

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БОНДАР АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 631.37

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ КАБІН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ТРАКТОРІВ З ДВИГУНАМИ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А.В. Бондар

Керівник роботи

Грабар І.Г.

д.т.н., професор

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Бондар Андрій Васильович. Обґрунтування конструктивних особливостей системи опалення кабін сільськогосподарських тракторів з двигунами повітряного охолодження. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі розроблена система опалення з використанням теплоти відпрацьованих газів двигуна, що включає нагрівач і радіатор нових конструкцій з більш раціональним розміщенням останнього, ніж в серійному ВТ-400, а також пристрій, що забезпечувало рециркуляцію повітря кабіни і модернізований насос. При цьому найбільший ефект від системи опалення забезпечується, якщо виконуються такі умови: площа теплосприймаючої поверхні нагрівача повинна знаходитися в межах 0,10-0,25 м², а теплопродуктивність обігрівача – 1500-3000 Вт; швидкість обдування радіатора повітрям, що істотно впливає на теплопродуктивність і температурний рівень повітря в кабіні, повинна бути не менше 1,5 м/с, а кількість його в інтервалі 0,05-0,12 м³/с; продуктивність насоса в межах 0,03-0,06 кг/с не впливає на температурний рівень повітря в кабіні, проте для попередження закипання теплоносія необхідно, щоб це значення було не менше 0,04 кг/с; площа радіатора має бути в межах 1,8-2,2 м², причому переважно розміщення його в стельовій частині з верхньою роздачею теплого повітря; маса теплоносія в системі опалення мати в межах 13-15 кг.

Результати експериментальних досліджень показали, що у кабіні трактора, обладнаного вдосконаленою системою опалення, параметри мікроклімату відповідають санітарним нормам, передбаченим ДСТУ.

Ключові слова: трактор, кабіна, опалення, мікроклімат, теплоносій, система

ANNOTATION

Bondar Andriy Vasilovich. Substantiation of design features of the heating system of cabins of agricultural tractors with air-cooled engines. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's robot, a system has been broken up with the heating of the heat generated by the engine gases, including the heating and the radiator of new designs with more rational changes in the remaining, less than 400 At the same time, the greatest effect of the system is scorched, if you think about it: the area of the heat-absorbing surface of the heating unit is responsible for 0.10-0.25 m², and the heat output of the heating unit is 1500-3000 W; The airflow rate of the radiator is, by and large, injected into the heat efficiency and temperature level in the cabin, the fault is not less than 1.5 m/s, and the number of it is in the interval 0.05-0.12 m³/s; the productivity of the pump in the boundaries of 0.03-0.06 kg/s does not flow into the temperature level of the drink in the cabin, a protector for increasing the boiling point of heat is necessary, but the value is not less than 0.04 kg/s; the area of the radiator is in the boundaries of 1.8-2.2 m², moreover, it is necessary to place it in the bed part with the upper distribution of warm food; mass of heat in the systems of scorching mothers in the boundaries of 13-15 kg.

The results of experimental studies have shown that in the tractor cab, equipped with a thoroughly scorched system, the parameters of the microclimate correspond to the sanitary standards passed by DSTU.

Key words: tractor, cabin, fired, microclimate, heat, system

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТРАКТОРНИХ КАБІН.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Для виконання завдань із комплексної механізації сільського господарства та збільшення обсягу виробництва сільськогосподарської продукції при створенні нової сільськогосподарської техніки поряд із підвищенням енергонасиченості та збільшенням її надійності потрібно суттєво покращити умови праці оператора МЕЗ.

Вивченню проблем нормалізації мікроклімату в кабінах МЕЗ останніми роками приділяється значну увагу. Проте проблема опалення кабін тракторів із двигунами повітряного охолодження досі не має закінченого рішення.

Створення сприятливого мікроклімату є однією з найважливіших складових задач забезпечення оптимальних умов для роботи оператора МЕС. При значних змінах мікроклімату погіршується самопочуття людини, що негайно позначається на роботі системи «оператор – мобільний засіб – середовище».

Тривала дія несприятливих факторів, таких як знижена температура, погіршує продуктивність праці, сприяє виникненню захворювань професійного та застудного характеру тощо. Тому завдання нормалізації мікроклімату в холодну пору року, що дозволяє зробити вибір та обґрунтування основних параметрів опалювального пристрою з використанням теплоти відпрацьованих газів для кабін сільськогосподарських тракторів та інших мобільних засобів з двигунами повітряного охолодження, має велику соціальну значимість.

На сьогодні актуальність питання економії паливно-енергетичних ресурсів ставить завдання проектувальникам МЕЗ розробляти такі опалювальні пристрої, які використовують викинуте тепло відпрацьованих газів двигуна, що становить 30...40% теплової енергії палива.

Мета та завдання дослідження За результатами проведеного аналізу можна сформулювати завдання досліджень, які необхідно провести для

досягнення поставленої в роботі мети – покращення мікроклімату кабін сільськогосподарських тракторів з двигунами повітряного охолодження.

1. Провести аналіз систем опалення тракторних кабін;
2. Підібрати обладнання для проведення досліджень та розробити лабораторний стенд для випробовування вузлів системи опалення мобільних енергетичних засобів;
3. Провести порівняльні випробування.

Об'єкт дослідження – мікроклімат в кабіні тракторів з повітряним охолодженням ДВЗ.

Предмет дослідження – залежність показників мікроклімату в кабіні тракторів з повітряним охолодженням ДВЗ від технологічних та конструктивних параметрів системи кондиціонування.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах з урахуванням загальноприйнятих і приватних методик, розроблених автором. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Бондар А.В.** Програма та методика експериментальних досліджень калориферних систем опалення для кабін МЕЗ. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 211-215.

2. **Бондар А.В.** Результати експериментальних досліджень системи опалення кабін тракторів. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 185-188.

3. Грабар І.Г. **Бондар А.В.** Системи опалення тракторних кабін. Збірник тез доповідей XXII Міжнародної наукової конференції "*Сучасні проблеми землеробської механіки*" присвячену 121-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, 16–18 жовтня 2021 року, м Ніжин. Ніжин. 2021. С. 184-187.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє запропонована система обігріву кабін тракторів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 20 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТРАКТОРНИХ КАБІН

В даний час відомо велика кількість різноманітних опалювальних пристроїв, рекомендованих для опалення кабін мобільних засобів. Все різноманіття опалювальних пристроїв за принципом отримання теплоти може бути розділене на три групи. До першої групи належать опалювальні пристрої з використанням тепловиділення двигуна; до другої – пристрої, що перетворюють механічну енергію двигуна машини в теплову, і до третьої – автономні опалювальні пристрої, енергетичні установки яких відокремлені від двигуна.

Аналіз різних опалювальних пристроїв показує, що найбільш економічними, що не вимагають додаткової витрати палива є пристрої, що використовують теплоутворення двигуна. Опалювальні пристрої другої і третьої груп вимагають додаткової витрати потужності і палива.

На тракторах, оснащених двигунами рідинного охолодження, система опалення має радіатор (теплообмінник), що встановлюється в кабіні і з'єднаний трубопроводами з сорочкою охолодження двигуна. Радіатор обдувається повітрям за допомогою вентилятора. Такі обігрівачі застосовуються на ряді зарубіжних (МТЗ-80, Т-150, К-701, Форд-8000, Джон-Дір 7520, Массей Фергюссон 1150 і ін.) тракторів.

В деяких наукових роботах пропонується охолоджуючу рідину двигуна, що є джерелом теплоти обігрівача, додатково підігрівати відпрацьованими газами двигуна. Однак опалювачі, що використовують теплоту охолоджуючої рідини, при правильному виборі параметрів теплообмінника і раціональному розміщенні його вузлів, досить ефективні без додаткового підігріву рідини.

На тракторах Т-74, ДТ-75 і ін. застосовуються системи опалення, що використовують тепле повітря, що відводиться від радіатора рідинного охолодження двигуна. Недоліком даної системи є мала теплова потужність при низьких температурах зовнішнього повітря, а також повне припинення подачі

теплого повітря в кабінку при автоматичному відключенні вентилятора двигуна. У всіх випадках на тракторах з двигунами рідинного охолодження джерелом теплоти в системі опалення є охолоджуюча рідина.

Понад 30% тракторів і самохідних сільськогосподарських машин як в Україні, так і за кордоном припадає на машини з двигунами повітряного охолодження, на яких застосування опалювальних пристроїв з використанням в якості джерела теплоти охолоджуючої рідини неможливо. Для даних тракторів створення системи опалення пов'язано з проблемою вибору джерела теплоти. Тому майже на всіх тракторах з двигунами повітряного охолодження, що випускаються в Україні і на багатьох зарубіжних заводах, відсутня система опалення.

