

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ
ЗАЗ-1103 «СЛАВУТА» З РОЗРОБКОЮ ПОЛПШЕНОЇ СИСТЕМИ
ОХОЛОДЖЕННЯ**

«Радіатор»

2020

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Фактори, які впливають на роботу системи охолодження двигуна	4
1.1 Сучасні конструкції систем охолодження двигунів	4
1.2 Радіатор, як основний елемент системи охолодження двигуна	8
1.3 Система охолодження двигуна автомобіля ЗАЗ Таврія «Славута»	11
2 Тепломасообмінний розрахунок системи охолодження двигуна	13
2.1 Вихідні дані для розрахунку	13
2.2 Теплообмін в радіаторі в загальному вигляді	14
2.3 Теплообмін в радіаторі при неповній поверхні теплообміну	15
2.4 Теорія подібності та критеріальне рівняння, яке описує тепловіддачу радіатора двигуна	17
2.5 Блок «радіатор-вентилятор»	20
3 Основні зміни в конструкції системи охолодження двигуна автомобіля Таврія «Славута»	22
3.1 Обґрунтування конструкції радіатора	22
3.2 Обґрунтування параметрів конструкції кожуху	22
3.3 Визначення характеристики вентиляторної установки	25
3.4 Вибір параметрів конструкції системи охолодження автомобіля ЗАЗ-110550 Таврія «Славута»	32
Висновок	27
Список використаних джерел	28

ВСТУП

Сучасний автомобільний парк підприємств сільськогосподарського виробництва представлений, загальною частиною, низько бюджетними автомобілями, серед яких найбільшого розповсюдження отримав автомобіль Таврія «Славута».

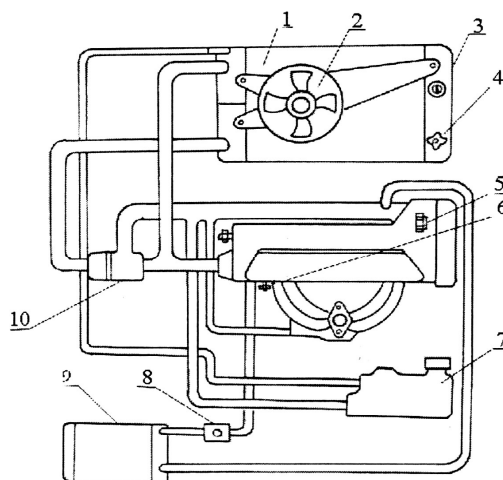
Аналізом існуючих кліматичних факторів встановлено, що за останні кілька років спостерігається збільшення температури навколишнього середовища до 323К. В багатьох районах запиленість в окремі періоди року досягає 100...130 мг/м³ при швидкості вітру більше 8...10 м/с. Враховуючи складні кліматичні умови, до систем охолодження автомобілів пред'являються відповідні вимоги. Досвід експлуатації автомобілів ЗАЗ-110550 (пікап) свідчить про те, що в жаркий період року (травень – вересень) з 11 до 16 годин експлуатація автомобілів неможлива через швидко наступаючий перегрів двигуна, особливо у автомобілів, експлуатованих протягом 5-ти і більше років. На підставі аналізу конструкції системи охолодження автомобіля встановлено, що радіатор трубчасто-пластинчастого типу з алюмінієвих трубок і колективних ребер, встановлений на автомобілі ЗАЗ-110550, не має монолітного з'єднання трубок і ребер. Більш того, в контакті ребер з трубками можлива мікроплівка мастила. Термічний опір теплопередачі в процесі експлуатації може збільшуватися в результаті проникнення в зазори парів мастила, палива і часточок пилу. Досвід експлуатації радіатора в умовах підвищеної запиленості показує, що при кроці розташування пластин 1,6...2 мм (а у радіатора автомобіля ЗАЗ-110550 – 1,6 мм) в просторі між ребрами осідають частинки пилу, які виявляються концентраторами забруднення, підвищують аеродинамічний опір і зменшують теплорозсіюючу здатність поверхні теплообміну.

1 ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА РОБОТУ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА

1.1 Сучасні конструкції систем охолодження двигунів

Відомо, що найбільш ефективно використання енергії палива спостерігається при температурі блоку циліндрів двигуна внутрішнього згоряння в 85...95°C [6]. При зниженні температури збільшується витрата палива та зменшується потужність двигуна, а при її збільшенні – збільшується вигорання мастила, відбувається перегрівання та короблення деталей з можливістю заклинення двигуна.

Все це справедливо як для двигунів вітчизняного, так і закордонного виробництва. Їх системи багато в чому схожі й не мають істотних відмінностей. Як правило, це рідинні системи охолодження закритого типу з примусовою циркуляцією рідини під дією відцентрового насоса. На рис. 1.1 наведена принципова схема системи охолодження двигуна автомобіля.



1 – радіатор; 2 – вентилятор; 3 – датчик включення електродвигуна; 4 – зливна пробка радіатора; 5 – насос; 6 – датчик температури; 7 – розширювальний бачок; 8 – кран опалювача; 9 – опалювач; 10 – термостат

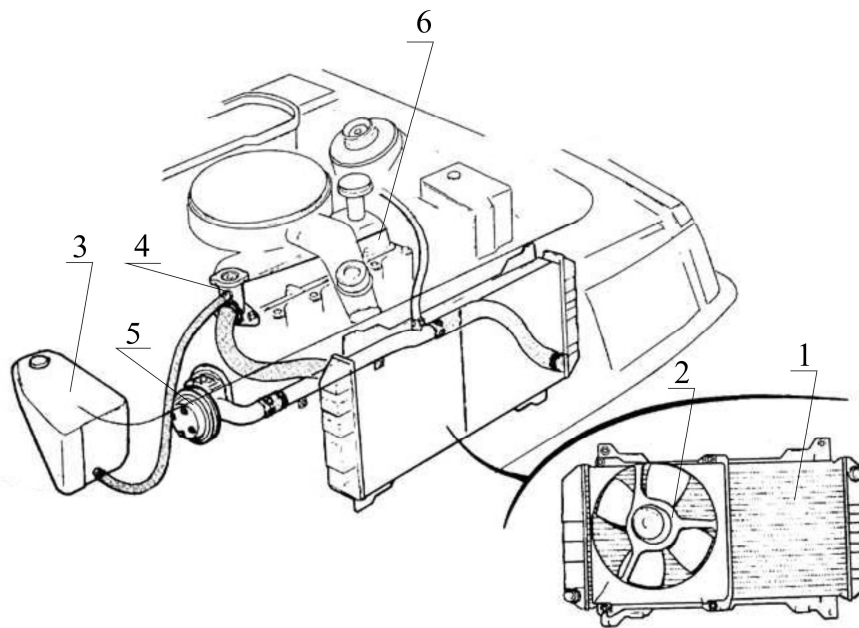
Рис. 1.1 – Схема системи охолодження двигуна

У холодному двигуні рідина циркулює по малому колу (минаючи радіатор 1) для більш швидкого прогріву двигуна. При досягненні

температури 360 ± 2 К відкривається термостат 10, який підключає до системи радіатор 1.

