

Исследование смазывающих способностей масел способом стекания по вертикальной стенке цилиндра

© С. Н. Котельников, У. А. Васечкин, А. С. Покацкий,
А. Н. Стрельников, Д. В. Кокоуров

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В процессе работы исследованы маловязкие масла известных марок. Изучена их смазывающая способность, а именно – выявлен характер стекания капель масла по вертикальной стенке цилиндра, построены графики зависимости времени стекания. Анализируя полученные результаты выявлено масло, которое способно достаточно смазывать трущиеся элементы, узлы и детали силовых агрегатов. Масло, которое имеет лучшие адгезионные свойства, создает достаточную защитную плёнку на трущихся элементах, предотвращает их износ, защищает от коррозии поверхность, на которой оно находится. После изучения определен лучший образец (образцы) из исследуемых марок. Учтен тот факт, что в настоящее время многие масла специально разрабатываются для современных двигателей, в которых стенки цилиндров обрабатываются никасилом, а зазоры в трущихся парах малы и их применение на старых двигателях, где зазоры в трущихся парах значительно больше, вызовет недостаточную смазываемость этих элементов и как следствие – износ. Аналогичные последствия следует ожидать, если в современных двигателях с никасиловым напылением и малыми зазорами в трущихся парах применять масла для старых двигателей. В этом случае повышенный износ будет связан с недостаточными адгезионными свойствами этих масел. Далее был проведен анализ пакета присадок и выявлены свойства базового масла. В конечном итоге появится возможность разработки собственного типа масла, отвечающего современным требованиям и обеспечивающего высокие эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: масла, смазывающая способность, краевой угол смачивания, стенка цилиндра, хонинговальная сетка, никасил, базовое масло

The study of oil lubricity by the method of flowing down the vertical wall of the cylinder

© Stepan N. Kotelnikov, Ulyan A. Vasechkin, Artyom S. Pokatsky,
Alexander N. Strelnikov, Dmitry V. Kokourov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In the process of work, low-viscosity oils of well-known brands were studied. Their lubricity was studied, namely, the nature of the flow of oil drops along the vertical wall of the cylinder was revealed, and graphs of the flow time were plotted. Analyzing the results obtained, an oil was found that is capable of sufficiently lubricating the rubbing elements, components and parts of power units. The oil, which has the best adhesive properties, creates a sufficient protective film on the rubbing elements, prevents their wear, and protects the surface on which it is located from corrosion. After the study, the best sample (s) of the studied brands was determined. The fact that at present many oils are specially developed for modern engines, in which the cylinder walls are treated with nikasil, and the gaps in the rubbing pairs are small, and their use on older engines, where the gaps in the rubbing pairs are much larger, will cause insufficient lubricity of these elements and as a result - wear. Similar consequences should be expected if oils for old engines are used in modern engines with nikasil coating and small gaps in rubbing pairs, in which case increased wear will be associated with insufficient adhesive properties of these oils. Next, an analysis of the additive package was carried out and the properties of the base oil were identified. Ultimately, it will be possible to develop our own type of oil that meets modern requirements and provides high performance properties.

Keywords: oil, lubricity, contact angle, cylinder wall, honing mesh, nikasil, base oil

Недостаточная смазывающая способность масел заключается в том, что некоторые из них недостаточно «схватываются» с рабочей поверхностью (стенками цилиндра), масло вытесняется с поверхности трения, как следствие происходит контакт материала с материалом (металл на металл), что приво-

дит к увеличению коэффициента силы трения, значительно повышает износ сопряженных деталей. В двигателях внутреннего сгорания моторное масло выполняет основную роль в уменьшении износа за счет снижения силы трения в сопряжениях типа: поршневое кольцо-цилиндр двигателя, поршень-цилиндр

двигателя, вкладыш-шейка коленчатого вала и т. д. В летнее время под воздействием высоких температур окружающей среды масло разжижается и не выполняет свою основную функцию по смазыванию деталей, особенно это критично для деталей ЦПГ. В зимнее время, наоборот, масло становится слишком густым, что существенно осложняет запуск двигателя «на холодную», особенно проблематичен запуск дизельных двигателей при температуре ниже -20°C . При отрицательных температурах возникает ещё одна проблема – низкая скорость прокачиваемости масла через масляную систему: масла, имеющие высокую вязкость, нуждаются в нагревании для того чтобы работать нормально, что недопустимо при запуске двигателя в холодное время года, так как масло должно работать с первых секунд.

