



УДК 631.3:621.311.23

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-1-15

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНО ЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ  
ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДВИГУНІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТЕХНІКИ**

**Паладійчук Юрій Богданович**, к.н.т., доцент  
**Телятник Інна Анатоліївна**, магістр  
Вінницький національний аграрний університет

**Yuriy Paladiychuk**, Ph.D., Associate Professor  
**Inna Telyatnuk**, Undergraduate  
Vinnytsia National Agrarian University

*Механізація праці на малих фермерських та індивідуальних присадибних господарствах є досить важливим питанням сучасного сільського господарства. Застосування малогабаритної сільськогосподарської техніки потужністю до 16 кВт, на сьогодні є досить актуальним.*

*Малогабаритна техніка поділяється на: малогабаритні 4 колісні трактори, 2 колісні мотоблоки, мотокультиватори, машини і обладнання. За допомогою цієї техніки виконують різні сільськогосподарські та інші види робіт в рослинництві, садівництві, городництві на невеликих за розміром ділянках, тваринництві та інше.*

*Незважаючи на свої досить малі розміри, малогабаритна техніка теж має різні механізми, які з часом виходять з ладу. Найчастіше з ладу виходять деталі двигуна внутрішнього згоряння. Загалом вартість ремонту ДВЗ за період експлуатації може перевищити загальну вартість самого двигуна в 5-6 разів. Отже, постає питання покращення системи технічного сервісу двигунів малогабаритних тракторів.*

*В даній статті розглядається питання, підвищення ефективності експлуатації двигуна внутрішнього згоряння для малогабаритних тракторів, за рахунок ефективного проведення після продажної чи післяремонтної обкатки та покращення системи технічного обслуговування. Представлено типи малогабаритної техніки. Проведений аналіз можливих навантажувально-швидкісних режимів холодної та гарячої обкатки двигунів внутрішнього згоряння і засобів для їх реалізації. Проаналізовано технічні засоби для обкатки і випробування двигунів внутрішнього згоряння. Наведені наступні формули для визначення: димності відпрацьованих газів при обкатці двигунів; світлопроникності відпрацьованих газів; діапазону регулювання швидкості; навантажувального моменту; вмісту шкідливих речовин ( $Q$ ) у відпрацьованих газах по  $j$ -м компонентам. Обґрунтування необхідності стендової обкатки двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки. Розглянута функціональна схема стенду для обкатки та випробувань двигунів внутрішнього згоряння. Описано етапи холодної та гарячої обкатки двигунів малогабаритної техніки.*

*За допомогою отриманої інформації, зроблені підсумки та проведений аналіз методів обкатки двигунів внутрішнього згоряння малогабаритної сільськогосподарської техніки.*

**Ключові слова:** *двигун внутрішнього згоряння, малогабаритні трактори, обкатка, припрацювання, холодна обкатка, гаряча обкатка, відпрацьовані гази, ремонт, технічне обслуговування.*

**Ф. 5. Рис. 9. Табл. 1. Літ. 14.**

---

**1. Постановка проблеми**

На території України налічується понад 100 найменувань малогабаритної сільськогосподарської техніки. Загальна експлуатація двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на цій техніці становить понад 5,5 млн. шт. Вони поділяються на двотактні та чотирьохтактні. Частка двотактних складає близько 37%, решта - чотирьохтактні. Щорічно у сервісні центри та ремонтні підприємства надходить близько 30-70 тис. шт. несправних малогабаритних тракторів, мотоблоків, мотокультиваторів і іншої сільськогосподарської техніки обладнаної ДВЗ, причому більшість з дефектами ДВЗ.

Під час експлуатації вартість ремонтів може перевищувати вартість ДВЗ приблизно в 5 - 6 разів. Після ремонту помітно знижується продуктивність і ресурс двигуна. Постає проблема, про необхідність поліпшення технічного сервісу малогабаритної сільськогосподарської техніки.

За допомогою проведення якісної заводської і післяремонтної обкатки, технічного сервісу двигунів, можливо досягнути продовження терміну служби і збільшення ресурсу ДВЗ. На заводах-



виробниках і ремонтних підприємствах не передбачена стендова обкатка, двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки. Проте в технічній документації для таких ДВЗ, вказується необхідність даної операції. Проте заводи-виробники рекомендують на початковому періоді експлуатації проводити попередню обкатку двигунів зважаючи на необхідність припрацювання деталей тертя.

Без попередньої обкатки робота ДВЗ на режимі повної потужності, може викликати швидкий знос поверхонь тертя деталей, привести до заклинювання, задирів і поломок. Експлуатаційна обкатка двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки триває від 20 до 100 годин в залежності від типу двигуна. Під час цього періоду потрібно приділяти особливу увагу двигуну: перші години обкатки працювати тільки на холостому ході, використовувати тільки рекомендовані види палива і масла, не навантажувати непрогрітий ДВЗ, а прогрів виконувати на середніх оборотах без навантаження.

На сьогодні широко застосовуються в автосервісах і великих дилерських станціях, сучасні технології та технічні засоби для обкатки та випробувань ДВЗ, потужністю понад 16 кВт. Обкатка і випробування двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки є технічно складною і економічно не вигідною через високу вартість таких технічних засобів. Вдосконалення технологій і технічних засобів для обкатки і випробування двигунів малогабаритних тракторів є актуальною науковою задачею [1-2].

---

## 2. Мета і задачі дослідження

---

Метою даного дослідження є розв'язання проблеми поліпшення технічного сервісу малогабаритної техніки (МГТ).

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- ❖ провести аналіз можливих навантажувально-швидкісних режимів холодної та гарячої обкатки ДВЗ і засобів для їх реалізації.
- ❖ провести теоретичне обґрунтування способу регулювання навантажувально-швидкісних режимів стендів для двигунів МГТ.
- ❖ з врахуванням отриманої інформації, зробити висновки та провести аналіз технічних засобів для обкатки і випробування двигунів МГТ.

---

## 3. Аналіз останніх досліджень та публікацій

---

Сьогодні у сільському господарстві все частіше застосовують міні-трактори та мотоблоки.

Міні-трактор має стандартну комплектацію, але його завжди можна доукомплектувати, наприклад, культиватором, газонокосаркою або об'ємним причепом. Міні-трактор є дуже хорошим помічником в плані ведення домашнього господарства в сільській місцевості.

Мотоблок - це універсальне самохідне робоче транспортний засіб на базі одноосного шасі, яке виконує функції малогабаритного трактора. Ця техніка також називається пішохідним або одноосьовим трактором. Вона широко використовується в сільському господарстві і для виконання різних комунальних робіт з благоустрою території. За допомогою цієї техніки можна виконувати переважну більшість робіт в сільському і комунальному господарстві, тому вона є універсальною. Універсальність забезпечується завдяки особливій конструкції, яка дозволяє встановлювати різне навісне обладнання [3].

В порівнянні мотоблока з міні-трактором є ряд переваг:

- низька ціна;
- відмінна маневреність.
- низька витрата пального.
- мінімальне ущільнення ґрунту при роботі.
- недорогий ремонт.
- порівняно дешеве навісне обладнання.

*Різновиди техніки в залежності від потужності і габаритів.* Існують три категорії мотоблоків, які поділяються за потужністю і габаритами: легкі, середні, важкі.

Легкі мотоблоки застосовують для обробки невеликої ділянки площею до 20 соток. Це найдешевші агрегати, вони компактні та досить маневрені, оснащуються слабким двигуном, тому не можуть виконувати складні завдання. Вони досить добре справляються з такими задачами, як: прополка бур'яну між вузькими рядами різних городніх і садових рослин; підготовка ділянки фрезами перед оранкою; підгортання рослини або проведення прополки. Частіше за все на легкі апарати встановлюють двотактні бензинові двигуни, тобто пальне та мастило мають спільний бак. З цієї причини виникає чимало труднощів, адже пальне та мастило потрібно додавати в строгой пропорції та мати при собі вимірну тару, щоб підготувати правильну горючу суміш. Існують конструкції двотактних двигунів, де передбачено спеціальний бачок для заправки маслом, тоді суміш готується самостійно і



впорскує в камеру згоряння двигуна бензин з маслом, що набагато зручніше, ніж ручне замішування палива [3].