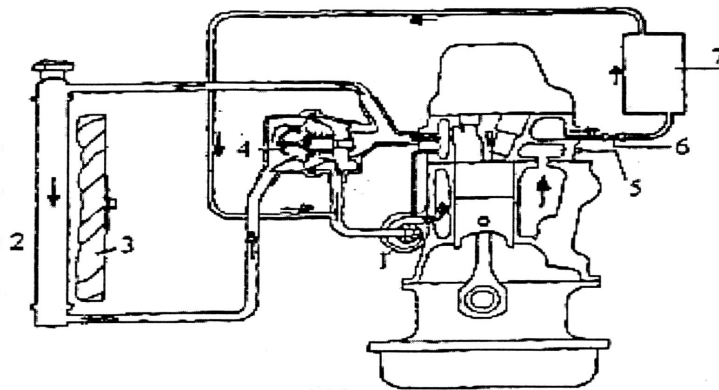
Частина теплоти використовується (при необхідності) для обігріву салону автомобіля. Тому охолоджуюча рідина від двигуна подається в радіатор опалювача 9.

Велике розмаїття схем розташування та компоновки систем охолодження спостерігається не тільки на автомобілях різних фірм, а й для однієї фірми і навіть в рамках однієї моделі автомобіля (рис. 1.2 ... 1.4) при установці двигунів різних типів [3].



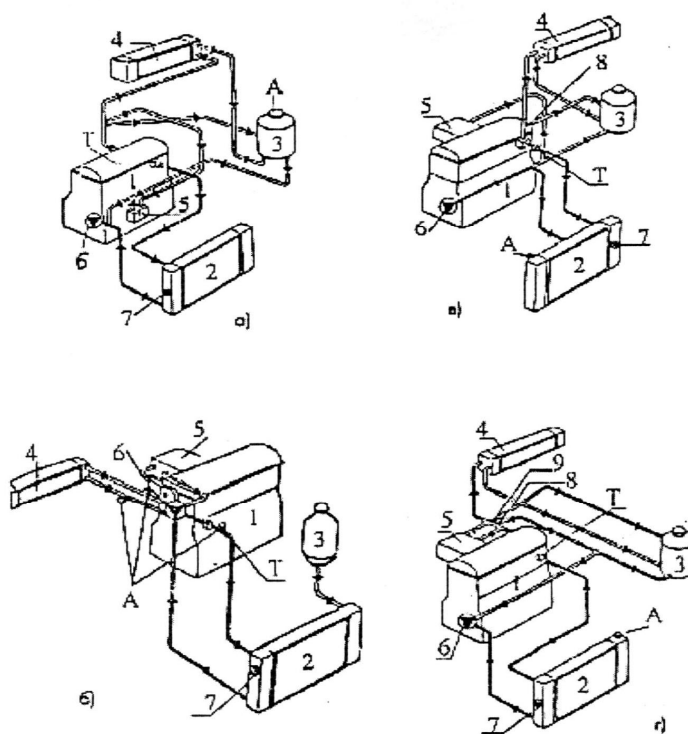
1 – радіатор; 2 – електровентилятор; 3 – розширювальний бачок; 4 – термостат; 5 – насос; 6 – двигун

Рис. 1.2 – Схема системи охолодження двигуна автомобіля Ford Escort



1 – насос; 2 – радіатор; 3 – вентилятор; 4 – термостат; 5 – датчик температури; 6 – кран регулювання обігріву; 7 – радіатор опалювача

Рис. 1.3 – Схема системи охолодження двигуна автомобіля Mercedes Benz



1 – двигун; 2 – радіатор; 3 – розширювальний бачок; 4 – опалювач; 5 – впускний колектор; 6 – насос; 7 – термовимикач; А – повітровідведення; Т – термостат; а – Renault 5; б – Renault 9, 11 з двигуном типу С; в – Renault 19 з двигуном типу Е; г – Renault Clio, Renault 21

Рис. 1.4 – Схеми системи охолодження двигунів автомобілів Renault

Для підвищення ефективності охолодження рідини в радіаторі традиційно використовується вентилятор, що має, як правило, клиноремінний привід. На старих моделях автомобілів вентилятор працює постійно, а на сучасних моделях, з метою ефективного використання тепла й зменшення витрати палива, застосовуються муфти зчеплення в приводі вентилятора.

При наявності муфти зчеплення частота обертання ведучого шківів збігається з частотою обертання двигуна, а частота обертання шківів вентилятора тим нижче, чим холодніше двигун. В міру прогріву двигуна зменшується прослизання між ведучим і веденим шківів муфти приводу, і вентилятор виходить на максимальні оберти тільки при повністю прогрітому двигуні і на важких дорожніх умовах, завдяки чому і економиться енергія. Ввімкнення і вимикання муфти зчеплення здійснюється автоматично, в залежності від температури охолоджуючої рідини або повітря. Застосовуються гідравлічні, електромагнітні або фрикційні муфти зчеплення, які не підлягають обслуговуванню, а при несправності їх, як правило, замінюють або вимикають з роботи шляхом блокування. Більш радикальним методом підвищення ефективної роботи системи охолодження при мінімальному споживанні палива є електропривод вентилятора, який включається від датчика температури при прогріванні охолоджуючої рідини до 368 К і більше.

Більшість сучасних вітчизняних і зарубіжних автомобілів мають електропривод вентилятора. Фірма «Wolkswagen» для охолодження двигунів використовує два вентилятори з електроприводом. Включення першого вентилятора відбувається при температурі рідини 365 - 370 К, а його вимикання при 357 - 364 К. Якщо ж температура рідини продовжує підніматися і досягає 372 - 378 К, включається другий вентилятор, який вимикається при температурі 364 - 371 К.

Перевірка працездатності, обслуговування та ремонт системи охолодження двигуна та окремих її елементів практично не відрізняються від аналогічних операцій, що проводяться на вітчизняних автомобілях.

