НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Тракторів і автомобілів
(назва кафедри)

_____ Калінін Є.І.
(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Покращення умов роботи механізатора при запуску двигуна трактора за низьких температур»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор _____ Братішко В.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

д.т.н., професор _____ Степанов О.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Кузьмін Владислав Юрійович
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
тракторів і автомобілів та
д.т.н., проф. _____ **Калінін Є.І.**
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПІБ)
«_____» _____2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту

Кузьміну Владиславу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра на тему «ПОКРАЩЕННЯ УМОВ РОБОТИ МЕХАНІЗАТОРА ПРИ ЗАПУСКУ ДВИГУНА ТРАКТОРА ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР»
затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026р. №510 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру: 01.05.2026
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: Аналіз умов забезпечення безпеки запуску двигуна в зимових умовах

Перелік питань які потрібно розробити
Вступ
1 Аналіз питання та постановка завдання дослідження
2. Методика аналізу виробничого травматизму, пов'язаного із запуском двигуна
3. Річний економічний ефект запропонованого проекту
4. Охорона праці та техніка безпеки під час експлуатації тракторів
Висновки

Перелік графічного матеріалу: Вступ. Стан питання та аналіз існуючих досліджень.. Запропоноване технічне рішення. Висновки

Дата видачі завдання «23» лютого 2026 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____ Степанов О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Кузьмін В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Основна частина дипломного проекту викладена на 60 сторінках пояснювальної записки і 12 слайдів презентації, ілюстрована 15 рисунками.

Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури.

Тема дипломного проєкту: «Покращення умов роботи механізатора при запуску двигуна трактора за низьких температур».

У ході виконання дипломного проєкту виявлено, що однією з основних причин нещасних випадків при запуску двигуна є умови та охорона праці що не відповідають нормативним вимогам. Щорічно відбувається 45 нещасних випадків при запуску двигуна, у тому числі 15-20 у холодне пору року. Однією з причин є тривалий запуск двигуна, а також застосування небезпечних способів та засобів підігріву двигуна.

Встановлено, що при зниженні температури від +15°С до -20°С, ймовірність появи нещасного випадку збільшується у 8 разів. Це пов'язані з збільшенням часу дії небезпеки, тобто. збільшення часу запуск двигуна.

Обґрунтовано допустимі за умовами безпеки параметри та режими роботи запропонованої системи запуску Для розігріву дизельного олії об'ємом V=9л до мінімально допустимої температури 30°С достатньо 5 дисків із 4 лопатями, загальною площею S=219860 мм² і частотою обертання дисків, що дорівнює n=2100 об/хв, що забезпечує розігрів олії від -18 ° С до +30 ° С за 5,5 хвилин.

Річний економічний ефект від застосування установки на 20 тракторів склав 995575грн

Ключові слова: трактор; олива; дизельне паливо; двигун; колінчатий вал; кривошипно-шатунний механізм

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ 6

1.1 Аналіз умов забезпечення безпеки запуску двигуна в зимових умовах 6

1.2 Фактори, що впливають на вибір режиму передпускового та підігріву двигунів 10

1.3 Обґрунтування підігріву мастильної системи двигуна 11

1.4. Опис параметрів розігріву оливи 16

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ 22

2.1 Методика аналізу виробничого травматизму, пов'язаного із запуском двигуна 22

2.2 Методика обґрунтування допустимих за умовами безпеки параметрів і режимів роботи пропонованої системи передпускового нагрівання дизельного палива при низьких температурах 24

2.3 Аналіз пропонованої системи нагрівання дизельного масла 36

3.РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПРОЕКТУ 49

3.1 Розрахунок матеріальних збитків від виробничого травматизму 49

3.2 Капітальні вкладення 50

3.3 Річний економічний ефект запропонованого проекту 51

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ 52

4.1. Фактори, що впливають на безпеку праці на тракторах 52

4.2. Правила безпечної праці на тракторах 56

Висновки 59

Література 60

ВСТУП

Загальновідомо, що запуск двигунів у холодну пору року є складнішим і трудомісткішим. Для поліпшення показників запуску двигунів за низьких температур існує понад 200 виключно іноземних патентів.

Велика кількість різноманітних винаходів і досліджень є також і в Україні, що свідчить про складність вирішення цього питання.

За кількістю травм зі смертельними та інвалідними наслідками, а також із тимчасовою втратою працездатності, механізатори посідають одне з перших місць серед працівників сільськогосподарського виробництва. Однією з багатьох причин, які призводять до виникнення небезпечних ситуацій, є запуск дизельного двигуна. З загальної кількості нещасних випадків, на операцію підготовки до запуску та запуску двигуна припадає від 20% до 40% випадків.

Найбільш небезпечним є запуск двигуна в холодну пору року, яка становить від 130 до 180 днів на рік. За аналізований період під час підготовки та запуску двигуна постраждало 130 осіб лише в Черкаській області. З них 108 отримали важкі травми та 22 — зі смертельним результатом.

Іншим несприятливим фактором підготовки до запуску дизельного двигуна в холодну пору року є сам процес запуску, який призводить до втрати чистого робочого часу до 1,5... 1,8 години за зміну.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1 Аналіз умов забезпечення безпеки запуску двигуна в зимових умовах

Взимку значно складніше запустити двигун, особливо дизельний.

Це пояснюється зниженою температурою повітря, що засмоктується в циліндри, зниженим тиском наприкінці стиснення, а також ослабленням електричної іскри в карбюраторних та інжекторних двигунах.

Зниження температури повітря відбувається через витік суміші або повітря внаслідок низької частоти обертання колінчастого вала, а також у результаті інтенсивної тепловіддачі через поверхню камери стиснення.

При зниженій температурі повітря в'язкість масла збільшується і час одного оберту колінчастого вала при запуску двигуна зростає.

Наприклад, при зниженні температури повітря від +20°С до -20°С крутний момент, необхідний для провертання колінчастого вала, зростає в середньому в 4 рази. Значне збільшення в'язкості масла холодного двигуна спричиняє підвищений знос усіх його деталей і механізмів.

При низькій температурі, в процесі згоряння суміші, утворюються молисті та окислюючі речовини. Вони сприяють сильному утворенню нагару, виникненню корозії та швидкому зносу циліндрів, поршнів і поршневих кілець. У результаті цього знижується потужність двигуна, зависають клапани та відбувається заклинювання поршнів. На охолоджених стінках циліндра конденсується паливо, яке змиває шар мастила з дзеркал циліндрів і ще більше посилює механічний знос та корозійні процеси.

Зношення під час запуску та прогрівання двигуна пов’язані з корозією. Особливу роль відіграє корозія робочої поверхні гільзи, що утворилася після простою двигуна. Навіть після нетривалого простою на робочій поверхні гільзи видно відбитки поршневих кілець — сліди корозії, що викликають інтенсифікацію процесу зношування під час запуску двигуна.

Інтенсивний знос циліндро-поршневої групи під час запуску — прогрівання двигуна може бути викликаний недостатнім надходженням масла при зниженій та негативній температурі. Період роботи деталей в умовах недостатнього змащування збільшується зі зниженням температури масла.

Усі перераховані вище причини призводять до збільшення часу запуску двигуна в холодну пору року.

Питання, присвячені вивченню пускових якостей двигунів, були і залишаються одними з головних у проблемі зимової експлуатації машин. При цьому особливе місце повинні займати дослідження з обґрунтування пускових температурних меж вузлів і систем двигуна. Немає особливої необхідності довести, що існуючі тимчасові вимоги до системи запуску двигунів потребують перегляду та уточнення.

За результатами дослідження температурного режиму системи змащення двигуна СМД-14 було доведено, наприклад, що запуск двигуна доцільно здійснювати при температурі масла +20 (М-8) або +30 (М-10), а не при +50, як зазначено в тимчасових вимогах.

Для полегшення запуску двигунів розроблено та рекомендуються різні засоби та способи (передпусковий розігрів, розрідження масла, застосування легкозаймистих сумішей тощо). Однак застосування того чи іншого способу є вигідним за певних умов. Питання обґрунтування цих умов потребують окремого дослідження.

Розробка способів полегшення запуску та підвищення надійності розвивається за такими напрямками: холодний запуск двигуна за допомогою пускових рідин; запуск двигуна з попереднім нагріванням.

У кожному з напрямків є свої переваги та недоліки. На практиці частіше за інші застосовують такі способи підготовки та запуску двигунів:

1. Підігрів двигуна в міжзмінний час або розігрів перед запуском за допомогою різних пристосувань і пристроїв індивідуального та групового призначення.

2. Запуск холодного двигуна без попереднього його розігріву за рахунок комплексного застосування мастил зимових сортів або розрідження мастил літніх і зимових сортів та способів, що забезпечують займання робочої суміші при низьких температурах повітря та малій частоті обертання колінчастого вала двигуна (застосування легкозаймистих сумішей або спеціальних пускових палив, підігріву повітря, що всмоктується в циліндри, свічок розжарювання).

Застосування малов'язких загущених або розріджених олив приваблює тим, що покращує прокачуваність олив і скорочує удвічі-втричі час, необхідний для приведення двигунів у робочий стан.

Тому двигун, що працює на малов’язких оливах, може зазнавати більших втрат у основних режимах навантаження. Це відбувається через те, що менш в’язка олива гірше захищає поверхні тертя від зчеплення, легше змивається, а двигун є більш чутливим до перегріву. Є припущення, що застосування малов'язких масел особливо небажане для зношених двигунів.

Існує ще один напрямок вирішення проблеми холодного запуску двигуна, це будівництво опалювальних гаражів.

Поширенню цього способу в основному перешкоджають великі капіталовкладення та великі трудовитрати. Необхідно зазначити, що й цей спосіб не позбавлений недоліків: як правило, велика загазованість приміщень, вогкість, велика витрата тепла для обігріву приміщення. Крім того, приміщення практично необхідне лише на період запуску двигуна, причому тільки в зимовий час. Для технічного обслуговування, усунення несправностей та інших робіт є спеціальні приміщення. Міжзмінне зберігання на відкритих майданчиках ускладнює обслуговування лише в період запуску. Постановка на зберігання та маневрування на відкритому майданчику виконується набагато простіше.

Тому основним елементом щозмінного обслуговування двигуна взимку залишається передпускова теплова підготовка.

Передпусковий підігрів проводиться на практиці, головним чином, з метою полегшення запуску двигуна. Також він позитивно впливає на інші експлуатаційні показники — зокрема зменшується знос деталей двигуна, що труться. Крім того, під час передпускового прогрівання деталі двигуна не зношуються, оскільки він не працює.

1.2 Фактори, що впливають на вибір режиму передпускового та підігріву двигунів

На передпусковий підігрів двигуна впливають такі фактори: виробничі витрати праці та коштів, витрати часу, людський фактор тощо. Мета застосування передпускових підігрівачів — скорочення вищезазначених витрат. Скоротити ці витрати можна шляхом правильного вибору режиму передпускового підігріву.

Однією з причин збільшення виробничих витрат є збільшення часу запуску-прогрівання двигуна. Втрати робочого часу при відкритому зберіганні в холодну пору року в 0,5 - 1,5 рази більші, ніж у теплу, і становлять іноді 1,5 - 1,8 години за зміну. Збільшення часу запуску двигуна призводить до збільшення часу дії небезпеки, яка може призвести до травматичної ситуації.

Наразі існує такий фактор, який може значно вплинути на вибір режиму передпускового прогрівання. Цей фактор можна виокремити з особливостей роботи сільськогосподарських підприємств. Трактори виходять на роботу не одночасно, а з певною затримкою. Також і час прибуття строго не визначений. Така ж несинхронність спостерігається і в підготовці тракторів до роботи.

Неодночасність початку роботи машино-тракторного парку вказує на можливість застосування засобів передпускового підігріву для почергового обслуговування двигунів.

У сільському господарстві спостерігається така ж ситуація. Ненапружений зимовий період характерний тим, що не всі трактори можуть бути задіяні щодня. Це також вказує на доцільність застосування індивідуального методу передпускового підігріву двигуна.

Таким чином, при обґрунтуванні режимів розігріву двигунів, доцільно враховувати такі фактори: кількість обслуговуваних тракторів, їх нерівномірність підготовки до роботи, кількість обслуговуючого персоналу, тривалість зимового періоду та термін використання засобів передпускового підігріву.