Середні мотоблоки мають більш широкі можливості. Техніка володіє достатньою потужністю для виконання практично будь-яких завдань і цілком впорається з ділянками до 50 соток, до них можна приєднувати причіп, щоб перевозити різні вантажі. Техніку можна агрегатувати з плугом, а також вона цілком впорається з картоплесаджалки і картоплекопач. Не зважаючи на свою універсальність, технічні характеристики середнього класу мотоблоків, не розраховані для роботи в промислових масштабах. До недоліків даних агрегатів відноситься повітряне охолодження, тому при багатогодинній роботі двигун сильно прогрівається. Якщо потрібно обробляти невелику ділянку, це не проблема, але для саду в кілька гектарів, такого апарату буде недостатньо [3].

Важкі мотоблоки, оснащуються потужними двигунами, які мають значні витрати пального. Дана техніка виконує будь-які завдання, на які взагалі здатні мотоблоки. Техніку використовують для перевезення вантажу в кілька тонн, для прибирання великої кількості снігу. До таких мотоблоків приєднуються дроворуби та гілкоподрібнювачі. Вони впораються з обприскувачами, щітками для підмітання та широкими косарками для трави. У даних апаратів водiane охолодження, тому їх обслуговування більш трудомістке. Важкі мотоблоки є найдорожчими та витратними в обслуговуванні [3].

Таблиця 1

Типи малогабаритних тракторів і мотоблоків [3]

| Тип   | Маса, кг  | Потужність<br>двигуна, кг | Максимальна швидкість, км/год. |               |
|---|-----------|---------------------------|--------------------------------|---------------|
|   |           |                           | Робоча                         | Транспортна   |
| <b>Малогабаритні трактори двовісні</b>              |           |                           |                                |               |
| Легкий  | До 500    | До 10                     | 6                              | 15            |
| Середній  | До 650    | До 14                     | 6                              | 15            |
| Важкий  | Понад 650 | Понад 14 до 16            | 6                              | 15            |
| <b>Малогабаритні трактори одновісні (мотоблоки)</b> |           |                           |                                |               |
| Легкий  | До 70     | До 3                      | 6                              | 15 з причепом |
| Середній  | До 100    | До 5                      | 6                              | 15 з причепом |
| Важкий  | Понад 100 | Понад 5                   | 6                              | 15 з причепом |

Двигун на МГТ може бути бензиновим або дизельним, в свою чергу бензиновий може бути двотактний або чотиритактний.

Двигуни із застосуванням бензину є набагато легшими, ніж дизельні. Двигуни на бензині набагато легше запускаються. Їх можна завести навіть в мороз, що не можна сказати про дизельні моделі.

Розглядаючи дизельні двигуни, можна зазначити, що вони має високий ККД. В порівнянні з бензиновим двигуном собівартість використання дизельної техніки нижче, у зв'язку з економічністю споживання пального. При цьому віддаючи перевагу дизельним двигунам можна економити на пальному, що особливо важливо, якщо техніка працює багато і постійно.

Застосовування ДВЗ сьогодні найрозповсюдженішим. Такої популярності вони досягли завдяки науково-технічному прогресу, успіхів металургії та машинобудуванні. Вони мають досить високі енергетичні та економічні показники, є достатньо надійними і добре освоєні у виробництві.

З їх основних недоліків слід виділити те, що відпрацьовані гази (ВГ) містять велику кількість шкідливих та токсичних речовин, несуть загрозу здоров'ю людей та навколишній природі.

При спалюванні палива у ДВЗ, утворюються гази, що в своєму складі містять досить широкий спектр різних шкідливих речовин, у тому числі канцерогени. У ВГ ДВЗ, виявлено близько 280 різних шкідливих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять канцерогенні бензопірена, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводні [4].

Дизельне паливо виготовляють з нафти, що містить у своєму складі сполуки сірки. Продукти перегону нафти містять до 1,0...1,3 % сірки. Вміст сірки та сірчаних сполук у дизельному паливі в 4...10 разів більший, ніж у бензині. В сучасному дизельному паливі за різними стандартами вміст сірки нормується від 0,05 до 1,0 %.

Тому потрібно враховувати технічний стан та налаштування двигунів малогабаритної техніки, склад палива та мастил, адже ці показники впливають на токсичність ВГ, що в подальшому і впливає на навколишнє середовище та живі організми [4].

*Швидкісні режими обкатки ДВЗ малогабаритної техніки.* На ремонтних підприємствах і сервісних центрах застосовуються типові технології обкатки ДВЗ, що зазвичай включають в себе три



етапи: холодна обкатка, гаряча обкатка без навантаження (на холостому ході) і гаряча обкатка під навантаженням [1, 5-6].

Щодо режиму холодної обкатки, існує дуже багато суперечок, адже деякі фахівці дотримуються думки, що етап холодної обкатки доцільно виключити, а на думку інших, даному етапу слід приділяти першорядну увагу, так як знос за цей період становить від 20 до 70% початкового зносу деталей [7].

Під час холодної обкатки ДВЗ відбувається найбільш інтенсивні процеси зношування і формування мікрогеометрії сполучень, що є важливим і відповідальним етапом технологічного процесу.

Згідно технічних вимог для двигунів кожної марки індивідуально здійснюється етап холодної обкатки. Етап триває 10 ... 120 хвилин, на ньому відбувається перевірка взаємодії і функціонування деталей, а також виявлення можливих дефектів.

Виявлення різких шумів і стуків в механізмах двигуна, а також порушення герметичності систем мащення, живлення та охолодження в місцях з'єднань, під час процесу проведення холодної обкатки – обкатку припиняють і несправності усувають. При необхідності двигун знімають і повертають на повторний ремонт.

Актуальним залишається питання впливу характеристик змін швидкісних режимів на процес припрацювання з'єднувальних деталей, адже й досі немає загальноприйнятих методик, які б забезпечували оптимальний режим обкатки і підробітки ДВЗ [1, 5-7].

Існує припрацювання плавною та ступеневою зміною швидкісного режиму при холодній обкатці. Під час ступеневої обкатки якість поверхонь поліпшується незначно, інтенсивна зміна якості поверхонь тертя спостерігається тільки в початку кожного ступеня (протягом перших 10 хвилин роботи). Зміна шорсткості поверхні, мікротвердості поверхневого шару і коефіцієнта тертя в процесі припрацювання при плавному навантаженні і збільшенні швидкості тертя відбувається значно інтенсивніше (1,8 - 2 рази) в порівнянні зі ступінчастими режимами [9].

Обкатку двигуна на ремонтних підприємствах починають з найменшої кількості оборотів, які вони визнають найбільш доцільним. Холодну обкатку ДВЗ на ремонтних підприємствах, чи сервісах, для автомобільних та інші швидкохідних двигунів, виконують при 120 об/хв.

При перших хвилинах обкатки, швидкість зносу двигуна є найбільшою, при цьому виділяється максимальна кількість тепла, внаслідок чого необхідне інтенсивне охолодження (подача великої кількості масла на поверхні тертя), що при малій кількості оборотів досить важко.

Перший ступінь холодної обкатки відбувається при підвищеному швидкісному режимі (500...600 об/хв.), що становить 20 ... 40% від номінальної частоти обертання ДВЗ. Це пояснюється вузьким швидкісним діапазоном серійних випробувальних стендів, реалізованих за застарілими технологіями [11].

Режими обкатки в залежності від моделі ДВЗ, рекомендується проводити з частот, що забезпечують швидкість обертання валу двигуна 400...1000 об/хв., і, завершувати на швидкостях рівних 950 ... 1500 об/хв [1].

Висока швидкість обертання спричиняє зростання сил тертя в одиницю часу, інерційних сил і температури поверхонь, яка, незважаючи на підвищену продуктивність насоса системи змащення, може досягти критичних значень. Зі збільшенням інерційних сил також зростають сили, спрямовані проти неї [10].