Різняться лише конструктивне виконання: деякі характеристики елементів, компоновка і кріплення елементів системи в моторному відсіку і на двигуні. Відмінні риси повітряних трактів систем охолодження характеризуються високим ступенем складності структури повітряного потоку на вході в серцевину радіатора. Перекоси швидкісних полів, поля температур, підвищення турбулентності потоку, яка виникає при всмоктуванні повітря з атмосфери в трубопроводі без напрямних пристроїв, є характерними особливостями цієї структури. Вплив на потік надають елементи, що знаходяться перед радіатором: облицювання, жалюзі, масляні радіатори, забірні вікна під бампером і т.д. Істотне значення мають також і взаємні розташування радіатора і двигуна. Розрізняють три основні схеми компоновки двигуна і радіатора при формуванні повітряного тракту: паралельне розташування; поперечне розташування; послідовне розташування.

При паралельному і поперечному розташуванні, як правило, спрощується компоновка і поліпшується конструкція всього повітряного тракту, при збільшенні загального обсягу моторної установки.

Послідовне розміщення ДВЗ і радіатора скорочує обсяг моторного відділення, але ускладнює конструкцію повітряного тракту і знижує ефективність роботи системи охолодження.

1.2 Радіатор, як основний елемент системи охолодження двигуна

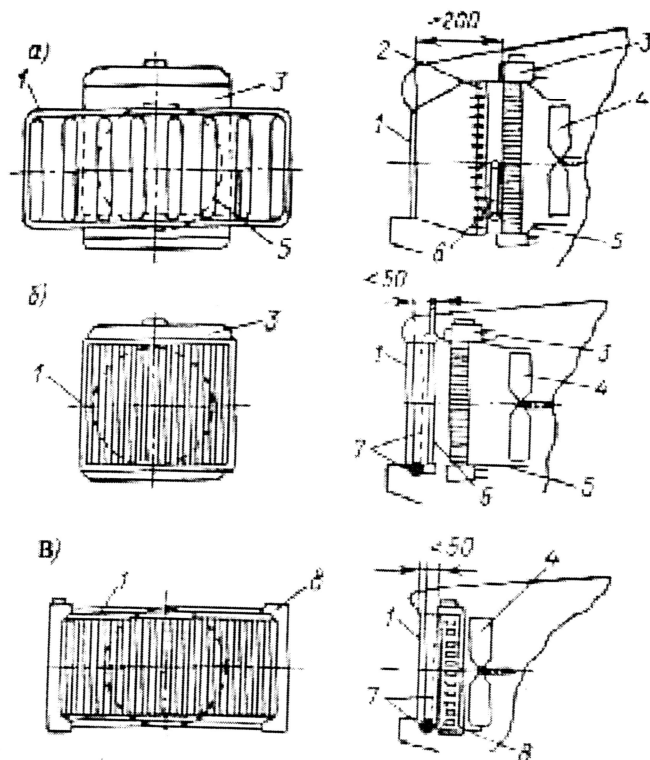
Подача повітря через повітряний тракт забезпечується вентилятором, за рахунок дії набігаючого потоку або комбіновано (вентилятор плюс набігаючий потік).

На рис. 1.5 наведені найбільш поширені схеми компоновки вхідних ділянок.

На більшості сучасних автомобілях використовується повітряний тракт системи охолодження, схема компоновки вхідної ділянки якого наведена на рис. 1.5, а. Недоліком даної схеми компоновки є неповний охват площі радіатора самим вентилятором. Таким чином, виникає необхідність аналізу впливу різних параметрів елементів конструкції (площі та розмірів радіатора, площі, що охоплюється лопатями вентилятора) та їх взаємного розташування відносно один одного. Радіатори систем охолодження двигунів є найпоширенішими і енергонапруженими типами теплообмінника, який застосовується на сучасних автомобілях і тракторах. Трубно-пластинчасті радіатори в даний час застосовуються на тракторах, комбайнах, важких вантажних автомобілях, тягачах тощо, тобто там, де потрібна висока механічна міцність серцевини радіатора. На легких автомобілях і середніх вантажних встановлюються трубчасто-стрічкові радіатори, які мають дещо меншу механічну міцність, але порівняно більш високу теплову ефективність і кращу технологічність. Обидва типи поверхонь охолодження мають в основі тонкостінні трубки плоскоовального перетину – шовні або суцільнотягнені, що забезпечують низький аеродинамічний опір.

З'єднання трубок та пластин в мідних радіаторах виконується, частіше за все, пайкою спіканням (припой ПОС-30), а іноді (радіатори тракторів «Кіровоць») – пайкою зануренням в розплавленій припой. В алюмінієвих радіаторах використовується пайка твердими припоями в середовищі флюсів (радіатори НАМІ, фірм «Софіка» та «Фольксваген») або склеювання. На автомобілях ВАЗ та ЗАЗ встановлюються конструктивно подібні радіатори з алюмінієвих трубок.

Радіатор, виготовлений в Росії, складається з алюмінієвих трубок з напресованими на них алюмінієвими пластинами.



1 – облицювання радіатора; 2 – жалюзі; 3 – водяний радіатор; 4 – вентилятор; 5 – кожух вентилятора; 6 – масляний радіатор; 7 – шторка; 8 – радіатор з горизонтальним потоком рідини

Рис. 1.5 – Схеми компоновання вхідних ділянок повітряного тракту

Кінці трубок розвальцовані в металевих опорних пластинах і ущільнені гумовими ущільнювачами.

Бічні бачки радіатора пластмасові і щільно прикріплені до опорних пластин.

У правий бачок радіатора вкручений датчик включення двигуна електровентилятора системи охолодження і пробка для зливу охолоджувальної рідини.

Лівий бачок відлитий спільно з трьома патрубками для з'єднання шлангами з деталями системи охолодження. У бачках є три бобишки з

різьбленням. До цих бобишек через гумові амортизаційні втулки болтами кріпиться кожух електровентилятора.

Радіатор встановлений в передній частині моторного відсіку на поперечну траверсу. Для фіксації радіатора на траверсі є два отвори в яких через гумові втулки (амортизатори) фіксується радіатор.

У верхній частині радіатор кріпиться болтами через кожух електровентилятора до полиці облицювання радіатора.

Відмінною особливістю радіаторів ВАЗ і ЗАЗ є довжина трубок (для ВАЗ $B = 0,48\text{ м}$, ЗАЗ $B = 0,38\text{ м}$), товщина оребрюючих пластин ($\delta_{\text{ВАЗ}} = 0,1\text{ мм}$, $\delta_{\text{ЗАЗ}} = 0,08\text{ мм}$), діаметр трубок ($d_{\text{ВАЗ}} = 8,5\text{ мм}$, $d_{\text{ЗАЗ}} = 8,4\text{ мм}$).

