

Цикл практических занятий

1. Расчет элементов смазочной системы

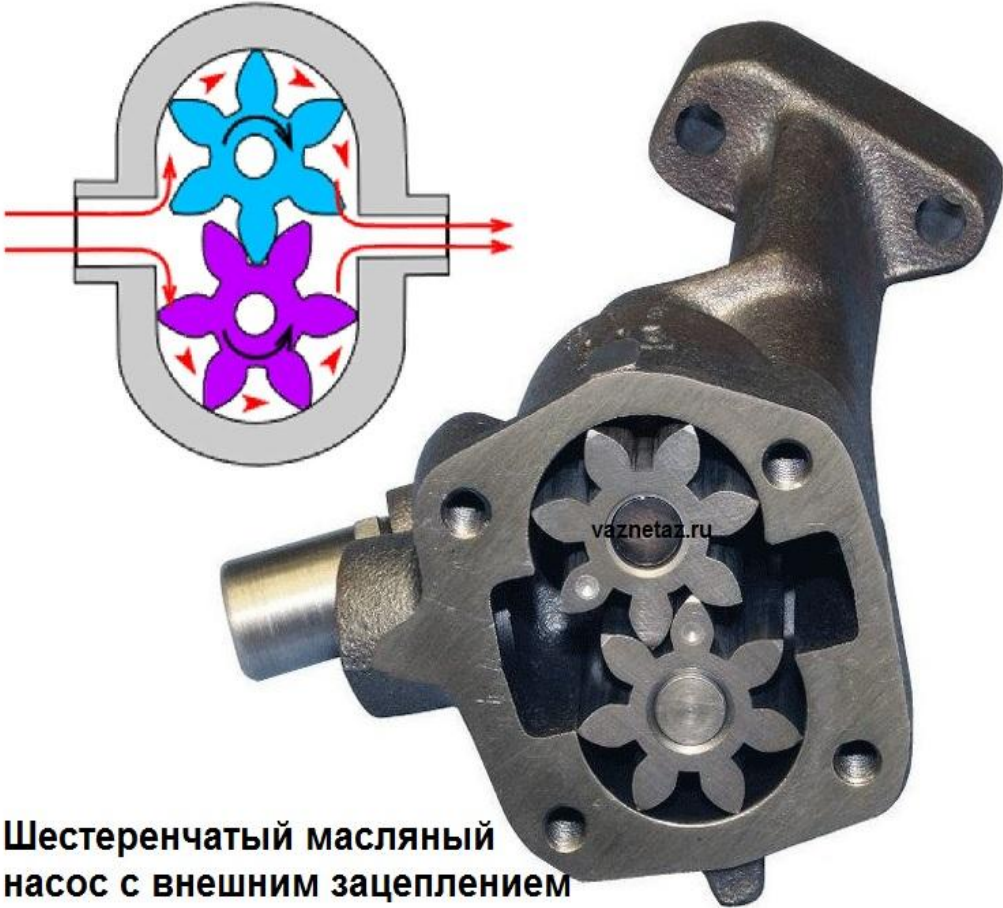
Расчетное задание №1
Расчет масляного насоса

Вводная информация

Система смазки обеспечивает снижение потерь полезной работы энергетической установки на трение сопрягающихся деталей, удаление продуктов износа и частичное охлаждение омываемых деталей. Широкое применение получили комбинированные системы смазки, при работе которых одновременно реализуется несколько режимов смазки: под давлением, разбрызгиванием, самотеком, масляным туманом. Наиболее эффективным режимом является смазывание под давлением. Подача смазочного материала к наиболее ответственным трущимся деталям осуществляется именно в этом режиме.

Давление масла в системе обеспечивается масляным насосом. По конструктивному исполнению различают шестеренчатые и винтовые масляные насосы. Наиболее широкое практическое применение получили шестеренчатые насосы, так как отличаются конструктивной простотой и надежностью.

Самый простой шестеренный масляный насос (с наружным шестеренным зацеплением) представляет собой две, находящиеся в зацеплении шестерни с удлиненными зубьями, установленные в рабочей камере. Одна из шестерен соединена с приводным валом насоса, то есть является ведущей, вторая ведомая, вращается только благодаря зацеплению с первой. Моторное масло подхватывается шестернями при их вращении и переносится на противоположную сторону, в масляные каналы.



Шестеренчатый масляный насос с внешним зацеплением

Порядок расчета

Расчет масляного насоса заключается в определении размеров его шестерен. Этому расчету предшествует определение циркуляционного расхода масла в системе.