Навантаження вище критичних, під час процесу обкатки, призводять до заклинювання, пластичних деформацій та високої інтенсивності зношування. Тому вибір оптимального режиму обкатки можна звести до визначення критерію заїдання і умов її підтримки на постійному рівні під час проведення процесу [1]. Холодна обкатка повинна закінчуватися при частоті обертання, на якій закінчується зростання сумарних навантажень.

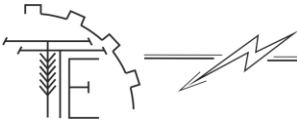
Холодна обкатка двигуна припиняється після досягнення певного ступеня припрацювання з'єднань і переходять до першого етапу гарячої обкатки ДВЗ – обкатці на холостому ході. Етап гарячої обкатки спрямований на перевірку роботи всіх механізмів і систем двигуна, а також виконання і усунення дефектів складальних і регульовальних операцій [1]. Збільшення частоти обертання колінчастого валу до величини, що відповідає максимальній частоті холостого ходу відбувається поетапно або плавно.

При здійсненні обкатки потрібно враховувати димність та токсичність речовин, що знаходяться у ВГ, адже при вдиханні газів з вмістом токсичних речовин, настає гостре отруєння.

Димність ВГ у приміщенні від бензинових двигунів не повинна перевищувати 0,3 мг/л повітря.

ВГ дизельного двигуна мають вищу токсичність ніж бензинового. Допустима концентрація димності ВГ дизельних двигунів становить - 0,3 мг/л повітря [4].





Окрім пального у техніці також застосовують: мастильні масла (моторні, трансмісійні, індустріальні і ін.) та гідравлічні рідини на мінеральній основі. В складі мастил та рідин також містяться токсичні речовини. Масла, що містять присадки, є більш токсичні ніж мастила без присадок, оскільки до складу присадок може входити сірка, хлор, фосфор, цинк, свинець та інші маловідомі елементи.

Проведення обкатки ДВЗ повинно виконуватися у приміщеннях з обо'язковим встановленням вентиляції. Вентиляцію виконують за спеціальними нормами, пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням ДВЗ.

Димність (ВГ) двигуна автомобіля – це показник, що характеризує ступінь поглинання світлового потоку, який просвічує ВГ двигуна [4].

Димність (N) визначають за наступною формулою [4].

$$N = 100 - \beta; \quad (1)$$

де,  $\beta$  – світлопроникність.

Світлопроникність ( $\beta$ ) розраховують за формулою [4].

$$\beta = \frac{i}{i_0} \cdot 100; \quad (2)$$

де,  $i$  – інтенсивність світла, що пройшло через дим;  $i_0$  – інтенсивність падаючого паралельного пучка, що проникає у дим.

Досить тривала обкатка ДВЗ без навантаження, згубно впливає на сам двигун, так як виникає ймовірність закоксовування форсунок. Тому, щоб запобігти цьому, рекомендується проводити технологічний етап гарячої обкатки ДВЗ на холостому ходу в межах 15 ... 30 хв. [1, 9-10]. Даніх меж цілком достатньо для виконання однієї з основних функцій даного етапу - перевірки працездатності ДВЗ і його прогріву перед початком етапу гарячої обкатки під навантаженням [1].

Етап гарячої обкатки ДВЗ без навантаження проводять за трьома і більше ступенями, загальною тривалістю кожної з них від 5 до 20 хвилин. Кількість ступенів обкатки залежить від конкретної марки двигуна. Розпочинають при частоті обертання колінчастого вала, що дорівнює 45 ... 89% від номінальної – це і є перший ступінь. Потім, через певні інтервали послідовним переключенням на наступні ступені доводять частоту обертання до номінальної. Інколи частота обертання перевищує номінальну і становить - 111%, що дорівнює максимальній частоті обертання холостого ходу [1, 9-11].

Одним з найважливіших та необхідних етапів обкатки, є гаряча обкатка ДВЗ без навантаження, адже в процесі неї здійснюється прогрів двигуна і оцінюється якість виготовлення, складання та регулювання ДВЗ, а також якість проведення холодної обкатки. При правильному виконанні цих процесів, настає наступний етап технологічної обкатки двигунів – етап гарячої обкатки під навантаженням.

Гаряча обкатка ДВЗ під навантаженням є обов'язковою умовою отримання високого ступеня припрацювання з'єднань і підготовки поверхні тертя до сприйняття експлуатаційних навантажень [1-9]. Даному режиму обкатки, властивий максимальний швидкісний режим протягом певного часу при ступінчастому або плавному безступінчастому зростанні навантажень на припрацювання з'єднань [9].

Здійснення гарячої обкатки на максимальному швидкісному режимі протягом певного часу, через низку несправностей (наприклад, заклинювання рейки), може привести до резонансного збільшення частоти обертання колінчастого вала і виникнення аварійної ситуації.

Так як, процес гарячої обкатки супроводжується збільшенням навантаження на ДВЗ та його складові частини, необхідно також в цей момент контролювати склад та кількість ВГ, адже припрацюванні деталей виділяються токсичні речовини та тверді частинки (сажа) [4].

Під час гарячої обкатки під навантаженням на початковій стадії застосування знижених швидкісних режимів, внаслідок зменшення подачі мастила в зони тертя, стає можливим створити режим напів гідродинамічного тертя і підвищити інтенсивність і якість припрацювання при зменшенні початкового зносу, що для отримання стабільних результатів необхідно точно дотримуватися швидкісних режимів і використовувати спеціальні протизадирні присадки в мастилі і паливі, що ускладнює реалізацію даного способу обкатки ДВЗ. Щоб усунути дані недоліки слід, поступово збільшувати навантаження по коливальному закону при цьому коливання навантаження частоти обертання синхронізуються за часом, а їх частота збільшується від мінімальних до максимальних значень [1, 7].

Даний спосіб має недостатню ефективність припрацювання, тривалість обкатки, нестабільність навантажувально-швидкісних режимів і можливість появи непередбачених явищ (через зміни навантаження по коливальному закону). Для реалізації цього способу необхідне складне обладнання і точне дотримання режимів припрацювання.



При проведенні обкатки, потрібно застосовувати паливо підвищеної якості. Вміст сірки в даному паливі не повинен перевищувати 0,001%. Паливо повинно відповідати усім вимогам стандарту Євро – 5 (EN 590) [4].

На даний час, досить велику увагу приділяють вмісту токсичних речовин у ВГ ДВЗ тракторів, самохідних машин, автомобілів та спеціальної техніки.

На території Європейського союзу та США діють екологічні стандарти для дизельних двигунів лісогосподарських та сільськогосподарських мобільних машин Stage і Tier відповідно [4].

Дані норми контролюють максимально допустимий рівень токсичності та димності ВГ дизельних двигунів спеціальних машин не призначених для експлуатації на дорогах загального користування. На території України дані норми широкого застосування не мають, але вони залишаються актуальними.

В адаптивному управлінні режимами обкатки, в якості діагностичних параметрів приймають температуру агрегату, момент на валу, обороти колінчастого валу, тиск в масляній магістралі, коефіцієнти інтенсивності процесу та інші технологічні параметри, що знаходяться в функціональному взаємозв'язку.

На даний час, прийнято виділяти два основних напрямки реалізації етапу гарячої обкатки під навантаженням: гальмівний і безгальмівний. Гальмівний спосіб має: гарну якість припрацювання з'єднань, малу трудомісткість і простоту його реалізації, універсальність по відношенню до типів двигунів і їх потужності, можливість автоматизації процесу обкатки, невисоку вартість і компактність використовуваних засобів. Проте він має досить малий час динамічного навантаження при гарячій обкатці ДВЗ, зниження значень швидкісних режимів, підвищену тривалість обкатки в порівнянні з безгальмівним способом [12].

Якщо розглядати безгальмівний спосіб, то він має недосконалість конструкцій існуючих промислових стендів і пристроїв для його реалізації. Пристрої досить габаритні та дороговартісні. Тому сучасні випробувальні засоби повинні в повній мірі забезпечити реалізацію існуючих технологій обкатки та випробувань ДВЗ, а саме, мати можливість широкого регулювання навантажувально-швидкісних режимів випробовуваного двигуна.