В іншому конструкції радіаторів ідентичні: поздовжні і поперечні кроки розташування трубок, число трубок ($Z_{\text{тр}} = 36$), ширина радіатора ($L_{\text{пл}} = 0,034\text{ м}$), число оребрюючих пластин ($Z_{\text{пл}} = 267$).

Дослідні зразки алюмінієвих радіаторів, поверхня теплообміну яких організована з трубок з накатними ребрами, були розроблені в Чехословаччині для автомобілів «Шкода» [1].

З метою відмови від недостатньо технологічного способу аргонодугового електрозварювання деталей радіатора його трубні решітки з'єднувалися з трубками за допомогою пластичного матеріалу (силіконової гуми, силіконового клею або нейлону), наявного між решітками і опорними плитами, в яких розвальцьовуються кінці трубок.

1.3 Система охолодження двигуна автомобіля ЗАЗ Таврія «Славута»

Система охолодження складається з водяної сорочки двигуна, водяного насоса, радіатора, термостата, електровентилятора, датчика включення вентилятора, розширювального бачка з запобіжним клапаном, сполучних трубопроводів, зливної пробки, датчика температури ТМ-100А-б.

До системи охолодження підключений теплообмінник опалювача салону кузова, циркуляція рідини через який регулюється клапаном.

Система заповнюється рідиною (ТОСОЛ), яка має антикорозійні властивості. Крім того, вона не схильна до вспінювання, відкладення солей і випаровуванню, а при низьких температурах – не перетворюється в лід.

У теплу пору року (при температурі навколишнього повітря вище 273К) можна використовувати воду.

Ємність системи охолодження (разом з теплообмінником опалювача кузова) складає 7 л.

Заправка охолоджуючої рідини проводиться через пробку розширювального бачка до рівня, що перевищує (при холодному двигуні) відмітку "min", зроблену на стінці бачка. При роботі системи охолодження рідини, залежно від положення клапанів термостата і крана включення опалювача, може циркулювати по трьох контурах. Термостат нерозбірний, термочутливий елемент з твердим наповнювачем. Початок відкриття основного клапана при 360 ± 2 К, повне відкриття при 375 К. Система охолодження закритого типу, тобто поєднання її з атмосферою відбувається тільки через спеціальний клапан, який відкривається при певному тиску або розрідженні в ній. Для компенсації зміни об'єму охолоджуючої рідини служить розширювальний бачок. Тепловий режим двигуна контролюється за температурою охолоджуючої рідини, датчик якої встановлений на голівці циліндрів, а покажчик температури – на панелі приладів. Розширювальний бачок приєднаний до системи охолодження паралельно, що призводить до суттєвого підвищення продуктивності насоса, високої гідродинамічної стійкості потоку, який зберігається до граничних температур (375 К) і відділенню паро-повітряної подушки від водяного потоку.

2 ТЕПЛОМАСООБМІННИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА

2.1 Вихідні дані для розрахунку

В процесі експлуатації автомобіля режими роботи двигуна змінюються в широких межах, в тому числі двигун працює з максимальним навантаженням.

В цьому випадку тепловиділення Q в двигуні максимальне і воно звичайно відомо в результаті спеціальних досліджень в процесі створення і доведення двигуна [2]. Величина тепловиділення, застосовувана система охолодження, швидкість руху і ступінь завантаження автомобіля при певних кліматичних умовах експлуатації (температура, тиск і вологість навколишнього середовища) визначають тепловий стан двигуна, яке характеризується температурою теплоносіїв (антифризу або води і масла).

Тому при розрахунку і проектуванні системи охолодження, в тому числі її головного елемента – радіатора, вважаються відомими тепловиділення Q в двигуні і допустимі значення температур теплоносіїв [5]. Основною шуканою величиною є поверхня теплообміну радіатора обраної конструкції, що визначає нормальний тепловий режим роботи двигуна при розрахункових значеннях швидкості руху автомобіля з повним навантаженням на критичному підйомі.

При вибраній системі охолодження, в тому числі конструкції радіатора, звичайно досліджується вплив на тепловий режим роботи двигуна (температуру теплоносіїв, охолоджуючих двигун) [13]: температури навколишнього середовища та інших атмосферних умов (тиску і вологості повітря); критичної швидкості руху автомобіля (швидкості набігаючого потоку повітря), що відповідає критичному підйому з повним навантаженням.

В силу вищевикладеного, вихідними даними при визначенні необхідної поверхні теплообміну радіатора F_2 є [7]: тепловиділення двигуна Q ; швидкість руху автомобіля V_a ; тип поверхні теплообміну з конкретними значеннями параметрів конструкції (розмірами елементарних каналів і перерізами для проходження теплоносіїв та ін) [11]; фізичні параметри, що характеризують теплоносії (температура T , тиск p та ін.) [12].

2.2 Теплообмін в радіаторі в загальному вигляді

Для визначення площі поверхні тепловіддачі радіатора системи охолодження двигуна використовується система рівнянь теплопередачі та теплового балансу.

Для загального виду (коли в процесі теплообміну приймає участь вся поверхня радіатора), ця система матиме вигляд [9]:

$$\begin{aligned} dQ_X &= K \cdot dF \cdot v_X = K \cdot \frac{F_2}{B} \cdot v_X dx; \\ dQ_X &= W_1 \cdot C_{p1x} \cdot dT_1 = v_{1x} \cdot \rho_{1x} \cdot f_{1x} \cdot C_{p1x} \cdot dT_1; \\ dQ_X &= W_2 \cdot \Delta T_2 = v_{2x} \cdot \rho_{2x} \cdot C_{p2x} \cdot \frac{f_{2x}}{B} \cdot dx \cdot \Delta T_2. \end{aligned} \quad (2.1)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²×К); F_2 – поверхня, яка омивається повітрям, м²; B – ширина радіатора, м; v_X – середній температурний напір, К; W_1 та W_2 – водяні еквіваленти теплоносіїв, Вт/(ч×К); v_{1x} та v_{2x} – швидкості теплоносіїв, м/с; ρ_{1x} та ρ_{2x} – густина теплоносіїв, кг/м³; f_{1x} та f_{2x} – площа, через яку проходить теплоносій, м²; T_1 та T_2 – температури теплоносіїв, К; C_{p1x} та C_{p2x} – теплоємність теплоносіїв, Дж/кг×К.

При цьому розрахункова схема теплопередачі в радіаторі системи охолодження двигуна матиме вигляд, який наведено на рис. 2.1.