У технічній літературі наводяться різні варіанти можливого опалення кабін зазначених тракторів. Так, в деяких роботах пропонується підігрів повітря виконувати за рахунок теплоти, що отримується при дроселюванні масла гідросистеми трактора. До недоліків даної конструкції обігрівача, крім малої теплопродуктивності, слід віднести погіршення роботи гідропідсилювача керма і гідропідъемного механізму при нагріванні масла гідросистеми до 70-80°C, низький ККД, швидке старіння масла, підвищений шум і знос деталей гідросистеми, наявність в кабінці додаткових шлангів і вузлів, що знаходяться під високим тиском.

На невеликих тракторах передбачений окремий масляний насос, бак і спеціальне дросельний пристрій. Такий видозмінений обігрівач застосовується на тракторах Т-25А, теплопродуктивність його становить 1200 Вт при споживаній потужності 3 кВт.

Відома система опалення, в якій джерелом теплоти є масло картера двигуна. Такий опалювальний пристрій застосовується на автомобілях фірми Maqirus Deutz. Для підтримки нормальної температури в кабінах МЕЗ застосування даної системи доцільно в поєднанні з додатковим нагріванням масла теплом відпрацьованих газів двигуна або з додатковим обігрівачем, наприклад, на

автобусах фірми Maqirus Deutz. В іншому випадку зазначена система буде неефективна при роботі машин в зонах з зовнішньою температурою нижче мінус 5-10°C.

Іншим варіантом опалення кабін тракторів з двигунами повітряного охолодження є застосування автономного (полум'яного) обігрівача, що не залежить від роботи двигуна і має свою систему живлення паливом. Однак автономні опалювачі мають високу вартість і низький ККД і багато з них працюють на бензині. Великі габарити обігрівача, а також можливість попадання відпрацьованих газів не дозволяють встановлювати їх в кабінах тракторів, а установка поза кабіною знижує ККД обігрівача. Зазначені тут недоліки, а також ряд інших, свідчать про недоцільність установки даних опалювачів на МЕЗ.

Джерелом теплоти на тракторах з двигунами повітряного охолодження може служити також тепле повітря, що відводиться від ребристих циліндрів. Але через можливість наявності слідів масла, палива, їх випаровування, забруднення двигуна іншими речовинами, що відводиться від циліндрів повітря по загазованості перевищує санітарні норми в кілька разів, через що даний спосіб не може бути рекомендований для нагріву повітря в кабінах.

Серед інших типів опалювачів слід зазначити прості за конструкцією електрокалорифери. В деяких роботах пропонується пристрій, що містить електронагрівальні килимки, які можна розташовувати на підлозі кабіни або на сидінні водія, що дозволяють забезпечити локальний обігрів водія. Однак через відсутність на сучасних вітчизняних тракторах потужних електрогенераторів електричні обігрівачі не знайшли поки практичного застосування. Вони можуть бути використані на дизельно-електричних тракторах типу ДЗТ-250.

Успіхи, досягнуті в останні роки в області холодильної техніки, отримання напівпровідникових матеріалів і використання термоелектричного охолодження (обігріву) дозволили ряду організацій в нашій країні і багатьом фірмам зарубіжних країн (США, ФРН, Японії та ін.) Розробити кондиціонери,

призначені для установки на транспортних засобах з використанням термоелектричних батарей.

У деяких роботах для опалення кабін транспортних засобів пропонується використовувати парокомпресорну систему, а також турбодетандерні кондиціонери, кондиціонери, що використовують повітряну холодильну машину і пристрої, що працюють на базі вихрової трубки.

При безлічі переваг у зазначених систем охолодження є основний недолік – низький ККД, а також підвищена витрата електроенергії, висока вартість напівпровідникових матеріалів у одних, велика маса у інших і необхідність наявності потужного джерела стисненого повітря у третіх. Звідси випливає, що дані апарати в найближчому майбутньому не можуть бути використані для кондиціонування повітря в кабінах тракторів.

Аналіз патентної і технічної літератури дозволив виявити тенденцію до створення систем опалення кабін тракторів і інших МЕЗ, що використовують теплову енергію відпрацьованих газів двигуна. Інтерес до цього джерела тепла пояснюється тим, що для ДВЗ теплова енергія, яка виводиться відпрацьованими газами, становить 30-40%.

Найбільш складним питанням є вибір способу відбору теплоти від відпрацьованих газів. Найпростішим варіантом є обдування газовипускного тракту, укладеного в кожух повітрям, яке нагріваючись направляється в кабінку.

Серйозним недоліком, через який опалювачі даної конструкції не можуть бути застосовані на тракторах, є небезпека потрапляння відпрацьованих газів в кабінку в разі прогорання або розгерметизації стінок теплообмінника. Для усунення зазначеного недоліку пропонується застосовувати в якості проміжного теплоносія, який служить запобіжним середовищем, повітря або воду. Ряд таких конструкцій, запатентованих в США. Однак застосування в якості проміжного теплоносія води і особливо повітря різко погіршує процес тепловіддачі. Теплопродуктивність таких опалювальних пристроїв не може забезпечити нормальний температурний режим в кабіні.

В останні роки широке поширення в різних областях науки і техніки отримали теплові труби і термосифонного. Теплові труби і особливо теплові гравітаційні труби або термосифони, які значно простіше по будові, можуть бути використані і в опалювальних пристроях для відбору і передачі теплоти від відпрацьованих газів двигуна в кабінку транспортного засобу.

Є ряд патентів на опалювальні пристрої на базі теплових труб і термосифонів з використанням в якості джерела теплоти відпрацьованих газів двигуна.

Кілька варіантів опалювальних пристроїв на базі термосифонів було виготовлено на Харківському тракторному заводі. Опис конструкцій, принцип дії, основні технічні дані, отримані при лабораторних, стендових і дорожньо-польових випробуваннях, виявлені переваги і недоліки опалювачів приведені в багатьох роботах. Перешкодою до їх впровадження є ускладнення і збільшення ваги деталей газовідвідної системи двигуна.

У ХНТУСГ розроблено опалювальний пристрій калориферного типу з використанням теплоти відпрацьованих газів двигуна. Вони мають два теплообмінники, один з яких розташований у газопускному тракті двигуна, а інший – у кабінці мобільного засобу; насос для прокачування рідини через теплообмінники; розширювальну ємність і вентилятор.

На тракторах класу 9 кН, в даний час прийнятий до впровадження уніфікований охолоджувач ВТ-400, також передбачено систему опалення калориферного типу з використанням теплоти відпрацьованих газів. Такі вузли, як насос для подачі рідини, бак для теплоносія, вентилятор використовуються одночасно в режимах як охолодження так і опалення. Однак через ряд конструктивних недоробок вузлів даної системи опалення її застосування є недостатньо ефективним. Крім того нагрівачі, що використовуються в даній системі опалення та наявні в газовипускному тракті двигуна, погіршують паливно-економічні показники двигуна.

Вважаючи принцип роботи та спосіб відбору теплоти від відпрацьованих газів найбільш раціональним у порівнянні з іншими системами опалення, ми поставили за мету знайти технічні шляхи підвищення ефективності роботи калориферної системи опалення, що використовує теплоту відпрацьованих газів двигуна.

Висновки по розділу

Проводячи аналіз літературних джерел, можна зробити такі висновки.

1. Мікрокліматичні умови на багатьох сільськогосподарських тракторах та інших мобільних машинах не відповідають нормативним вимогам щодо температури повітря в кабіні. Більшість оператор МЕЗ працює в дискомфортних умовах, що є однією з причин великої плинності кадрів і зниження продуктивності праці.

2. Близько 80% транспортно-господарських робіт у сільському господарстві у зимовий час виконуються тракторами класу 6-14 кН, значну частину яких становлять трактори з двигунами повітряного охолодження.

3. Відповідно до вимог санітарних правил щодо влаштування тракторів та сільськогосподарських машин, трактори та інші МЕЗ повинні бути обладнані системою опалення, що забезпечує нормовану температуру повітря в кабіні. Проте майже всі трактори із двигунами повітряного охолодження такої системи не мають.

4. Аналіз пристроїв, рекомендованих для опалення кабін мобільних засобів з двигунами повітряного охолодження, показав доцільність використання теплоти відпрацьованих газів двигуна, у яких відбір теплоти проводиться за рахунок рідини, що прокачується через теплообмінник, який розташовується в газовипускному тракті двигуна.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом досліджень була калориферна система опалення для кабін МЕЗ з двигунами повітряного охолодження, що включає серійні та дослідні вузли, які окремо та комплексно випробовувалися на лабораторних установках, на моторному стенді та на тракторах класу 9 кН типу 60ТК, 30Т ТОВ «Укравтозапчастина» в агрегаті з причепом, тому що в холодну пору року зазначені трактори використовуються в основному на транспортних роботах.