Обкатувальний універсальний стенд з динамічним навантаженням, серії КС виробництва ТОВ «Копіс» (рис. 1), є найпоширенішим представником стендів, що здійснюють безгальмівну обкатку ДВЗ. Основний недолік стендів даної серії є одношвидкісний режим холодного обкатування ДВЗ за допомогою тихохідного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (750 об/хв.), який включається в роботу за допомогою прямого пуску. Пуск асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, в даному випадку може призвести до утворення задирів, неприпрацювань поверхонь сполучень двигуна. Даний спосіб призводить до значних струмових перевантажень електричної мережі.



Рис. 1. Стенд КС 276 для обкатки двигуна [13].

*Аналіз технічних засобів для обкатки і випробування ДВЗ.* Для обкатки та випробувань ДВЗ існує велика різноманітність стендів різних конструкцій, за допомогою яких і проводиться обкатка.

Дані стенди поділяють на гальмівні та безгальмівні. У гальмівних в якості гальма використовують електричні, гідравлічні або пневматичні навантажувальні пристрої, у безгальмівних навантаження і її зміна здійснюється за допомогою маховика, зміною положення паливодозуючого органу, дроселя і рециркуляцією газів.



В даний час, найбільш широке промислове застосування набули гальмівні стенди.

Класифікацію навантажувальних пристроїв для обкатки ДВЗ, проводять залежно від ступеня корисного використання енергії випробуваного двигуна [11].

Якщо, енергія випробуваного двигуна повністю втрачається або утилізація цієї енергії ускладнена, то навантажувальні пристрої відносять до першої групи. До них відносять індукторні, гідравлічні і механічні гальма, а також навантажувальні пристрої на базі машини постійного струму, навантаженої на активний опір.

Якщо енергія випробуваного двигуна частково рекуперується в електричну мережу, то навантажувальні пристрої відносять до другої групи/

Найбільш досконалі навантажувальні пристрої, належать до третьої групи, в них енергія випробуваного двигуна практично повністю рекуперується в живильну електричну мережу.

Гальмівні пристрої цієї групи характеризуються високими енергетичними показниками, простотою автоматизації технічного процесу обкатки і випробування двигунів і виконуються на сучасній елементній базі. Пристрої типу «генератор - двигун», гальмівні пристрої, виконані за системою «машина постійного струму – тиристорний перетворювач», навантажувальні пристрої на основі машини подвійного живлення і гальмівні пристрої типу «асинхронний двигун – перетворювач частоти», відносяться до навантажувальних пристроїв третьої групи.

На даний час найдосконалішим навантажувальним пристроєм є тип «асинхронний двигун – перетворювач частоти». У ньому за допомогою перетворювача частоти, регулюється частота обертання в режимі холодного обкатування і навантажувального моменту в режимі гарячої обкатки, це дозволяє змінювати вихідну частоту від 0 до 400 Гц. В асинхронному двигуні розгін та гальмування, здійснюється плавно, а при необхідності - по лінійної залежності від часу [11].

Перетворювачі частоти, за конструктивними особливостям, можуть бути двох типів: дво ланкові перетворювачі частоти і безпосередні перетворювачі частоти. Дані перетворювачі можуть застосовуватися разом, для побудови навантажувальних пристроїв стендів для обкатки ДВЗ, але вибору конструкції перетворювача частоти слід приділити найбільшу увагу.

Розглядаючи навантажувальний пристрій на базі асинхронного двигуна з двох ланковим перетворювачем частоти, виконаному за схемою «активний випрямляч - автономний інвертор напруги», можна виділити наступні переваги:

- малі масогабаритні параметри гальмівного електричного пристрою;
- простота і надійність конструкції;
- високий ККД установки;
- широкий діапазон регулювання швидкості і моменту;
- можливість забезпечення режиму рекуперації гальмівної енергії в електричну мережу,
- простота і висока точність управління;
- можливість повної оптимізації процесу обкатки ДВЗ за допомогою вбудованих в перетворювач промислових інтерфейсів.

З недоліків дані гальмівні пристрої, мають подвійне перетворення енергії, що незначно, але знижує коефіцієнт корисної дії установки.

Реалізація навантажувальних пристроїв для обкатки ДВЗ, за допомогою електричних навантажувальних пристроїв, має ряд недоліків: високий рівень шуму, вібрацій і загазованості приміщень при проведенні гарячої обкатки, що обумовлює важкі умови праці обслуговуючого персоналу [11].

Існує холодна обкатка двигунів, яку проводять за допомогою гальмівних стендів, де шляхом подачі повітря під тиском в циліндри ДВЗ, створюють додаткові навантаження в циліндрах, при цьому притираються ті ділянки, які необхідно підготувати до сприйняття експлуатаційних навантажень.

Зазвичай спеціалізовані обкатні стенди випускаються для однотипних за номінальною потужністю і частотою обертання двигунів. Тому виникає необхідність на ремонтних підприємствах мати до трьох типорозмірів стендів, що для малих ремонтних сервісів є досяжною ціллю.

Не маючи коштів на закупівлю такої кількості випробувальних стендів, підприємства обкатують відремонтовані двигуни, шляхом холостої роботи і під навантаженням безпосередньо на машині.

При відсутності стендів, обкатку ДВЗ проводять шляхом прокрутки від ведучих коліс машин під час їх буксирування, при цьому необхідні швидкісні режими підтримують шляхом зміни швидкості буксирування і номера передачі на коробці перемикачів передач. Холодну обкатку здійснюють шляхом прокрутки вала двигуна через вал відбору потужності трактора, який карданним валом з'єднується з валом відбору потужності трактора [2, 5, 8].



Реалізація на практиці рекомендованих типовими і іншими технологіями, швидкісних режимів холодної обкатки часто ускладнюється внаслідок обмеженого діапазону частот обертання серійних обкатних стендів 300 ... 1500 об/хв. [1, 6-8].

*Обґрунтування необхідності стендової обкатки двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки.* Відповідно до ДСТУ ISO 26322-2:2013. Вимоги щодо безпеки. Трактори вузькоколіїні та малогабаритні (ISO 26322-2:2010, IDT), ГОСТ 28523-90 «Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт. Наказо Держстандарту України від 30 липня 2002 р. №64 «Про номенклатурі продукції і послуг (робіт), що підлягають обов'язковій сертифікації та Номенклатурі продукції, відповідність якої може бути підтверджена декларацією про відповідність» під малогабаритною розуміється наступна техніка:

- ✓ Трактори сільськогосподарські універсально-просапні малогабаритні потужністю до 16 кВт (до 22 к.с.).
- ✓ Машини сільськогосподарські, що агрегатуються з малогабаритними тракторами.
- ✓ Інструмент, інвентар та засоби малої механізації садово-городні.
- ✓ Машини та обладнання для бджільництва, шовківництва і захищеного ґрунту.
- ✓ Автомобілі загального призначення бортові, шасі і фургони повної масою не більше 3,5 тон.

Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт мають досить обмежені вантажогабаритні розміри. Їх поділяють на: переносні потужністю 0,3 ... 3 кВт, пішохідні - 3 ... 10 кВт, мобільні - 10 ... 16 кВт та стаціонарні - 0,1...10 кВт. Застосування малогабаритної техніки не повинно впливати на якість роботи та відрізнятися від традиційної сільськогосподарської техніки, тому вона повинна відповідати основним агротехнічним вимогам по глибині обробітку ґрунту, висоті зрізу, якістю розпилу і інше [14].

Аналізуючи дефекти малогабаритної сільськогосподарської техніки, виявилось, що найбільший відсоток несправностей припадає на циліндропоршневу групу - 22% і руйнування підшипників кочення, встановлених на шатунній шийці колінчастого валу - 14%.

Зменшити такі дефекти, можливо при введення передексплуатаційної обкатки всіх двигунів, що встановлюються на малогабаритну сільськогосподарську техніку. Крім того, потрібно застосовувати оптимальні способи обкатки для кожного двигуна індивідуально.

