

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА В СИСТЕМЕ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ НА ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ

Федотов Е.С., Шевцов Ю.Д., Литвинов А.Е., Голиков А.А.

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, потери на трение, механические потери двигателя, давление масла, масляная пленка.

Аннотация. Целью системы смазки двигателя внутреннего сгорания является обеспечение оптимальных условий для образования масляной пленки во всех фрикционные пары, такие как поршень-цилиндр, поршневые кольца-цилиндр, коренные и шатунные подшипники и т. д. Масляная пленка предназначена для минимизации износа элементов при обеспечении наименьших возможных потерь на трение. Отсутствие непрерывности масляной пленки, и, следовательно, границы или смешанные условия трения, очевидно, оказывают негативное влияние на потери на трение. Тем не менее, непрерывная масляная пленка, в зависимости от условия его формирования могут характеризоваться различными значениями потерь на трение. Одним из факторов, которые могут повлиять на условия образования масляной пленки является величина давления масла в системе смазки. В статье приведены результаты исследований о потерях на трение, проведенных на испытательном стенде двигателя. Исследование состояло из измерения крутящего момента двигателя внутреннего сгорания с помощью электрической машины, которая является источником нагрузки на двигатель внутреннего сгорания.

EFFECT OF OIL PRESSURE IN THE ENGINE LUBRICATION SYSTEM ON FRICTION LOSSES

Fedotov E.S., Shevtsov Yu.D., Litvinov A.E., Golikov A.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar

Keywords: internal combustion engine, friction loss, mechanical engine losses, oil pressure, oil film.

Abstract. The purpose of the lubrication system of an internal combustion engine is to provide optimal conditions for the formation of an oil film in all friction pairs, such as a piston-cylinder, piston rings-cylinder, main and connecting rod bearings, etc. The oil film is designed to minimize wear of elements while ensuring the smallest possible friction loss. The lack of continuity of the oil film, and therefore the boundaries or mixed friction conditions, obviously have a negative effect on friction losses. Nevertheless, a continuous oil film, depending on the conditions of its formation, can be characterized by different values of friction losses. One of the factors that can affect the conditions for the formation of an oil film is the amount of oil pressure in the lubrication system. The article presents the results of studies on friction losses carried out on an engine test bench. The study consisted of measuring the torque of an internal combustion engine using an electric machine, which is the source of the load on the internal combustion engine.

Введение

В последние три десятилетия, разработка двигателей внутреннего сгорания была сосредоточена на соблюдении экологических норм выбросов продуктов сгорания в окружающую среду. Сокращение выбросов вредных веществ, а в частности углекислого газа может быть достигнуто только за счет сокращения потребления углеводородного топлива. Расход топлива в основном зависит от энергопотребления и общей эффективности двигателя. Одним из компонентов

общей эффективности двигателя является механическая КПД, который включает потери на трение и все механические потери вспомогательных приводов, например, масляного насоса, генератор переменного тока и т. д. Для повышения механической эффективности двигателя внутреннего сгорания трение и механические потери должны быть уменьшены. Как показано на рисунке 1, потери масляного насоса являются самыми высокими из всех вспомогательные приводы и только потери на трение кривошипно-шатунного механизма более значительны [1,2]. Эта ситуация еще хуже, когда температура масла низкая, так как вязкость увеличивается экспоненциально и потребность в мощности масляного насоса поднимается соответственно.