1.3. Обґрунтування підігріву мастильної системи двигуна

Трактори, що постачаються у сільське господарство, недостатньо пристосовані до роботи в холодну пору року. Їхні двигуни не мають засобів, що полегшують експлуатацію в умовах низької температури зовнішнього повітря. На додаток до цього сорти мастил, що застосовуються у виробництві, нерідко мають незадовільні в'язкісно температурні характеристики, що значно ускладнює застосування цих мастил при низькій температурі навколишнього повітря. Разом з тим підвищення надійності та економічності двигунів в експлуатації в значній мірі пов'язане з удосконаленням мастильних матеріалів та методів їх застосування. У практиці експлуатації найбільш широке Широкого поширення набув метод полегшення запуску двигуна, заснований на його тепловому підігріві. Однак при цьому більша увага приділяється розігріву блоку двигуна, ніж системі змащення.

Система змащення є однією з головних частин двигуна, яка відповідає за швидкий пуск двигуна. Непідготовлена система змащення до пуску двигуна в холодну пору не забезпечує необхідного зниження тертя через підвищену в'язкість масла, ускладнює прокачування масла по системі, збільшується час пуску – прогріву двигуна.

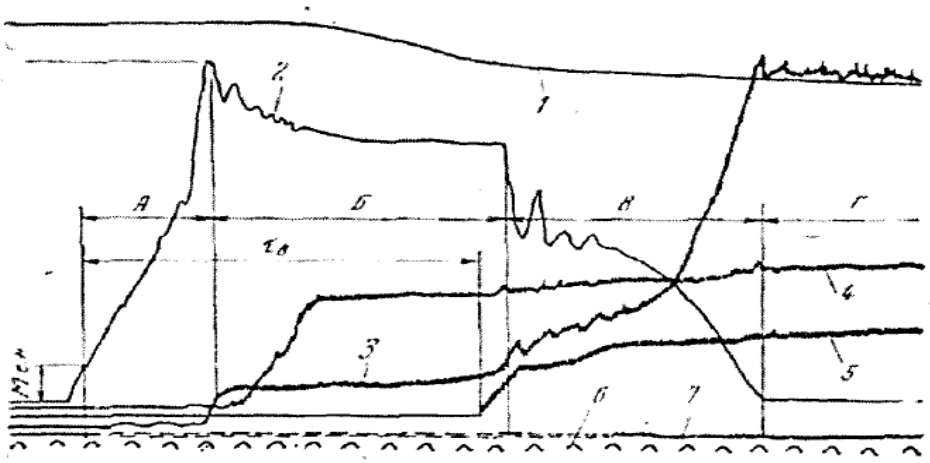


Рис. 1.1 — Осцилограма запуску холодного двигуна Д-50

1 — температура першого корінного підшипника; 2 — момент опору обертання; 3 — швидкість обертання; 4 — тиск масла перед центрифугою; 5 — тиск масла в першому корінному підшипнику; 6 — лічильник часу; 7 — лічильник обертів; А — розгін двигуна до пускових обертів; Б — прокрутка до першого спалаху; В — прокрутка з частковим використанням індикаторної потужності; Г — режим самостійної роботи

Розглянемо процес запуску двигуна. Він охоплює такі процеси: прокручування стартером кривошипно-шатунного механізму до пускових обертів, прокручування до першого спалаху в циліндрах, прокручування з частковим використанням індикаторної потужності, збільшення числа обертів колінчастого вала до режиму холостого ходу (рис 1.1).

Розігріте повітря в ході стиснення повинно запалити впорскуване паливо (початок згоряння). Необхідна для займання дизельного палива мінімальна температура становить близько 250°С.

Ця температура повинна гарантуватися при низькій частоті обертання колінчастого вала, низьких температурах навколишнього середовища та низькій температурі охолоджувальної рідини.

Найчастіше швидкий запуск ускладнюється такими причинами.

1. Чим нижча частота обертання колінчастого вала, тим нижчий початковий тиск і, відповідно, початкова температура.

Причинами цього є витоки паливної суміші, які відбуваються в зазорах поршневих кілець між поршнем і стінкою циліндра, а також через неутворену початкову масляну плівку. Через втрату тепла під час стиснення, максимум температури припадає на кут за кілька градусів до ВМТ (кут термодинамічних втрат рис. 1.2.).

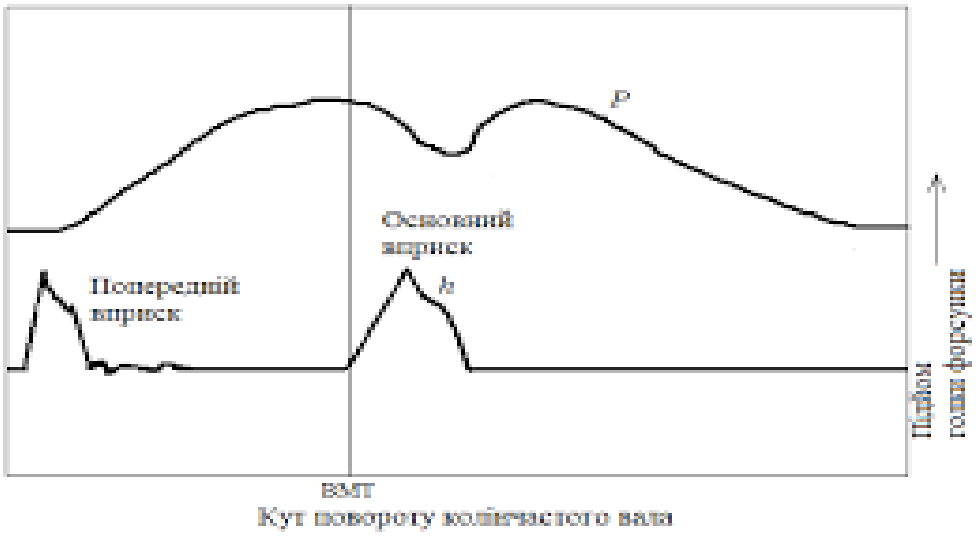


Рис. 1.2 Кут повороту колінчатого валу

2. На холодному двигуні відбуваються значні втрати тепла на такт стиснення. У двигунів з розділеними камерами згоряння ці втрати особливо високі через більшу поверхню камер згоряння.

3. Через збільшення в'язкості моторної оливи за низької температури запуск ускладнюється підвищеним механічним тертям у колінчасто-шатунному механізмі.

4. Частота обертання вала стартера особливо знижується через падіння напруги акумуляторної батареї на холоді.

5. При низьких температурах у паливі, непідготовленому до зимових умов, може кристалізуватися парафін.

З перерахованих вище проблем однією з головних є початкова температура самого масла. Оскільки на всіх етапах величина моменту опору прокручування при запуску залежить від температури масла в вузлах тертя. Величина моменту опору при знижених температурах може перевищувати максимальний крутний момент, що розвивається двигуном у результаті його роботи.

Весь процес пуску — прогрівання двигуна, починаючи з першого оберту колінчастого вала і закінчуючи прогріванням до певної температури, за забезпеченням вузлів тертя мастилом можна умовно розділити на три періоди:

1) відсутність подачі масла; 2) початок появи масла; 3) сталий режим прогрівання та нормалізації режиму змащування.

У початковий момент запуску насос системи змащування при від’ємній температурі масла не забезпечує нормальної подачі масла внаслідок зниження його продуктивності. Останнє відбувається в результаті збільшення в'язкості масла та його інтенсивної аерації при низьких температурах.

З цього можна виділити наступне: при пуску - прогріванні двигуна збільшується швидкість зносу підшипників колінчастого вала. Причиною збільшення швидкості відбувається дотик шийки до вкладиша. Водночас під час запуску та прогрівання двигуна шийка торкається вкладиша . У роботі зазначено, що під час зменшення подачі масла до підшипників і навіть протягом 15 хвилин температура вкладиша не підвищувалася, і не було виявлено слідів зносу.

Все це свідчить про те, що для нормальної роботи підшипників колінчастого вала при невеликому навантаженні достатньо і граничного шару змащення. Мабуть, основний знос шийок відбувається не при короткочасній прокрутці, а після неї.

Після прокрутки колінчастого вала двигуна тиск масла вже є і воно подається до шийок колінчастого вала. На початку роботи двигуна в'язкість масла велика. Згідно з гідродинамічною теорією змащення утримуюча сила масляного клина прямо пропорційна в'язкості масла. Це означає, що зі збільшенням в'язкості масла підтримуюча сила масляного клина збільшується і тому має зменшуватися знос деталей. Це справедливо для масел з низькою в'язкістю. Для масел з високою в'язкістю експериментальні дані не підтверджують цю теорію. Знос шийок колінчастого вала зазвичай більший при роботі двигуна на оливах більшої в'язкості.

Збільшення зносу шийок може відбуватися лише при зменшенні підтримуючої сили масляного шару. Отже, вона зменшується при високій в'язкості масла. Зменшення підтримуючої сили може бути спричинене

затримкою надходження масла до підшипників. Це одна з причин збільшення зносу кривошипно-шатунного механізму.

Щоб скоротити час запуску двигуна та зменшити вихлопні гази, необхідно розігріти оливу до температури +20...+30 °С, а потім прокачати її по системі змащення перед запуском.

1.4. Опис параметрів розігріву оливи

Для нагрівання дизельного масла до мінімальної температури, при якій можливий швидкий і безпечний запуск двигуна в холодну пору року, до нагрівальної установки необхідно підвести певну потужність. Підведена потужність витрачається на обертання вала з дисками, на нагрівання масла, при цьому відбуваються певні втрати потужності. До втрат потужності відносяться подолання тертя в опорних підшипниках, нагрівання самої установки, навколишнього середовища біля нагрівальної установки та інше.

Потужність, що подається, можна представити як суму трьох складових:

$$P_{опт} = P_{об} + P_{пот} + P_{наг}$$

де $P_{опт}$ — підведена потужність, Вт;

$P_{об}$ — потужність, необхідна для обертання дисків, Вт;

$P_{пот}$ — втрати підведеної потужності, Вт;

$P_{наг}$ — потужність, що витрачається на нагрівання масла, Вт.

Розглянемо потужність $P_{наг}$, яка витрачається безпосередньо на нагрівання дизельного масла. Вона прямо пропорційна силі прилипання дизельного масла до поверхні нагрівальних дисків, загальній площі тертя, коефіцієнту тертя дисків об масло та обернено пропорційна часу роботи установки. Потужність на нагрівання масла можна визначити за формулою:

$$P_{наг} = \frac{F * S_{о.п} * K_{тр} * d}{t_{доп} * L} \qquad (1.1)$$

де F — сила прилипання масла до поверхні дисків, Н;

$S_{о.п}$ - загальна площа поверхні тертя дисків, м²;

$K_{тр}$ — коефіцієнт тертя;

$t_{доп}$ — час нагрівання масла, с;

d — кількість дисків з лопостями;

L — відстань від першого до останнього диску, м.

Потужність на обертання $P_{об}$ залежить від кутової швидкості обертання дисків, кількості дисків, кількості лопатей на дисках, маси дисків, геометричних параметрів диска, часу роботи установки та коефіцієнта тертя диска об оливу. Потужність на обертання визначається за формулою:

$$P_{об} = \frac{d*m*r*K_{mp}*\omega}{t_{доп}} \qquad (1.2)$$

де d — кількість дисків з лопатями;

m — маса одного диска з лопатями, кг;

г — радіус диска, м;

ω — кутове прискорення диска, м/с²;

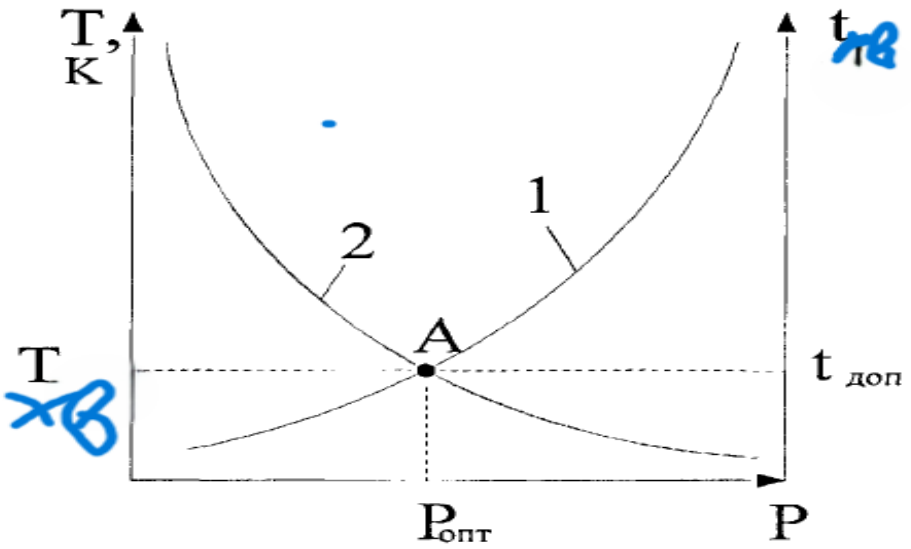
K_{mp} — коефіцієнт тертя дисків об оливу;

$t_{доп}$— час роботи установки, с.

