

УДЕЛЬНОЕ МОЛЯРНОЕ СООТНОШЕНИЕ ГАЗОВОЙ И МАСЛЯНОЙ ФАЗ В КОРОБКЕ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

SPECIFIC MOLAR RATIO OF GAS AND OIL PHASES IN THE GEARBOX OF TRACTORS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Федотова Н.Е.¹ – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Общеинженерная подготовка»
Маломыжев О.Л.² – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»
Шуханов С.Н.³ – доктор технических наук, проф., профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК»

¹ Филиал Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНТУ) в г. Усолье-Сибирском
 E-mail: oip@istu.edu

² Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНТУ)
 E-mail: olm@bk.ru

³ Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (ИрГАУ)
 E-mail: shuhanov56@mail.ru

Fedotova N.E.¹ – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Engineering Training
Malomyzhev O.L.² – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Car transport»
Shukhanov S.N.³ – Doctor of Engineering

¹ Branch of Irkutsk national research technical university (IRNRTU) in Ussolye-Sibirskoe
 E-mail: oip@istu.edu

² Institute Airmechanical and Transport Irkutsk national research technical university (IRNRTU)
 E-mail: olm@bk.ru

³ Irkutsk state agricultural university to them. A.A. Ezhevsky
 E-mail: shuhanov56@mail.ru

Удельное молярное соотношение газовой и масляной фаз в коробке передач влияет на производительность насосов системы смазки. Определение этих параметров имеет важное значение при расчете силовых агрегатов тракторов агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: Коробка передач, трактора, агропромышленный комплекс.

The specific molar ratio of gas and oil phases in the gearbox influences productivity of pumps of the lubrication system. Determination of these parameters is important when calculating power units of tractors of agro-industrial complex.

Keywords: Gearbox, tractors, agro-industrial complex.

Введение

Определение состава газомасляной смеси, под которым подразумевается удельное молярное соотношение газовой и масляной фаз, необходимо в первую очередь, как для проведения расчетов систем смазки по методике, предложенным в [1, 2], так и для оценки необходимой производительности откачивающих насосов принудительных систем смазки. В коробках передач энергонасыщенных тракторов агропромышленного комплекса состав газомасляной смеси может иметь различные значения, которые определяются, в основном, геометрическим размером элементов сборочных единиц, скоростным режимом работы, температурой и сортом смазочного материала. Установить влияние указанных параметров можно путем регистрации состава газомасляной смеси при проведении испытаний, как сборочных единиц, так и трансмиссий в целом, при установке на стенде или на трактора.

Методика

Выбор метода регистрации состава газомасляной смеси проводился исходя из анализа ряда работ [3, 4.], в которых приводятся различные способы анализа состава двухфазных смесей. В результате анализа установлено 5 основных методов измерения, краткие све-

дения о которых приведены в табл. Предъявляя требование универсальности метода, заключающейся в единой методике его применения, как в стендовых, так и в объектовых условиях, наибольший интерес представляет метод, связанный с отстоем проб, который приведен в табл. под номером 5.

Проведя выбор метода регистрации состава смеси, следует определить точку системы смазки, в которой будет проводиться регистрация. Точки для отбора проб должны быть легко доступны, а взятые из них пробы масла нести наибольшую информацию по поставленным вопросам. С этих позиций наибольший интерес представляют картера сборочных единиц трансмиссий или области перед откачивающим насосом принудительных систем смазки. Отбор проб в любой другой точке связан со сложностью, требующей доработки конструкций, которые могут исказить картину протекающих процессов.

Благодаря наличию в картере паровоздушного клапана, давление в нем будет практически равно атмосферному, в результате чего объемное содержание газов и пузырьков в смеси будет иметь наибольшее значение, к тому же малое значение давления облегчит проведение отбора пробы. Наличие сливных отверстий у большинства картеров сборочных единиц не вызывает каких-либо трудностей при

Таблица. Краткие характеристики методов измерения газосодержания в смазочных материалах

Метод измерения	Достоинства	Недостатки
1.Изотопный плотномер	Точность, непрерывность измерения, автоматическая регистрация данных	Сложное оборудование, выполнение требований к радиационной безопасности
2.Ультразвуковой плотномер	Непрерывность измерения, автоматическая регистрация	Низкая точность, сложное оборудование
3.Гидростатический плотномер	Точность, простота оборудования	Необходимость поддерживать постоянный состав пробы в течение определенного времени
4. Сжатие пробы	Точность, простота измерения	Необходимость наличия специального оборудования для отбора проб
5. Отстой пробы	Точность, простота, доступность	Длительность регистрации

отборе проб, как в стендовых, так и в объектовых условиях. Основные процессы насыщения газом смазочного материала, как следует из анализа работы систем смазки, происходят именно в картерах сборочных единиц. В силу этого за точку отбора проб необходимо и достаточно взять поддон картера сборочной единицы.