В настоящее время моторные масла производят на основе нефтяных базовых масел, а также синтетических продуктов, путём добавления в них различных присадок, улучшающих их смазывающие способности, такие как противоизносность, противозадирность и антифрикционность, антикоррозионность. Присадки значительно увеличивают срок службы трущихся элементов двигателя и дают экономическую выгоду потребителю, так как снижаются затраты на ремонт и техническое обслуживание ДВС, потери мощности на трение при передаче усилия от цилиндро-поршневой группы к коленчатому валу, что ведет к увеличению производительности и снижению расхода топлива.

Самой нагруженной деталью двигателя является цилиндро-поршневая группа (ЦПГ), в процессе её работы происходит механический и химический износ стенки цилиндра, возникающий вследствие воздействия высоких температур и агрессивных сред. Наиболее значимым является механический, по всей длине гильзы износ неравномерен. Так в зоне камеры сгорания и в зоне работы юбки поршня износ минимален, а в зоне работы поршневых колец он наибольший. Кольца, воздействуя на масляную плёнку, которая находится между ними и стенкой цилиндра, сдвигают ее вниз или полностью срезают, качественное масло в таких условиях должно оставаться на стенке цилиндра и создавать защитную пленку.

В процессе работы были исследованы 15 масел. Они поочередно наносились на поверхности четырех цилиндров: автомобильного с никасиловым напылением (рис. 1), цилиндра от триммера с никасиловым напылением, стального и чугунного цилиндров с хонинговальной сеткой. С помощью микроскопа (рис. 2) определялся характер стекания капли масла, изменение ее формы и время, за которое капля проходит три сантиметра по стенке цилиндра.

В исследованиях было использовано 14 наиболее распространённых на рынке марок масел на минеральной основе: Castrol Magnatec (5w-30) Fully Syntetic, Gazpromneft Super (10w-40), Idemitsu (5w-30) Gasoline, Kixx G (5w-30), Mannol Classic 7501 (10w-40) Hc Synthese, Mobil Super 3000 (5w-30), Motul 8100 Eco-Lite (5w-30), Shell Helix Hx7 (5w-30), Tci Zero Line (5w-30), Visco 5000 (5w-30), Zic X5 (5w-30), Лукойл Стандарт (10w-40), Масло Моторное ООО «Продтех» (10w-30), Роснефть Maximum (10w-40), а для сравнения результатов измерений было использовано базовое минеральное маловязкое масло.

Исследования проводились при постоянной температуре, которая контролировалась градусником. Время стекания каждой капли заносилось в таблицу программы EXCEL. Далее были выведены средние значения времени стекания для каждого масла, для каждого цилиндра. В дальнейшем составлены графики зависимости стекания капель масла от времени для каждого из цилиндров (рис. 3,4,5,6).

На стенках цилиндров, покрытых никасилом, лучшие результаты показали масла марок: Motul 8100, Kixx, Idemitsu Syntehetic, Castrol Magnatec, Shell Helix, а также Gazpromneft Super. Однако на стальной и чугунной стенках цилиндров, с нанесенной хонинговальной сеткой масла марок Motul 8100, Kixx, Idemitsu Syntehetic, Castrol Magnatec, Shell Helix показали результаты значительно ниже, чем масла других марок. Это объясняется тем, что эти масла специально разрабатывались для современных двигателей, в которых стенки цилиндров обработаны никасилом, а зазоры в трущихся парах малы и их применение на старых двигателях, где зазоры в трущихся парах значительно больше,