Втрати потужності приймаємо 10 % від суми потужностей, що витрачаються на обертання та нагрівання,

$$P_{вт} = 0{,}1(P_{об} + P_{нагр}) \qquad (1.3)$$

З наведених виразів видно, що необхідна оптимальна потужність залежить від часу роботи нагрівальної установки. Від величини необхідної потужності залежить температура нагрівання дизельного масла. Можна припустити, що зі зміною поданої потужності змінюється як температура дизельного масла, так і час роботи нагрівальної установки. Це припущення зображено на рисунку 1.3.



1 — зміна температури нагрівання оливи залежно від потужності, що подається;

2 — зміна часу нагрівання оливи залежно від потужності, що подається.

P - потужність для приводу; t - час нагрівання масла; T - температура

нагрівання дизельного масла; 1доп - допустимий час нагрівання; Тхв -

мінімальна температура дизельного масла; Ропт - оптимальна потужність.

Рис.1.3 Припущення щодо залежності мінімально допустимої температури (t) нагрівання оливи та часу (T) нагрівання оливи від підведеної потужності (P), необхідної для приводу дисків.

З наведеної схеми видно, що запуск двигуна є найбільш ефективним, коли тепловий стан дизельного масла досягне значення, що характеризується точкою А, При цьому, для точки А, потрібна оптимальна подача потужності ($P_{опт}$) для обертання дисків в установці, при якій досягається допустимий ($t_{доп}$) час для нагрівання масла до мінімальної температури (Тхв)

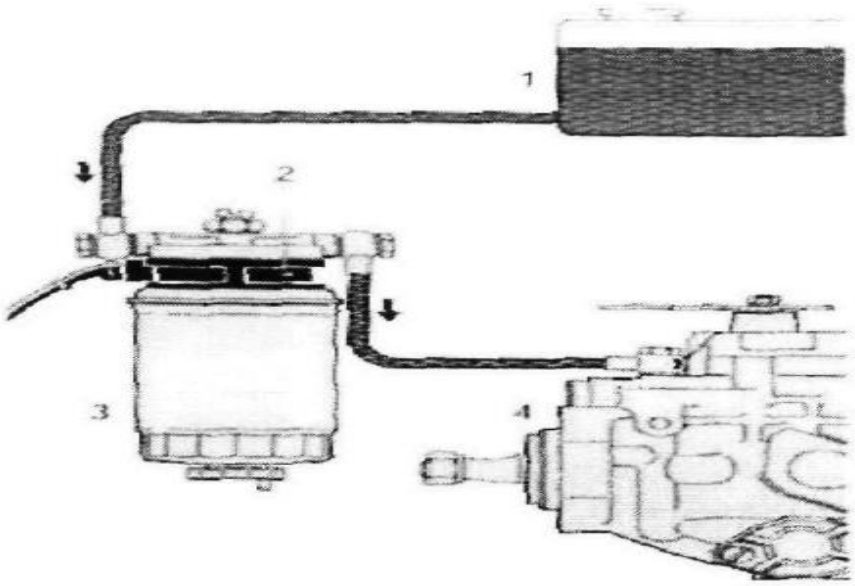
З виразу видно, що збільшення конструктивних параметрів установки (збільшення розмірів дисків, розмірів лопатей, кількості дисків і лопатей) призводить до збільшення потужності, що подається, необхідної для досягнення мінімальної допустимої температури масла та мінімального часу роботи установки.

При визначенні електродвигуна для приводу нагрівальної установки слід враховувати, що потужність електродвигуна не повинна перевищувати потужність акумуляторної батареї:

$$P_{ел} = P_{опт} < P_{акум}$$

Теоретичні дослідження показали, що необхідно обґрунтувати технічні та технологічні параметри пристрою для нагрівання картерної оливи та її прокачування системою змащення двигуна. Технічні та технологічні параметри визначалися за загальними та спеціальними методиками, з урахуванням чинних нормативів та із застосуванням відкаліброваних приладів.

Для скорочення часу перед запуском застосовують електричний підігрів паливного фільтра, що зменшує проблему утворення кристалів парафіну (рис. 1.4), та підігрів масляного фільтра, щоб знизити в’язкість масла та поліпшити його прокачуваність у системі змащення двигуна (рис. 1.5).



1 — паливний бак; 2 — пристрій підігріву палива; 3
паливний фільтр; 4 — паливний насос високого тиску (ПНВТ).

Рис 1.4 — Схема підігріву паливного фільтра

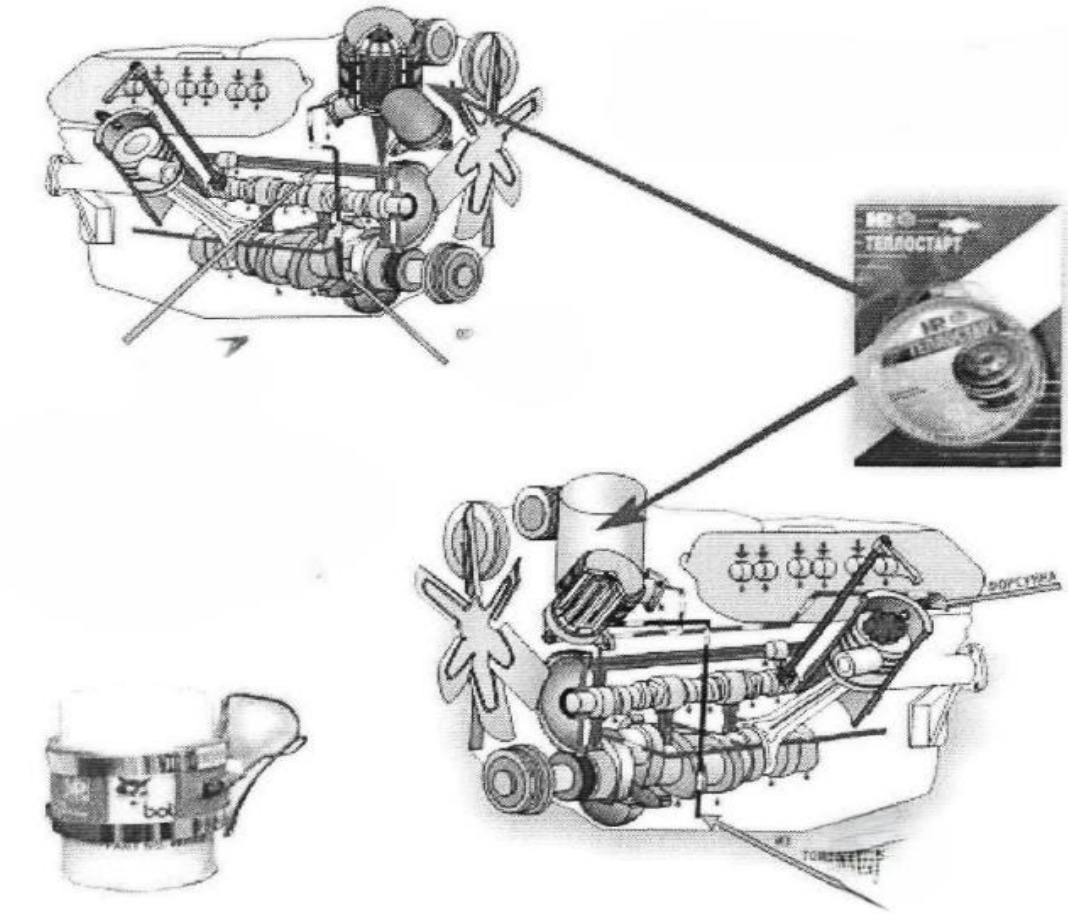


Рис. 1.5 — Схема підігріву масляного фільтра

Ще одним способом полегшення запуску двигуна є збільшення стартової циклової подачі палива для компенсації втрат на конденсацію та витоки, а також для підвищення крутного моменту двигуна у прогрітому стані.

Дизельне паливо, порівняно з бензином, дуже легко самозаймається, тому прогріті дизельні двигуни, особливо з системою безпосереднього впорскування палива, під час холодного запуску при температурі >0°С запускаються без будь-яких додаткових допоміжних засобів.

Температура самозаймання суміші в 250°С досягається вже на пускових обертах колінчастого вала. Двигуни з розділеними камерами згоряння потребують при кожному холодному пуску підігріву за допомогою системи

полегшення пуску; двигуни з безпосереднім уприскуванням палива вимагають передпускового підігріву тільки при температурах нижче 0°С.

2. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ

2.1 Методика аналізу виробничого травматизму, пов'язаного із запуском двигуна

Основним первинним джерелом інформації про нещасні випадки, що призвели до травмування механізаторів із летальним або тяжким наслідком, була повна вибірка всіх матеріалів спеціального розслідування з висновком державного інспектора з охорони праці та акти про нещасні випадки на виробництві в господарствах.

Нещасні випадки, що призвели до травмування механізаторів із тимчасовою втратою працездатності, аналізувалися на основі актів про нещасні випадки на виробництві, складених по формі Н-1.

За попередніми результатами аналізу актів форми Н-1 у Черкаській області встановлено, що частка актів щодо механізаторів серед інших актів становить k=0,07. З огляду на це остаточний обсяг актів, що підлягають аналізу, за прийнятих оцінок 6=0,1 та р=0,9, склав — М=1440 актів.

Обробка матеріалів спеціального розслідування нещасних випадків зі смертельним результатом серед механізаторів здійснювалася за допомогою автоматизованої системи аналізу виробничого травматизму та кодифікатора інформації про нещасний випадок.

Ця система передбачає аналіз, кодування, автоматизовану обробку та надання результатів аналізу інформації щодо виробничого травматизму у всіх галузях сільських підприємств показників у вигляді двовимірних таблиць. До числа показників входять і ті, що нас цікавлять: джерела травмування, об'єкти, що травмують, травмуюча ситуація, а також основні причини, що спричинили травмування механізаторів. До них належать небезпечні дії потерпілого або іншої особи, несправність та конструктивні недоліки машин і механізмів стан захисних технічних засобів, стан навколишнього (виробничого) середовища,

порушення організації та проведення технологічного процесу, характер і локалізація травм.

2.2 Методика обґрунтування параметрів та режимів роботи, що відповідають умовам безперебійної роботи пропонованої системи попереднього нагрівання дизельного масла при низьких температурах

Під час аналізу визначалися конструктивні параметри пристрою для нагрівання дизельного масла, режим роботи, час роботи установки для нагрівання масла до мінімальної температури, при якій можливий швидкий і безпечний запуск двигуна при низьких температурах навколишнього середовища.

Методика містить такі розділи:

— мета випробування;

— вимірювані величини;

— засоби вимірювання;

— порядок проведення випробування;

— додаткова інформація;

— охорона праці під час проведення випробувань;

— опис установки.

Метою випробування є визначення конструктивних параметрів, частоти обертання нагрівальних дисків, встановлення необхідного часу роботи установки для досягнення мінімальної температури для швидкого та безпечного запуску двигуна.

Вимірювані величини: розміри деталей установки, кількість нагрівальних дисків, кількість лопатей на дисках, час роботи для нагрівання дизельного масла до мінімальної температури, частота обертання дисків, температура дизельного масла.

Засоби вимірювання:

для вимірювання розмірів деталей використовувалися лінійка металева (до 50 см,), штангенциркуль з поділкою 0,1 мм;

— для вимірювання часу роботи установки використовувався секундомір;

— частота обертання вимірювалася тахометром з ціною поділки 50 об/хв;

— температура масла вимірювалася термометром з ціною поділки 0,2°С.