Физическое представление процесса определения газосодержания заключается в следующем.

Насыщенное газовыми пузырьками масло вливается в мерный сосуд. После заполнения сосуда регистрируется полученный объем газомасляной смеси. За тем происходит процесс отстоя, в течение которого газовые пузырьки под действием выталкивающей силы стремятся подняться на поверхность жидкости. На поверхности пузырьки лопаются, и находящейся в них газ попадает в окружающую среду. Если в процессе отстоя имело место снижения температуры пробы, то возможно частичное растворение газа в смазочном материале. В конце процесса отстоя (полное исчезновение газовых пузырьков в смазочном материале) проводится следующая регистрация объема. Соотношение объемов пробы до и после отстоя укажет относительное объемное содержание в смазочном материале газовых пузырьков.

Следует отметить, что произвести мгновенный отбор пробы, как правило, невозможно. Значит, за время, в течение которого проводили отбор, часть газовых пузырьков успеет выделиться из смеси, и, следовательно, состав ее в пробе не будет соответствовать составу, который находится в трансмиссии. В таких случаях необходимо проводить запись изменения объема пробы во времени в процессе ее отстоя с целью последующей экстраполяции процесса до момента начала отбора пробы. Запись изменения их объема аппроксимировалась зависимостью

$$\delta = \frac{V_g}{V_{см}} = f(\tau), \quad (1)$$

где V_g – объем газа, $V_{см}$ – объем газомасляной смеси.

Плотность смеси в каждый момент времени определяется соотношением

$$\rho_{см} = \rho_m \cdot (1 - \delta),$$

где $\rho_{см}$ – плотность смеси; ρ_m – плотность масла.

По результатам экспериментов аппроксимация бралась в виде

$$\delta = \frac{A}{\tau + a} + B, \quad (2)$$

где τ – время в секундах; A , B , a – коэффициенты аппроксимации.

Для определения коэффициентов аппроксимации A , B , a достаточно трех экспериментальных точек δ_1 , δ_2 , δ_3 , снятых во время τ_1 , τ_2 , τ_3 . Обозначив $\delta_1 - \delta_2 = \delta_{12}$; $\delta_1 - \delta_3 = \delta_{13}$, получим выражения для определения коэффициентов A , B , a .

$$\begin{cases} a = \frac{(\delta_{12}/\delta_{13}) \cdot \tau_2 - (\tau_2 - \tau_1)/(\tau_2 - \tau_1) \cdot \tau_3}{(\tau_2 - \tau_1)/(\tau_2 - \tau_1) - \delta_{12}/\delta_{13}} \\ A = \frac{\delta_{12}(\tau_1 + a) \cdot (\tau_2 + a)}{\tau_2 - \tau_1} \\ B = \delta_1 - A/(\tau_1 + a) \end{cases}$$

Более строго для анализа пробы можно воспользоваться и уравнением переноса газа маслом [36]. Это уравнение для пробы смеси $\text{div } C \nabla V = 0$; $\nabla V = 0$. Считая $\text{div } \vec{f} \ll \text{div } \nabla C \nabla \tau$ (молекулярный перенос газовых пузырьков происходит значительно менее интенсивно, чем перенос, обусловленный выталкивающими силами), получим уравнение концентрации газовых пузырьков для пробы газомасляной смеси

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -\text{div } C \nabla \tau = -\frac{\partial}{\partial x} (C V \nabla x).$$

Пренебрегая изменением скорости газа по высоте пробы, окончательно принимаем

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -V \frac{\partial c}{\partial x}.$$

Краевые условия задаются в виде

$$x=0 \quad C=0$$

$$\tau=0 \quad C=C_0$$

Для решения уравнения применяется преобразование Лапласа по переменной X .