На сьогодні практично немає, спеціальних стендів для обкатки ДВЗ малогабаритної сільськогосподарської техніки. Якщо розглядати існуючий стенд для проведення ресурсних і динамічних випробувань мотоблоків, то даний стенд є морально застарілим і не відрізняється високою енергетичною ефективністю і здатністю забезпечити велике розмаїття існуючих технологій холодної та гарячої обкатки двигунів зважаючи на обмежений діапазон навантажувально-швидкісних режимів.

Невисока вартість малогабаритних засобів та їх двигунів, спричинила відсутність на ринку спеціальних випробувальних стендів для обкатки їх двигунів. Через величезні енергетичні витрати, потужностей і вартості існуючих стендів, їх недоцільно застосовувати для існуючих обкатно-гальмівних стендів для обкатки двигунів МГТ.

Крім цього, якісна обкатка дозволить збільшити ресурс двигуна на 20-40% і продовжити термін його служби [1].

Таким чином розробка і вдосконалення технологій і технічних засобів для обкатки і випробування двигунів МГТ дозволить істотно підвищити ресурс, як знову нових двигунів, так і капітально відремонтованих.

---

#### 4. Виклад основного матеріалу

---

Стенд для обкатки і випробування двигунів МГТ представлений на рисунку 2.

Процес обкатки на даному стенді відбувається наступним чином:

1. вмикається автоматичний вимикач 5;
2. запускається рекуперативний перетворювач частоти 6;
3. у перетворювачі на активний транзисторний випрямляч 7 і транзисторний інвертор напруги 10 подається керуючий сигнал;
4. керуючий сигнал задає значення необхідного вхідного струму і вихідної напруги рекуперативного перетворювача частоти 6, виходячи з необхідної швидкості обертання асинхронного короткозамкнутого двигуна 1.

За допомогою включення автоматичного вимикача 11, відбувається запуск асинхронного короткозамкнутого двигуна 1. Далі проводиться регулювання частоти його обертання згідно векторного бездатчикового способу регулювання. При роботі асинхронного короткозамкнутого двигуна 1 обертовий момент ротора утворює реактивний момент на статорі, який прагне повернути





двигун в зворотному напрямку. Реактивний момент на статорі дорівнює обертовому моменту ротора, тому за допомогою датчиків 14 здійснюється фіксація гальмівного моменту ДВЗ 13 [11].

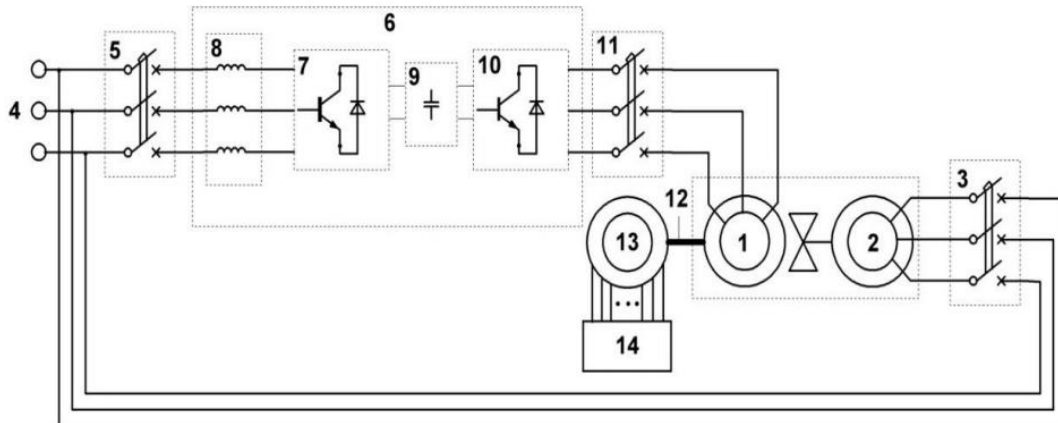


Рис. 2. Функціональна схема стенду для обкатки та випробувань ДВЗ МГТ:

1 – асинхронний короткозамкнений двигун; 2 – вбудована система незалежного охолодження; 3 – трифазний автоматичний вимикач; 4 – електрична мережа; 5 – автоматичний вимикач; 6 – рекуперативний перетворювач частоти; 7 – активний транзисторний випрямляч; 8 – вхідні дроселі; 9 – ланка постійного струму; 10 – транзисторний інвертор напруги; 11 – автоматичний вимикач; 12 – муфта; 13 – ДВЗ; 14 – датчики.

Робота асинхронного короткозамкненого двигуна 1, що працює на електричному обкатному-гальмівному стенді, може відбуватися у двох режимах: руховому і генераторному.

Рухомий режим роботи асинхронного короткозамкнутого двигуна 1 властивий для холодної обкатки ДВЗ 13, а генераторний режим – для гарячої обкатки ДВЗ 13.

Перехід до режиму гарячої обкатки відбувається тоді, коли частота обертання асинхронного короткозамкнутого двигуна 1 стає вищою за синхронну, це відбувається за рахунок обертання ДВЗ 13. У даному випадку велика кількість механічної енергії ДВЗ 13 перетворюється в електричну, і через вхідні дроселі 8, повертається назад в електричну мережу 4.

Система незалежного охолодження 2 асинхронного короткозамкнутого двигуна, запускається за допомогою автоматичного вимикача 3. Система живиться електричною мережею 4 і використовується як вентилятор, що охолоджує обмотки асинхронного двигуна 1.

Момент навантаження визначався від мінімального до номінального моменту випробовуваного двигуна. На рисунку 3 представлена похибка вимірювання.

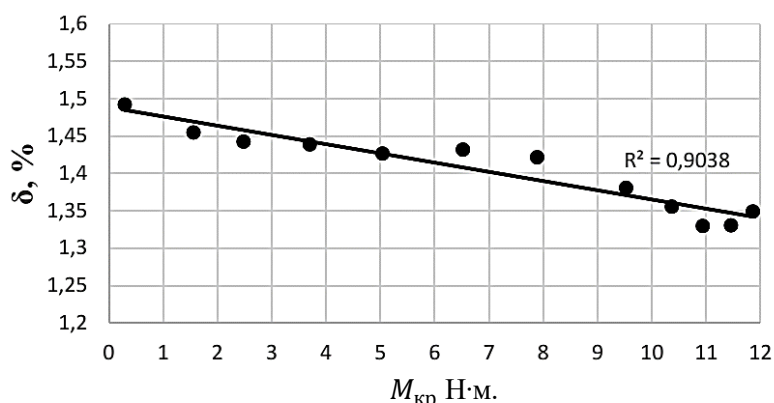


Рис. 3. Відносна похибка вимірювання моменту навантаження схеми випробувального стенду

Відносна похибка результатів вимірювання знаходиться в межах 1,5% на всьому діапазоні регулювання навантажувального випробувального стенду двигунів МГТ.

Технології стендової обкатки двигунів малогабаритних тракторів. Двигун внутрішнього згоряння, що встановлюється на малогабаритну сільськогосподарську техніку, доцільно піддати обкатці на обкатному-гальмівному стенді, незважаючи на те чи він новий, чи зібраний після ремонту. За допомогою стенда обкатка таких двигунів проводиться в три етапи: холодна обкатка, гаряча обкатка на холостому ходу і гаряча обкатка під навантаженням [1, 5-8].



Діапазон регулювання швидкості  $D$  визначається виразом:

$$D = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (3)$$

де  $n_{max}$  і  $n_{min}$  – максимальна і мінімальна швидкість обертання асинхронного двигуна, об/хв.

Під час холодної обкатки двигунів МГТ із ступінчастою зміною швидкісного режиму, двигун встановлюють на раму випробувального стенду, далі поєднують центри колінчастого вала і вала ротора асинхронного короткозамкнутого двигуна. Вал електричної машини об'єднують з валом ДВЗ за допомогою сполучної муфти. Перевіряють комплектність вигуна і зазори в клапанному механізмі, при необхідності доукомплектовують і проводять регулювальні роботи. Заповнюють піддон картера двигуна моторним маслом згідно з нормами на експлуатацію даної марки ДВЗ. Відключають подачу палива, далі по черзі включають вимикачі. Час кожного ступеня холодної обкатки ДВЗ контролюють за допомогою секундоміра. Після обкатки ДВЗ оглянути і при необхідності підтягнути кріплення.