Циркуляционный расход $V_{\text{ц}}$ масла зависит от количества отводимой им от двигателя теплоты $Q_{\text{м}}$. В соответствии с данными теплового баланса величина $Q_{\text{м}}$ (кДж/с) для современных автомобильных и тракторных двигателей составляет 1,5 — 3,0% от общего количества теплоты, введенной в двигатель с топливом:

$$Q_{\text{м}} = (0,015 - 0,030)Q_0. \quad (1)$$

Количество теплоты, выделяемой топливом в течение 1 с:

$$Q_0 = H_u G_T / 3600,$$

где H_u выражено в кДж/кг; G_T — в кг/ч.

Циркуляционный расход масла ($\text{м}^3/\text{с}$) при заданной величине Q_M

$$V_{\text{ц}} = Q_M / (\rho_M c_M \Delta T_M), \quad (2)$$

где ρ_M — плотность масла. В расчетах принимают $\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3$; $c_M = 2,094$ — средняя теплоемкость масла, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $\Delta T_M = 10$ — 15 — температура нагрева масла в двигателе, К .

Для стабилизации давления масла в системе двигателя циркуляционный расход масла обычно увеличивается в 2 раза:

$$V' = 2V_{\text{ц}}. \quad (3)$$

В связи с утечками масла через торцовые и радиальные зазоры насоса расчетную производительность его ($\text{м}^3/\text{с}$) определяют с учетом объемного коэффициента подачи $\eta_{\text{в}}$:

$$V_{\text{р}} = V' / \eta_{\text{в}}. \quad (4)$$

Величина η_n изменяется в пределах 0,6 — 0,8.

При расчете насоса принимают, что объем зуба шестерни (м^3) равен объему впадины между зубьями:

$$V = \pi D_0 h b, \quad (5)$$

где D_0 — диаметр начальной окружности шестерни, м; h — высота зуба, м; b — длина зуба, м.

Расчетная производительность насоса

$$V_p = \pi D_0 h b n_n / 60, \quad (6)$$

где n_n — частота вращения шестерни, мин^{-1} .

При высоте зуба, равной двум модулям ($h = 2m$), и $D_0 = zm$

$$V_p = 2\pi z m^2 b n_n / 60, \quad (7)$$

где $z = 6 — 12$ — число зубьев шестерни в выполненных конструкциях; $m = 3 — 6$ мм — модуль зацепления.

Величина

$$n_{\text{н}} = u_{\text{н}} 60 / (\pi D), \quad (8)$$

где $u_{\text{н}}$ — окружная скорость вращения шестерни на внешнем диаметре, м/с; $D = m(z + 2)$ — диаметр внешней окружности шестерни, м.

Окружная скорость вращения шестерни на внешнем диаметре не должна превышать 8 — 10 м/с. При больших значениях скорости коэффициент подачи насоса значительно уменьшается.

Задавшись значениями m , z и $u_{\text{н}}$, из уравнения (7) определяют длину зуба (м)

$$b = 60 V_{\text{н}} / (2\pi m^3 z n_{\text{н}}). \quad (9)$$

Мощность (кВт), затрачиваемая на привод масляного насоса:

$$N_{\text{н}} = V_{\text{р}} p / (\eta_{\text{м.н}} \cdot 10^3), \quad (10)$$

где $V_{\text{р}}$ — расчетная производительность масляного насоса, м³/с; p — рабочее давление масла в системе (в карбюраторных двигателях $p = 0,3$ — $0,5$ МПа; в дизелях $p = 0,3$ — $0,7$ МПа); $\eta_{\text{м.н}} = 0,85$ — $0,90$ — механический КПД масляного насоса.

Примеры расчета

Основные размеры шестерен масляного насоса бензинового двигателя

Общее количество теплоты, выделяемое топливом в течение 1с, определяется по справочным данным (из результатов теплового расчета ДВС) $Q_0 = 221,92$ кДж/с.

Количество теплоты, отводимой маслом от двигателя:

$$Q_M = 0,021 Q_0 = 0,021 \cdot 221,92 = 4,67 \text{ кДж/с.}$$

Теплоемкость масла $c_M = 2,094$ кДж/(кг · К).

Плотность масла $\rho_M = 900$ кг/м³.

Температура нагрева масла в двигателе $\Delta T_M = 10$ К.

Циркуляционный расход масла

$$V_{ц} = Q_M / (\rho_M c_M \Delta T_M) = 4,67 / (900 \cdot 2,094 \cdot 10) = 0,000248 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Циркуляционный расход с учетом стабилизации давления масла в системе

$$V' = 2V_{ц} = 2 \cdot 0,000248 = 0,000496 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Объемный коэффициент подачи $\eta_H = 0,7$.

Расчетная производительность насоса

$$V_p = V' / \eta_H = 0,000496 / 0,7 = 0,00071 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Модуль зацепления зуба $m = 4,5 \text{ мм} = 0,0045 \text{ м}$.