$$\frac{d\bar{c}}{dt} + V_r S \bar{c} = 0; \quad \bar{c}(0, S) = C_0/S.$$

Решение уравнения запишется в виде

$$\bar{c}(\tau, S) = C_0/S_{exp}(-S \int_0^\tau V_r d\tau).$$

Учитывая, что

$$e^{-as}/S \div V(t-a), \text{ где } V(t-a) = \begin{cases} 1 & \text{при } t > a \\ 0 & \text{при } t \leq a \end{cases}$$

получим

$$c(\tau, x) = C_0 V(x - \int_0^\tau V_r d\tau). \quad (3)$$

Величина $\delta(\tau)$ из (1) с использованием (3) выразится

$$\delta(\tau) = \left(\frac{V_{CM_0}}{F \int_0^\tau V_r d\tau} - 1 \right)^{-1},$$

где V_{CM_0} – объем смеси в начальный момент времени; F – площадь мерного сосуда. Величина V_r определяется экспериментально по изменению уровня газомасляной смеси в сосуде. По экспериментальной зависимости $V_r(\tau)$ численно определяется

$$\int_0^\tau V_r d\tau.$$

● ЛИТЕРАТУРА

1. Маломыжев О.Л., Федотова Н.Е., Скutel'ник В.В. Метод расчета подач масла к деталям агрегатов сельскохозяйственных машин / Маломыжев О.Л., Федотова Н.Е., Скutel'ник В.В. // Тракторы и сельхозмашины. 2016. – № 12. – С. 19-22.
2. Бектемиров А.С., Маломыжев О.Л., Скutel'ник В.В. Исследование параметров растворимости газа в маслах / Бектемиров А.С., Маломыжев О.Л., Скutel'ник В.В. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. – № 5 (45). – С. 125-128.
3. Башкиров В.С., Капитонов О.К. Методика определения содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости. Гидропривод и системы управления (строительных, тяговых и дорожных машин). / Башкиров В.С., Капитонов О.К. // Межвузовский сборник. – Новосибирск, 1976. – С. 94-102.
4. Васильев А.М. Прибор для определения количества воздуха в перекачиваемой жидкости (фазометр). / Васильев А.М. // М.: Машгиз. – 1952. – №11. – С 70-73.

Результаты

Проведенные расчеты показали удовлетворительное совпадение оценок плотности газомасляной смеси, полученных обоими методами. При этом наименее трудоемка первая аппроксимация по формуле (2), что определило ее предпочтительное использование.

Выводы

Разработанная методика дает возможность определять концентрацию газа в смазочном материале, используемом в трансмиссиях тракторов и сельскохозяйственных машин. Значение концентрации газа необходимо для реализации разработанной методики расчета систем смазки одновременно дает и возможность оценить необходимую производительность откачивающих насосов сборочных единиц трансмиссий. Методика может быть использована при стендовых и ходовых испытаниях, как отдельных сборочных единиц, так и трансмиссий в целом.

● REFERENCES

1. Malomyzhev O.L., Fedotova N.E., Skutel'nik V.V. Metod rascheta podach masla k detal'nyam agregatov sel'skhozayajstvennyh mashin / Malomyzhev O.L., Fedotova N.E., Skutel'nik V.V. // Traktory i sel'hozmashiny. 2016. – № 12. – S. 19-22.
2. Bektemirov A.S., Malomyzhev O.L., Skutel'nik V.V. Issledovanie parametrov rastvorimosti gaza v maslah / Bektemirov A.S., Malomyzhev O.L., Skutel'nik V.V. // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2010. – № 5 (45). – S. 125-128.
3. Bashkirov V.S., Kapitonov O.K. Metodika opredeleniya soderzhaniya nerastvoryonno-go gaza v rabochej zhidkosti. Gidroprivod i sistemy upravleniya (stroitel'nyh, tyagovyh i dorozhnyh mashin). / Bashkirov V.S., Kapitonov O.K. // Mezhvuzovskij sbornik. – Novosibirsk, 1976. – S. 94-102.
4. Vasil'ev A.M. Pribor dlya opredeleniya kolichestva vozduha v perekachivaemoj zhidkosti (fazometr). / Vasil'ev A.M. // M.: Mashgiz. – 1952. – №11. – S 70-73.