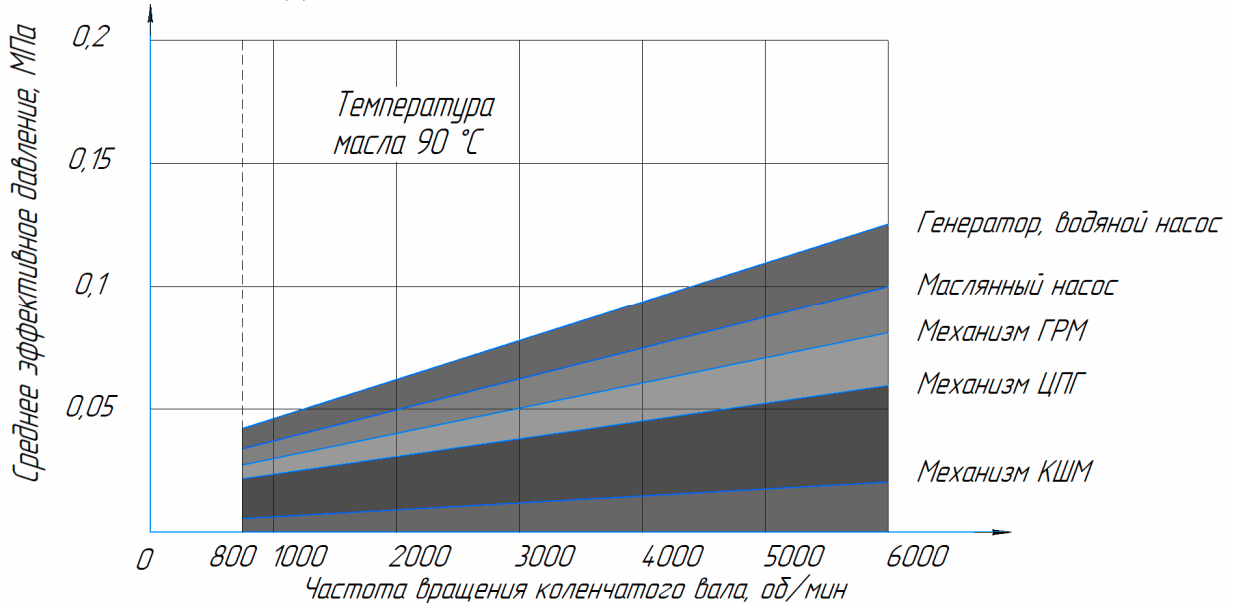


Рис. 1. Компоненты среднего эффективного трения для четырехцилиндрового двигателя с искровым зажиганием

При разработке современных конструкций двигателей инженеры-проектировщики в течение последнего десятилетия уделяли особое внимание потерям масляных насосов. Шестеренчатые масляные насосы, как правило, оснащают редукционным клапаном, который регулирует только максимальное давление масла в системе. Когда частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается, соответственно и увеличивается скорость подачи насоса [1-3]. В ходе исследования определим, степень падения давления масла с учетом механических потерь.

Для получения результата характеристик и анализа рабочих параметров была собрана лабораторная установка на базе модернизированного учебного стенда для обкатки двигателей КИ-5543 в паре с инжекторным двигателем ВАЗ 2108 (рис. 2). Она представляет собой панель управления на лицевой стороне которой расположен пульт управления установкой с внедренными в него указателями температуры ОЖ, аналоговым указателем давления масла, амперметром, вольтметром. Так же на пульте управления расположены тумблеры отвечающие за включение/выключение зажигания и запуск установки. На корпусе пульта установлены цифровые указатели показания давления масла [4-6]. Для сравнения характеристик в систему были внедрены датчики давления масла до входа в масляный фильтр и после масляного фильтра. Сзади панели

