

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОГО ОБЪЕМА СМАЗЫВАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА В СИСТЕМЕ СМАЗКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Федотов Е.С., Шевцов Ю.Д., Курашев И.В.

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар

Ключевые слова: энергетическая установка, силовой агрегат, система смазки, давление, аварийные моменты работы, объем масла в системе смазки.

Аннотация. В данной статье описаны проблемы при работе системы смазки и методика контроля и диагностики. Предложенная методика стабилизации давления в системе предусматривает внедрение в систему управления двигателем дополнительную систему контроля и регулирования давления. Данная методика предусматривает повышение давления для снижения аварийных моментов. Повышение давления влечет за собой корректировку требуемого объема масла в системе смазки. Авторами была предложена методика расчета необходимого объема смазки в системе смазки.

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE REQUIRED AMOUNT OF LUBRICANT IN THE LUBRICATION SYSTEM OF POWER PLANTS

Fedotov E.S., Shevtsov Y.D., Kurashev I.V.

Kuban State Technological University, Krasnodar

Keywords: power plant, power unit, lubrication system, pressure, emergency operating moments, oil volume in the lubrication system.

Abstract. This article describes the problems with the operation of the lubrication system and the methods of monitoring and diagnostics. The proposed method of pressure stabilization in the system provides for the introduction of an additional pressure monitoring and regulation system into the engine control system. This technique provides for an increase in pressure to reduce emergency moments. An increase in pressure entails an adjustment of the required volume of oil in the lubrication system. The authors proposed a method for calculating the required amount of lubricant in the lubrication system.

В ранее проведенных исследованиях описанных в материалах [1, 2] было выявлено, что различных эксплуатационных режимах возникают опасные режимы работы. Данные моменты возникают как при нагрузке, так и при нестабильности работы системы смазки. Для характеристики подобных явлений были исследованы основные рабочие параметры системы смазки энергетических установок рассмотренные в материалах [3, 4]. При этом учитывалось, что стабильность давления масла в разных узлах трения различна [5] и поэтому необходимо учитывать необходимость контроля давления с учетом специфики конструктивных особенностей силовых установок. Наиболее важным элементом в конструкции любой системы смазки силовой установки является масляный фильтр. При правильной его работе возможна частичная стабилизация давления [6]. Однако, в зависимости от степени загрязненности данного элемента, возможны различные параметры работы, данные исследования были

рассмотрены в материалах [7, 8]. Проанализировав данные проблемы, были приняты конструктивные решения, связанные с контролем, прогнозированием и управлением работы системы смазки силовых агрегатов [9, 10]. Для данного управления, была разработана методика и схема управления системой смазки силовых агрегатов [11, 12]. В основу предложенного решения легло решение повышения давления для стабилизации давления в аварийные моменты и снижение давления на повышенных оборотах вращения коленчатого вала двигателя. Для подобного способа необходимо увеличение объема смазки в системе в отличие от стандартной системы. Ниже описана методика расчета необходимого объема смазки в системе смазки.

Необходимый объем масла, постоянно циркулирующего в системе смазки, характеризуется числом трущихся пар трения и степенью форсирования двигателя. Циркуляция масла должна обеспечивать должный отвод тепла от трущихся деталей и продуктов износа. Запас объема в системе должен компенсировать утечки в системе и расход масла на угар в установленные межсервисные интервалы.

Емкость системы смазки напрямую зависит от типа и назначения силовой установки и может быть рассчитана по эмпирической зависимости

$$V_M = \frac{k_n V_u}{k_k}, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент запаса производительности масляного насоса (для современных двигателей $k_n = 1,5 \div 2$);

V_u – циркуляционный расход масла, л/ч;

k_k – коэффициент, характеризующий условную кратность обмена масла в системе (для современных двигателей $k_k = 3 \div 3,2$).

Циркуляционный расход масла можно рассчитать по следующему выражению:

$$V_u = \frac{Q_M}{\gamma_m c_m \Delta t}, \quad (2)$$

где Q_M – количество теплоты, отводимое маслом в номинальном режиме работы двигателя, ккал/ч;

γ_m – удельный вес масла, г/см³,

c_m – теплоемкость масла, $c_m = 0,45 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ град,

Δt – температура прогрева масла в двигателе, °С.