Прилади, що застосовуються для вимірювання, пройшли повірку.

Порядок проведення випробування:

— перед початком проведення випробування нагрівання оливи в установці в спеціальну таблицю заносять вихідні дані (марку оливи, початкову температуру, напрацювання оливи, в'язкість при даній температурі);

— вимірюють геометричні параметри нагрівального диска (діаметр, товщину, площу поверхні контакту диска з маслом);

— вимірюють геометричні параметри лопаті, що знаходиться на диску (площа поверхні лопаті з двох боків, товщину, висоту, довжину);

— проводять випробування нагрівання дизельного масла з одним нагрівальним диском до мінімальної температури, при якій можливий швидкий і безпечний запуск двигуна;

— випробування проводять з різною частотою обертання нагрівального диска, інтервал в обертах дорівнює 200 об/хв, при цьому секундоміром визначають мінімальний час роботи нагрівальної установки, оптимальну частоту обертання дисків, отримані дані заносять у таблицю;

— далі в установку ставлять ще один диск, вимірюють сумарну площу тертя двох дисків, початкову температуру дизельного масла;

— випробування проводять із різною частотою обертання дисків, при цьому вимірюють час, оберти, отримані дані заносять до таблиці;

— якщо мінімальна температура, необхідна для швидкого та безпечного запуску, не була досягнута, то слід встановити наступний диск і продовжити випробування;

— подальші випробування проводять аналогічно попереднім, при цьому вимірюють сумарну площу тертя всіх дисків і частоту обертання нагрівальних елементів;

— шляхом аналізу виміряних швидкостей обертання обирають оптимальну частоту обертання дисків;

— якщо збільшення площі тертя дисків об оливу призводить до підвищення температури нагрівання оливи за певний період часу, то, виходячи з конструктивних параметрів установки, слід встановити диски з таким діаметром, щоб зазор між стінкою установки та диском був мінімальним;

— визначають максимальний діаметр і кількість нагрівальних дисків у пристрої;

— для визначення розмірів лопатей виходять з відстані між нагрівальними дисками, довжину лопаті встановлюють рівною радіусу диска;

— проводять випробування з різною кількістю лопатей на дисках;

— оптимальну кількість лопатей визначають за геометричними параметрами нагрівальних дисків і самих лопатей,

— форму лопаті визначали за двома критеріями: по-перше, форма лопаті повинна бути простою у виготовленні, по-друге, лопать повинна мати найбільш ефективну форму для перемішування шарів масла між собою.

Після завершення випробування аналізуються отримані результати, визначається оптимальна кількість нагрівальних дисків та необхідна кількість лопатей на дисках. Вибирається оптимальний режим роботи установки. Використане дизельне мастило зливається у спеціальну ємність для зберігання.

Під час проведення випробувань на установці необхідно:

— щоб уникнути зачеплення одягу, закрити спеціальним кожухом відкриті обертові деталі;

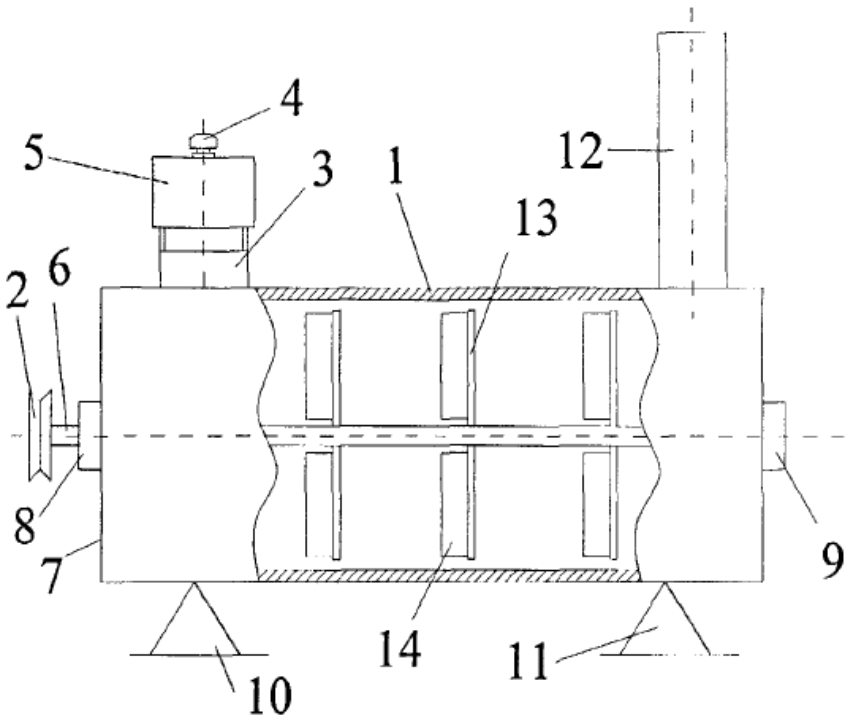
— для роботи з дизельним мастилом використовувати спеціальні гумові рукавички;

— остерігатися потрапляння масла в очі;

— стежити за герметизацією установки;

— остерігатися гострих країв нагрівальних дисків, лопатей.

На рис 2.1 представлена фотографія досліджувальної установки.



1 — корпус; 2 — шків; 3 — заливна горловина; 4 — клапан для вирівнювання тиску; 5 — пробка; 6 — вал; 7 — передня кришка; 8 — передній підшипник; 9 — задній підшипник; 10 — передня опора; 11 — задня опора; 12 — кронштейн для встановлення тепловимірювального приладу; 13 — нагрівальні диски; 14 — лопать.

Рис. 2.1 — Схема представленої установки

Запрапонована установка для нагрівання дизельного масла складається з корпусу 1, заливної горловини 3, перепускного клапана 4, розташованого на пробці 5 заливної горловини 3, приводного шківа 2, розташованого на валу 6, на валу розташовані нагрівальні диски 13 з лопатями 14. Вал закріплений на двох радіально-упорних кулькових підшипниках 8 і 9. Підшипники знаходяться в передній 7 і задній 8 кришках пристрою, в передній кришці, для запобігання витоку масла з установки через вал, знаходиться сальник. Знизу, між передньою 10 і задньою 11 опорою, розташована маслозливна пробка. Корпус має кронштейн для установки тепловимірювального приладу 12.

Привід установки здійснюється через ремінну передачу та шків 2 від електродвигуна.

Методика містить такі розділи:

— мета роботи;

— вимірювані величини, засоби вимірювання;

— порядок проведення обстеження;

— додаткова інформація;

— охорона праці під час проведення обстеження.

Порядок проведення випробування:

— перед початком випробування вимірюють потужність акумуляторної батареї. Силу струму акумуляторної батареї вимірюють навантажувальною вилкою при температурах повітря 0°С, -5°С, -10°С, -15°С і -20°С, при цьому перевіряють щільність електроліту, а потім визначають потужність батареї.

При щільності електроліту менше 1,25 при температурі навколишнього повітря -20°С, акумуляторну батарею слід замінити на нову;

— визначають необхідну потужність для нагрівання дизельного масла до мінімальної температури, при якій забезпечується швидкий і безпечний запуск двигуна. Потужність на привід установки при оптимальних конструктивних параметрах і режимах роботи визначається через параметри електродвигуна. За допомогою мультиметра вимірюється споживана сила струму, напруга, що споживається електродвигуном.

Вимірювання проводяться при нагріванні дизельного масла при температурі 0°С, - 5°С, -10°С, -15°С і -20°С та при різних обертах нагрівальних дисків.

Після проведення вимірювань визначається потужність, необхідна для приводу нагрівальної установки при різних температурах. Потужність приводу нагрівальної установки порівнюється з потужністю акумуляторної батареї, яка повинна становити не більше 40% від потужності акумуляторної батареї.

Якщо потужність приводу нагрівальних дисків перевищує 40% потужності акумуляторної батареї, то слід змінити конструктивні параметри установки та збільшити час нагрівання, або застосувати більш потужну акумуляторну батарею.

Під час перевірки щільності електроліту акумуляторної батареї, щоб уникнути потрапляння кислоти на руки та в очі, слід використовувати гумові рукавички та захисні окуляри.

Під час перевірки сили струму та напруги електродвигуна слід оберігатися обертових частин установки та електродвигуна.

Для встановлення взаємозв’язку між терміном експлуатації трактора та кількістю нещасних випадків було використано статистичні дані. На рис. 2.2 показано процентний розподіл нещасних випадків за роками експлуатації тракторів. Виявлено, що на трактори з терміном експлуатації до 4-х років припадає 12-14% нещасних випадків, від 4-х до 8-ми - 29-34%, понад 8-ми років - 52-59%. Тому одним із завдань безпечної експлуатації є підтримання системи запуску двигуна в технічно справному стані, своєчасна заміна зношених машин новими.

За показником летальних травм найгострішою проблемою в АПК залишається забезпечення безпеки сільськогосподарської техніки загалом і тракторів зокрема.

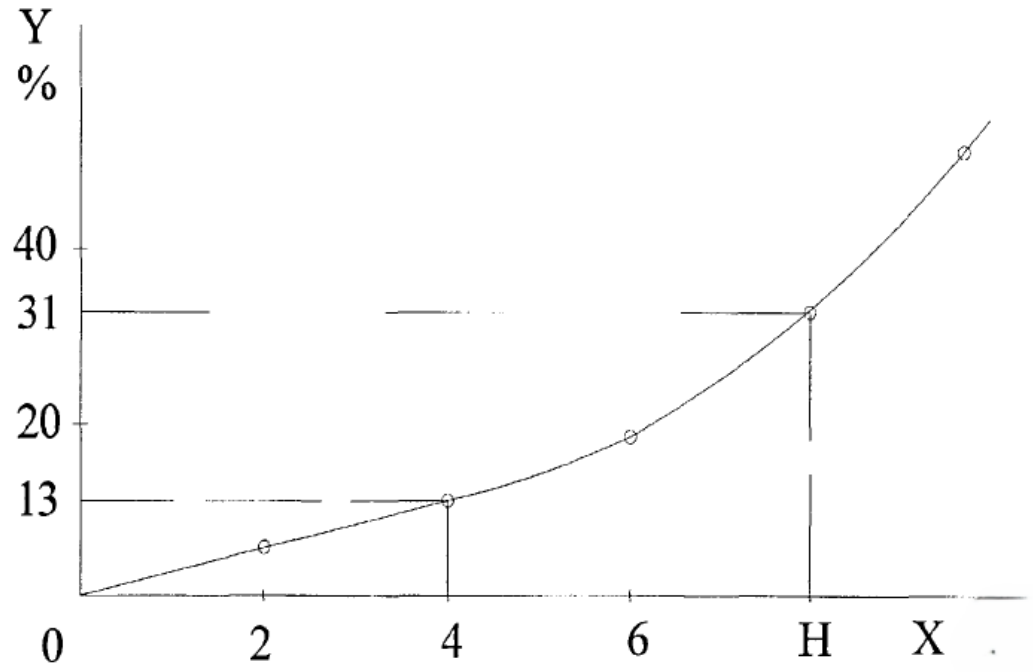


Рис. 2.2. — Розподіл нещасних випадків (Y) за роками (X)

експлуатації машин. Н — нормативний термін експлуатації машин

Найбільш травмонебезпечну групу професій у АПК становлять трактористи, які працюють на колісних тракторах Т-150К, К-700, 701.

Найбільш небезпечною ситуацією у сільському господарстві під час роботи на тракторах є самонаїзд.

Проблеми запобігання самонаїздам можуть бути вирішені технічними засобами, що дозволить взагалі виключити з числа небезпечних ситуацій самонаїзд і щороку зберегти до 100 людських життів.

Вимірювання часу, необхідного для підготовки трактора до роботи та запуску двигуна, було проведено в господарстві **LNZ Group** у теплий та холодний періоди. Результати вимірювання наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1.