При виборі параметрів системи опалення були враховані такі вимоги до неї. Площа нагрівачів рекомендується брати в межах 0,10-0,25 м², площа радіатора – 1,8-2,2 м². Вирішальне значення для інтенсифікації теплообміну надає швидкість обдування радіатора, при цьому кількість повітря, що проходить через нього, орієнтовно береться 0,04-0,12 м³/с. Для запобігання закипанню та утворенню парової фази теплоносія продуктивність насоса повинна бути не менше 0,04 кг/с. З метою акумулювання теплоти і згладжування коливань температури повітря в кабіні при зміні завантаження двигуна доцільно масу теплоносія в системі опалення мати в межах 13-15 кг.

Принципова схема розміщення основних вузлів системи опалення на тракторі представлена на рис. 2.1, що включає гідравлічно замкнуті між собою бак, насос, теплообмінник-нагрівач, розміщений в газовідвідному тракті двигуна, і теплообмінник-радіатор, встановлений в стельовій частині кабінки.

Такий вибір об'єкта був продиктований такими причинами. На ТОВ «Укравтозапчастина» було розроблено охолоджувач-опалювальник Д-120 (рис. 3.2), що є уніфікованим вузлом для тракторів класу 6-14 кН.

Охолоджувач прийнято до серійного виробництва і ТОВ «Укравтозапчастина» випускає частину тракторів із встановленням на них блоку охолоджувача Д-120.

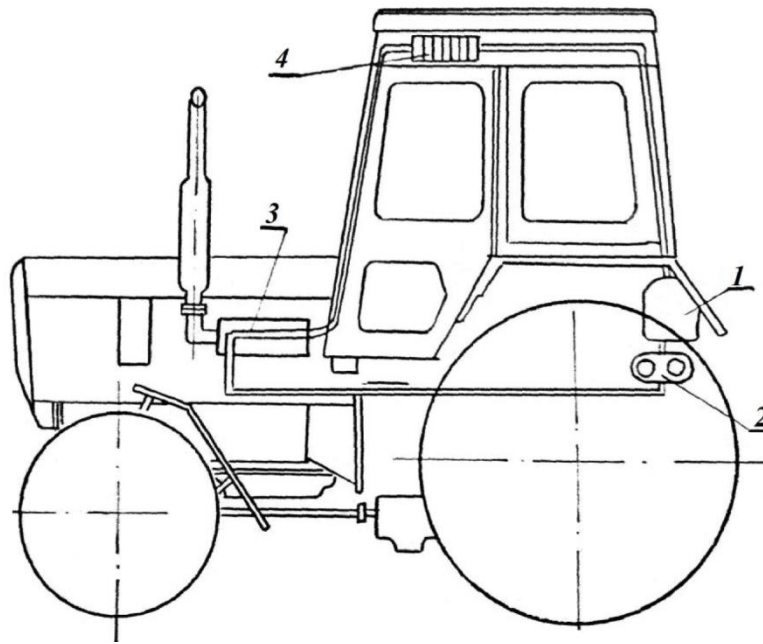


Рис. 2.1. Принципова схема розміщення вузлів системи опалення на тракторі 30ТК: 1 – бак; 2 – насос; 3 – нагрівач; 4 – радіатор

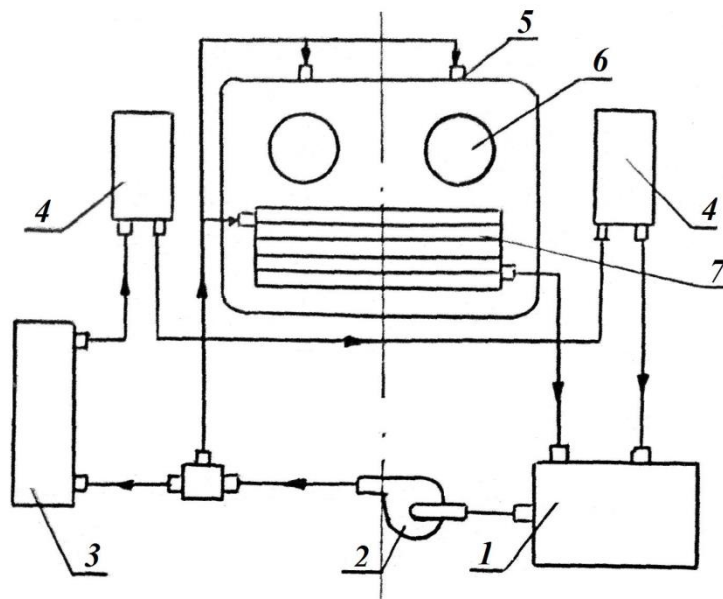


Рис. 2.2. Принципова схема охолоджувача-опалювача Д-120: 1 - бак; 2 – насос; 3 – нагрівач; 4 – радіатор; 5 – форсунки; 6 – вентилятори; 7 – випарний блок.

Однак система опалення не мала закінченого рішення через недосконалість ряду її вузлів і в першу чергу – нагрівача, який повинен забезпечувати необхідну

теплопровідність при мінімальному впливі його на паливно-економічні показники двигуна.

Дослідження були спрямовані на вдосконалення та виявлення найбільш раціональних конструкцій нагрівача. З цією метою було виконано ряд конструктивних варіантів нагрівачів, зіставлення яких за низкою критеріїв дозволило виявити оптимальні варіанти.

Початкова конструкція теплообмінного пристрою, була розміщена в глушнику двигуна. З цією метою в його корпусі замість шумопоглинаючого пристрою був змонтований теплообмінник, що є порожнистими плоскими вертикальними секціями, кожна з яких виконана з двох штампованих пластин, з'єднаних між собою по периметру зварюванням.

Для з'єднання між собою секцій в єдиний блок, а також підведення та відведення рідкого теплоносія, у верхній та нижній його частині використані порожнисті штуцери-болти з радіальними отворами. З боку входу відпрацьованих газів, перед теплообмінником розташована регульовальна заслінка, що дозволяє змінювати їх напрями по відношенню до нагрівальних пластин. Одночасно теплообмінник-нагрівач є іскрогасним і приглушуючим пристроєм відпрацьованих газів. Загальний вигляд трактора з нагрівачем-глушником та принципова схема глушника, поєднаного з нагрівачем (варіант 1), показано на рис. 2.3.

Нагрівач, суміщений з випускним колектором (варіант 2), також розроблений на кафедрі процесів машин і обладнання Поліського національного університету. Чотири нагрівальні елементи, пристрій яких аналогічно тим, що описані у варіанті 1, розташовані горизонтально в спеціальному корпусі, який кріпиться болтовим з'єднанням до корпусу колектора (рис. 2.4). У місці з'єднання двох корпусів стінка останнього вирізається.

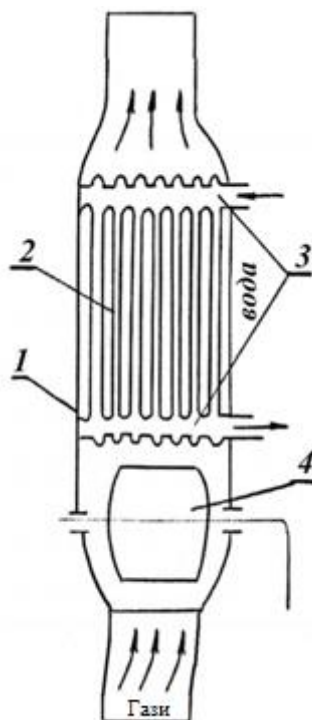


Рис. 2.3. Схема пристрою нагрівача, поєднаного з глушником: 1 – корпус глушника; 2 – нагрівальні елементи; 3 – штуцера для підведення та відведення теплоносія; 4 – регулювальна заслінка.

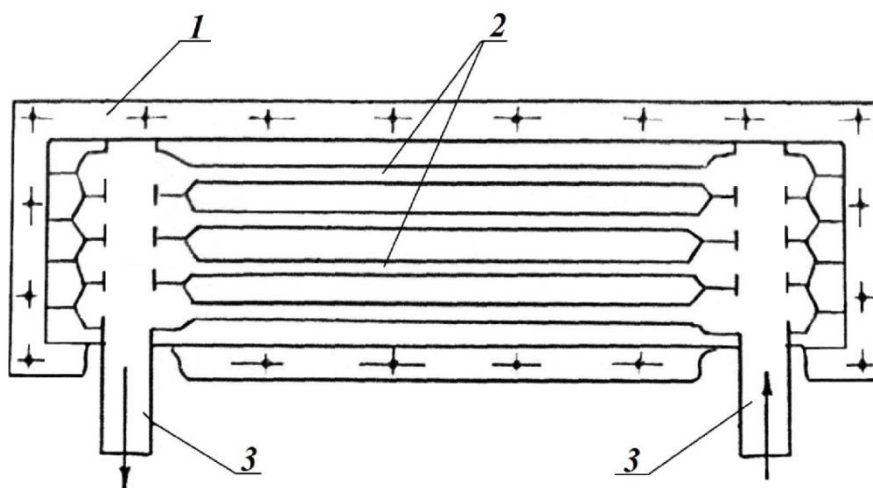


Рис. 2.4. Схема пристрою нагрівача: 1 – корпус глушника; 2 – нагрівальні елементи; 3 – штуцера для підведення та відведення теплоносіїв.

