стекломали марки 127 максимальная температура нагрева составляет 240 °С [1]. В этом случае для узла нагрева из 3-х пластин максимальная удельная поверхностная мощность не должна превышать 25 кВт/м<sup>2</sup>. Если учесть, что длину пластины с ПЭН выбирают равной внутреннему

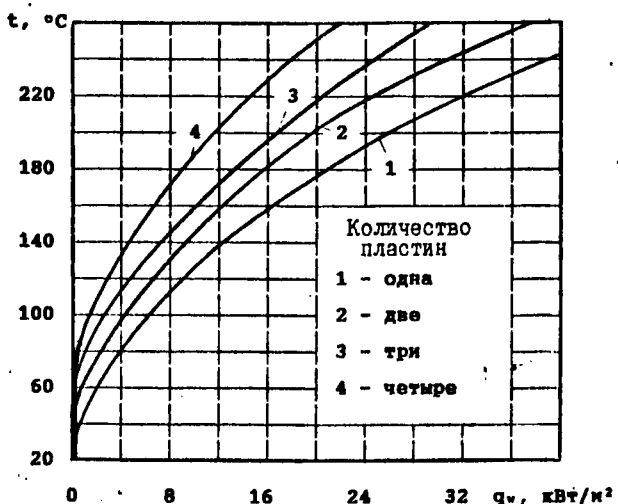


Рис.1. Зависимость температуры на КПП от удельной поверхностной мощности и числа пластин при установившейся естественной конвекции.

размеру длины основания бака, то ее высоту можно определить из следующей зависимости:

$$L \geq \frac{\text{ШН}}{150} q_w, \text{ так как } q_w = \frac{\text{ПШН}}{2\text{пF}} q_v = \frac{\text{ПШН}}{2\text{пГЛ}} q_v \leq 25 \text{ кВт/м}^2, \quad (1)$$

где  $q_v$  - удельный тепловой поток мощности нагрева, кВт/м<sup>3</sup>;

$q_w$  - удельная поверхностная мощность ПЭН, кВт/м<sup>2</sup>;

L, П - соответственно, высота и длина пластины, м;

F - площадь пластины, м<sup>2</sup>;

п - количество пластин, шт.;

Н - высота уровня масла в баке, м;

Ш - ширина основания бака, м.

В случае, когда удельная поверхностная мощность пластины задается постоянной ( $q_w = q_{wл} = \text{const}$ ) следует определить допустимую температуру нагрева масла, чтобы не произошел тепловой пробой изоляции ПЭН. Средней температурный напор пластины [3]:

$$\theta = q_w \left( \frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = \text{const}, \quad (2)$$

где  $\theta$  - средний температурный напор пластины, °С;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>;

$\delta_i$  - толщина  $i$ -го корпусно-изоляционного слоя ПЭН, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя, Вт/(м град);

$n$  - число слоев.

Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле  $\alpha = \frac{\lambda N_u}{L}$ , (3)

где  $N_u$  - число Нуссельта, определяемое по формуле, приведенной в [2],

$$Nu = 0,59(GrPr)^{0,25} \text{ (при } GrPr = 10^4 \dots 10^9 \text{);}$$

$$Gr = \frac{g\beta L^3(t_{wd} - t_s)}{\nu^2} \text{ - число Грасгофа;}$$

$Pr$  - число Прандтля;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности масла Вт/(м град);

$t_{wd}$  - допустимая температура на КПТ ПЭН, °С;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$t_s$  - средняя по объему температура масла, °С;

$\beta$  - коэффициент объемного расширения, град<sup>-1</sup>;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с.

Так как  $\theta = t_{w1} - t_{s1} = t_{w2} - t_{s2} = t_{wd} - t_{s2}$ , отсюда

$$t_{s2} - t_{wd} = \theta, \quad (4)$$

где  $t_{s1}$  - температура масла на уровне нижней кромки пластины, °С;

$t_{s2}$  - температура масла на уровне верхней кромки пластины, °С;

$t_{w1}$ ,  $t_{w2}$  - температура на КПТ пластины, соответственно, у нижней и верхней кромки, °С.

Характер изменения температуры при постоянной удельной поверхностной мощности приведен на рис. 2. Изучение зависимостей показывает, что при нагреве масла пластинной ПЭН с постоянной удельной поверхностной мощностью, равной, например,  $25 \text{ кВт/м}^2$ , для обеспечения работоспособности нагревателя следует контролировать температуру масла у верхней границы пластины, предельная величина которой не должна превышать  $110^\circ \text{C}$ . В другом случае, когда нужно обеспечить постоянную температуру на КПТ ПЭН, ее допустимое значение достигается путем расчета удельного поверхностного сопротивления резистивного слоя и изготовления его термозависимым.

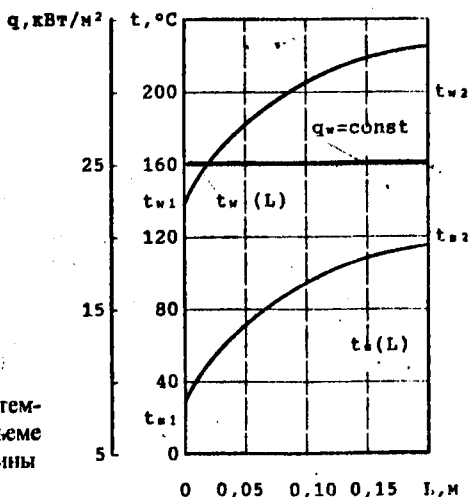


Рис. 2. Графики распределения температуры на КПТ и в объеме масла по высоте пластины при  $q_w = 25 \text{ кВт/м}^2$ .

### Л и т е р а т у р а

1. Кудрявцев И.Ф., Герасимович Л.С. Полупроводниковые тепловые электроннагреватели в сельском хозяйстве. - Мн.: Ураджай, 1973.
2. Крейг Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983.
3. Низкотемпературные электроннагреватели в сельском хозяйстве / Герасимович Л.С., Степанов В.П., Коротинский В.А. и др. Под общей ред. Л.С.Герасимовича. - Мн.: Ураджай, 1984.