Назва операції, що проводиться	**Час, необхідний для проведення операції**
При температурі навколишнього повітря +15 °С.	
Прибирання кабіни. Перевірка стану приводу рульового управління (без спеціальних пристосувань), буксирувального пристрою, шлангів гідравліки, з'єднання повітропроводів повітряного тракту, коліс, шин або гусениць, дії приладів освітлення, світлової сигналізації, роботи склоочисника; усунення всіх виявлених несправностей. Перевірка рівня охолоджувальної	10 хвилин 13 хвилин 4 хвилини

рідини, масла в картері двигуна, за необхідності долити. Запуск двигуна. Загальний час підготовки трактора та запуску двигуна.	 3 хвилини 30 хвилин
При температурі навколишнього середовища -20 °С	
Прибирання кабіни. Перевірка стану приводу рульового управління (без спеціальних пристосувань), буксирувального пристрою, шлангів гідравліки, з'єднання повітряних трубопроводів повітряного тракту. коліс, шин або гусениць, дію приладів освітлення, світлової сигналізації, роботу склоочисника; усунення всіх виявлених несправностей. Перевірка рівня охолоджувальної рідини (при використанні тосолу або антифризу), масла в картері двигуна, при необхідності долити.	10 хвилин 12 хвилин <

Залив рідини в систему охолодження двигуна (при використанні води як охолоджуючої рідини).	15 хвилин
Запуск двигуна:	
— підігрів картерного масла;	25 хвилин
— прокручування двигуна до появи тиску в системі змащення;	20 хвилин
— запуск двигуна.	2 хвилини
Загальний час підготовки трактора та запуску двигуна.	3 хвилини 62 хвилини

Аналіз табличних показників свідчить, що зміна температури навколишнього середовища від +15 °С до -20 °С призводить до збільшення часу запуску двигуна. У холодну пору року механізатор повинен залити охолоджувальну рідину (якщо в якості неї використовується вода); цей процес займає 15 хвилин. Підігрів картерної оливи двигуна в середньому займає 20 хвилин, при цьому використовуються небезпечні способи нагрівання, такі як відкритий вогонь, з буксира тощо. Під час запуску механізатор заводить за допомогою пускового двигуна або стартера основний двигун до появи в системі змащення тиску, це займає до 2 хвилин. Після появи тиску здійснюється запуск двигуна.

Загальний час підготовки трактора та запуску двигуна при температурі навколишнього повітря -20°С у 2 рази більше, ніж при температурі +15°С.

Збільшення часу запуску двигуна підвищує ймовірність виникнення травматичної ситуації під час запуску двигуна.

Імовірність виникнення небезпечної ситуації можна виразити формулою:

$$A = \frac{B}{C} \qquad (2.1)$$

де А — ймовірність настання події, яка може призвести до нещасного випадку,

В — час дії небезпеки під час запуску, хв;

С — нормативний час запуску, хв.

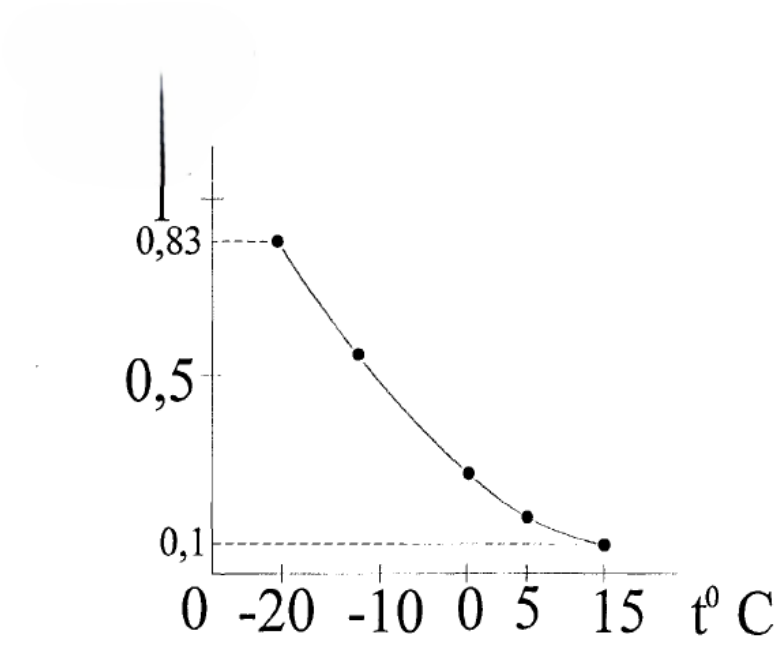


Рис.2.3 — Імовірність виникнення небезпечної ситуації під час запуску двигуна за різних температур навколишнього повітря.

Аналіз графіка показує, що при зниженні температури навколишнього повітря ймовірність виникнення нещасного випадку під час запуску двигуна збільшується.

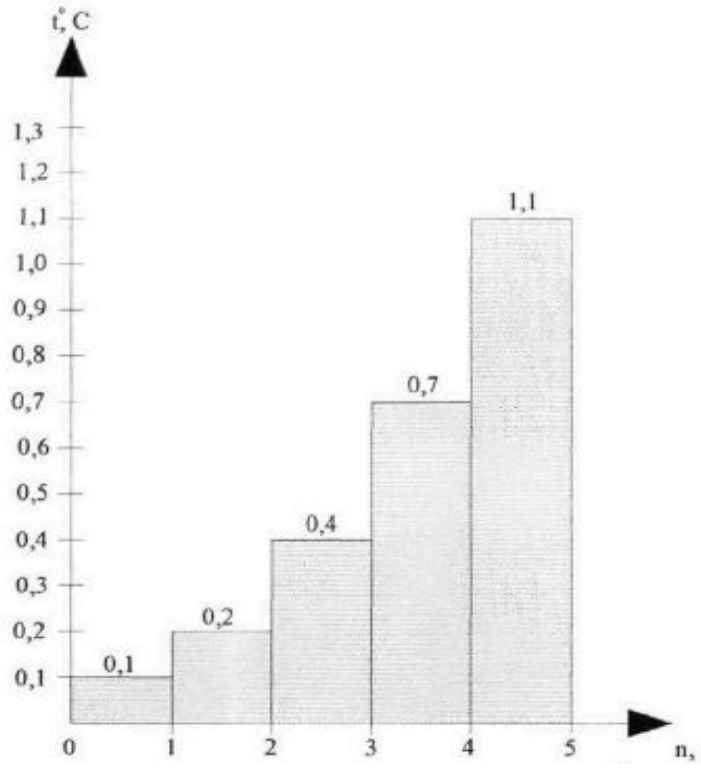
Дослідження процесу запуску дизельного двигуна показали, що одним із чинників тривалого запуску в холодну пору року є загустіння масла в двигуні.

Для зниження ймовірності виникнення нещасного випадку під час запуску двигуна в холодну пору року необхідно розігріти масло перед запуском і прокачати його по системі змащення двигуна. Мінімальна температура картерного масла двигуна для швидкого та безпечного запуску повинна знаходитися в межах 20.. .30 °С.

2.3 Аналіз пропонованої системи нагрівання дизельного масла

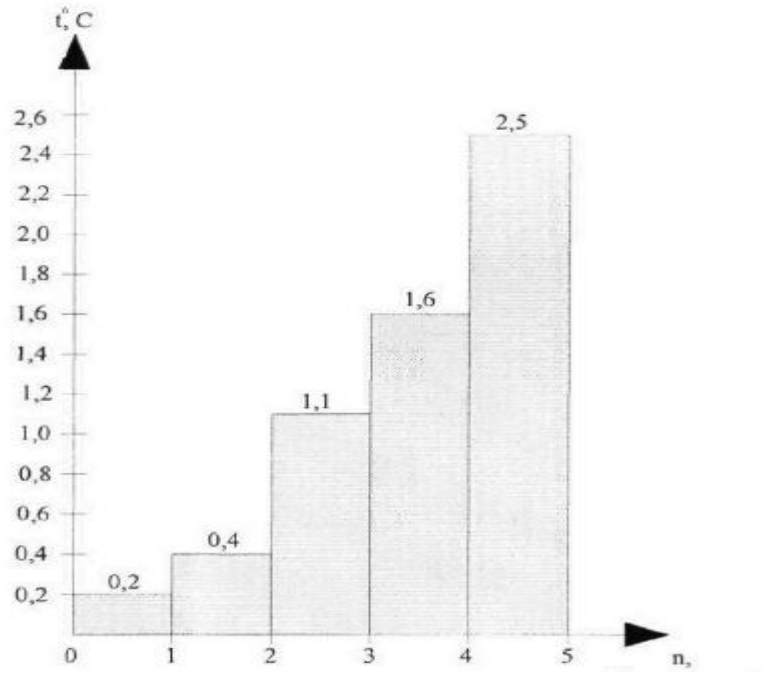
Для визначення конструктивних параметрів нагрівальної установки, а саме кількості нагрівальних дисків та кількості лопатей, було проведено аналіз даних, отриманих під час дослідження нагрівання дизельного масла.

На рис 2.4 наведено діаграму зміни температури дизельного масла залежно від кількості дисків при 900 об/хв. Діаграма показує, що з 1 диском і 4 лопатями масло через 1 хвилину нагріється в пристрої до 0,1°С, при встановленні 2 дисків нагрівання масла збільшилося в 2 рази за той самий період часу. З 3 дисками та 4 лопатями на дисках олива нагрілася в установці до 0,4°С, з 4 дисками та 4 лопатями — до 0,7°С, при 5 дисках з 4 лопатями на дисках олива нагрілася в 9 разів швидше, ніж з 1 диском, і склала 0,9°С.



1 — 1 диск, 4 лопаті; 2 — 2 диски, 4 лопаті; 3 — 3 диски, 4 лопаті; 4 — 4 диски, 4 лопаті; 5 — 5 дисків, 4 лопаті.

Рис. 2.4 - Різниця температури нагрівання залежно від кількості дисків при 900 об/хв за 1 хвилину



1 — 1 диск, 4 лопаті; 2 — 2 диски, 4 лопаті; 3 — 3 диски, 4 лопаті; 4 — 4 диски, 4 лопаті; 5 — 5 дисків, 4 лопаті.

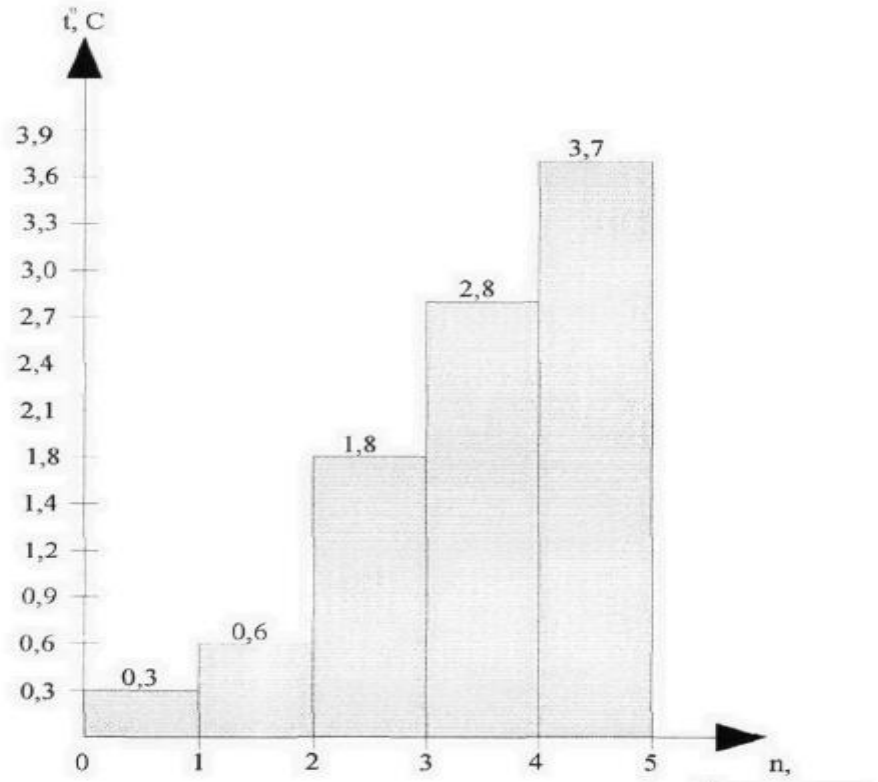
Рис. 2.5 - Залежність температури нагрівання від кількості дисків при 1100 об/хв і 1 хвилині.

З діаграми видно, що найбільше нагрівання відбувається при 5 дисках і 4 лопатях.

Діаграма, зображена на рисунку 2.5, показує, що при обертах, рівних 1100 об/хв, які на 200 об/хв більші відбувається збільшення температури нагрівання.