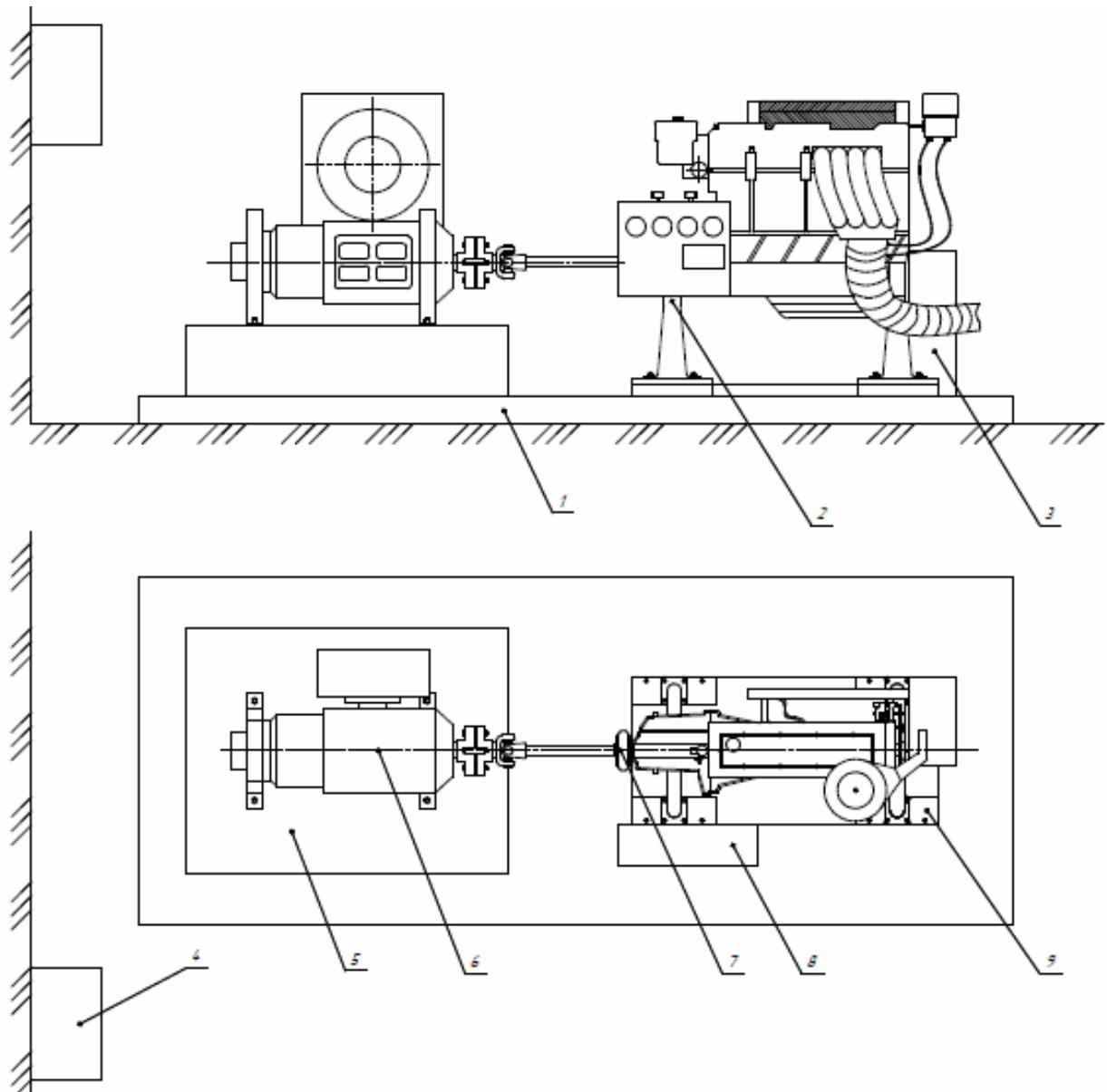
располагаются электронный блок управления двигателем. Работа двигателя полностью имитирует работу ДВС на реальном автомобиле. Лабораторная установка имеет диагностическое оборудование для измерения следующих показателей:

- частоты вращения коленчатого вала;
- температуры охлаждающей жидкости;
- часового расхода топлива;
- массового расхода воздуха;
- угол открытия дросельной заслонки.



