

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
« » 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу ремонту трактора CASE 8940 з розробкою пристрою для тестування щільності головки блока циліндрів двигуна»

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Дніпровський Давид Олегович
(прізвище та ініціали)
Керівник к.т.н, доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАКТОРІВ CASE 8940	6
1.1. Обґрунтування ефективної технології ремонтно-відновлювальних робіт техніки	6
1.2. Техніко-експлуатаційний аналіз трактора Case 8940.....	9
1.3. Технічне оснащення та спеціалізоване обладнання для ремонту двигунів	15
1.6. Висновки за розділом	18
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ РЕМОНТУ ГОЛОВКИ БЛОКА ЦИЛІНДРІВ ТРАКТОРА CASE 8940.....	19
2.1. Технічна характеристика, умови експлуатації та аналіз дефектів деталі ...	19
2.2. Обґрунтування технології відновлення та розробка ремонтно-технічної документації ГБЦ.....	24
2.3. Обґрунтування технологічних операцій з відновлення деталі	29
2.4. Конструктивне проектування пристрою та аналіз його функціональних характеристик	35
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
3.1. Регламент безпечної експлуатації обладнання та технологічна дисципліна при обслуговуванні агромашин	41
3.2. Нормативно-організаційне забезпечення безпеки праці в ремонтній зоні.....	42
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ГБЦ ДВИГУНА 6Т-830	44
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво базується на широкому використанні енергонасичених тракторів, які забезпечують виконання ключових технологічних операцій від обробітку ґрунту до збирання врожаю. Висока інтенсивність експлуатації техніки неминуче призводить до виникнення технічних несправностей, оперативне та якісне усунення яких є критично важливим завданням. Будь-який непередбачений простій тракторного парку в пікові періоди польових робіт спричиняє значні економічні збитки та загрожує втратою частини врожаю через порушення агротехнічних термінів. Для підтримання належного рівня технічної готовності машин виникає необхідність у постійному вдосконаленні існуючих методів сервісного обслуговування та впровадженні інноваційних технологій ремонту.

Метою даного дипломного проєкту є комплексне дослідження та оптимізація технологічного процесу відновлення тракторів фірми CASE.

У роботі представлено поглиблений аналіз технології поточного ремонту, ідентифіковано вузькі місця в організації ремонтних робіт та запропоновано методику підвищення їх ефективності.

Розроблена у проєкті технологія базується на використанні сучасних діагностичних засобів та раціональних способів відновлення вузлів, що дозволяє суттєво скоротити тривалість перебування техніки в ремонті. Запропоновані рішення є економічно обґрунтованими для впровадження в умовах аграрних підприємств, оскільки вони мінімізують витрати на запасні частини та гарантують стабільну роботу тракторів протягом усього експлуатаційного сезону.

РОЗДІЛ 1

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАКТОРІВ CASE 8940

1.1. Обґрунтування ефективної технології ремонтно-відновлювальних робіт техніки

Модернізація технології ремонту тракторів передбачає суворе дотримання послідовності технологічних операцій. Будь-який вид ремонту починається з якісної очистки та мийки машини, що проводиться на спеціально відведеному майданчику дільниці. Об'єкт, що надходить на ремонт, має бути повністю очищений від бруду, пилу, рослинних решток та підтікань мастила.

Наступний етап включає застосування візуального методу контролю з метою ідентифікації видимих пошкоджень, зокрема порушень цілісності, тріщин та деформацій поверхні. Після первинного поверхневого обстеження проводиться поглиблена діагностика агрегатів без їхнього розбирання. На основі задокументованих результатів ухвалюється рішення щодо подальшого обсягу необхідних робіт. Безпосередній демонтаж та детальна дефектація здійснюються у спеціалізованих умовах, таких як майстерні або відповідні технічні майданчики. У випадках, коли повноцінна дефектація вузла вимагає його демонтажу, такий компонент підлягає обов'язковому вилученню.

Під час дефектування особлива увага приділяється характеру зношування поверхонь деталей. Одним із найпоширеніших видів пошкоджень у цьому вузлі є абразивне та втомне зношування робочих поверхонь (рис. 1.1). Як правило, такий вид зношування виникає в парах тертя, де одна частина поверхні ковзає по іншій під високим питомим тиском. Типовим прикладом є взаємодія роликового штовхача з кулачком розподільчого вала. Внаслідок постійного тертя та термічного впливу відбувається поступова зміна геометричних розмірів та профілю деталі.

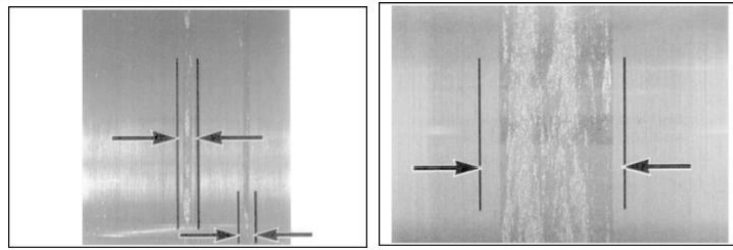


Рис. 1.1. Характер зношування робочої поверхні деталі (механічне стирання)

Ямкове зношування (рис 1.2.), або контактна втома металу, є одним із найбільш небезпечних дефектів високонавантажених деталей двигуна трактора Case 8940. Характерною особливістю таких пошкоджень є наявність грубого темного дна та гострих країв у місцях викришування металу. Цей дефект виникає внаслідок циклічних контактних напружень, що перевищують границю витривалості матеріалу. Найчастіше ямкові утворення трапляються у місцях з найбільшим питомим навантаженням: на робочих поверхнях зубів шестерень ГРМ, підшипниках кочення та кулачках розподільного вала. Наявність пітингу свідчить про початок руйнування поверхневого шару, що призводить до підвищеного шуму, вібрації та, у разі ігнорування, до повного виходу вузла з ладу. Деталі з ознаками значного ямкового зношування, як правило, підлягають заміні, оскільки відновлення їхньої структурної цілісності є технологічно складним процесом.