На рис. 2.5 показаний нагрівач (варіант 3), аналогічний по будові варіанту 2, у якого знижена маса за рахунок зменшення розміру нагрівальних пластин і корпусу.

Нагрівач (варіант 3а) має той же конструктивний пристрій і розміри, що і варіант 3, але в місці з'єднань корпусів нагрівача і колектора, стінка останнього не повністю вирізана, а виконана перфорованою.

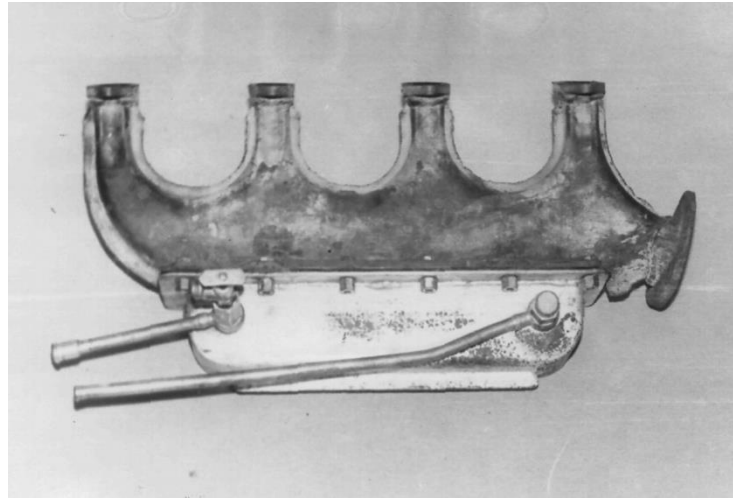


Рис. 2.5. Колектор-нагрівач (варіант 3).

На рис. 2.6 дано принциповий пристрій (варіант 4), розробленого та виготовленого у Поліському національному університеті м. Житомир. Нагрівальний елемент, виконаний з латунної трубки діаметром 10 мм, розміщується безпосередньо у видозміненій збільшувальній порожнині колектора. У разі необхідності нагрівальний елемент легко виймається з порожнини колектора разом з кришкою торця, на місце якої ставиться заглушка.

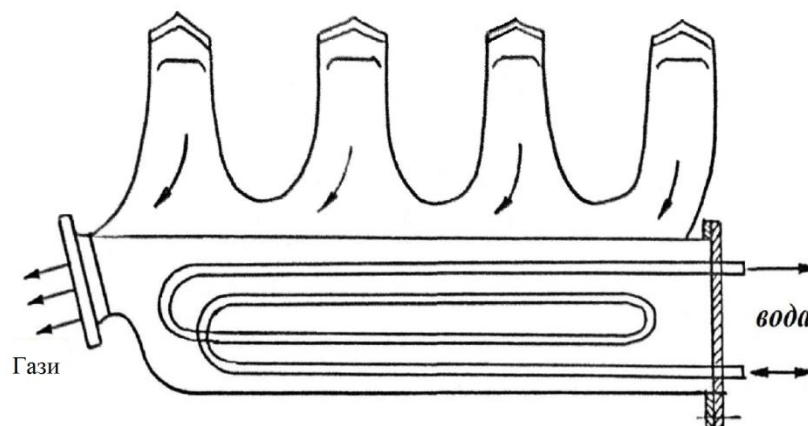


Рис. 2.6. Схема розміщення нагрівального елемента у колекторі.

На Харківському тракторному заводі за участю ВДАУ було розроблено та виготовлено теплообмінник на базі перехідного патрубка, розташованого між випускним колектором та глушником двигуна. Схема патрубка нагрівача

(варіант 5) та загальний вигляд його показані на рис. 2.7, 2.8. У середині патрубку 1 (рис. 2.7) розташована регулювальна заслінка 2, що має сім фіксованих положень за допомогою гребінки. При відкритому її положенні газ проходить по патрубку, міняючи нагрівач, при закритому – через вікно кожуха 4 направляються на нагрівальні елементи 3, що представляють три порожнисті горизонтальні пластини, і входять через інше вікно кожуха в патрубок, але вже за заслінкою.

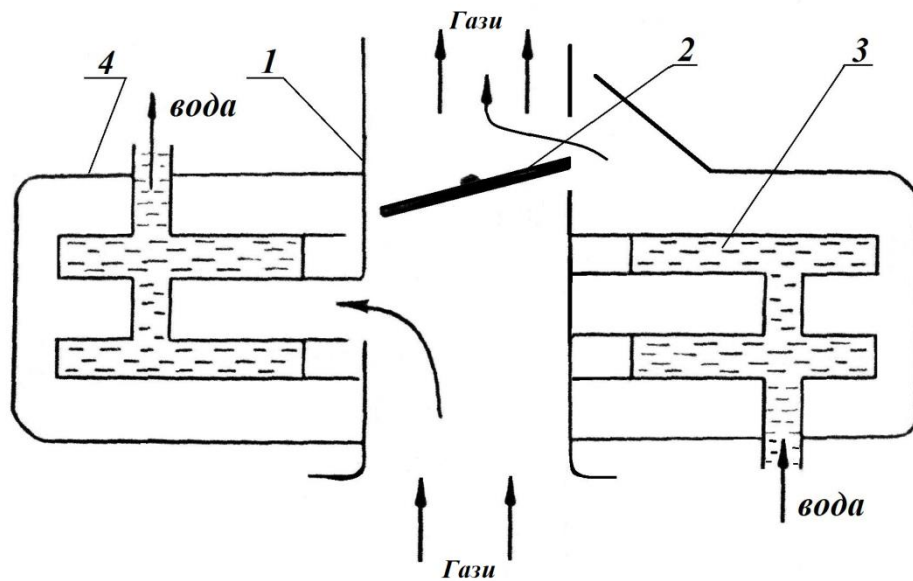


Рис. 2.7. Схема патрубко-нагрівача: 1 – патрубок; 2 – регулювальна заслінка; 3 – нагрівальні елементи; 4 – кожух



Рис. 2.8. Загальний вигляд патрубко-нагрівача.

Нагрівач ВМТЗ (варіант 6) показаний на рис. 2.9, 2.10, складається з циліндричного корпусу 1, всередині якого розміщений змійовик 2, виготовлений

зі сталеві трубки діаметром 10 мм. З боку входу відпрацьованих газів встановлений конусний розсікач 3. Конструкція нерозбірна і у випадку прогару змійовика необхідно змінювати весь вузол.

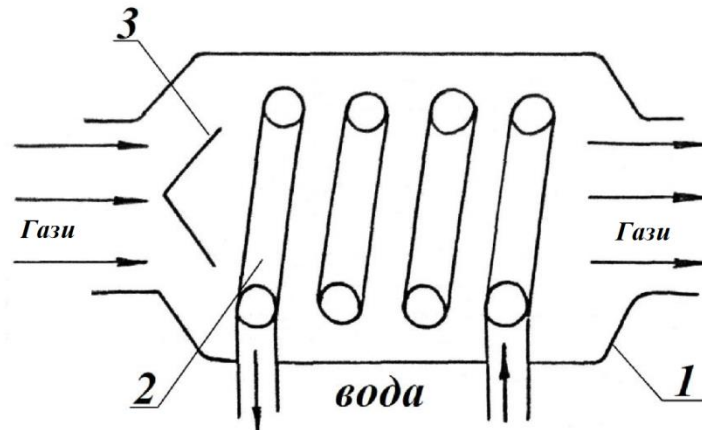


Рис. 2.9. Схема нагрівача ВМТЗ: 1 – корпус; 2 – нагрівальні елементи; 3 – розсікач.



Рис. 2.10. Загальний вигляд нагрівача ВМТЗ

У корпусі 1 нагрівача, розробленого у ВДАУ (варіант 7), представленого на рис. 2.11 і 2.12 є два канали: прямоточний 2 і байпасний 3.