Температура нагрівання масла за 1 хвилину в пристрої з 1 диском і 4лопатями становить 0,2 °С; при 2 дисках з 4 лопатями на кожному диску — 0,4 °С, з 3 дисками і 4 лопатями на дисках — 1,1 °С, при 4 дисках і 4 лопатях — 1,6 °С, при 5 дисках і 4 лопатях — 2,5 °С.

Аналізуючи діаграму, робимо висновок, що, так само як і в попередній діаграмі, найбільше нагрівання досягається при таких конструктивних параметрах: 5 дисків і 4 лопаті на кожному диску. При підвищенні обертів від 900 об/хв до 1100 об/хв температура зросла у 2 рази.



1 — 1 диск, 4 лопаті; 2 — 2 диски, 4 лопаті; 3 — 3 диски, 4 лопаті; 4 —

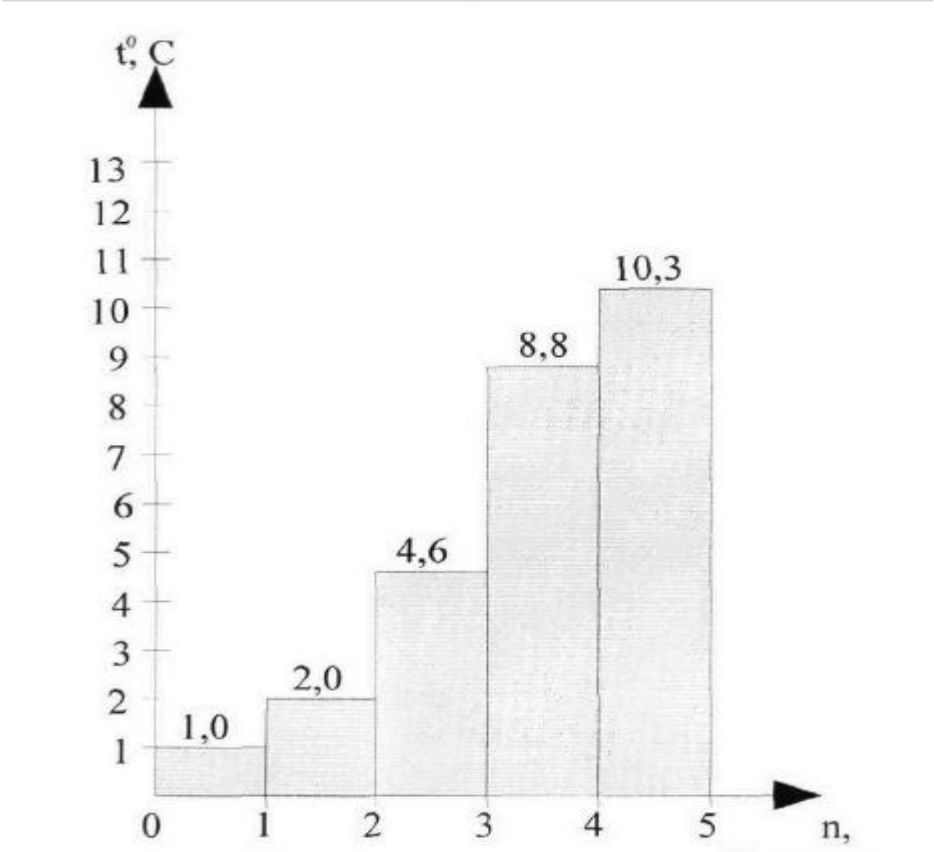
4 диски, 4 лопаті; 5 — 5 дисків, 4 лопаті.

Рис. 2.6 - Залежність температури масла від кількості дисків при 1300 об/хв і 1 хвилині нагрівання в пристрої.

Наведена діаграма на рис 2.6 показує, що температура масла залежить від кількості дисків у пристрої при 1300 об/хв і 1 хвилині нагрівання в пристрої. На даній діаграмі представлено зміну температури залежно від кількості дисків, зокрема від 1-го, 2-х, 3-х, 4-х і 5-ти дисків. Частота обертання дисків при різній їх кількості дорівнює 1300 об/хв. Розігрів дизельного масла при даних параметрах 1-м диском з 4 лопатями склав 0,3°С, 2-ма дисками з 4

лопатями - 0,6°С, 3-ма дисками і 4 лопатями - 1,8°С, 4-ма дисками і 4 лопатями - 2,8 °С, 5-ма дисками з 4 лопатями — 3,7 °С.

При 5 дисках і 4 лопатях здійснюється найшвидший нагрів у порівнянні з іншою кількістю дисків.

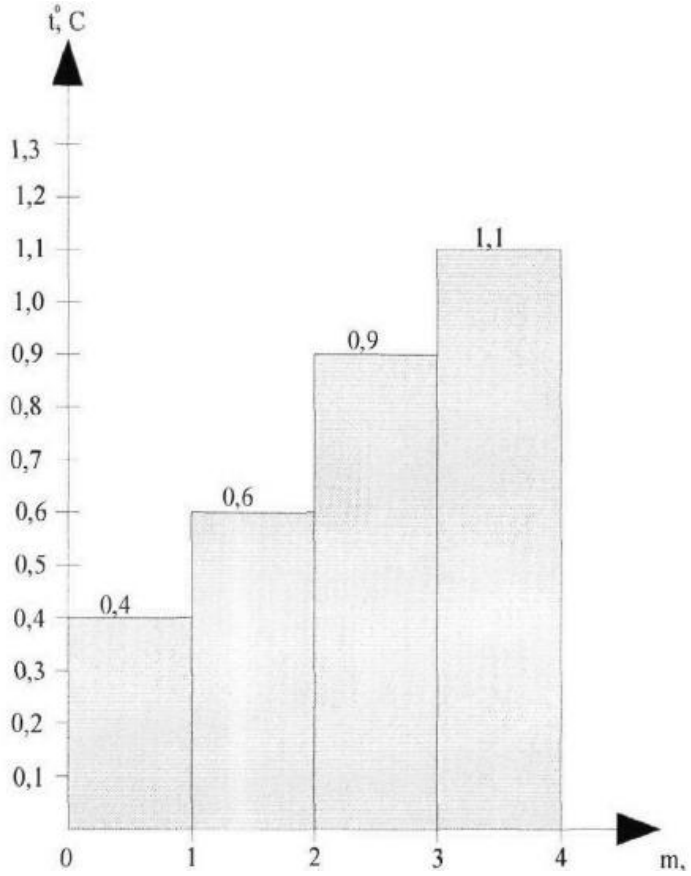


1 — 1 диск, 4 лопаті; 2 — 2 диски, 4 лопаті; 3 — 3 диски, 4 лопаті; 4 — 4 диски, 4 лопаті; 5 — 5 дисків, 4 лопаті.

Рис. 2.7 - Залежність температури нагрівання масла від кількості дисків у пристрої при 2100 об/хв і 1 хвилині

Розглянувши діаграму на Рис.2.7, бачимо, що при 2100 об/хв і 1 хвилині роботи нагрівальної установки відбувається наступне: при зміні кількості дисків з лопатями змінюється нагрівання масла. Так, при використанні 1 диска з 4 лопатями дизельне масло нагрівається на 1°С, при використанні в установці 2 нагрівальних дисків з 4 лопатями на них температура масла підвищується на

2°C, при 3 дисках з 4 лопатями температура масла змінюється на 4,6°C, при 4 дисках і 4 лопатях температура масла змінюється на 8,8°C, при максимальній кількості дисків, що дорівнює 5, з 4 лопатями температура збільшилася на 10,3°C.



1–5 дисків, 1 лопать; 2 – 5 дисків, 2 лопаті; 3 – 5 дисків, 3 лопаті;

4 – 5 дисків, 4 лопаті.

Рис. 2.8 - Залежність температури нагрівання дизельного масла від

кількості лопатей на дисках при 900 об/хв за 1 хвилину.

Так само, як і на попередніх діаграмах, 5 дисків із 4 лопатями є найбільш оптимальними конструктивними параметрами установки для нагрівання оливи при 2100 об/хв і 1 хвилині роботи установки.

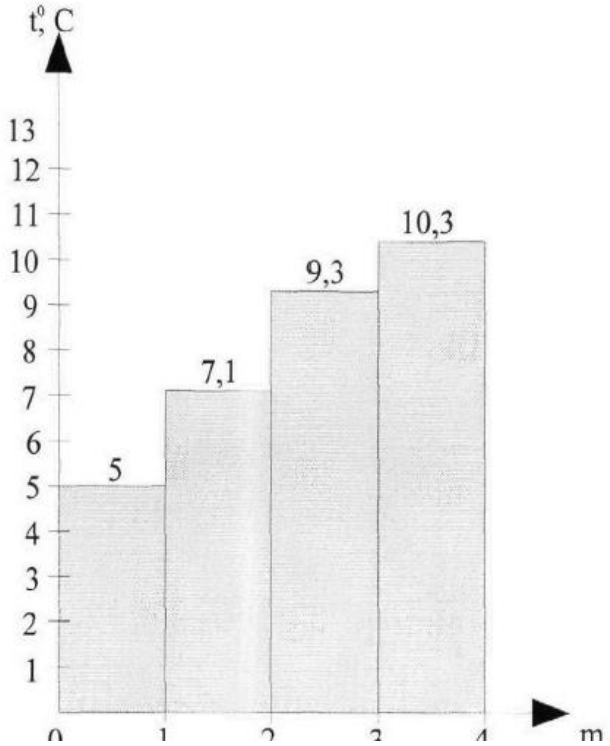
Провівши аналіз діаграм, залежності температури нагрівання дизельного масла від кількості дисків, зробимо висновок, що найбільш підходяща кількість нагрівальних дисків дорівнює 5 із загальною площею S_1=153860 мм².

Розглянемо діаграми залежності температури нагрівання від кількості лопатей на дисках при тих самих обертах і 1 хвилині роботи пристрою.

На рисунку 2.9 наведено діаграму залежності температури масла від кількості лопатей при 900 об/хв і 1 хвилині нагрівання в установці. При 5 дисках з 1 лопаттю нагрівання масла становило 0,4°С, при встановленні 2 лопатей на диски нагрівання становило 0,6°С, при 3 лопатях на 5 дисках олива нагрілася до температури, що дорівнює 0,9 °С, а при максимальній кількості лопатей, яка у нашому випадку становить 4, температура оливи піднялася на 1,1 °С.

Діаграма показує, що нагрівання при 5 дисках і 4 лопатях найбільше, за наших умов, і найменше при 5 дисках і 1 лопаті.

На діаграмі на малюнку 2.10 показано залежність нагрівання дизельного масла від зміни лопатей при 2100 об/хв і 1 хвилині роботи установки. Нагрівання масла при 5 дисках і 1 лопаті за 1 хвилину досягає 4,9°С. При нагріванні масла з 5 дисками та 2 лопатями температура склала 7,1°С. До температури, що дорівнює 9,3°С, масло нагрівається при 5 дисках та 3 лопатях. Максимальне нагрівання масла в пристрої відбувається при 5 дисках та 4 лопатях і становить 10,3°С.



1 — 5 дисків, 1 лопать; 2 — 5 дисків, 2 лопаті; 3 — 5 дисків, 3 лопаті;

4 — 5 дисків, 4 лопаті.

Рис. 2.10 - Залежність температури нагрівання дизельного масла від кількості лопатей на дисках у пристрої при 2100 об/хв за 1 хвилину.