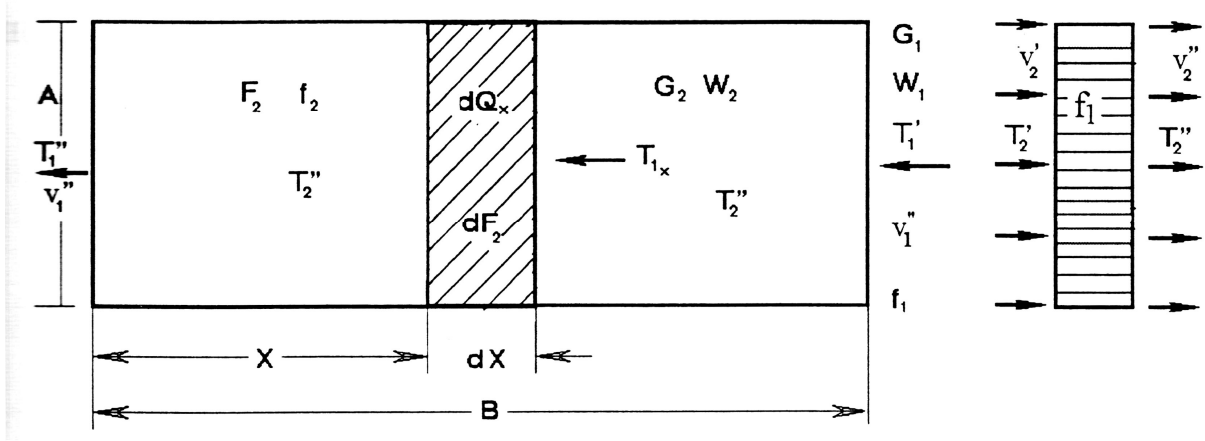


Рис. 2.1 – Теплова схема розрахунку радіатора

В системі 2.1 величиною, яку необхідно визначити, є поверхня теплообміну радіатора $dF_2 = \frac{F_2}{B} dx$.

2.3 Теплообмін в радіаторі при неповній поверхні теплообміну

Однак задача по відношенню до радіатора автомобіля типу ЗАЗ-110550, коли досліджується властивість радіатора розсіювати теплоту, але при цьому не вся поверхня радіатора омивається повітрям, яке всмоктується вентилятором, відповідає зовсім іншій тепловій схемі розрахунку (рис. 2.2).

Стосовно цієї схеми система рівнянь 2.1 у формі кінцевих різниць величин параметрів при умові, що середньологаріфмічне значення температурного напору можна замінити середньоарифметичним, представляється наступним чином.

Для частини I, яка омивається лопатками вентилятора [8]:

$$Q_I = K_I \frac{F_2}{B} (B - X) v ;$$

$$Q_I = W_I (T_1' - T_{1,x}) ; \tag{2.2}$$

$$Q_I = W_1 (T_2'' - T_2') .$$

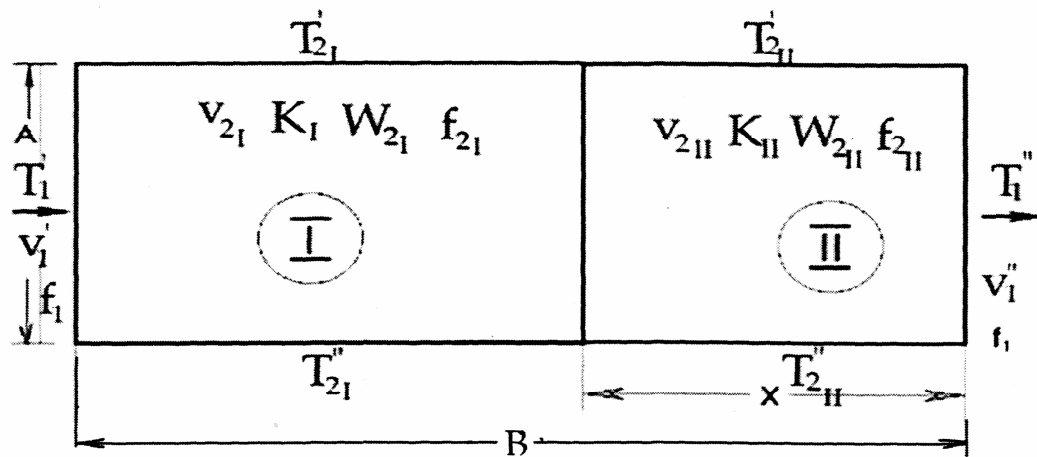


Рис. 2.2 – Схема руху теплоносіїв в радіаторі з частковим омиванням поверхні теплообміну повітрям

Для частини II [10]:

$$\begin{aligned}
 Q_{II} &= Q - Q_I; \\
 Q_{II} &= v_{1II} f_1 \rho_{1II} C_{P1} (T_{1X} - T_1''); \\
 Q_{II} &= v_{2II} \frac{f_2}{B} \rho_{2II} C_{P2} (T_{2II}'' - T_2').
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

В цьому рівнянні коефіцієнт теплопередачі K залежить від режимів течії теплоносіїв, які визначаються швидкостями v_1 та v_2 .

При цьому швидкість $v_1 = v_{1II}$, а швидкість $v_2 = v_{2cep} + av_a$, де v_{2cep} – швидкість повітряного потоку, який створюється вентилятором (м/с), а v_a – швидкість руху автомобіля (м/с).

Коефіцієнт a являє собою коефіцієнт використання швидкості набігаючого потоку при русі автомобіля.

У випадку, коли автомобіль не рухається, при роботі вентилятора створюється потік повітря, швидкість якого дорівнює $v_2 = v_{2cep}$.

Однак, при зупинці автомобіля повітря всмоктується в радіатор тільки через частину I, в наслідок чого швидкість $v_2 = v_{2cep} = 0$, а теплообмін радіатора з атмосферою відбувається тільки за рахунок нерівномірно нагрітих мікрооб'ємів навколишнього середовища, тобто шляхом вільної

конвекції. Для проведення теоретичних енергетичних розрахунків системи охолодження двигуна при таких режимах роботи необхідно створення критеріальних рівнянь, які б описували передачу теплоти від твердої стінки до навколишнього середовища (тепловіддачу від автомобільного радіатора до навколишнього повітря) при вільній конвекції.

2.4 Теорія подібності та критеріальне рівняння, яке описує тепловіддачу радіатора двигуна

Існує три методи описання процесів, які відбуваються при конвективному теплообміні: аналітичний (математичний), експериментальний та теорія подібності.

Через складність математичного описання процесів конвективного теплообміну аналітичне вирішення диференціальних рівнянь, завдяки котрим вони описуються, стає можливим тільки в результаті деяких спрощень, що знижує практичну цінність проведених розрахунків.