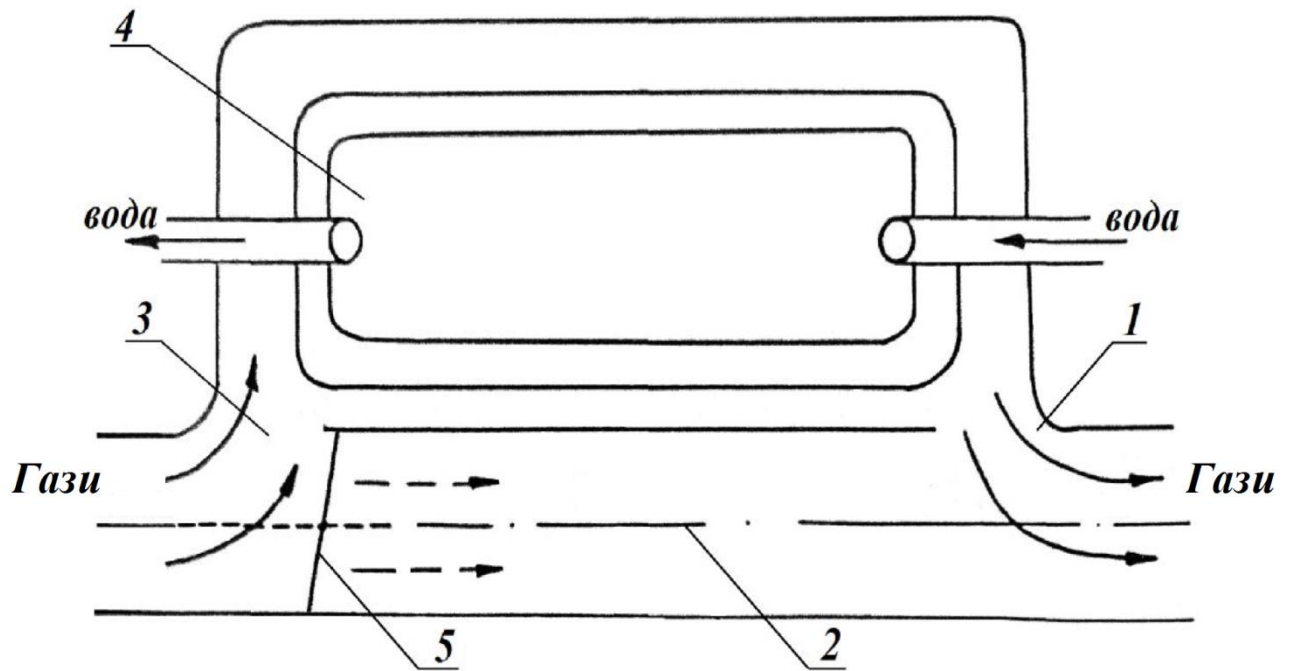


Рис. 2.11. Схема нагрівача ВДАУ-ТТЗ: 1 корпус; 2 – прямоточний канал; 3 – байпасний канал; 4 – пластинчасті нагрівальні елементи; 5 – регулювальна заслінка

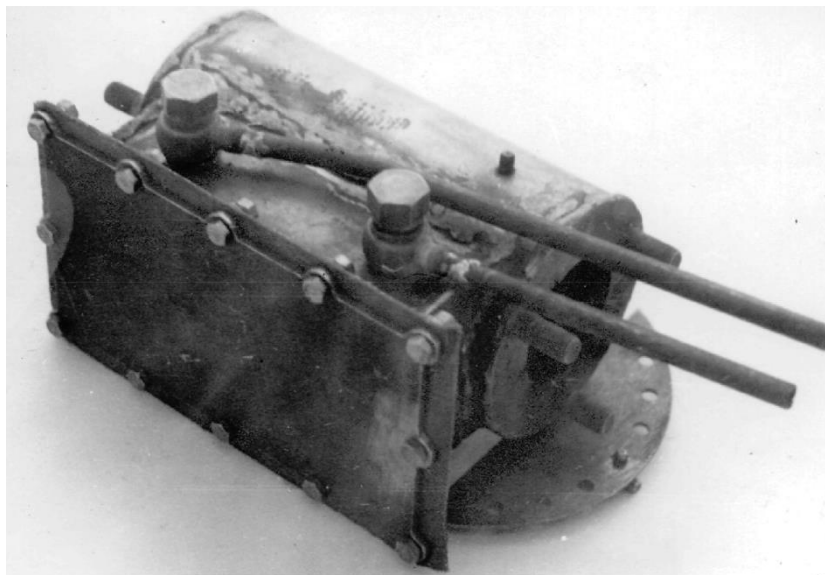


Рис. 2.12. Загальний вигляд нагрівача ВДАУ-ТТЗ

З вузлів системи опалення об'єктом дослідження були також радіатори. Випробувалися два варіанти конструкцій радіаторів, представлених на рис. 2.13 при різному розміщенні їх в блоці Д-120.

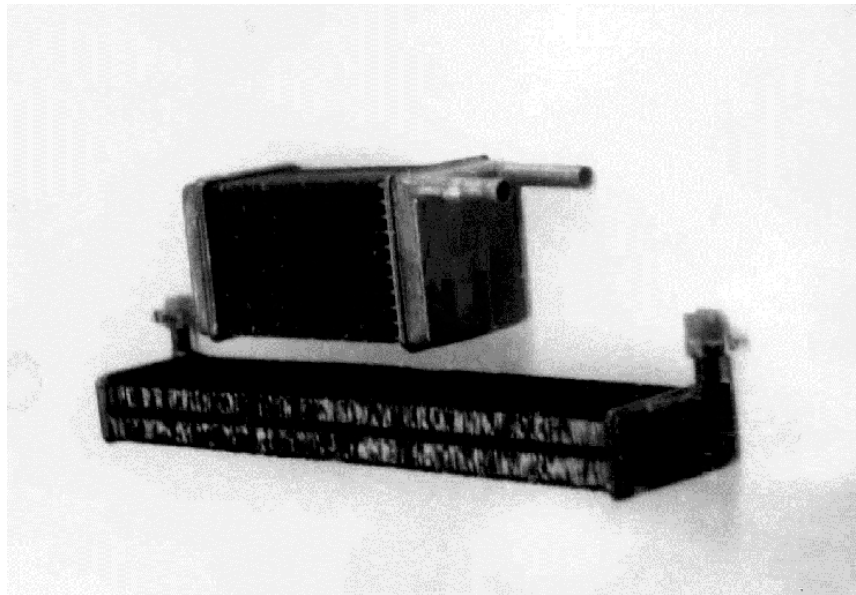


Рис. 2.13. Серійний та експериментальний радіатори

У серійному Д-120 забезпечення рециркуляції повітря не передбачено. Тому для проведення випробувань та оцінки ефективності системи опалення при рециркуляції частини повітря в бокових стінках дифузорів-повітрозабірників були зроблені вирізи (близько $1/3$ кола), через які надходило повітря у вентилятори кабіни, а самі повітрозабірники із зовнішнього боку кабіни перекривалися на відповідну величину заслінками.

Крім розглянутих вузлів, що входять до системи опалення, було проведено дослідження з двома варіантами конструкцій насосів, представлених на рис. 2.14.

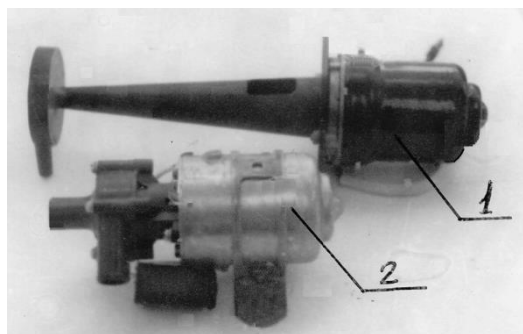


Рис. 2.14. Насоси системи опалення: 1 – серійний (Д-120); 2 – експериментальний.

Виходячи з програми досліджень, крім тракторів, обладнаних експериментальними системами опалення, використовувалися лабораторні (безмоторні) та моторні стенди.

Лабораторний стенд для випробування вузлів системи опалення (рис. 2.15) був виготовлений та змонтований у лабораторії кафедри Процесів, машин і обладнання.

