

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

А.Ю. Шабанов, А.Б. Зайцев, И.С. Кудинов

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Очевидно, что для получения достоверных результатов математического моделирования одним из основных условий является прогнозирование изменения характеристик смазочных материалов при их работе в трибоузле.

Условия работы смазочных материалов во всех группах подшипников скольжения двигателя отличаются следующими особенностями:

- наличием переменных давлений;
- высоким и переменным уровнем температур моторного масла в сопряжении трения.

Понятно, что точность моделирования в таких условиях во многом определяется возможностью прогнозирования изменения кинематической и динамической вязкостей моторного масла, поскольку именно этот параметр является важнейшим для определения реальной несущей способности подшипника скольжения.

Действующие методы измерения (ГОСТ 33–82) предписывают измерение кинематической вязкости при двух температурах — 40 и 100 °С. Этот диапазон температур далек от реального рабочего. Пересчет же на реальные рабочие температуры предлагается производить, например, с помощью формулы Вальтера:

$$\lg \lg (v_t + 0,8) = A - B \lg t, \quad (1)$$

где A и B — коэффициенты аппроксимации.

Результаты, полученные по формуле, обеспечивают точность только для минеральных масел и в диапазоне температур до 120–130 °С.

В настоящей работе авторы проанализировали погрешности формулы Вальтера при ее ис-

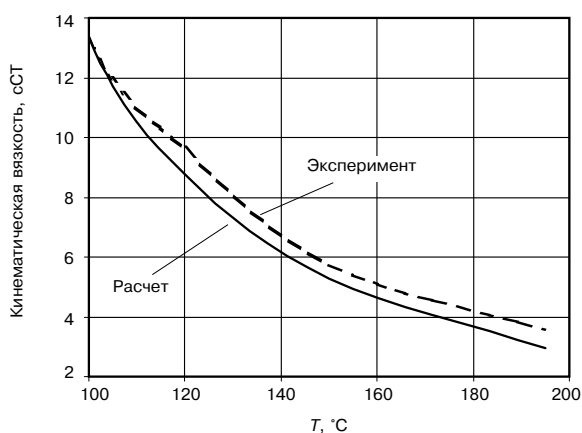


Рис. 1. Результаты сопоставления значений кинематической вязкости синтетических моторных масел, полученных по формуле Вальтера, и замеренных с помощью вискозиметра Пинкевича. Масло Лукойл Синтетик 5W-40

пользовании в реальном диапазоне рабочих температур для сложных синтетических моторных масел, а также предложили свои формулы расчета кинематической вязкости.

В качестве объекта испытаний были выбраны восемь образцов современных полностью синтетических моторных масел групп SAE 5W30 и 5W40 API SL(SM)/CF — Shell Helix, Motul Eco-clean, Xenum, Luqui Moly, Marly Black Gold и Лукойл Синтетик.

С помощью модифицированной методики замера кинематической вязкости, были произведены измерения в диапазоне от 40 до 195 °С.

При высоких температурах выявлено завышение параметра на 5–20 % в основном рабочем диапазоне температур.

Подобные результаты неудовлетворительны, поскольку влекут за собой аналогичную ошибку в определении несущей способности подшипниковых узлов двигателя.

На основе анализа полученных результатов были предложены модифицированные формулы расчета кинематической вязкости моторного масла, адаптированные для работы при условиях высоких температур:

- формула Уббелодэ–Вальтера:

$$\lg \lg (v_t + C) = A - B \cdot \lg t; \quad (2)$$

- определение коэффициентов по трем точкам;

- квадратичная зависимость:

$$\lg \lg (vt) = A + B \cdot t + C \cdot t^2, \quad (3)$$

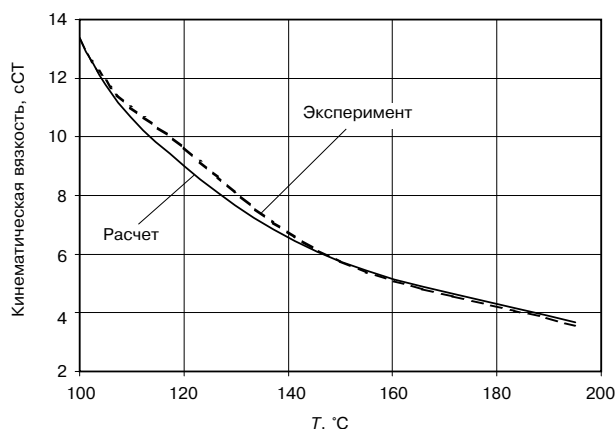


Рис. 2. Результаты сопоставления значений кинематической вязкости синтетических моторных масел, полученных с помощью квадратичной зависимости, и замеренных с помощью вискозиметра Пинкевича. Масло Лукойл Синтетик 5W-40

где ν_t — искомое значение кинематической вязкости при температуре t , сСт; t — температура, °С; A , B , C — коэффициенты аппроксимации.

Значения коэффициентов аппроксимации определяются по величинам кинематической вязкости моторного масла, определенных экспериментальным путем, например, при трех температурах 40, 100 и 150 °С.

Примененная квадратичная зависимость в правой части формулы Вальтера позволяет более точно аппроксимировать значения кинематических вязкостей при высоких температурах и при сложном характере протекания вязкостно-температурных характеристики сложных базовых синтетических масел.

Сопоставление результатов расчета и эксперимента показывает, что в результате примене-

ния модифицированных формул расчета кинематической вязкости в зоне рабочих температур узлов трения двигателя внутреннего сгорания для всех образцов сложных синтетических масел отклонение данных не превышает погрешности измерения вязкости.

Очевидно, что предложенная методика пригодна для расчета вязкости моторных масел любых видов и практически в любом температурном диапазоне, вплоть до температуры кипения масла. Минимальная погрешность аппроксимации кинематической вязкости, получаемая во всем диапазоне рабочих температур в трибосопряжениях высокооборотных двигателей, делает ее применимой при построении методов математического моделирования подшипников коленчатых валов и узлов трения цилиндропоршневой группы.