Теорія подібності – це вчення про подібність явищ. Два тіла геометрично подібні, якщо одне тіло можна розташувати всередині другого таким чином, що в результаті рівномірної деформації вони повністю співпадають один з одним. Поняття подібності розповсюджується й на будь-яке фізичне явище. Фізичні явища вважаються подібними, якщо вони відносяться до одного й того ж класу, протікають в геометрично подібних системах та якщо подібні усі однорідні фізичні величини, які характеризують ці явища.

Однорідними при цьому називаються такі фізичні величини, які мають однаковий фізичний зміст та розмірність. Таким чином, для подібних фізичних явищ в подібних точках та в подібний проміжок часу будь-яка величина φ першого явища пропорційна величині φ' другого явища, тобто $\varphi = c \cdot \varphi'$. При цьому кожна величина φ має свій множник

перетворення c (константу подібності), який чисельно відрізняється від інших.

Аналогічно геометричній подібності, рівняння, що описують подібні фізичні явища, після приведення до безрозмірного виду стають тотожно рівними. Отримані безрозмірні комплекси називаються критеріями. Для визначення коефіцієнту тепловіддачі необхідно знати значення чотирьох критеріїв. Критерій Рейнольдса Re – являє собою відношення сил інерції до сил молекулярного тертя і є критерієм течії в'язкої рідини.

Для кожного виду течії існує критичне значення критерію Рейнольдса Re_{cr} , яке визначає момент переходу течії з ламінарного режиму в турбулентний. Якщо $Re < Re_{cr}$, то течія має ламінарний характер, в іншому ж випадку – турбулентний.

З точки зору теорії конвективного теплообміну критерій Рейнольдса використовується тільки для вимушеної конвекції (наприклад, за допомогою вентилятора або насоса), бо вважається, що при вільній конвекції потік речовини завжди має ламінарний характер.

Критерій Прандтля Pr – критерій, який визначає фізичні властивості речовини та їх вплив на тепловіддачу. Критерій Прандтля є фізичною характеристикою середовища, яка залежить тільки від її термодинамічних показників. У газів з підвищенням температури число Прандтля практично не змінюється, в той час як для рідин величина Pr тим більша, чим більша в'язкість рідини.

Критерій Грасгофа Gr – критерій, який характеризує співвідношення підйомної сили, яка виникає внаслідок різниці густини нерівномірно нагрітих мікрооб'ємів речовини, та сили молекулярного тертя всередині цієї речовини. Критерій Грасгофа є критерієм, який визначає процес теплообміну в гравітаційному полі Землі. Він залежить від: коефіцієнту об'ємного розширення речовини в залежності від її температури β ; різниці

температур речовини та стінки – температурного напору Δt ; геометричних розмірів стінки, з якою відбувається обмін теплотою та кінематичної в'язкості речовини ν .

Критерій Нуссельта Nu – являє собою безрозмірний коефіцієнт тепловіддачі. Даний критерій характеризує співвідношення між інтенсивністю теплообміну за рахунок конвекції та інтенсивністю теплообміну за рахунок теплопровідності за умові нерухомого середовища.

Критерій Нуссельта завжди більше або дорівнює одиниці. Тобто тепловий потік за рахунок конвекції завжди більше за своєю величиною тепловому потоку за рахунок теплопровідності. Згідно першої теореми подібності явища вважаються подібними тільки тоді, коли критерії цих явищ (для тепловіддачі – перераховані раніше чотири критерії) мають однакове чисельне значення. Згідно ж другої теореми подібності залежність між змінними величинами певного процесу може бути представлена як залежність критеріїв цього процесу.

Функціональна залежність між критеріями подібності називається рівнянням подібності. При конвективному теплообміні рівняння подібності в загальному випадку має вигляд:

$$Nu=f(Re, Gr, Pr). \quad (2.4)$$

На основі рівняння подібності можна визначити значення критерію Нуссельта й, відповідно, певне значення коефіцієнту тепловіддачі α за формулою:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l_0}, \quad (2.5)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності речовини, Вт/(м×К); l_0 – розмір, яким визначається характер протікання процесу (для труб круглого перетину цей розмір відповідає діаметру труби).

Для тепловіддачі при вільному русі речовини навколо горизонтальної труби академіком М.А. Михеєвим здобуте критеріальне рівняння:

$$Nu=c \cdot (Pr \cdot Gr)^n, \quad (2.6)$$

де c та n – відповідно коефіцієнт і показник степеню, значення яких залежать від комплексу $(Pr \cdot Gr)$.

Так як складна конструкція радіатора з великою кількістю ребер суттєво відрізняється від плити або горизонтальної труби (найпростіші задачі побудови критеріальних рівнянь), то критеріальне рівняння академіка Михеєва повинно бути уточнено в результаті спеціальних експериментальних досліджень тепловіддачі при вільному русі повітряного потоку вздовж вертикально розміщеного радіатора в навіколишньому просторі.

Остаточно, формула 2.6 прийме вид:

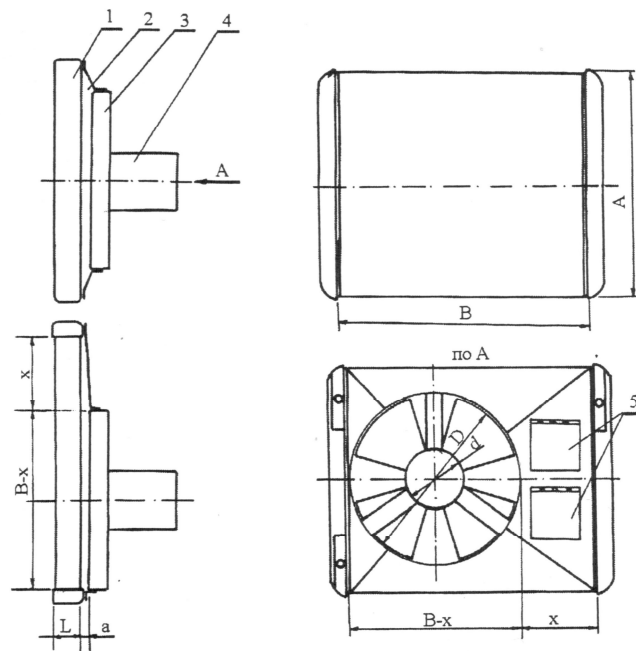
$$Nu=c \cdot (Pr \cdot Gr)^{1/3}, \quad (2.7)$$

де c – коефіцієнт, який уточнюється експериментально.