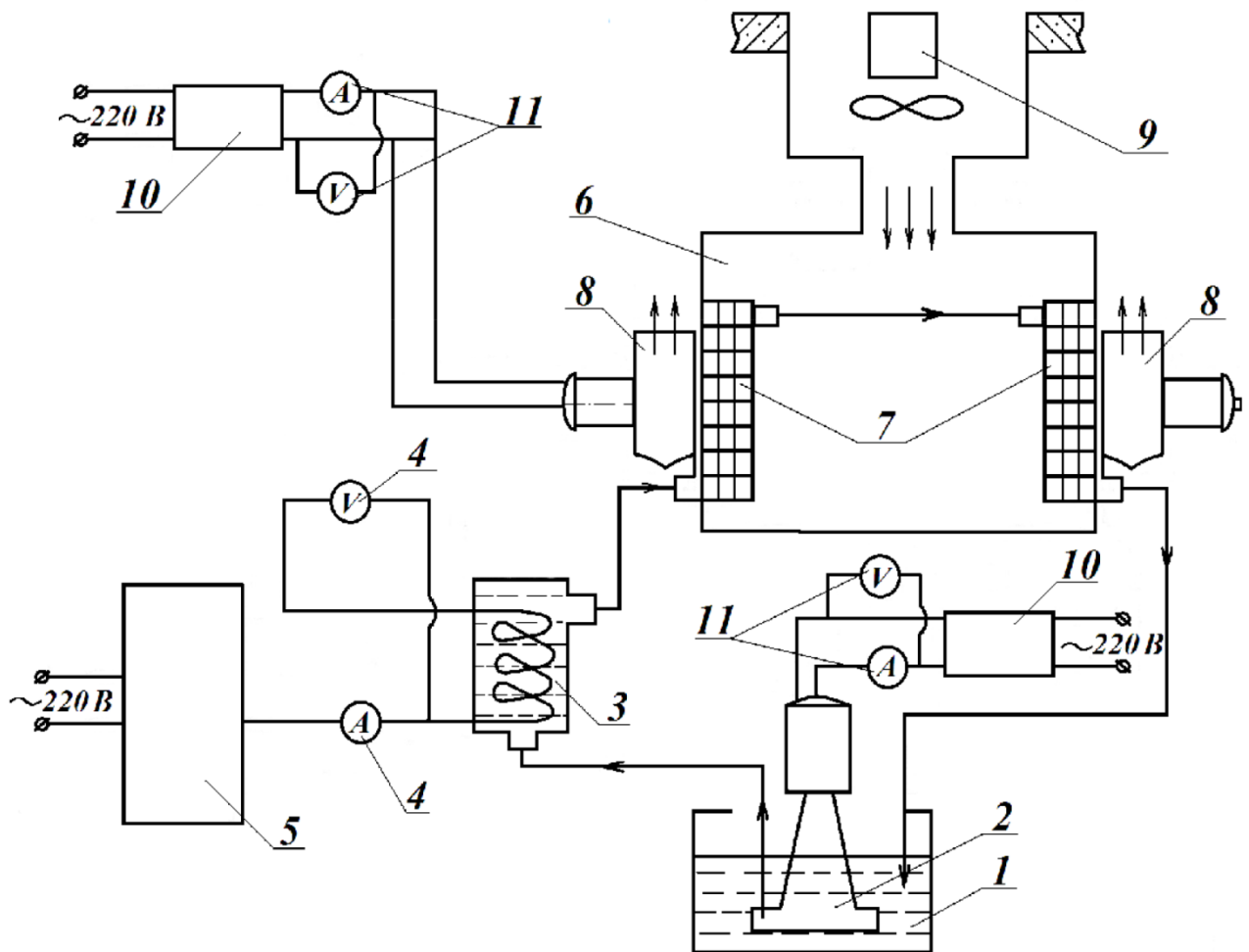


Рис. 2.15. Лабораторний стенд для випробування вузлів системи опалення: 1 – бак для рідини; 2 – занурювальний насос; 3 – ємність із нагрівальним елементом; 4 – прилади контролю за потужністю нагрівача; 5 – автотрансформатор; 6 – камера зовнішнього повітря; 7 – радіатор; 8 – електроventильатор; 9 – вентилятор для нагнітання зовнішнього повітря; 10 – понижуючі трансформатори-випрямлячі; 11 – прилади контролю електричних параметрів.

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи підбрано обладнання для проведення досліджень та розроблено лабораторний стенд для випробовування вузлів системи опалення мобільних енергетичних засобів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

З метою звуження пошуку заходів щодо підвищення ефективності системи опалення безпосередньо на тракторі необхідно було перевірити вплив основних конструктивних і режимних факторів системи та теплофізичні властивості теплоносіїв на вихідні параметри в лабораторних умовах.

Нижче наводяться основні результати експериментальних досліджень, отримані на лабораторній установці (рис. 2.15), які з урахуванням рекомендацій відомих теоретичних досліджень лягли в основу при розробці конструктивних параметрів системи опалення та визначенні основних видаткових та інших характеристик теплоносіїв.

Зміна теплопродуктивності установки від витрат повітря і теплоносія через радіатор показано на рис. 3.1.

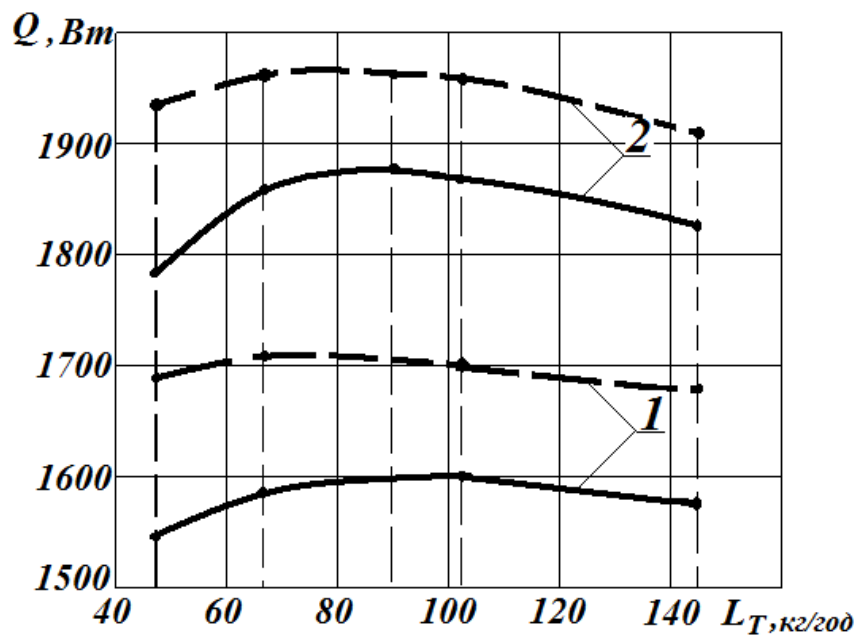


Рис. 3.1. Залежність теплопродуктивності установки від витрати теплоносія та повітря через радіатор: 1 та 2 – $L_g=144$ м³/год та 230 м³/год; _____ і ___ _ _ _ площа радіатора 1,4 м² та 2,8 м².

При збільшенні витрати теплоносія (води) з 45 до 145 кг/год збільшення теплопродуктивності установки отримано всього в межах 60-100 Вт, причому це

спостерігалось за різних витрат повітря через радіатор. Вищий вплив на зміну теплопродуктивності має витрата повітря через радіатор. Так, при зміні витрати повітря від 144 до 130 м³/год, збільшення теплопродуктивності установки склало 230-280 Вт.

Збільшення площі радіатора з 1,4 до 2,8 м² (один і два серійні радіатори) підвищило теплопродуктивність на всіх режимах випробувань у середньому лише на 100-150 Вт.

Збільшення витрати теплоносія понад 95 кг/год веде до зниження теплопродуктивності (рис. 3.1), оскільки спостерігається падіння температурного перепаду теплоносія (t_2-t_1) через обмежену потужність нагрівальних елементів установки.

Вплив температури, яка надходить в радіатор зовнішнього повітря на температуру повітря, що виходить з нього і теплопродуктивність установки відображено на рис. 3.2.

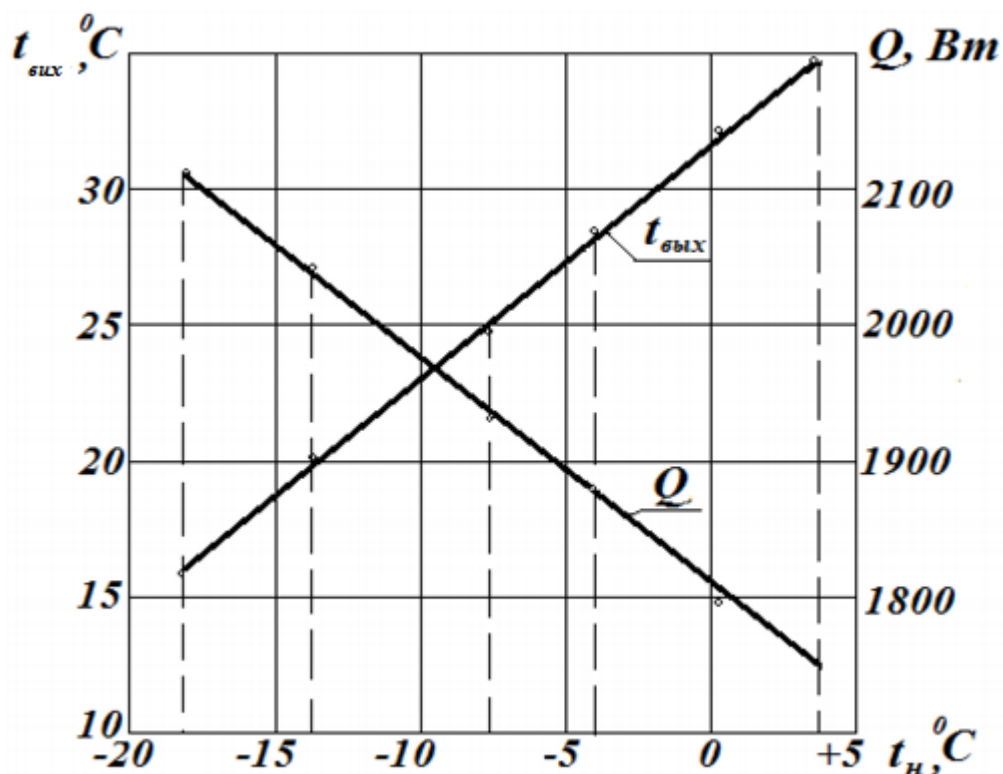


Рис. 3.2. Залежність теплопродуктивності установки та температури нагрітого повітря від зовнішньої температури

Зміна зовнішнього повітря від $+4$ до -18 ° С збільшило теплопродуктивність в межах 1750-2170 Вт. Як видно із рис. 3.2, зниження температури, яка надходить в радіатор повітря призводить до підвищення його температурного перепаду і при достатній потужності обігрівача збільшує його теплопродуктивність, причому зміна відбувається по лінійній залежності.