Під час холодної обкатки двигунів МГТ з безступінчастою зміною швидкісного режиму, проводять тіж операції, що й при ступінчастій зміні швидкісного режиму, але застосовують інші параметри та значення.

Гарячу обкатку двигунів МГТ без навантаження розпочинають з підготовки двигуна до пуску. Включають подачу палива, попередньо прокачавши паливну систему від повітря, далі по черзі включають автоматичні вимикачі керування мережею живлення. Коли швидкість обертання асинхронного короткозамкнутого двигуна буде вище або дорівнюватиме швидкості холостого ходу ДВЗ відбудеться його запуск. Після запуску ДВЗ відключать загальне живлення стенду шляхом виключення автоматичного вимикача. В результаті чого ДВЗ набере швидкість обертання, що відповідає номінальній. Обороти ДВЗ змінюють за допомогою важеля регулювання обертів, задають тим самим необхідну швидкість обертання ДВЗ на кожній ступені обкатки. Час кожного ступеня обкатки контролюють за допомогою секундоміра, а швидкість обертання за допомогою цифрового тахометра. Перевіряють тиск масла в системі змащення, вимірюють і при необхідності відрегульовують мінімальну стійку і максимальну частоту обертання колінчастого вала на холостому ходу. За допомогою стетоскопа прослуховують ДВЗ в зонах можливих стукотів (зона поршневих пальців, поршнів, шатунних і корінних підшипників). Зупинку ДВЗ здійснюють плавно, за допомогою важеля регулювання обертів. Після зупинки ДВЗ оглядають і при необхідності усувають виявлені несправності.

Гарячу обкатку двигунів МГТ під навантаженням на початковому етапі проводять за такою ж послідовністю, як і без навантаження, далі навантажувальному пристрою задають значення крутного моменту асинхронного короткозамкнутого двигуна. У процесі проведення обкатки здійснюють контроль розвинутої потужності на валу ДВЗ і його швидкості.

Навантажувальний момент знаходять із співвідношення:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N_e}{n}, \text{ (Н}\cdot\text{м)} \quad (4)$$

де  $N_e$  – потужність, що розвивається на валу ДВЗ, кВт;  $n$  – швидкість обертання колінчастого вала ДВЗ, об/хв.

Процес обкатки під навантаженням закінчується відключенням автоматичного вимикача, в результаті чого знижується навантаження ДВЗ. Під час дослідження процесу роботи випробувального стенду в режимі холодної обкатування ДВЗ з безступінчастим і ступінчастим завданням швидкості обертання, було проаналізовано ступеневі зміни швидкості обертання ДВЗ з відкритим декомпресором.

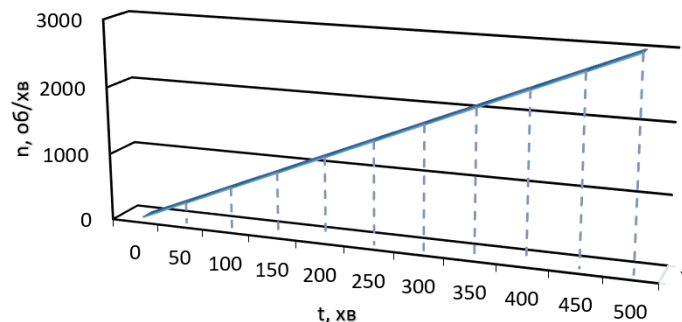
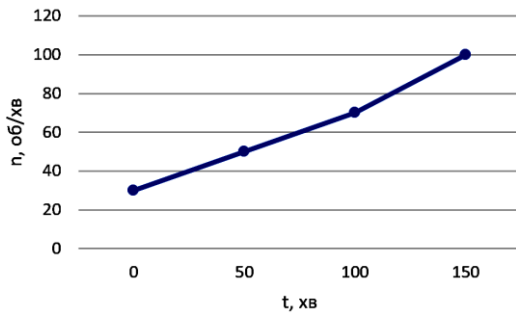


Рис. 4. Графік ступеневої зміни швидкісного режиму при холодній обкатці ДВЗ (декомпресор відкритий)

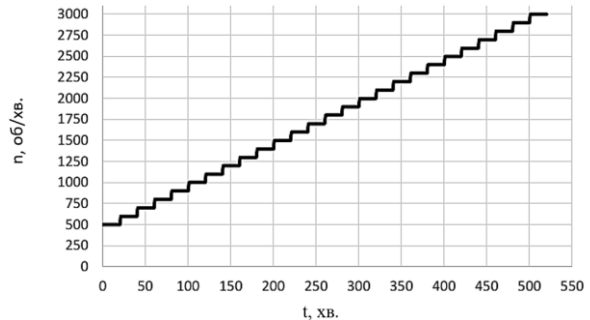
З графіка видно, що стенд забезпечує високу стабільність швидкісних режимів на кожному ступені обкатки.



Даний стенд, дає можливість ступеневого завдання швидкості обертання на низьких швидкостях обертання.



**Рис. 5. Графік ступеневої зміни швидкісного режиму при холодній обкатці ДВЗ на низьких швидкостях обертання (декомпресор відкритий)**



**Рис. 6. Графік ступеневої зміни швидкісного режиму при холодній обкатці ДВЗ (декомпресор закритий)**

Під час обкатки, швидкість обертання електричного двигуна випробувального стенду підтримувалася на рівні  $\pm 1$  об/хв. Зі збільшенням швидкості обертання асинхронного короткозамкнутого двигуна від 100 до 3000 об/хв. (рис. 4) даний показник зростав з ростом частоти обертання і досяг свого максимуму на 3000 об/хв -  $\pm 6$  об/хв. При цьому відхилення в підтримці швидкості обертання асинхронного двигуна складало 3,3% при 30 об/хв. і 0,2% при 3000 об/хв.

Результати дослідження показали, що схема випробувального стенду здатна забезпечити ступеневу обкатку ДВЗ малогабаритної сільськогосподарської техніки тягового класу 0,1 і 0,2 в діапазоні від 30 до 3000 об/хв., з кроком 1 об/хв. Верхня межа швидкісного режиму випробувального стенду обмежується значенням 3000 з-за застосованого в конструкції стенду асинхронного двигуна з номінальною частотою обертання 1440 об/хв., і максимальною 3000 об/хв.

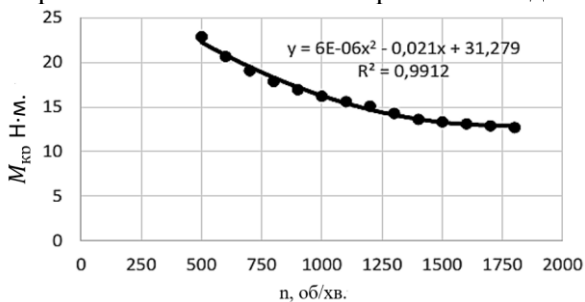
Після проведення обкатки, визначався вміст шкідливих речовин (Q) у ВГ по j-м компонентам (г/год) за формулою

$$Q = \sum c \cdot m \cdot l_j \cdot V \cdot d_a; \quad (5)$$

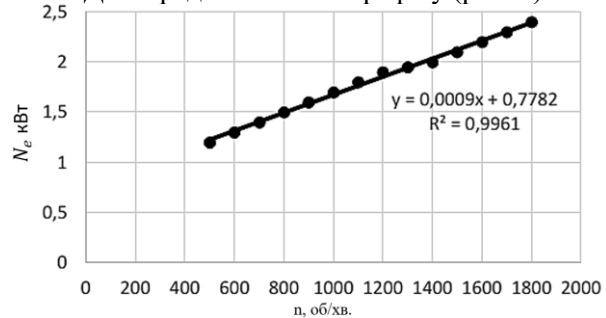
де c – коефіцієнт, що враховує кількість спаленого пального за один умовний робочий такт двигуна; m – кількість умовних робочих тактів двигуна;  $l_j$  – питомий викид j-ої шкідливої речовини (г/кг спаленого пального); V – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;  $d_a$  – коефіцієнт, що враховує термін експлуатації двигуна.