2.5 Блок «радіатор-вентилятор»

В ході дослідження елементів системи охолодження двигуна автомобіля ЗАЗ-110550 були проведені розрахунки блоку «радіатор-вентилятор», що складається з радіатора і електровентилятора, з'єднаних диффузорним переходом (кожухом) (рис. 2.3). Електровентилятор системи охолодження складається з електродвигуна і крильчатки. Крильчатка чотирилопатева, виготовляється з пластмаси. Лопаті крильчатки мають змінний по радіусу кут установки і для зменшення шуму змінний крок по маточині. Крильчатка кріпиться на валу електродвигуна за допомогою шпонки. Електровентилятор знаходиться в кожусі, який кріпиться болтами до радіатора. При дослідженні змінювалися розміри кожуха: « a » (відстань від вентилятора до радіатора) і « $B-x$ » – ширина кожуха, які визначають

ступінь охоплення кожухом серцевини радіатора і аеродинамічні характеристики радіатора, кожуха і вентилятора.



1 – радіатор; 2 – конфузом (кожух); 3 – обичайка вентилятора; 4 – електродвигун; 5 – «повітряні клапани»

Рис. 2.3 – Схема блоку «радіатор-вентилятор»

Досліджувався вплив цих основних розмірів на аеродинамічні характеристики вентилятора (подачу і аеродинамічну потужність), тому що при цьому змінювалася витрата повітря через радіатор і його здатність розсіювати тепло. Аеродинамічна характеристика вентилятора визначалася з урахуванням умов на вході (кожуха) і на виході з вентилятора (конструкція кріплення електроприводу).

3 ОСНОВНІ ЗМІНИ В КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ ТАВРІЯ «СЛАВУТА»

3.1 Обґрунтування конструкції радіатора

Враховуючи те, що новий радіатор повинен бути взаємозамінним з радіатором, який використовується на автомобілі ЗАЗ були реалізовані заходи по збільшенню поверхні тепловіддачі, яка омивається повітрям та коефіцієнту тепловіддачі α для системи «вода-стінка трубки радіатора».

Для реалізації даного плану оцінена енергетична ефективність радіатора в залежності від числа пластин (кроку розміщення ребер на трубках).

В результаті теоретичних розрахунків встановлено, що використання пластин в кількості 267 штук збільшує розсічу здатність радіатора, однак ця величина на 10% нижче від серійного радіатора.

Тому збільшення ребруючих пластин до величини, яка перевищує 267 штук, є доцільним.

В ході подальших розрахунків встановлено, що для подальшого підвищення розсіюючої здібності радіатора до рівня серійно застосовуваного необхідне застосування ребруючих пластин (ребер) товщиною $\delta = 0,1\text{мм}$ або збільшення числа пластин товщиною 0,08 мм до 276 шт.

В іншому випадку необхідно зробити розрахунок систем охолодження двигуна автомобіля з метою збільшення розмірів поверхні радіатора або продуктивності вентилятора, що призведе до зростання потужності приводу вентилятора.

3.2 Обґрунтування параметрів конструкції кожуху

Основними параметрами конструкції кожуха, що з'єднує радіатор і вентилятор, були вибрані розміри «x» і «a» (рис. 2.3).

Саме вони, враховуючи несиметричне щодо радіатора розташування вентилятора, визначають ступінь використання поверхні теплообміну і ефективність роботи радіатора (рівномірність його обдування) і вентилятора (його продуктивність) [4].

На рис. 3.1 показано вплив розміру « x » на продуктивність вентилятора радіатора. Зменшення розміру « x » або збільшення ширини кожуха вентилятора до 380 мм підвищує ефективність роботи вентилятора на 15...20%.

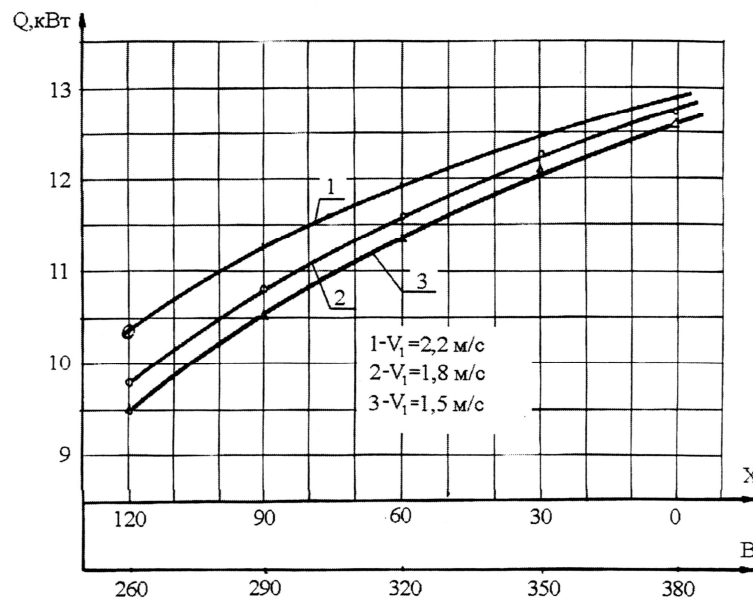


Рис. 3.1 – Вплив розміру « x » на здатність радіатора розсіювати теплоту

Якщо автомобіль рухається, частина поверхні теплообміну, відповідна ширині радіатора « x », обдувається тільки набігаючим потоком повітря.

Інша частина поверхні теплообміну, омивається потоком повітря зі швидкістю, яка визначається рухом автомобіля і роботою вентилятора – швидкістю v_1 .

Величина розміру « a » досліджувалася в реальному діапазоні його зміни (за рахунок переміщення радіатора вперед на 50 мм без істотних змін конструкції кріплення).

Збільшення цього розміру до 50 мм істотно покращує рівномірність поля швидкостей по фронту радіатора і збільшує продуктивність вентилятора на 15% при $x = 0$ мм.

Отримані результати підтверджують можливість збільшення ефективності системи охолодження за рахунок зміни розмірів « a » і « x ».

Це дозволяє сформулювати вимоги щодо раціональної зміни конструкції кожуха вентилятора, розташування і кріплення радіатора.

3.3 Визначення характеристики вентиляторної установки

При відомих значеннях аеродинамічного опору радіатора в залежності від швидкості руху автомобіля можна отримати величину аеродинамічного опору повітряного тракту та нанести її на отриману аеродинамічну характеристику вентиляторної установки.