Высота зуба $h = 2m = 2 \cdot 4,5 = 9,0 \text{ мм} = 0,009 \text{ м}$.

Число зубьев шестерен $z = 7$.

Диаметр начальной окружности шестерни

$$D_0 = zm = 7 \cdot 4,5 = 31,5 \text{ мм} = 0,0315 \text{ м}.$$

Диаметр внешней окружности шестерни

$$D = m(z + 2) = 4,5(7 + 2) = 40,5 \text{ мм} = 0,0405 \text{ м}.$$

Окружная скорость на внешнем диаметре шестерни $u_H = 6,36 \text{ м/с}$.

Частота вращения шестерни (насоса)

$$n_H = u_H \cdot 60 / (\pi D) = 6,36 \cdot 60 / (3,14 \cdot 0,0405) = 3000 \text{ мин}^{-1}.$$

Длина зуба шестерни

$$b = \frac{60 \cdot V_p}{2\pi m^2 z n_n} = \frac{60 \cdot 0,00071}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0045^2 \cdot 7 \cdot 3000} = 0,016 \text{ м.}$$

Рабочее давление масла в системе $p = 40 \cdot 10^4$ Па.

Механический КПД масляного насоса $\eta_{м.н} = 0,87$.

Мощность, затрачиваемая на привод масляного насоса:

$$N_n = V_p p / (\eta_{м.н} \cdot 10^3) = 0,00071 \cdot 40 \cdot 10^4 / (0,87 \cdot 10^3) = 0,326 \text{ кВт.}$$

Основные размеры шестерен масляного насоса дизельного двигателя

Общее количество теплоты, выделяемое топливом в течение 1с, определяется по справочным данным (из результатов теплового расчета ДВС) $Q_0 = 604,3$ кДж/с.

Количество теплоты, отводимое маслом от двигателя:

$$Q_M = 0,026Q_0 = 0,026 \cdot 604,3 = 15,7 \text{ кДж/с.}$$

Теплоемкость масла $c_M = 2,094$ кДж/(кг · К).

Плотность масла $\rho_M = 900$ кг/м³.

Температура нагрева масла в двигателе $\Delta T_M = 10$ К.

Циркуляционный расход масла

$$V_{ц} = Q_M / (\rho_M c_M \Delta T_M) = 15,7 / (900 \cdot 2,094 \cdot 10) = 0,000833 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Циркуляционный расход с учетом стабилизации давления масла в системе

$$V' = 2V_{ц} = 2 \cdot 0,000833 = 0,001666 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Объемный коэффициент подачи $\eta_H = 0,8$.

Расчетная производительность насоса

$$V_p = V' / \eta_H = 0,001666 / 0,8 = 0,00208 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Модуль зацепления зуба $m = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$.

Высота зуба $h = 2m = 2 \cdot 5 = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$.

Число зубьев шестерни $z = 8$.

Диаметр начальной окружности шестерни

$$D_0 = zm = 8 \cdot 5 = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}.$$

Диаметр внешней окружности шестерни

$$D = m(z + 2) = 5(8 + 2) = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}.$$

Окружная скорость на внешнем диаметре шестерни $u_n = 8 \text{ м/с}$.

Частота вращения шестерни (насоса)

$$n_n = u_n 60 / (\pi D) = 8 \cdot 60 / (3,14 \cdot 0,05) = 3060 \text{ мин}^{-1}.$$

Длина зуба шестерни

$$b = \frac{60 V_p}{2\pi m^2 z n_n} = \frac{60 \cdot 0,00208}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 8 \cdot 3060} = 0,026 \text{ м}.$$

Рабочее давление масла в системе $p = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Механический КПД масляного насоса $\eta_{м.н} = 0,89$.

Мощность, затрачиваемая на привод масляного насоса:

$$N_n = V_p p / (\eta_{м.н} \cdot 10^3) = 0,00208 \cdot 5 \cdot 10^5 / (0,89 \cdot 10^3) = 1,17 \text{ кВт}.$$

ПАМЯТКА

Перед началом выполнения расчетного задания рекомендуется:

- повторить материал соответствующего раздела данной дисциплины, посвященного маслам моторным;
- самостоятельно изучить (повторить) общее устройство и порядок работы шестеренного масляного насоса;
- повторить (изучить) общее устройство зубчатых передач и основные параметры зубчатых колес;
- выбрать индивидуальное задание в соответствии с документом «Задания к расчету...»;
- результаты расчета оформить в соответствии с «СТО 4.2–07–2014 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» как Отчет по практической работе, с титульным листом по образцу, представленному в Приложении М.

В шапке титульного листа исключить слово «...профессионального...».