Час досягнення максимальної теплопродуктивності установки (час стабілізації температурних параметрів) залежить від маси та виду теплоносія, що застосовується у системі опалення. При кількості теплоносія (води) в баку 6 кг час досягнення граничної температури води в баку на вході і виході з радіатора, а також повітря на виході з радіатора становило 21 хв., а при 15 кг - збільшувалося до 33 хв.

Застосування в системі опалення замість води антифризу марки Тосол А-40 за практично однакового часу прогріву збільшило теплопродуктивність у середньому на 100 Вт.

Дослідженнями, проведеними з вузлами системи опалення на лабораторній установці, отримані наступні результати:

- збільшення кількості теплоносія з 45 до 145 кг/год, що прокачується по вузлах установки, підвищує теплопродуктивність всього лише на 4-5%;
- зміна кількості повітря, що проходить через радіатор, з 144 до 230 м³/год покращило теплопродуктивність установки на 15-18%;
- збільшення площі радіатора з 1,4 до 2,8 м² підвищує теплопродуктивність всього лише на 6-8%;
- теплопродуктивність установки знаходиться в прямій залежності від температури зовнішнього повітря, що поступає в радіатор;
- при збільшенні маси теплоносія у баку установки з 6 до 15 кг час стабілізації температурних параметрів збільшується відповідно з 21 до 35 хв;
- суттєвих змін у температурних параметрах установки при використанні як теплоносії антифризу замість води не виявлено.

Вищевикладені результати підтверджують висновки відомих теоретичних досліджень у характері та кількісній стороні зміни параметрів системи опалення.

Одним з критеріїв, що впливають на вибір конструкції нагрівального пристрою для системи опалення є опір руху відпрацьованих газів.

Визначення опору вузлів газовідвідного тракту двигуна з нагрівачем без нього при різних конструктивних варіантах його виконання проводилося на лабораторному стенді (рис. 2.15).

При визначенні опору нагрівача, розташованого в глушнику, виявилось, що воно нижче, ніж у серійного глушника на 25-30%. В абсолютних величинах при витраті повітря від 50 до 180 м³/год (що відповідає кількості відпрацьованих газів двигуна Д-144 при роботі трактора із середнім навантаженням) опір серійного глушника змінюється від 30 до 380, а глушника-нагрівача із закритою заслінкою – від 20 до 284 мм вод. ст. Пояснюється це тим, що більша частина елемента, призначеного для глушіння шуму і є основним джерелом опору, була видалена і на місці його розташований нагрівальний пристрій з меншим опором.

Результати, отримані при визначенні опору серійного випускного колектора і колектора, суміщеного послідовно з нагрівачами різних варіантів, представлені на рис. 3.3.

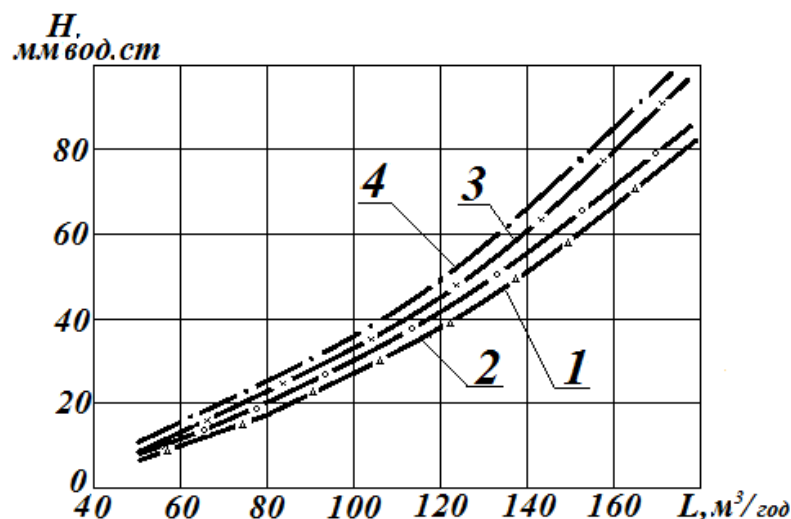


Рис. 3.3. Залежність опору випускних колекторів від витрати повітря в них: 1 – серійний колектор; 2 – колектор-нагрівач № 3а; 3 – колектор-нагрівач № 3; 4 – колектор-нагрівач № 2

Опір серійного колектора знаходиться в інтервалі 5-80 мм вод. ст. Найбільший опір має нагрівач варіанта 2, яке за тих же витратах повітря змінювалося від 8 до 104 мм вод. ст. Опір нагрівачів № 3 та № 4 практично однаковий – у межах 7-94 мм вод. ст. Близький до серійного колектора (6-88 мм вод. ст.) опір нагрівача (варіант 3а), у якого наявність перфорованої стінки між двома корпусами (колектором і нагрівачем) дозволило зменшити до мінімуму вплив нагрівача на опір.

Зміна опору нагрівачів, виконаних відокремленими вузлами (варіант 6 і 7) від витрати повітря, що проходить через них, представлено на рис. 3.4. Опір першого знаходиться в діапазоні 10-190 мм вод. ст., а для другого при закритій та відкритій регулювальній заслінці – відповідно 14-183 та 8-114 мм вод. ст.

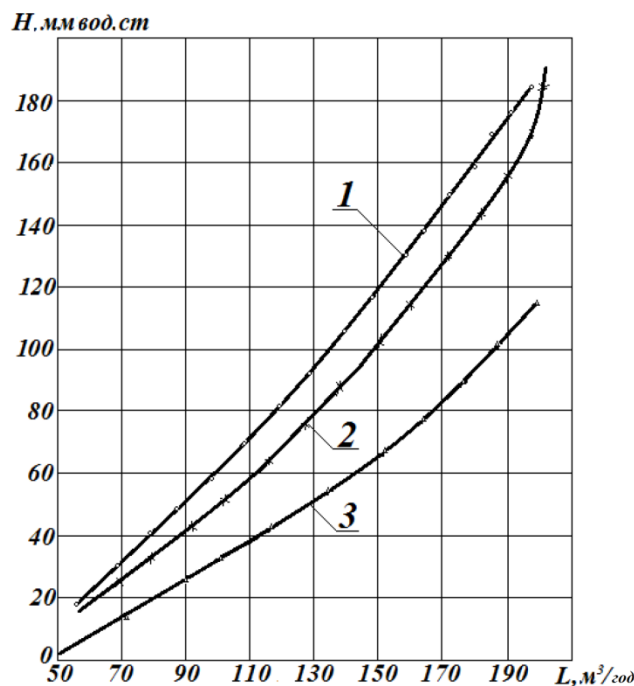


Рис. 3.4. Залежність опору нагрівачів від витрати повітря них: 1 – варіант 7, заслінка закрита; 2 – варіант 6; 3 – варіант 7, заслінка відкрита

В цілому дослідженнями з виявлення впливу опору, що надається різними нагрівачами на газовідвідний тракт двигуна, встановлено наступне:

- нагрівач, суміщений з глушником, має опір на 25-30% менше, ніж у серійного нагрівача;

- найменший опір у нагрівачів, суміщених з колекторами, має варіант 3а, у якого при максимальній витраті повітря перевищення опору по відношенню до серійного колектора склало 10%, тоді як у нагрівача за варіантом 2 це перевищення дорівнює 30%;

- для нагрівачів, виконаних окремими вузлами, опір по всьому діапазону витрати повітря практично однаковий, проте при відкритій заслінці у нагрівача варіанта 7 опір на 40-60% нижче, що свідчить про більш раціональну його конструкцію.

