**Розрахунок системи охолодження**

Охолодження двигуна застосовується з метою примусового відводу тепла від нагрітих деталей для забезпечення оптимального теплового стану двигуна і його нормальної роботи. Велика частина тепла, що відводиться, сприймається системою охолодження, менша — системою змащення і безпосередньо навколишнім середовищем.

В автомобільних двигунах застосовують системи двох типів: рідинну і повітряну. Кожна з зазначених систем має свої переваги і недоліки.

Конструктивні елементи системи охолодження розраховують виходячи з кількості тепла, що відводиться від двигуна в одиницю часу. У розрахунках цю величину, *Дж/с,* рекомендується визначати по залежності:

для карбюраторних двигунів

, (2.18)

для дизелів

 (2.19)

де С– коефіцієнт пропорційності (для чотиритактних двигунів С*=0.45÷0.53*);

*т* – показник ступеня (для чотиритактних двигунів *т=0.6÷0.7*).

*n* – частота обертання колінчастого вала двигуна, *хв-1*;

*i* – число циліндрів;

*D* – діаметр циліндра, *см;*

*α -* коефіцієнт надлишку повітря;

*H* – нижча теплота згоряння палива, *кДж/кг*;

*H*′ - нижча теплота згоряння палива з урахуванням хімічної

неповноти згоряння, *кДж/кг*.

Значення *α, H* і *H′* визначають за даними теплового розрахунку.

3.1 Розрахунок рідинної системи охолодження

3.1.1 Розрахунок рідинного насоса

Одним з основних елементів рідинної системи охолодження є водяний насос, що служить для забезпечення безупинної циркуляції рідини в системі. В автомобільних і тракторних двигунах найбільше застосування одержали відцентрові насоси з однобічним підведенням рідини.

Розрахункова продуктивність насоса, *м3/с,* визначається з урахуванням витоків рідини з нагнітальної порожнини в усмоктувальну

 (3.1)

де *η = 0.8…0.9* [6] — коефіцієнт подачі насоса.

Циркуляційна витрата води, *м3/с,* в системі охолодження

 (3.2)

де – *сж = 4187* - середня теплоємність води, *Дж/(кг⋅К)*;

*ρж = 1000* - середня густина води, *кг/м3*;

*ΔΤж*— температурний перепад води в радіаторі при примусовій циркуляції, рівний 6…*12 К* [6].

Потужність, *кВт,* споживана водяним насосом

 (3.3)

де *ηм = 0.7…0.8* [6] — механічний ККД рідинного насоса;

*рж = 10⋅104* *Па* [6] – напір, створюваний насосом.

Величина *Nвн* складає 0.5…1.0 % [6] від номінальної потужності двигуна.

3.1.2 Розрахунок радіатора

Радіатор являє собою теплообмінний апарат для повітряного охолодження води, що надходить від нагрітих деталей двигуна. Розрахунок полягає у визначенні поверхні охолодження, необхідної для передачі тепла від води навколишньому повітрю.

Поверхня охолодження радіатора, *м2*

 (3.4)

де*Qж* – кількість теплоти відведеної від двигуна і переданої охолодному повітрю,  *Дж/с;*

*К –* коефіцієнт теплопередачі радіатора, *Вт/(м2⋅К)*;

*Тср.вод* – середня температура охолодної рідини в радіаторі, *К*;

*Тср.возд.* – середня температура охолодного повітря, що проходить через радіатор, *К*.

У радіаторі теплота передаються від охолодної рідини до охолодного повітря, тобто *Qвозд = Qж*.

Через труднощі аналітичного визначення величини   
*К* [*Вт/(м2⋅К)*] його значення звичайно приймають за дослідними даними:

|  |  |
| --- | --- |
| Для легкових автомобілів | 140÷180 |
| Для вантажних автомобілів і тракторів | 80÷100 |

Середня температура води, *К*, в радіаторі

 (3.5)

де *Твод.вх = 353…368 К* [3] — температура води перед

радіатором, що характеризує температурний режим системи рідинного охолодження;

*ΔΤвод = ΔΤж = 6…12 К*  [3] — температурний перепад води в радіаторі.

Для автомобільних і тракторних двигунів *Τпорівн.вод=358…365 К* [3]*.*

Середня температура охолодного повітря, *К*, що проходить через радіатор

 (3.6)

де *Твозд.вх = 313 К* — розрахункова температура повітря перед радіатором.

*ΔΤвозд = 20…30 К* — температурний перепад повітря в решітці радіатора.

Для автомобільних і тракторних двигунів *Τпорівн.возд=323…328 К* [4]*.*

Кількість повітря, *кг/с*, що проходить через радіатор

 (3.7)

де **** *свозд = 1000 Дж/(кг⋅К)* [4] – середня теплоємність повітря.

