

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАСЛЯНОГО НАСОСА 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, масляный насос.

Аннотация. В данной работе представлена методика расчета производительности проектируемого масляного насоса при модернизации системы смазки во избежание возникновения аварийных моментов. Данная модернизация необходима для повышения ресурсоёмкости силовых агрегатов и отдаления момента наступления предельного состояния.

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE PERFORMANCE OF AN OIL PUMP IN THE LUBRICATION SYSTEM OF POWER PLANTS

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

Kuban State Technological University, Krasnodar

Keywords: power plant, power unit, lubrication system, pressure, emergency operating moments, oil pump.

Abstract. This paper presents a method for calculating the performance of the designed oil pump during the modernization of the lubrication system in order to avoid the occurrence of emergency moments. This modernization is necessary to increase the resource intensity of power units and delay the moment of the onset of the limit state.

При эксплуатации силовых установок нередко возникают аварийные моменты работы. Подобным моментом может служить падение давления в системе смазки на определенных режимах работы. В ранее проведенных исследованиях [1, 2] было выявлено, что наиболее опасные режимы являются работа под нагрузкой на низких оборотах и при знакопеременных нагрузках [3, 4]. Эти проблемы, как правило, вызваны потерей давления масла при прохождении через масляный фильтр, который в свою очередь служит гидравлическим сопротивлением в системе смазки ДВС [5]. Данную проблему можно решить путем повышения давления создаваемого масляным насосом [6-8]. В этом случае определенный процент снижения давления будет неизменным, но повышение давление до фильтра приведет к неизбежности повышения давления и в масляной магистрали и после фильтра. Однако, при повышении давления в системе смазки возникает другая проблема, а именно повышения давления в системе смазки на повышенных оборотах коленчатого вала двигателя. Данная проблема может привести к возникновению выдавливания уплотнительных элементов системы. Поэтому данный вопрос нужно решать параллельно с поставкой первостепенной задачи. Данная методика регулирования была рассмотрена в работах [10, 11].

Для повышения давления в системе смазки, необходимо изменить характеристики работы масляного насоса, а именно изменение его

производительности. Один из вариантов расчета производительности масляного насоса шестеренчатого типа был рассмотрен в работе [11]. Ниже описан иной способ расчета производительности масляных насосов применяемых на современных силовых установках.

Производительность любого масляного насоса должна обеспечивать циркуляцию масла в системе смазки, иметь запас на случай механического износа шестерен, увеличения зазоров в подшипниках и парах трения или работе на масле низкой вязкости.

Так для силовых установок действительная производительность насоса можно рассчитать по формуле

$$V_D = (2,0 \div 3,5)V_{Ц}, \text{ л/ч.} \quad (1)$$

Расчетная производительность насоса при любых расчетах должна превышать действительную:

$$V_H = \frac{V_D}{k_n}, \text{ л/ч,} \quad (2)$$

где k_n – коэффициент подачи насоса, равный 0,7-0,82.

Число оборотов шестерен насоса определяется по формуле

$$n_n = i n_N, \quad (3)$$

где i – передаточное отношение привода, равное 0,5-1,5.

При выборе n_n следует учитывать тот факт, что его чрезмерное увеличение приводит к падению коэффициента подачи насоса. Большие значение i принимаются для случая привода насоса от коленчатого вала двигателя.

Наружный диаметр шестерни насоса можно рассчитать по допустимой окружной скорости $v_o = 6 \div 8$ м/с

$$d_0 = \frac{60000v_0}{\pi n_n}. \quad (4)$$

Рассчитав значение d_0 и выбрав модуль m , можно вычислить число зубьев z шестерни

$$z = \frac{d_0 - 2m}{m}, \quad (5)$$

где m – модуль зубьев (для ДВС $m = 2 \div 4$ мм).

Число зубьев ведущей и ведомой шестерен как правило принимают одинаковыми в пределах $z = 7 \div 15$.

Необходимую ширину зубьев рассчитывают по уравнению

$$b = \frac{V_H}{2\pi \cdot m^2 \cdot z \cdot n_n \cdot 60 \cdot 10^{-6}}, \text{ мм.} \quad (6)$$

В процессе расчета, подбирают геометрические размеры шестерен таким образом, чтобы насос имел бы наименьшие геометрические размеры и минимальный вес самого узла, при обеспечении требуемой производительности.

Мощность, затрачиваемую на привод масляного насоса, можно рассчитать по формуле

$$N_n = \frac{1}{\eta_m} V_H (p_{вых} - p_{ex}) \frac{1}{27000}, \text{ л.с.,} \quad (7)$$

где η_m – механический КПД насоса, с учетом потерь мощности на преодоление трения и гидравлических сопротивлений; $\eta_m = 0,85 \div 0,9$;

$(p_{вых} - p_{вх})$ – перепад давления масла, кГ/см^2 .

Сечение входного и выходного трубопроводов насоса подбирают такими, чтобы скорость масла была равна для входного трубопровода 0,3-0,6 м/сек, для выходного трубопровода 0,7-1,5 м/сек.

Расчетная же скорость в сечении основных масляных магистралей принимается не более 1-1,25 м/сек.

Представленная данная методика может быть полезной при расчете геометрических параметров модернизируемого масляного насоса, с учетом необходимости повышения производительности во избежание возникновения аварийных моментов.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Яицков И.А. Методика определения гидравлических сопротивлений фильтрующих элементов систем смазки ДВС / И.А. Яицков, Е.С. Федотов, М.В. Стародуб // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: Сборник статей XV Международной научно-практической конференции, Пенза, 15-16 ноября 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 87-92.
6. 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: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2016. – С. 234-237.
7. Федотов Е.С. Повышение эффективности масляного насоса в аварийные моменты работы / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, А.Е. Литвинов, В. Соболев // 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. 1256-1264.
8. Федотов Е.С. К вопросу о повышении эффективности масляного насоса ДВС в аварийные моменты работы / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, А.Е. Литвинов, В. Соболев // 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. 1243-1255.
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, 29–0 марта 2018 года. – Краснодар: ООО «Принт Терра», 2018. – С. 728-733.
 10. Федотов Е.С. Метод снижения высокого давления в системе смазки на повышенных оборотах ДВС и стабилизация давления в аварийных режимах работы / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов // 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. 1236-1242.
 11. Федотов Е.С. Математическая модель расчета производительности масляного насоса шестеренчатого типа / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, М.В. Стародуб, Д.А. Лавров // Механика, оборудование, материалы и технологии: 4 Международная научно-практическая конференция, Краснодар, 25-26 ноября 2021 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Принт Терра", 2021. – С. 682-691.

Сведения об авторах:

Федотов Евгений Сергеевич – старший преподаватель кафедры ТПиТК;

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

Курашев Идар Вадимович – студент.