Проаналізувавши графіки залежності температури нагрівання дизельного масла від кількості лопатей, розташованих на дисках, при 900 об/хв, 1100 об/хв, 1300 об/хв, 1500 об/хв, 2100 об/хв і 1 хвилині безперервної роботи установки, видно, що найбільш ефективний нагрів масла за певний проміжок часу відбувається при 5 дисках і 4 лопатях. Найбільш оптимальна кількість лопатей на дисках становить 4 загальною площею S_2=66000 мм²

Проаналізувавши отримані діаграми, можна зробити висновок, що найбільш ефективними конструктивними параметрами є 5 дисків, розташованих на валу площею S_1=153860 мм², 4 лопаті, що знаходяться на дисках, площею S_2=66000 мм², та оберти 2100 об/хв. За таких умов нагрівання від 0°С до оптимальної температури дизельного масла +30°С, при якій

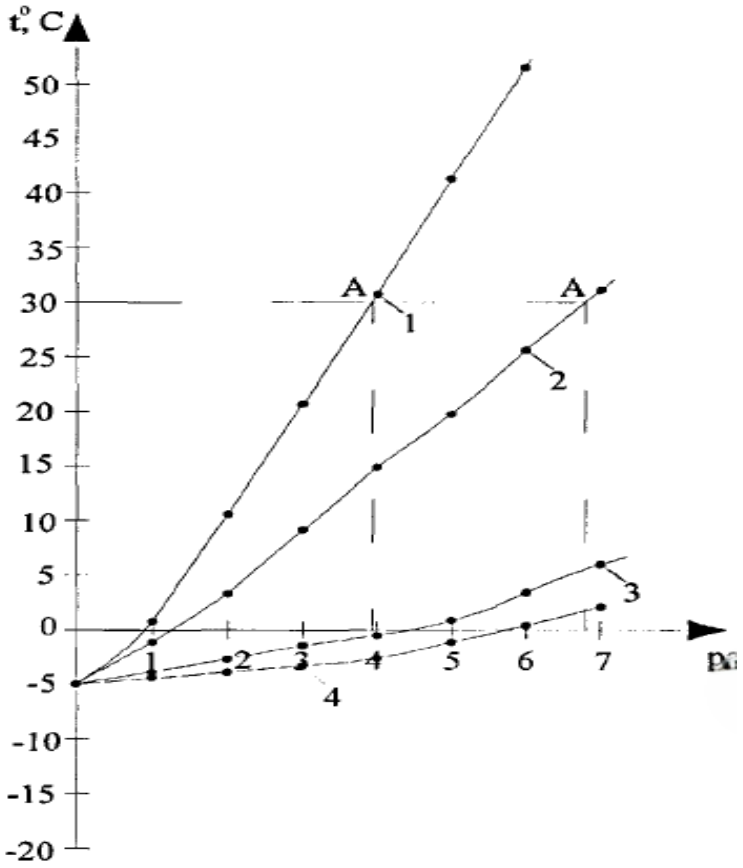
можливий швидкий і безпечний запуск двигуна, займає найменший проміжок часу, що дорівнює 2,9 хвилини.

Досягнення оптимальної температури за найменший проміжок часу при таких конструктивних параметрах і обертах, що дорівнюють 2100 об/хв, пояснюється тим, що при збільшенні кількості дисків в установці збільшувалася площа тертя дисків об оливу, простір між дисками та стінками циліндрів зменшувався, а отже зменшувався й об'єм необхідний для нагрівання одних диском.

Масло захоплюється лопатями і відкидається до стінок пристрою, завдяки чому відбувається інтенсивне перемішування шарів між собою, а олія нагрівається рівномірно по всьому своєму об'єму.

Для визначення необхідної потужності приводу пристрою було проведено дослідження нагрівання дизельного масла за негативних температур навколишнього повітря та обертів нагрівальних дисків, що дорівнювали 1100 об/хв, 1300 об/хв, 1500 об/хв та 2100 об/хв. Дослідження проводилися з оптимальними конструктивними параметрами, визначеними вище.

Під час дослідження нагрівання дизельного масла при -5°С атмосферного повітря (рис. 2.11), в установці з оптимальними конструктивними параметрами 5 дисків і 4 лопаті, було виявлено, що масло нагрілося за 7 хвилин роботи установки при 1100 об/хв до 2,1°С, при 1300 об/хв до 6,0°С, при 1500 об/хв до 31,1°С. Максимальний нагрів склав при 2100 об/хв і періоді роботи 6 хвилин 51,5°С.

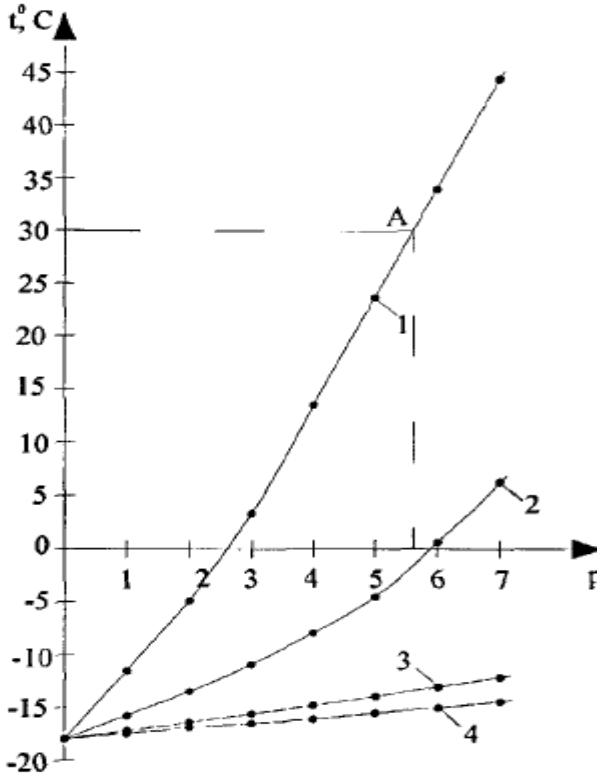


1 — 2100 об/хв; 2 — 1500 об/хв; 3 — 1300 об/хв; 4 — 2100 об/хв.

Рис. 2.11 — Графік залежності температури дизельного масла від часу нагрівання з оптимальними конструктивними параметрами пристрою при температурі атмосферного повітря -5 °С.

Температура нагрева, необходимая для быстрого и безопасного запуска двигателя, равная 30°С, была достигнута нри 1500 об/мин за 6,8 минут, при 2100 об/мин - за 3,9 минуты.

В результате исследования было выявлено, что с температуре атмосферного воздуха -5°С для нагрева дизельного масла до 30°С при 1500 об/мин потребовалась мощпость, равная 744 Вт, при 2100 об/мин — 1040 Вт.



1 — 2100 об/хв; 2 — 1500 об/хв; 3 — 1300 об/хв; 4 — 2100 об/хв.

Рис. 2.12 — Графік залежності температури t⁰C дизельного масла від часу нагрівання при температурі навколишнього повітря -18 °C для 5 дисків і 4 лопастей.

Наведений на рисунку 2.12 графік нагрівання оливи при температурі навколишнього середовища -18 °C на 1100 об/хв, 1300 об/хв, 1500 об/хв і 2100 об/хв показує, що за відведений період часу, що дорівнює 7 хвилинам, дизельне масло нагрілося при 1100 об/хв — до -14,4°C, при 1300 об/хв — до -12,1°C, при 1500 об/хв — до 6,3°C, при 2100 об/хв — до 44,4°C.

Оптимальна температура в 30°C досягається в установці тільки при 2100 об/хв за проміжок часу, що дорівнює 5,5 хвилинам.

Необхідну потужність для приводу установки при частоті обертання, рівній 1100 об/хв, 1300 об/хв, 1500 об/хв, визначати не має сенсу, оскільки з

такими обертами нагрівальних дисків дизельне масло за відведений проміжок часу не нагрілося до 30°С.

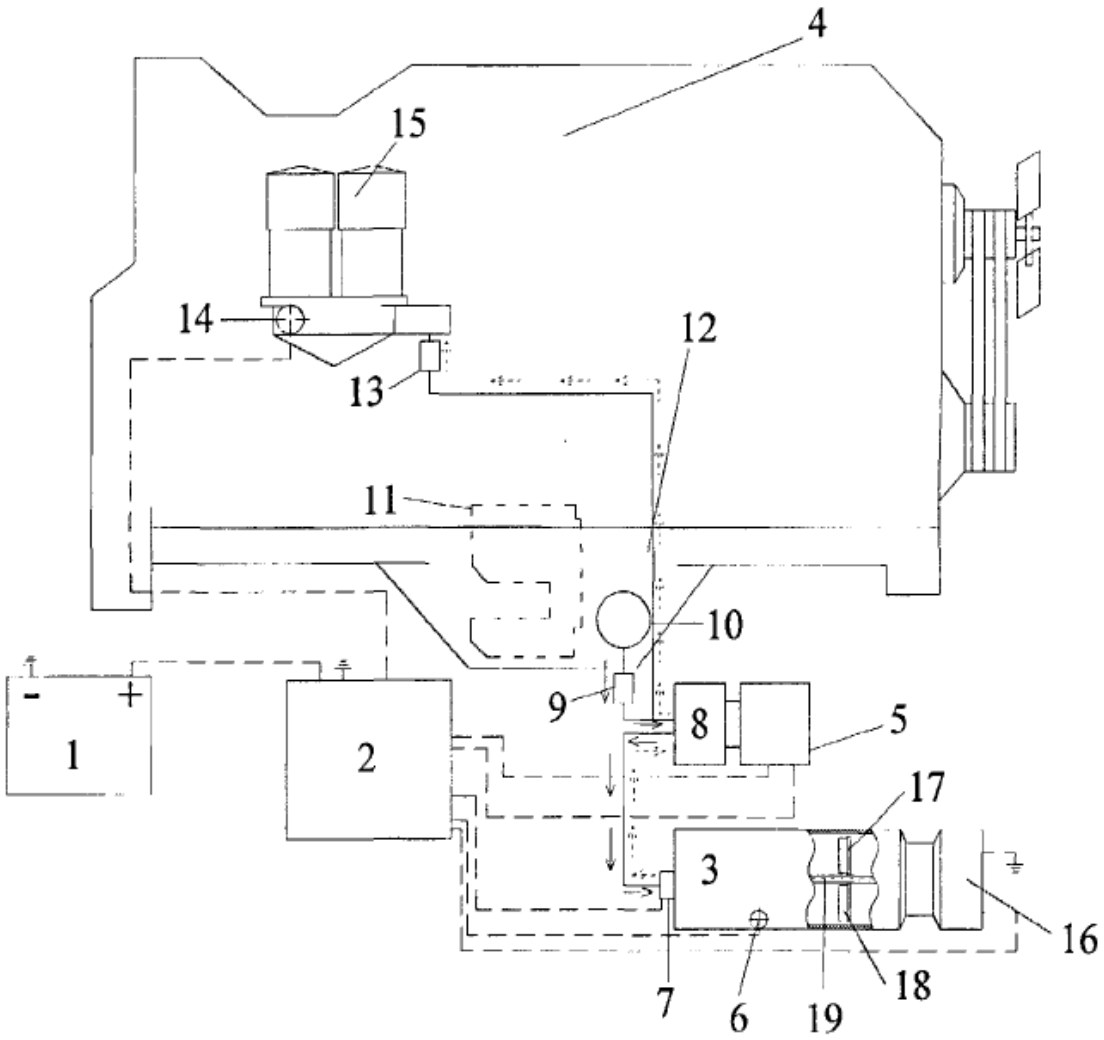
Потужність для приводу установки з оптимальними конструктивними

параметрами та частотою обертання 2100 об/хв становила 2800 Вт,

Аналіз графіків, зображених на рисунках 2.11 та 2.12 показує, що період розігріву дизельного масла до оптимальної температури, для швидкого та безпечного запуску двигуна при негативних температурах, збільшується до 1–1,5 хвилин із зниженням температури масла на 5 °С нижче 0 °С. Отже, час роботи запропонованої установки збільшується із зниженням температури масла.

Збільшення часу роботи установки призводить до збільшення споживаної потужності. Ще одним головним фактором, що впливає на потужність, що подається, є збільшення в'язкості масла при негативних температурах навколишнього повітря. При зменшенні температури навколишнього повітря на 5°С, потужність, необхідна для приводу пристрою при оптимальних конструктивних параметрах і частоті 2100 об/хв, збільшується на 880 Вт. Потужність, визначена при оптимальних конструктивних параметрах, що дорівнює 2800 Вт, потрібна в перші 30-50 секунд роботи пристрою, далі споживана потужність знижується через зменшення в'язкості масла, що розігрівається.

Запропонований пристрій належить, зокрема, до систем запуску головного двигуна трактора, самохідної машини та інших транспортних засобів, які автоматично готують до роботи та запускають двигун, тим самим забезпечуючи безпеку механізатора.



: -рух нагрітого масла до двигуна;

- -рух масла до нагрівача.

Рис. 2.13 — Принципова схема підключення пристрою до дизельного двигуна.

Пристрій містить акумуляторну батарею 1; блок керування 2; нагрівач 3 з термодатчиком 6 та електромагнітним клапаном 7; двигун внутрішнього згоряння 4; електродвигун 5 з насосом 8; запірний клапан 9; масляний насос 11 з маслоприймачем 10 та піддоном картера двигуна 12; запірний клапан 13; масляні фільтри 15 з датчиком 14 тиску; електродвигун нагрівача 16 з'єднаний з валом 19, на валу знаходяться нагрівальні диски 17 з лопатями 18.