Результати швидкісного режиму випробувального стенду при закритому декомпресорі наведені на рисунку 6. При закритому декомпресорі стенд забезпечує холодну обкатку ДВЗ МГТ, з 500 об/хв., до 3000 об/хв., з кроком завдання 1 об/хв. При зростанні навантаження на валу електричного двигуна, що тягне за собою необхідність збільшення крутного моменту електродвигуна, необхідного на прокрутку колінчастого вала ДВЗ, відбувається падіння нижньої межі діапазону регулювання швидкості обертання.

Залежність крутного моменту асинхронного двигуна випробувального стенду від швидкості обертання колінчастого вала в режимі холодної обкатки ДВЗ представлена на графіку (рис. 7).



**Рис. 7. Графік залежності крутного моменту асинхронного двигуна випробувального стенду від швидкості обертання колінчастого вала в режимі холодної обкатки ДВЗ**

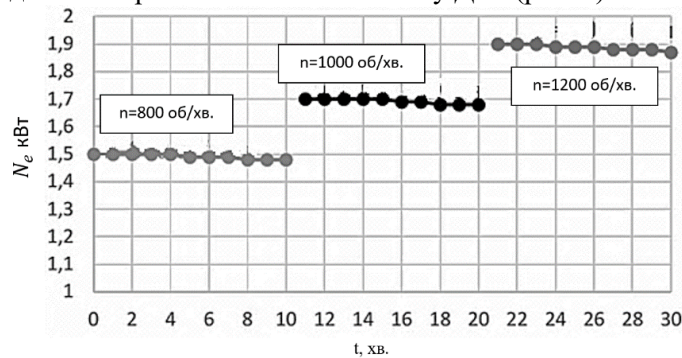


**Рис. 8. Графік залежності активної потужності, споживаної електроприводом випробувального стенду, від швидкості обертання колінчастого вала в режимі холодного обкатування**



На рисунку 8 наведена лінійна залежність зростання активної потужності, що споживає електропривод випробувального стенду, в залежності від швидкості обертання.

Активна потужність, що споживається електроприводом випробувального стенду, залежить також від часу обкатки і швидкості обертання колінчастого валу ДВЗ (рис. 9).



**Рис. 9. Графік залежності активної потужності, споживаної електроприводом випробувального стенду, від часу обкатки і швидкості обертання колінчастого валу в режимі холодного обкатування ДВЗ**

При обкатці ДВЗ, протягом часу ступенів активна потужність, що споживається електроприводом випробувального стенду, лінійно знижується, а при переході на наступні ступені - стрибкоподібно зростає. Цей процес можна пояснити зниженням крутного моменту, необхідного для прокрутки, під час процесів припрацювання і нагрівання масла, а також його ростом при збільшенні частоти обертання.

Отже, аналізуючи отримані результати досліджень випробувального стенду ДВЗ МГТ в режимі холодної обкатки, можна зробити висновки про те що даний метод має широкий діапазон регулювання швидкості обертання ДВЗ і високу точність її підтримки. Встановлено обмеження стенду при заданні швидкості обертання для безступінчастої і ступінчастої холодної обкатки ДВЗ малогабаритної сільськогосподарської техніки від 30 до 3000 об/хв. При цьому відхилення в підтримці швидкості знаходилося в межах від 0,2% до 3,3% і зменшувалася із зростанням частоти обертання.

## 5. Висновки

Заводи-виробники та ремонтні підприємства не проводять стендову обкатку для двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки. Використовуючи двигуни на режимі повної потужності без попередньої обкатки, призводить до швидкого зносу поверхонь тертя деталей, призводить до заклинювання, задирів і поломок. Досить часто з ладу виходять деталі ДВЗ. Вартість ремонту двигуна малогабаритної техніки в рази перевищує, саму ціну агрегату.

Ефективне проведення після продажною чи післяремонтною обкатки, підвищить ефективність експлуатації, двигунів внутрішнього згорання малогабаритної техніки.

Якісна обкатка двигунів є одним із способів поліпшення технічного сервісу двигунів, що дозволяє продовжити термін служби і збільшити ресурс ДВЗ. Якісно проведена заводська і післяремонтна обкатка дозволяє продовжити термін служби і збільшити ресурс ДВЗ на 20-40%. Тривалість експлуатаційної обкатки двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки варіюється від 20 до 100 годин в залежності від типу двигуна. Обкатку, що застосовуються в ремонтних підприємствах і сервісних центрах, зазвичай проводять в три етапи: холодна обкатка, гаряча обкатка без навантаження (на холостому ходу) і гаряча обкатка під навантаженням.

Контроль якості палива та мастил забезпечить не тільки якісний процес припрацювання деталей ДВЗ, а й зменшить надходження токсичних речовин з ВГ у навколишнє середовище.

Отже, тільки при якісному виробництві та ремонті двигунів малогабаритної сільськогосподарської техніки, можна продовжити термін служби даних агрегатів.

## 6. Умовні позначення

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

МГТ – малогабаритна техніка.

ВГ – відпрацьовані гази.





## Список використаних джерел

1. Сідашенко О. І. Ремонт машин та обладнання : підручник, за ред. О. І. Сідашенко, О. А. Науменка. Х.: "Міськдрук", 2010. 744 с.
2. Паладійчук Ю. Б., Зінев М. В. Спеціалізовані ремонтні підприємства, стан і перспективи розвитку чи занепаду. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: зб. наук. пр. XVIII міжн. наук. конф. 16-18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський. Тернопіль: Крок. 2017. 240 с.
3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін.; за ред. Войтюка Д. Г. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
4. Паладійчук Ю. Б., Телятник І. А. Обґрунтування параметрів зниження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. Вип. 1 (108). Вінниця. С. 44–57.
5. Сидорчук О. В., Котенко С. С., Василенко М. О., Кучерявий В. М. Проблеми технічного сервісу сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Глеваха. 2014. Випуск 99, т.2. С. 299–307.
6. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2019. 648 с.
7. Технічне обслуговування і ремонт машин. Лауш П.В. і ін. К.: Вища школа, 2013.
8. Чикунів Ю. М. Теоретичне обґрунтування енергозберігаючої системи стендів для обкатки і випробування двигунів внутрішнього згоряння. *Енергобезпека і енергозбереження*. 2012. № 3. С. 23–25.
9. Савченко Н. З. Теоретичні і експериментальні основи процесу припрацювання сполучених деталей двигунів внутрішнього згоряння: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.412. Київ, 1971. 55 с.
10. Жданко, Д. А. Ресурсозбереження при обкатці відремонтованих двигунів вдосконаленням обкатному-гальмівного стенду. Д. А. Жданко, А. В. Новіков, Я. Т. Тимошенко. *Вісник Української державної сільськогосподарської академії*. 2009. № 1. С. 124–127.
11. Мельников, Г. І. Способи побудови енергозберігаючих електромеханічних стендів для випробування двигунів внутрішнього згоряння. Г. І. Мельников, А. О. Коротков. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2014. №24 (1067). С. 56–62.
12. Mavrelou, Christoforos & Theotokatos, Gerasimos. (2018). Numerical investigation of a premixed combustion large marine two-stroke dual fuel engine for optimising engine settings via parametric runs. *Energy Conversion and Management*. 160. 10.1016/j.enconman.2017.12.097.
13. Стенди динамічні для обкатки двигунів внутрішнього згоряння. веб-сайт. URL: <http://kopis.ru/products/138> (дата звернення 21.02.2021).
14. ДСТУ ISO 26322-2:2013 Сільськогосподарські та лісогосподарські трактори. Вимоги щодо безпеки. Частина 2. Трактори вузькоколіїні та малогабаритні (ISO 26322-2:2010, IDT)