Обычно для современных двигателей

$$Q_M = (0,015 \div 0,025) Q_T, \text{ ккал/ч}, \quad (3)$$

где Q_T – количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, ккал/ч.

Величину Q_M можно также вычислить по эмпирическим зависимостям:

$$Q_M = (20 \div 50) N_g, \text{ ккал/ч}, \quad (4)$$

а для двигателей с масляной системой охлаждения поршней

$$Q_M = (100 \div 110) N_g, \text{ ккал/ч}. \quad (5)$$

Таким образом, ориентировочный объем масла в системе смазки можно определить, пользуясь статическими данными по удельной емкости $v_{y\partial}$.

$$V_m = v_{y\partial} N_{\partial}, \text{ л.} \quad (6)$$

По данной методике можно вычислить необходимое количество масла в системе смазки современных энергетических установок. Данная методика может пригодиться для расчета производительности масляного насоса для системы смазки.

Список литературы

1. Федотов Е.С. Влияние давления масла в системе смазки двигателя на потери на трение / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, А.Е. Литвинов, А.А. Голиков // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2020. – № 5. – С. 100-105.
2. Шевцов Ю.Д. Определение опасных режимов работы силовых агрегатов по параметрам системы смазки / Ю.Д. Шевцов, Е.С. Федотов, П.А. Поляков, А.В. Воленко // Механика, оборудование, материалы и технологии: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет", Краснодар, 29-30 марта 2018 года. – Краснодар: ООО «Принт Терра», 2018. – С. 734-737.
3. Федотов Е.С. Исследование гидравлических сопротивлений масляных фильтров // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2021. – № 12. – С. 55-61.
4. Федотов Е.С. Исследование эксплуатационных параметров системы смазки ДВС // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2021. – № 12. – С. 62-71.
5. Федотов Е.С. Оценка эффективности работы системы смазки в различных узлах трения // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции, Краснодар, 29-30 октября 2020 года. – Краснодар: ООО «Принт Терра», 2020. – С. 1210-1216.
6. Федотов Е.С. Влияние степени загрязнения масляного фильтра на параметры работы системы смазки / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, П.А. Поляков и др. // Механика, оборудование, материалы и технологии: электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, Краснодар, 29-30 октября 2019 года. – Краснодар: ООО «Принт Терра», 2019. – С. 784-792.
7. Шевцов Ю.Д. Исследование, оценка и выбор параметров технического состояния двигателей при их контроле и прогнозировании / Ю.Д. Шевцов, В.А. Атрощенко, Л.Н. Дудник и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 1057-1076.
8. Шевцов Ю.Д. Определение периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания по значению параметров систем смазки / Ю.Д. Шевцов, Ю.А. Кабанков, Е.С. Федотов // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2014. – № S6. – С. 348-353.
9. Шевцов Ю.Д. Разработка способа повышения надежности ДВС путем контроля и управления гидравлическими параметрами системы смазки / Ю.Д. Шевцов, Е.С. Федотов, П.А. Поляков, Д.В. Кроква // Механика, оборудование, материалы и технологии: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет", Краснодар, 29-30 марта 2018 года. – Краснодар: ООО «Принт Терра», 2018. – С. 728-733.
10. Шевцов Ю.Д. Предотвращение аварийных ситуаций на ДВС путем управления параметрами его работы / Ю.Д. Шевцов, Ю.А. Кабанков, Е.С. Федотов, А.Б. Фурсина // VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: сборник научных статей, Краснодар, 14-15

- апреля 2016 года / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар: ООО "Издательский Дом - Юг", 2016. – С. 234-237.
11. Федотов Е.С. Способ повышения надежности и ресурса ДВС / Е.С. Федотов, П.А. Поляков, Ю.Д. Шевцов, Р.С. Тагиев // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Краснодар, 18-19 декабря 2019 года / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар: ООО "Издательский Дом - Юг", 2020. – С. 497-501.
 12. Федотов Е.С. Структурная схема управления системой смазки ДВС / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, П.А. Поляков, М.В. Стародуб // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2021. – № 10. – С. 27-32.

Сведения об авторах:

Федотов Евгений Сергеевич – старший преподаватель кафедры ТПиТК;

Шевцов Юрий Дмитриевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры ТПиТК;

Курашев Идар Вадимович – студент.