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень авторами монографії удосконалена система опалення Д-120. Розроблено та виготовлено більш досконалі нагрівачі (варіант 3а та 7). Замість двох серійних радіаторів із загальною площею теплоснімання 2,8 м² був розроблений та виготовлений один експериментальний з іншою схемою розміщення його в блоці та збільшеною швидкістю подачі повітря через радіатор. Крім того, передбачено пристрій для рециркуляції повітря.

З даними досліджень видно, що перепад температур теплоносія на вході і виході з радіатора і теплопродуктивність експериментального радіатора в середньому в 2-3 рази вище, ніж у серійного варіанту. Середній темп нагрівання повітря в кабіні та граничний рівень температури також вищий у порівнянні з серійним варіантом приблизно в 1,5 рази (див. рис. 3.5).

Підвищення ефективності системи опалення з експериментальним радіатором можна пояснити зменшенням опору прокачування повітря вентиляторами, що дозволило збільшити на 65% швидкість і кількість повітря, що проходить через нього. Враховуючи, що коефіцієнт тепловіддачі від рідини до стінки трубки радіатора практично на два порядки вище, ніж від поверхні радіатора до повітря, першорядний вплив на теплообмін має швидкість обдування радіатора повітрям.

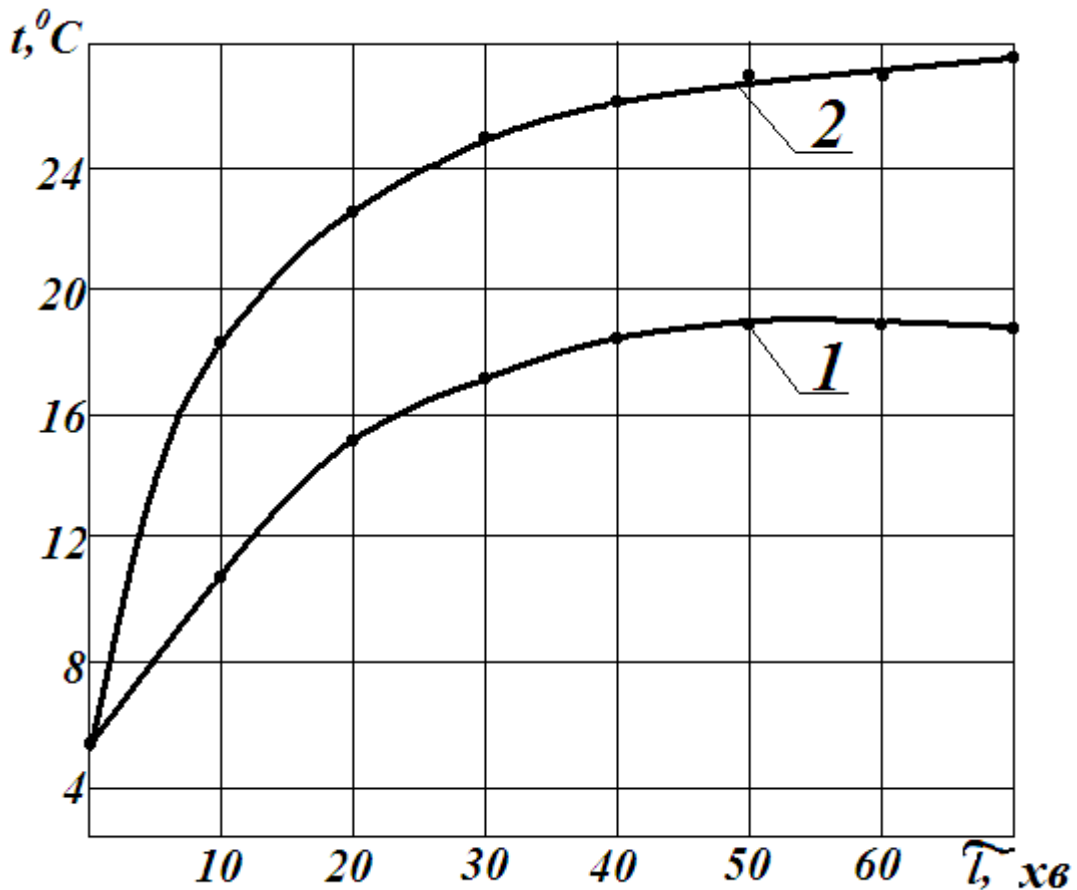


Рис. 3.5. Наростання середньої температури повітря за часом: 1 – два радіатори; серійний варіант; 2 – один радіатор, досвідчений варіант

При застосуванні експериментального радіатора з його новим компонованням у блоці Д-120 швидкість повітря на виході з нього дорівнює 1,5-2 м / с, що дозволяє привести температурний перепад повітря по висоті кабіни до необхідного санітарними нормами рівня.

Висновки по розділу

Таким чином, були створені більш раціональні конструкції нагрівачів, ніж у серійній системі опалення.

При суміщенні нагрівача з колектором кращою є полегшена конструкція з перфорованими ґратами між корпусами колектора та нагрівача (варіант 3а). У разі виконання нагрівача окремим вузлом найбільш раціональним є варіант 7,

який має достатню, регульовану в широких межах (1320-7330 Вт) теплопровідність. Даний нагрівач несутево впливає на паливно-економічні показники двигуна навіть при роботі його з максимальним навантаженням, надійний в експлуатації і не вимагає видозміни серійних вузлів і деталей двигуна.

ВИСНОВКИ

Для сільськогосподарських тракторів класу 6-14 кН з двигунами повітряного охолодження, що мають кабіни об'ємом до 3 м³, розроблена вдосконалена система опалення з використанням теплоти відпрацьованих газів двигуна, що включає нагрівач і радіатор нових конструкцій з більш раціональним розміщенням останнього, ніж в серійному ВТ-400, а також пристрій, що забезпечувало рециркуляцію повітря кабіни і модернізований насос. При цьому найбільший ефект від системи опалення забезпечується, якщо виконуються такі умови:

- площа теплосприймаючої поверхні нагрівача повинна знаходитися в межах 0,10-0,25 м², а теплопродуктивність обігрівача – 1500-3000 Вт;
- швидкість обдування радіатора повітрям, що істотно впливає на теплопродуктивність і температурний рівень повітря в кабіні, повинна бути не менше 1,5 м/с, а кількість його в інтервалі 0,05-0,12 м³/с;
- продуктивність насоса в межах 0,03-0,06 кг/с не впливає на температурний рівень повітря в кабіні, проте для попередження закипання теплоносія необхідно, щоб це значення було не менше 0,04 кг/с;
- площа радіатора має бути в межах 1,8-2,2 м², причому переважно розміщення його в стельовій частині з верхньою роздачею теплого повітря;
- маса теплоносія в системі опалення мати в межах 13-15 кг.

Результати експериментальних досліджень показали, що у кабіні трактора, обладнаного вдосконаленою системою опалення, параметри мікроклімату відповідають санітарним нормам, передбаченим ДСТУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дацюк Л.М., Вржещ М.В. Трактори і автомобілі. Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2017. 236 с.
2. Саєнко А.В. Трактори і автомобілі. Частина 1: Конструкція тракторів і автомобілів. Суми: СНАУ, 2012. 549 с.
3. Кубіч В.І., Коробочка О. М, Чернета О.Г. Питання експлуатації машин в законодавчих та нормативних актах. Автомобілі і трактори. Кам'янське: Дніпровський державний технічний університет (ДДТУ); Запорізький національний технічний університет (ЗНТУ), 2018. 230 с.
4. Головчук А.Ф. Трактори. Київ. 2008. 169 с.
5. Гуцаленко О.В., П'ясецький А.А. Техніко - експлуатаційні характеристики тракторів сільськогосподарського виробництва. Вінниця: ВНАУ, 2013 187с.
6. Михайлов М.В., Гусева С.В. Микроклимат в кабинах мобильных машин. Москва : Машиностроение, 1977. 230 с.
7. Михайлов В.А., Шарипова Н.Н. Средства нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах тракторов. Москва, МГТУ "МАМИ", 2002 90 с.
8. Илинич И.М., Никонов В.В., Кальченко Б.И. Расчет, проектирование и испытание кабин тракторов. Москва : Агропромиздат, 1989. 213 с.
9. Daly Steven. Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2006. 382 p.
10. Кокорин, О.Я. Установки кондиционирования воздуха Москва : Машиностроение, 1978. 264 с.
11. Устинов А.С., Савин И.К. Анализ теплового режима кабины транспортного средства. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. 91 с.
12. Хохряков, В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. Москва : Машиностроение, 1987. 150 с.

13. Захаров Е.А., Лютин К.И., Федянов Е.А. Автомобильные климатические установки. Волгоград, 2013. 95 с.

14. Куравец И.Б. Экологичные системы микроклимата в кабинах мобильных энергетических средств. Воронеж : ВГАУ, 2015. 271 с.