Рис. 2. Лабораторная установка общий вид установки спереди [8]

К двигателю через КПП присоединен стенд для обкатки двигателей, тормозной. Стенд КИ-5543-ГосНИТИ используется для обкатки автомобильных двигателей (рис. 3). В состав стенда входят: привод-тормоз с трехфазной балансирной ЭМ и динамометром для измерения крутящего момента, жидкостной реостат для управления ЭМ, шкаф электрический и управления, две литые плиты с пазами под болты крепления стоек для установки любого двигателя, вал карданный соединения двигателя с валом ЭМ, устройство измерения расхода топлива. Стенд позволяет плавно трогать и регулировать обороты двигателя при холодной обкатке от 650 до 1450об/мин и тормозную мощность при горячей обкатке при оборотах 1650 до 3000об/мин. При холодной обкатке ЭМ работает в режиме двигателя (55кВт), горячей – в режиме генератора (125кВт/170л.с.) с рекуперацией э-энергии в сеть. При обкатке контролируются: момент сопротивления прокручиванию двигателя при холодной обкатке, момент торможения при горячей, частота оборотов двигателя, давление масла, температура ОЖ.



1 - основание фундамента станда, 2 - опора станда, 3 - бак топливный, 4 - электрический шкаф, 5 - основание фундамента нагрузочного генератора, 6 - нагрузочный генератор, 7 - муфта, 8 - панель управления стандом, 9 - рама станда

Рис. 3. Схема исследовательского станда

Результаты исследования

Эксперимент проводился для комбинации десяти скоростных режимов работы двигателя (800, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 6000 об / мин) с учетом установки чистого масляного фильтра и замером давления масла в конце масляного тракта [6-8]. Для всех измерений температура масла была постоянной 90°C. Такая температура выбрана с учетом установившегося стабильного режима работы. Однако, чрезмерно высокая температура масла приводит к низкой вязкости масла и, как следствие, к неблагоприятным условиям (в сочетании с низкой частотой вращения двигателя может появиться граничное трение в парах трения) [9,10].

Результаты испытаний представлены на рисунке 4.