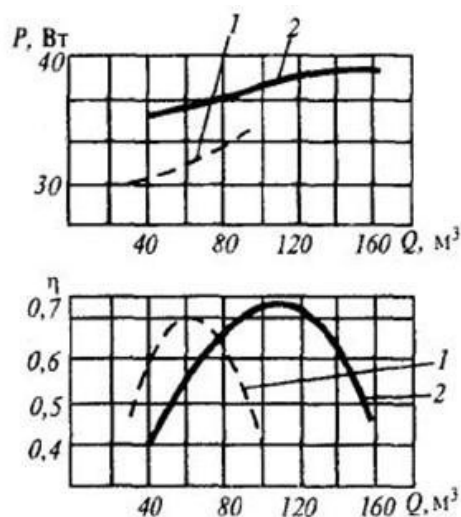
В результаті, за допомогою теорії подібності, отримуємо можливість мати робочі точки на характеристиці для різних значень швидкості автомобіля.

А це, в свою чергу, дозволяє отримати відповідні значення продуктивності вентилятора Q , його ККД η та потужності P , яка витрачається на приведення його в дію [14].

Розрахунок проводився з урахуванням можливості переобладнання системи охолодження автомобіля вентилятором з вісьмома лопатями.

Результати розрахунків приведені на рис. 3.2.

Враховуючи, що електродвигун привода вентилятора має потужність в 40 Вт, то з рис. 3.2 можна зробити висновок, що збільшення кількості лопаток вентилятора до дев'яти не призведе до суттєвого збільшення значення потужності, яка витрачається на приведення в дію вентилятора.



1 – крильчатка вентилятора з чотирма лопатями (серійна); 2 – крильчатка вентилятора з дев'ятьма лопатями (модифікована)

Рис. 3.2 – Характеристики вентиляторної установки системи охолодження для різної кількості лопатей, закріплених на крильчатці

3.4 Вибір параметрів конструкції системи охолодження автомобіля ЗАЗ-110550 Таврія «Славута»

В результаті досліджень було встановлено, що найбільш ефективно використання поверхні теплообміну радіатора, яка в серійному виконанні не обдувається вентилятором, тобто включення цієї частини поверхні теплообміну в аеродинамічний тракт двигуна внутрішнього згоряння вентилятора, дозволяє підвищити властивість радіатора розсіювати теплоту в навколишнє середовище.

При модернізації кожуху (конфузору) радіатору системи охолодження таким чином, щоб він був суцільним та охоплював усю серцевину радіатора, але з віднесенням радіатора від вентилятора на 50 мм вперед, забезпечується вимога тепло відведення з урахуванням поступового засмічення радіатора з одночасним аеродинамічним ущільненням торця кожуху, який прилягає до радіатора, дозволяє

вирішити проблему при використанні серійних радіаторів вітчизняного та російського виробництва.

При цьому виключення підсмоктування гарячого повітря вентилятором з підкапотного простору, збільшує властивість радіатора розсіювати теплоту на 6...7%.

Дослідження впливу термічного опору елементів радіатора на теплопередачу від конструктивних елементів у навколишнє середовище показало вплив товщини оребрюючих пластин.

Встановлено, що збільшення товщини таких пластин на 0,02 мм (до базового значення, яке існує на серійному варіанті) призводить до зниження ефективності розсіяння теплоти радіатором на 5...6%.

Збільшення кількості лопатей на крильчатці вентилятора системи охолодження двигуна автомобіля дозволяє підвищити швидкість руху потоку повітря через радіатор, внаслідок чого конвективний теплообмін між елементами радіатора та навколишнім середовищем приймає більш інтенсивний характер, що призводить до покращення теплообмінних показників самого радіатора.

ВИСНОВОК

В результаті проведених досліджень визначені енергетичні характеристики радіаторів, вентиляторної установки і блоку «радіатор-вентилятор» з урахуванням впливу основних параметрів конструкції і режимів роботи, з метою уточнення розрахунків та виконання енергетичного аналізу системи охолодження для вибору її раціонального варіанту, в тому числі:

1) отримані енергетичні характеристики радіаторів (російського та українського виробництва) з урахуванням параметрів конструкції, режимів роботи та умов експлуатації;

2) встановлено, що через відсутність монолітного контакту ребер з трубками в алюмінієвій конструкції радіатора величина термічного опору контакту ребер з трубками нового радіатора становить $2,95 \times 10^{-4}$ К/Вт і його вплив на процес теплопередачі в радіаторі досягає 12%;

3) визначено ступінь ребрення радіатора, який необхідний для забезпечення його взаємозамінності з радіатором російського виробництва (збільшення числа ребер товщиною 0,08 мм до 276 шт.);

4) встановлено вплив на енергетичні характеристики радіатора і вентилятора основних параметрів конструкції кожуха і зазору між радіатором та кожухом;

5) змінено кількість лопатей на крильчатці вентилятора системи охолодження двигуна з чотирьох до дев'яти, в результаті чого збільшена швидкість потоку повітря через радіатор та теплові показники останнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурков, В.В. Эксплуатация автомобильных радиаторов [Текст] / В.В. Бурков. – М.: Транспорт, 1975. – 80 с.
2. Минкин, М.Л. Автомобильные радиаторы [Текст] / М.Л. Минкин, М.А. Власов, В.В. Петлицкий; под общ. ред. М.Л. Минкина – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 1982. – 234 с.
3. Виверт, М.М. Конструкция и расчет автотракторных двигателей [Текст] / М.М. Вихерт. – М., 1964. – 552 с.
4. Бурков, В.В. Автотракторные радиаторы [Текст] / В.В. Бурков, А.И. Индейкин. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1978. – 214 с.
5. Колчин, Д.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / Д.И. Колчин, В.П. Демидов. – М., 1980. – 400 с.
6. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Н.Я. Говорущенко. – Харьков.: Вища школа. Издание при Харьковском университете, 1984. – 312 с.
7. Крамаренко, Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Г.В. Крамаренко. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
8. Бажан, П.И. Расчет и конструирование охладителей дизелей [Текст] / П.И. Бажан. – М.: Машиностроение, 1981. – 168 с.
9. Михеев, М.А. Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.
10. Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам [Текст] / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов; под общ. ред. П.И. Бажана. – М.: Машиностроение, 1989. – 366 с.
11. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И.Е. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1976. – 559 с.

12. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст] / Н.Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
13. Воронин, Г.И. Эффективные теплообменники [Текст] / Г.И. Воронин, Е.В. Дубровский. – М.: Машиностроение, 1973. – 174 с.
14. Идельчик, И.Е. Аэродинамика потока и потери напора в диффузорах [Текст] / И.Е. Идельчик // Промышленная аэродинамика. – 1974. – №3. – С. 132-209.