## References

- [1] Sidashenko OI Repair of machinery and equipment: Textbook, ed. OI Sidashenko, OA Naumenka. - H. : "Miskdruk", 2010. -744 p.
- [2] Paladiychuk YB, Zinev MV Specialized repair companies, the state and prospects of development or decline. Modern problems of agricultural mechanics: a collection of scientific works XVIII international. Science. conf. (October 16-18, 2017, Kamyanets-Podilsky). Ternopil: Krok, 2017. 240 p.
- [3] Voytyuk DG Agricultural and reclamation machines. Voytiuk DG, Dubrovin VO, Ishchenko TD etc.; For order. Voytyuka DG K. : Higher education, 2004. 544 p.
- [4] Paladiychuk Yu.B., Telyatnyk IA Substantiation of parameters of reduction of toxicity of exhaust gases of diesel engines. Machinery, energy, transport of agro-industrial complex. Vip. 1 (108). Vinnytsia. 2020. S. 44-57.
- [5] Sidorchuk OV, Kotenko SS, Vasylenko MO, Kucheryavy VM Problems of technical service of agricultural machinery. Mechanization and electrification of agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection. Vol.2. Glevakha, 2014. Issue 99. S. 299–307.
- [6] Technical service in the agro-industrial complex: a textbook. L.V. Shoemaker, Yu.B. Paladiychuk, OO Trukhanskaya. Vinnytsia: VNAU, 2019. - 648 p.
- [7] Laush PV and others. Maintenance and repair of machines. - K. : Вища школа, 2013.
- [8] Chikunov, Yu. M. Theoretical substantiation of energy-saving system of stands for running-in and testing of internal combustion engines. Yu. M. Chikunov. Energy security and energy saving. - 2012. - № 3. -С. 23-25.



- [9] Savchenko, N.Z. Theoretical and experimental bases of process of running-in of connected details of internal combustion engines: author's ref. dis. Dr. Tech. Science: 05.412. N.Z. Savchenko. - Kyiv, 1971. - 55 p.
- [10] Zhdanko, DA Resource conservation during running-in of repaired engines by improving the running-in brake stand. DA Zhdanko, AV Novikov, YT Tymoshenko. Bulletin of the Ukrainian State Agricultural Academy. - 2009. - № 1. - P. 124-127.
- [11] Melnikov, GI Methods of construction of energy-saving electromechanical stands for testing internal combustion engines. GI Melnikov, AO Korotkov. Bulletin of NTU "XPII". - 2014. - №24 (1067). - P. 56-62.
- [12] Mavrelou, Christoforos & Theotokatos, Gerasimos. (2018). Numerical investigation of a premixed combustion large marine two-stroke dual fuel engine for optimizing engine settings via parametric runs. Energy Conversion and Management. 160. 10.1016 / j.enconman.2017.12.097.
- [13] Dynamic stands for running-in of internal combustion engines. website. URL: <http://kopis.ru/products/138> (access date 21.02.2021).
- [14] DSTU ISO 26322-2: 2013 Agricultural and forestry tractors. Security requirements. Part 2. Tractors narrow-gauge and small (ISO 26322-2: 2010, IDT).

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ ТЕХНИКИ

*Механизация труда на малых фермерских и индивидуальных приусадебных хозяйствах достаточно важным вопросам современного сельского хозяйства. Применение малогабаритной сельскохозяйственной техники мощностью до 16 кВт, на сегодня является весьма актуальным.*

*Малогабаритная техника делится на: малогабаритные 4 колесные тракторы, 2 колесные мотоблоки, мотокультиваторы, машины и оборудования. С помощью этой техники выполняют различные сельскохозяйственные и другие виды работ в растениеводстве, садоводстве, огородничестве на небольших по размеру участках, животноводстве и прочее.*

*Несмотря на свои довольно малые размеры, компактная техника тоже имеет различные механизмы, которые со временем выходят из строя. Чаще всего из строя выходят детали двигателя внутреннего сгорания. Общая стоимость ремонта ДВС за период эксплуатации может превысить общую стоимость самого двигателя в 5-6 раз. Следовательно, встает вопрос улучшения системы технического сервиса двигателей малогабаритных тракторов.*

*В данной статье рассматривается вопрос, повышение эффективности эксплуатации ДВС для малогабаритных тракторов, за счет эффективного проведения после продажной или послеремонтной обкатки и улучшения системы технического обслуживания. Представлено типы малогабаритной техники. Проведенный анализ возможных нагрузочно-скоростных режимов холодной и горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания и средств для их реализации. Проанализированы технические средства для обкатки и испытания ДВС. Приведенные следующие формулы для определения: дымности отработавших газов при обкатке двигателей; светопрозрачности отработанных газов; диапазона регулирования скорости; нагрузочного момента; содержания вредных веществ (Q) в отработавших газах по j-м компонентам. Обоснование необходимости стендовой обкатки двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники. Рассмотрена функциональная схема стенда для обкатки и испытаний двигателей внутреннего сгорания. Описаны этапы холодной и горячей обкатки двигателей малогабаритной техники.*

*С помощью полученной информации, сделанные итоги и проведен анализ методов обкатки двигателей внутреннего сгорания малогабаритной сельскохозяйственной техники.*

**Ключевые слова:** *двигатель внутреннего сгорания, малогабаритные тракторы, обкатка, приработка, холодная обкатка, горячая обкатка, отработанные газы, ремонт, техническое обслуживание.*

**Ф. 5. Рис. 9. Табл. 1. Лит. 14.**

### INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF QUALITY CONTROL RESTORATION OF SMALL-SIZED ENGINES

*Mechanization of labor on small farms and individual farms is a very important issue of modern agriculture. The use of small agricultural machinery with a capacity of up to 16 kW is quite relevant today.*



*Small-sized machinery is divided into: small 4-wheeled tractors, 2-wheeled motoblocks, cultivators, machines and equipment. With the help of this technique perform various agricultural and other types of work in crop production, horticulture, gardening on small plots, livestock and more.*

*Despite its rather small size, small equipment also has various mechanisms that fail over time. Most often, the parts of the internal combustion engine fail. In general, the cost of repairing the internal combustion engine during operation may exceed the total cost of the engine by 5-6 times. Thus, there is a question of improving the system of technical service of engines of small tractors.*

*This article considers the issue of increasing the efficiency of operation of internal combustion engines for small tractors, due to the effective conduct of after-sales or post-repair running-in and improving the maintenance system. Types of small-sized equipment are presented. The analysis of possible loading and speed modes of cold and hot running-in of internal combustion engines and means for their realization is carried out. Technical means for running-in and testing of internal combustion engines are analyzed. The following formulas are given for determination: smoke of exhaust gases at running-in of engines; light transmission of exhaust gases; speed control range; load torque; the content of harmful substances ( $Q$ ) in the exhaust gases on the  $j$ -th components. The necessity of bench running-in of engines of small-sized agricultural machinery is substantiated. The functional scheme of the stand for running-in and testing of internal combustion engines is considered. The stages of cold and hot running-in of small-sized engines are described.*

*With the help of the received information, the results are made and the analysis of methods of running-in of internal combustion engines of small-sized agricultural machinery is carried out.*

**Key words:** *internal combustion engine, small tractors, running-in, running-in, cold running-in, hot running-in, exhaust gases, repair, maintenance.*

**F. 5. Fig. 9. Table. 1. Ref. 14.**

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Паладійчук Юрій Богданович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агроінженерії та технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [rewet@vsau.vin.ua](mailto:rewet@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-4257-9383>).

**Телятник Інна Анатоліївна** – студентка 5 курсу спеціальності «208 Агроінженерії», Інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [inna201098@gmail.com](mailto:inna201098@gmail.com)).

**Паладійчук Юрій Богданович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия и технического сервиса» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [rewet@vsau.vin.ua](mailto:rewet@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-4257-9383>).

**Телятник Инна Анатольевна** – студентка 4 курса специальности «208 Агроинженерия», Инженерно-технологического факультета Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [inna201098@gmail.com](mailto:inna201098@gmail.com)).

**Yuriy Paladiychuk** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technical Service of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: [rewet@vsau.vin.ua](mailto:rewet@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-4257-9383>).

**Inna Telyatnuk** – 5th year student of specialty 208 of Agroengineering, Faculty of Engineering and Technology of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna st., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [inna201098@gmail.com](mailto:inna201098@gmail.com)).