Рис. 1. Автомобильный цилиндр с никасиловым напылением



Рис. 2. Установка

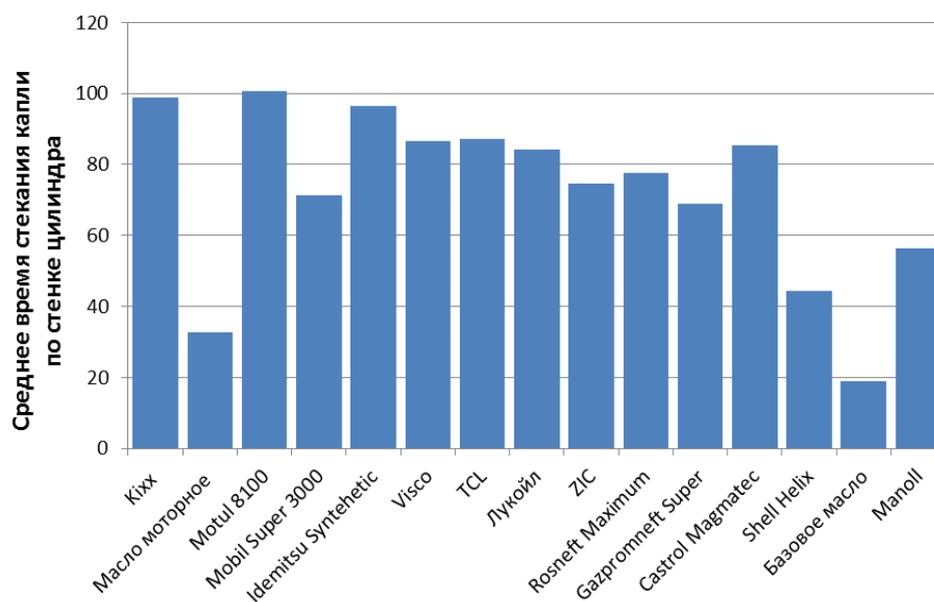


Рис. 3. Зависимость стекания капель масла по стенке автомобильного цилиндра с никасиловым напылением

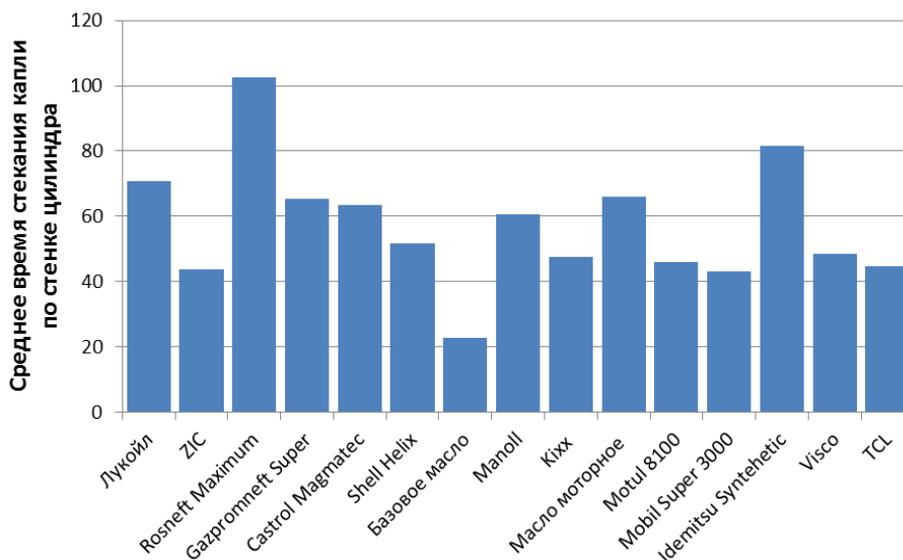


Рис. 4. Зависимость стекания капель масла по стенке стального цилиндра с хонинговальной сеткой

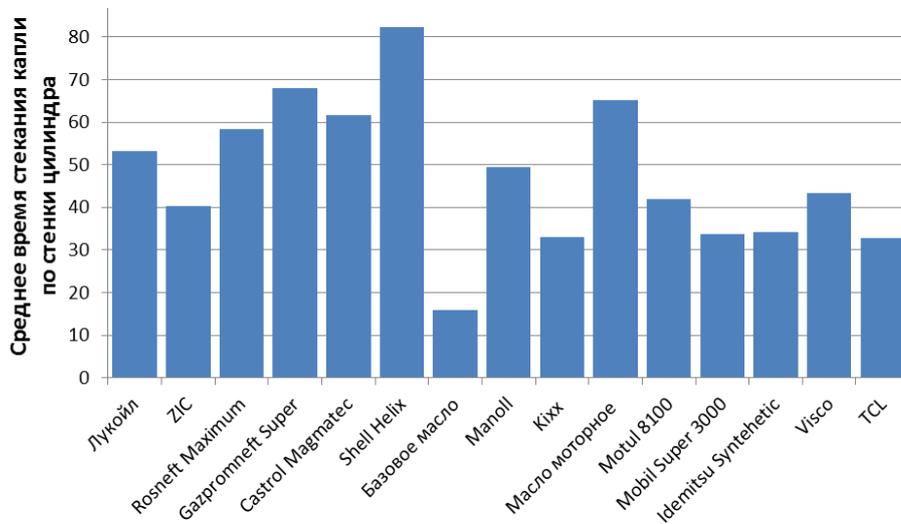


Рис. 5. Зависимость стекания капель масла по стенке цилиндра триммера с никасиловым напылением