Запропонована система прогріву та прокачування масла дозволяє відмовитися від використання небезпечних способів розігріву олії, як розігрів відкритим вогнем, розігрів за допомогою гарячої пари, води та інші. Пропонована конструкція працює від акумуляторної батареї трактора та дозволяє трактор вводити протягом 10 хвилин при низьких температурах.

3.РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розрахунок матеріальних збитків від виробничого травматизму

В даний час при наїзді тракторів щороку летально травмуються близько 12 працівників та отримують травми з інвалідним результатом близько 45 працівників. Взимку ці показники знижуються відповідно до 5 та 10, при цьому експлуатація тракторів знижується до 70%.

Щорічні матеріальні збитки від травматизму розраховується за формулою:

$$М_у = С(К_л * N_л + К_і * N_і + К_в * N_в) \qquad (3.1)$$

Де $К_л$=9,0125; $К_і = 5,12$; $К_в$=2,231 – коефіцієнт обліку тяжкості травмувань

С=8600грн. мінімальна заробітна плата;

$N_л$, $N_і$, $N_в$ NB - кількість механізаторів, які отримали травми відповідно

з летальним та інвалідним наслідками, та тимчасовою втратою працездатності.

Враховуючи, що результати наїзду працівники отримують здебільшого з летальним та з інвалідним наслідком травми, то збитки від травм з тимчасової втратою працездатності до розрахунків не включаємо.

$М_у$ =8600(9,0125*10+5,12*5)=995235грн.

3.2 Капітальні вкладення

Для визначення капітальних вкладень на технологічне обладнання необхідно ціну придбання матеріалів збільшити на суму витрат на монтаж та налагодження, витрати на доставку.

Розрахунок ведуть за такою формулою:

$$K = \sum_1^i (Ц + М_н + Т_{с.}) \qquad (3.2)$$

де, Ц – вартість придбання обладнання;

$М_н$=0,2Ц - витрати на монтаж та налагодження;

$Т_{с.}$ = О, 15Ц - витрати на доставку.

Вартість придбання обладнання становила 24030грн. Вона була визначено із сумарної вартості обладнання.

К=17800+3560+2670=24030грн.

Витрати на утримання та експлуатацію машин та обладнання є комплексною статтею у собівартості.

3.3 Річний економічний ефект запропонованого проекту

Сумарні втрати при запуску двигуна в холодну пору року

становлять 1 годину 30 хвилин. При впровадженні проектного рішення напрацювання трактора збільшиться до 90 мото/годин в холодну пору року.

Додатковий дохід від наданих послуг за ціною 400 грн за 1 мото/година складе:

$$ДП = Q * Ц \qquad (3.3)$$

де Q - вироблення трактора;

Ц - ціна за мотто/годину,

$$ДП = 90 • 400 = 36000 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект від застосування установки на 20 тракторів визначаємо за формулою:

$$E_р = М_у + ДП * 20 - З_в \qquad (3.4)$$

де ДП- додатковий дохід;

$З_в$ – витрати на виробництво.

$E_р$ =995235+36000*20-356660=995575грн.

Витрати суспільства створення нового пристрою запуска двигуна тракторів окупляться не лише грошовим еквівалентом, а й здоров'ям механізаторів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ

4.1. Фактори, що впливають на безпеку праці на тракторах

Інструкція з охорони праці (далі – інструкція) розроблена згідно з вимогами законодавства України і встановлює правила виконання робіт і поведінки працівника на території підприємства, у виробничих та службових приміщеннях, та на робочому місці відповідно до державних, міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці.

Дія інструкції поширюється на тракториста. До управління трактором допускаються особи не молодше 18 років, які мають посвідчення на право управління трактором, визнані придатними для цієї роботи медичною комісією.

Тракторист зобов’язаний знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуваннями та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту, проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди”.

Залежно від конкретних умов організації виробничого процесу, а також у зв’язку з допущеними аваріями і нещасними випадками, до інструкції можуть вноситися зміни і доповнення, які викладаються на окремому аркуші за підписом керівника відповідного структурного підрозділу.

Інструкція є обов’язковим для виконання нормативним документом для тракториста.

До виконання робіт, які проводяться трактористом, допускаються особи, які:

пройшли медичний огляд та не мають медичних протипоказань;

пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, про правила поведінки при виникненні аварій.

Тракторист зобов’язаний:

вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

дотримуватися зобов’язань з охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;

своєчасно починати та закінчувати роботу, дотримуватися часу технологічних та обідньої перерв;

не виконувати роботи, які не передбачені посадовою інструкцією;

В процесі роботи на тракториста можливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

рухомих автомобілів, сільськогосподарської техніки на території товариства, полів, автошляхів;

рухомих частин технологічного обладнання, виробів, заготівель, матеріалів, що пересуваються;

підвищеної або зниженої температура повітря робочої зони;

підвищеної або зниженої температури поверхні обладнання, матеріалів;

підвищеного рівня шуму на робочому місці;

підвищеної або заниженої вологості повітря;

підвищеної або заниженої рухомості повітря;

недостатнього освітлення робочої зони.

Інструмент і пристрої необхідно використовувати тільки за призначенням.

Кабіна трактора, органи управління і прилади мають бути чисті, сухі і вільні від сторонніх предметів.

На тракторі не дозволяється зберігати промаслені або змочені паливом обтиральні матеріали, а також бензин, гас та інші легкозаймисті речовини.

Трактор необхідно заправляти паливом за допомогою заправних пристроїв. Заправка трактора в темну пору доби допускається тільки при штучному освітленні. При цьому не допускається користуватися джерелами відкритого вогню.

Заправка паливного бака пускового двигуна дозволяється тільки механізованим способом. Не допускається заправляти бак безпосередньо з відра та інших ємностей.

Необхідно стежити, щоб у паливних баках і паливопроводах не було течі, яку при виявленні треба негайно усунути, а патьоки витерти.

Робота з несправним або погано чутним звуковим сигналом не дозволяється, це може призвести до аварійної ситуації та травмуванню людей.

Також не допускається експлуатація трактора в нічний час з несправною світловою сигналізацією.

Перш, ніж зійти з трактора, необхідно поставити важіль переключення передач у нейтральне положення і включити гальмо.

. Перед вантаженням трактора на залізничну платформу або інший транспортний засіб необхідно встановити механізм навіски у крайнє верхнє положення, зафіксувати його механічним фіксатором у транспортному положенні. Необхідно злити воду з системи охолодження двигуна і паливо з паливних баків, відключити акумуляторну батарею, включити першу передачу коробки передач.

При вантаженні і вивантаженні трактора необхідно користуватися спеціальними захватами, які гарантують безпечність роботи і цілісність кабіни та обшивки трактора.

Тракторист повинен добре знати прийоми управління трактором і послідовність їх виконання при пуску пускового двигуна та дизеля, при пуску трактора в роботу і його русі, а також при зупинці трактора і двигуна.

4.2. Правила безпечної праці на тракторах

не змащувати і не кріпити деталі, не заправляти, не регулювати і не проводити очищення від бруду тягач і причіпні агрегати.

При ремонті двигуна не допускається виконувати будь-які ремонтні роботи під трактором і причіпними машинами.

Під час виконання своїх обов’язків тракторист повинен дотримуватися вимог санітарних норм та особистої гігієни:

приступати до роботи тільки у засобах індивідуального захисту (спецодяг);

зберігати і приймати їжу тільки у відведених місцях;

після роботи вимити забруднені частини тіла.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи тракторист зобов’язаний:

Ознайомитися з умовами, характером та обсягом робіт, що будуть виконуватися, необхідно оглянути трактор, переконатись у його справності і тільки тоді приступати до пуску двигуна.

Підготовити робоче місце до роботи.

Перевірити та одягти спецодяг, засоби індивідуального захисту.

Перевірити наявність та справності обладнання, інструментів, захисних пристроїв небезпечних зон машин і механізмів, пускових, запобіжних, гальмових та очисних пристроїв, систем блокування та сигналізації, вентиляції та освітлення, знаків безпеки, первинних засобів пожежогасіння, виявлення

видимих пошкоджень захисного заземлення тощо, з якими буде працювати сам або підлеглі.

Перед пуском двигуна необхідно:

– виконати операції “Щозмінного технічного обслуговування по підготовці двигуна до роботи”;

– перевірити справність електрообладнання освітлення та сигналізації;

- відкрити запірний кран паливного бака основного двигуна;

– випустити повітря з паливної системи (при потребі).

Для пуску двигуна необхідно додержуватись таких вимог:

– встановити важіль переключення передач у нейтральне положення;

– включити акумуляторну батарею в електричну мережу, натиснувши на велику кнопку вмикача “маси” до фіксації її в нижньому положенні;

– встановити важіль управління подачею палива в положення виключеної подачі палива;

– включити декомпресор;

– відкрити кран подачі палива до карбюратора пускового двигуна;

– прикрити повітряну заслінку карбюратора пускового двигуна;

– включити електростартер;

– після прогріву пускового двигуна плавно, але швидко включити муфту зчеплення редуктора;

– прокрутити основний двигун протягом 1–2 хв. до появи тиску мастила в масляній магістралі двигуна і виключити декомпресор;

– заглушити пусковий двигун;

– закрити кран подачі палива до карбюратора.

ВИСНОВКИ

1. У процесі аналізу виявлено, що однією з основних причин нещасних випадків при запуску двигуна є умови та охорона праці що не відповідають нормативним вимогам. Щорічно відбувається 45 нещасних випадків при запуску двигуна, у тому числі 15-20 у холодне пору року. Однією з причин є тривалий запуск двигуна, а також застосування небезпечних способів та засобів підігріву двигуна.

2. Встановлено, що при зниженні температури від +15°С до -20°С, ймовірність появи нещасного випадку збільшується у 8 разів. Це пов'язані з збільшенням часу дії небезпеки, тобто. збільшення часу запуск двигуна.

3. Обґрунтовано допустимі за умовами безпеки параметри та режими роботи запропонованої системи запуску Для розігріву дизельного олії об'ємом V=9л до мінімально допустимої температури 30°С достатньо 5 дисків із 4 лопатями, загальною площею S=219860 мм² і частотою обертання дисків, що дорівнює n=2100 об/хв, що забезпечує розігрів олії від -18 ° С до +30 ° С за 5,5 хвилин.

4. Виявлено оптимальну потужність приводу пристрою при температурі -18 ° С, яка становить 2,8 кВт.

5. Розроблено пристрій, що забезпечує безпеку механізатора при запуску двигуна в холодну пору року. Пристрій наводиться в обертання електродвигуном ностійного струму, що нитить від акумуляторної батареї трактора.

6. Річний економічний ефект від застосування установки на 20 тракторів склав 995575грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко, В. П., & Коваленко, С. М. (2021). Аналіз методів покращення низькотемпературних властивостей дизельного палива. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, (5), 117-122.
2. Гунько І.В. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші / І.В. Гунько, А.А. П`ясецький, С.А. Бурлака // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2017. – Випуск 2 (97). – С. 47-51
3. Дмитрієва, І. В., & Степаненко, В. П. (2022). Перспективи використання нових методів покращення низькотемпературних властивостей дизельного палива. Журнал наукових досліджень, (3), 88-95.
4. Лукашенко, В. Д., & Герасимчук, І. П. (2018). Покращення низькотемпературних властивостей дизельного палива. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України, (296), 163-170.
5. Основи охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ztec.com.ua/ztec/e-lib/
6. Попов, О. М., & Іванов, П. С. (2019). Сучасні методи депарафінізації дизельних палив. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування, (934), 169-175
7. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 78 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.
8. Пришляк В.М. Визначення ефективності роботи автотракторних двигунів, адаптованих для часткових режимів навантаження / В.М. Пришляк, А.А. П`ясецький, С.А. Бурлака // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2016. – Випуск 3 (95). – С. 28-32.

9. Сидоренко П. В. Економічна ефективність сільськогосподарської техніки. Черкаси: Білобога, 2022. 240 с.

10. Шевченко, О. В., & Петренко, І. Г. (2020). Вплив депресорних присадок на низькотемпературні властивості дизельного палива. Журнал наукових публікацій аспірантів та студентів, (2), 57-62.