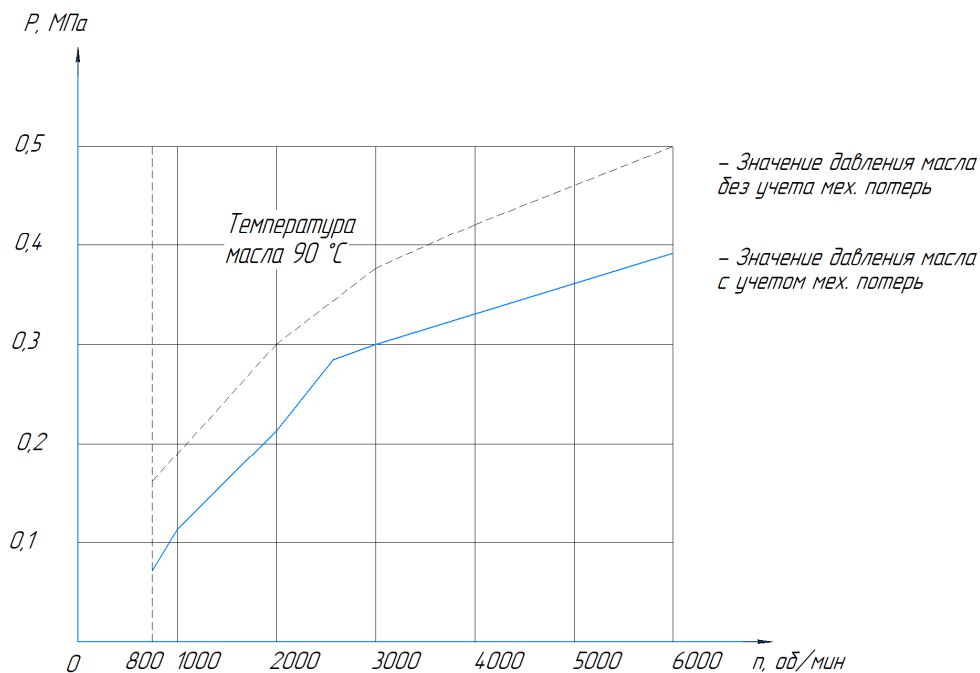


Рис. 4. Влияние механических потерь на давление в системе смазки

Анализ и окончательные выводы

Результаты показывают, что потери на трение кривошипно-шатунного механизма двигателя сгорания напрямую не зависят от давления масла. При заданной частоте вращения двигателя крутящий момент был практически постоянным для всех давлений масла и различий были в диапазоне погрешности измерения. Это явное свидетельство того, что для условий испытаний во всех точках измерения трения было жидкостное трение. Это означает, что не было опасности дополнительного износа элементов кинематических пар из-за низкого уровня масла давление в системе смазки двигателя и направление пониженного давления масла для низких оборотов и низких оборотов двигателя нагрузка кажется правильной. В настоящее время для достижения высокой выходной мощности при низких оборотах двигателя и, следовательно, для улучшения расхода топлива, двигатели проектируют с учетом высокого крутящего момента при низких оборотах двигателя. Это проблема в данный момент мало исследована и является весьма актуальной.

Список литературы

1. Шевцов Ю.Д., Кабанков Ю.А., Федотов Е.С. Определение периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания по значению параметров систем смазки // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2014. № S6. С. 348-353.
2. Шевцов Ю.Д., Кабанков Ю.А., Федотов Е.С., Фурсина А.Б. Предотвращение аварийных ситуаций на ДВС путем управления параметрами его работы // VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос сборник научных статей. КВВАУЛ им. А.К. Серова. 2016. С. 234-237.
3. Шевцов Ю.Д., Федотов Е.С., Поляков П.А., Кроква Д.В. Разработка способа повышения надежности ДВС путем контроля и управления гидравлическими параметрами системы смазки // Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". 2018. С. 728-733.

4. Федотов Е.С., Вольченко Н.А., Шевцов Ю.Д., Поляков П.А., Тагиев Р.С. Влияния различных нагрузочных режимов на стабильность работы системы смазки двигателя // Механика, оборудование, материалы и технологии электронный: сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. С. 764-772.
5. Шевцов Ю.Д., Атрощенко В.А., Дудник Л.Н., Горохов Д.А., Федотов Е.С. Исследование, оценка и выбор параметров технического состояния двигателей при их контроле и прогнозировании // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 104. С. 1057-1076.
6. Атрощенко В.А., Шевцов Ю.Д., Федотов Е.С., Кабанков Ю.А. К вопросу использования динамических характеристик фильтра для диагностики и прогнозирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2015. С. 297-300.
7. Атрощенко В.А., Шевцов Ю.Д., Федотов Е.С., Кабанков Ю.А. К вопросу использования динамических характеристик фильтра для диагностики и прогнозирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2015. С. 297-300.
8. Федотов Е.С., Шевцов Ю.Д., Поляков П.А., Тагиев Р.С., Дзюба Ф.А. Влияние степени загрязнения масляного фильтра на параметры работы системы смазки // Механика, оборудование, материалы и технологии: электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. С. 784-792.
9. Шевцов Ю.Д., Федотов Е.С., Поляков П.А., Воленко А.В. Определение опасных режимов работы силовых агрегатов по параметрам системы смазки // Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". 2018. С. 734-737.
10. Шевцов Ю.Д., Федотов Е.С., Кабанков Ю.А., Савицкий Ю.А. К вопросу использования параметров оценки эффективности работы фильтров для определения периодичности его замены // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2015. С. 300-303.

Сведения об авторах:

Федотов Евгений Сергеевич – старший преподаватель кафедры АиМ, КубГТУ, г.Краснодар;

Шевцов Юрий Дмитриевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры АиМ, КубГТУ, г. Краснодар;

Литвинов Артем Евгеньевич – д.т.н., доцент, профессор кафедры СУиТК, КубГТУ, г. Краснодар;

Голиков Алексей Александрович – ассистент кафедры СУиТК, КубГТУ, г.Краснодар.