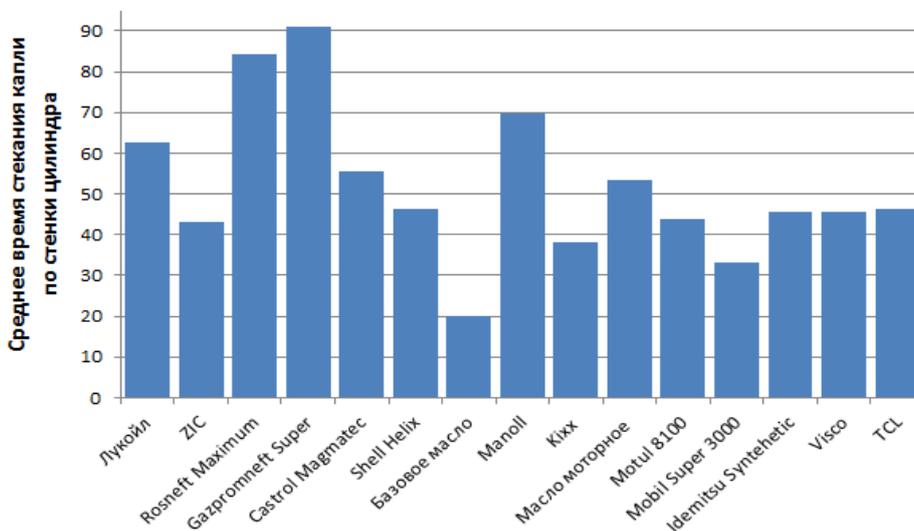


Рис. 6. Зависимость стекания капель масла по стенке чугунного цилиндра с хонинговальной сеткой

вызовет недостаточную смазываемость этих элементов и как следствие – износ. А применение таких масел как Gazpromneft Super, Mannol Classic 7501, Mobil Super 3000, Tcf Zero Line, Visco 5000, Zic X5, Лукойл Стандарт, масло моторное ООО «Продтех»,

Роснефть Maximum в современных двигателях с никасилловым напылением и малыми зазорами в трущихся парах приведет к быстрому износу, вследствие недостаточных адгезионных свойств этих масел.

Список источников

1. Котельников С. Н., Васечкин У. А., Сериков К. А., Торговцев К. А., Гусев А. Ф., Стрельников А. Н., Кокоуров Д. В. Изучение смазывающих свойств масел по каплеобразованию // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей XV Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22 декабря 2020 г.). Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2021. С. 167–173.
2. Котельников С. Н., Васечкин У. А., Стрельников А. Н., Кокоуров Д. В. Способы анализа смазывающих свойств масел // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей XIII Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 23 декабря 2019 г.). Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2020. С. 123–128.
3. Чулков П. В., Чулков И. П. Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономика, экология. М.: Политехника, 1995. 302 с.
4. Лышко Г. П. Топливо и смазочные материалы. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.
5. Кузнецов А. В. Топливо и смазочные материалы. М.: КолосС, 2004. 199 с.
6. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы. М.: Форум. Инфра-М, 2003. 203 с.
7. Ананьев С. И. Эксплуатационные материалы для автомобилей и тракторов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 384 с.
8. Балабанов В. И. Автомобильные присадки и добавки. М.: Изд-во Эксмо, 2011. 238 с.
9. Шаповалов В. В., Эркенов А. Ч., Кохановский В. А. Триботехника: учебник. М.: Феникс, 2017. 351 с.
10. Анисимов И. Г., Бадыштова К. М., Бнатов С. А. и др. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. 596 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Степан Николаевич Котельников,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
kotelnikov.s.nikolaevich@mail.ru

Stepan N. Kotelnikov,
Student,
Construction Road Machinery and Hydraulic
Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
kotelnikov.s.nikolaevich@mail.ru

Ульян Александрович Васечкин,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
ulyan.vase4kin@ya.ru

Ulyan A. Vasechkin,
Student,
Construction Road Machinery and Hydraulic
Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
ulyan.vase4kin@ya.ru

Артём Сергеевич Покацкий,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
artem.pokatskiy.01@mail.ru

Artyom S. Pokatsky,
Student,
Construction Road Machinery and Hydraulic
Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
artem.pokatskiy.01@mail.ru

Александр Николаевич Стрельников,
доцент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
strelnikov077@rambler.ru

Alexander N. Strelnikov,
Associate Professor,
Construction Road Machinery and Hydraulic
Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
strelnikov077@rambler.ru

Дмитрий Владимирович Кокоуров,
заведующий кафедрой,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
Kokourovdv@istu.edu

Dmitry V. Kokourov,
Head of Department,
Construction Road Machinery and Hydraulic
Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
Kokourovdv@istu.edu