Об'ємна витрата води, що проходить через радіатор   
*Gж*, *м3/c*, приймається за даними розрахунку водяного насоса.

Масова витрата води, *кг/с*, що проходить через радіатор

*G’ж = Gж ⋅ ρж ,*  (3.8)

де *ρж = 1000 кг/м3* [4] – середня густина води.

3.1.3 Розрахунок вентилятора

Вентилятор служить для створення спрямованого потоку, що забезпечує відвід теплоти від радіатора.

Розрахунок вентилятора зводиться до визначення його основних параметрів: діаметра лопаток, частоти обертання, потужності, затрачуваної на його привід.

Продуктивність вентилятора, *м3/с*

 (3.9)

де *ρвозд* *-* густина повітря при середній його температурі в радіаторі, *кг/м3*. Визначається за формулою

 (3.10)

Для підбора параметрів вентилятора крім його продуктивності необхідно знати аеродинамічний опір повітряної мережі. Для автомобільних і тракторних двигунів опір повітряного тракту звичайно приймають в межах *Δртр = 600…1000 Па* [4].

По заданій продуктивності вентилятора і величині *Δртр* знаходять споживану вентилятором потужність і його основні розміри.

Потужність, *кВт*, затрачувана на привід вентилятора

 (3.11)

де *ηу –* ККД вентилятора (для осьових клепаних вентиляторів *ηу=0.32…0.40*, а для литва – *ηу=0.55…0.65*) [4].

Звичайно величина *Nвент* складає *≈ 7…14 %* від *Ne* [4].

Фронтальна

поверхня радіатора, *м2*

 (3.12)

де *ωвозд = 6…24 м/c* [4] — швидкість повітря перед фронтом радіатора без урахування швидкості руху автомобіля чи трактора.

Діаметр вентилятора, *м*

 (3.13)

Частоту обертання вентилятора приймають, виходячи з граничного значення колової швидкості *u=70…100 м/с* [4].

Колова швидкість вентилятора, *м/с*, залежить від напору вентилятора і його конструкції

 (3.14)

де *ψл* – коефіцієнт, що залежить від форми лопаток (для плоских лопаток *ψл* =2.8…3.5, для криволінійних *ψл* =2.2…2.9) [4].

Частота обертання вентилятора, *хв-1,*  при відомій колової швидкості

 (3.15)

3.2 Розрахунок повітряної системи охолодження

Для двигунів з повітряною системою охолодження розрахунок системи зводиться до визначення площ поверхонь охолодження ребер циліндра і голівки двигуна.

Поверхня охолодження ребер циліндра, *м2*

 (3.16)

де *Qц* – кількість тепла, що відводиться повітрям від циліндра двигуна. Приймається в межах (*0.55…0.60*) *⋅Qо*, *Дж/с* [5];

*Тсрв* – середня температура, *К*, повітря в міжреберному просторі циліндра

 (3.17)

*Тввх=293 К* [5] – температура повітря на вході в міжреберний простір;

*Тввых=353…373 К* [5] – температура повітря на виході з міжреберного простору.

*Тцил.про* – середня температура повітря в основі ребер циліндра, *К.*

За дослідними даними середня температура повітря в основі ребер циліндра, *К*:

|  |  |
| --- | --- |
| З алюмінієвих сплавів | 403…423 |
| З чавуна | 403…453 |

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні циліндра, *Вт/(м2⋅К)*

 (3.18)

де *Тсрц* – середнє арифметичне температур, *К,* ребра і повітря, що обдуває

 (3.19)

*wв* – швидкість повітря в міжреберному просторі циліндра і його голівки. Приймається рівної 20…50 *м/с* при *D* = 75÷125 *мм* і 50…60 *м/с* при *D* = 125÷155 *мм* [5].

Поверхня охолодження ребер голівки, *м2*

 (3.20)

де *Qгол* – кількість тепла, що відводиться повітрям від голівки циліндра двигуна. Приймається в межах (*0.35…0.45*)*⋅Qц*, *Дж/с* [5];

*Тгол.про* – середня температура повітря в підстави ребер голівки циліндра, *К.*

За дослідними даними середня температура повітря в підстави ребер голівки циліндра, *К*:

|  |  |
| --- | --- |
| З алюмінієвих сплавів | 423…473 |
| З чавуна | 433…503 |

*Тсрв* – середня температура повітря в міжреберному просторі голівки циліндра. Визначається за формулою (3.17);

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні голівки визначається по залежності (3.18).

При розрахунку вентилятора кількість охолодного повітря, що подається вентилятором, варто визначати виходячи із загальної величини теплоти, яка відводиться від двигуна. Тоді діаметр лопаток вентилятора, його частоту обертання і споживану потужність знаходять по формулах, аналогічним для системи з рідинним охолодженням.