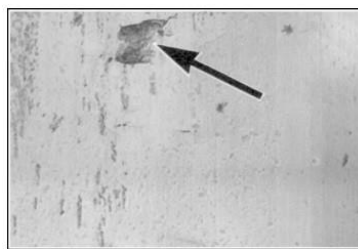


Рис. 1.2. Характер зношування робочої поверхні у вигляді ямкових утворень (пітинг)

Макро-розкол являє собою специфічний вид руйнування поверхні компонентів. Його характерною ознакою є значна втрата матеріалу з робочої поверхні деталі. Даний тип пошкодження часто виявляється в ключових вузлах і агрегатах трактора, включаючи механізми силового агрегату (зокрема, кривошипно-шатунний та газорозподільний механізми), привідні ремені,

фільтрувальні елементи, гідравлічні шланги, паливні насоси та компоненти гідравлічної системи.

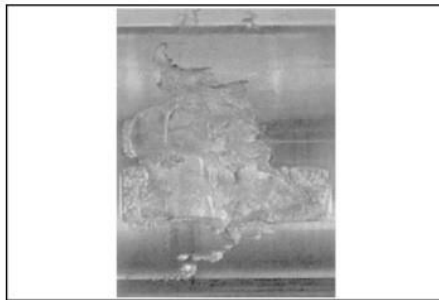


Рис. 1.3. Характер руйнування поверхні деталі у вигляді макро-розколу

Для ремонту складних агрегатів, таких як двигун або коробка передач, а також вузлів, відновлення яких на базі господарства неможливе через відсутність спеціалізованого обладнання чи відповідної кваліфікації персоналу, залучає сторонні сервісні компанії міста та області.

Після проведення відновлювальних робіт усі вузли та деталі повертаються на дільницю, де їх монтаж здійснюється в тому ж гаражному боксі, де проводилося розбирання. В процесі встановлення компонентів обов'язково виконується їх мащення згідно з технічними вимогами, після чого проводиться регулювання та перехід до етапу обкатки. Під час обкатки трактора Case 8940 критично важливо контролювати температурний режим двигуна для виключення перегріву, що може свідчити про несправності системи охолодження, а також перевіряти рівні мастила в двигуні, гідравліці та інших робочих рідин на предмет норми та відсутності витоків. Крім того, аналізу підлягають сторонні шуми та вібрації, які вказують на потенційні проблеми з трансмісією або гідросистемою, оцінюється реакція машини на зростання навантаження, крутного моменту та швидкості.

Трактор повинен демонструвати стабільну поведінку на різних типах ґрунтів та справно працювати у режимах повної потужності, економічної експлуатації та при максимальних навантаженнях. У разі виявлення будь-яких незадовільних показників обкатка припиняється до повного усунення дефекту. Завершенням циклу є направлення техніки на стоянку до початку експлуатації,

що гарантує справний стан машин, своєчасний вихід у поле та мінімізацію економічних збитків і втрат врожаю.

Дотримання даної технології забезпечує надійний технічний стан машин, своєчасний вихід техніки в поле та мінімізацію економічних втрат господарства через простої.

1.2. Техніко-експлуатаційний аналіз трактора Case 8940

Основним об'єктом дослідження та вдосконалення технології ремонту в межах даного проєкту є енергонасичений колісний трактор Case 8940 (рис. 1.4.). Дана модель широко застосовується для виконання найбільш трудомістких сільськогосподарських операцій, що зумовлює високу інтенсивність зношування його основних агрегатів. Трактор оснащений надійним шестициліндровим дизельним двигуном та сучасною трансмісією, що забезпечує значне тягове зусилля. Основні технічні параметри машини, які необхідно враховувати при плануванні ремонтних робіт, наведені у таблиці 1.1.



Рис 1.4. Сільськогосподарський тяговий агрегат – трактор модифікації Case 8940

Для об'єктивної оцінки експлуатаційних можливостей та технічного стану об'єкта ремонту було опрацьовано результати серії стендових та польових випробувань. Аналіз результатів тестування двигуна (рис. 1.5.)

дозволяє визначити відповідність фактичних показників потужності та крутного моменту заводським характеристикам.

Таблиця 1.1

Ключові технічні параметри сільськогосподарського трактора Case 8940

Параметр	Значення
Пропускна здатність гідравлічної системи	109,8 л/хв
Кількість циліндрів двигуна	6
Загальний об'єм гідравлічної системи	172 л
Кількість передач заднього ходу	4
Тип двигуна	дизельний
Конфігурація передач	24х6
Тип трансмісії	Full Power Shift
Робочий об'єм двигуна	8300 куб.см
Номінальна потужність	240 к.с
Максимальне тягове зусилля	176 кН

Аналіз технічних характеристик свідчить про високу енергонасиченість об'єкта. Двигун об'ємом 8,3 літра у поєднанні з трансмісією Full Power Shift дозволяє реалізовувати тягове зусилля у 176 кН, що створює значні температурні та механічні навантаження на головку блока циліндрів та кривошипно-шатунний механізм. Потужна гідравлічна система з продуктивністю майже 110 л/хв вимагає особливої уваги до герметичності з'єднань та стану насосних агрегатів під час проведення регламентних робіт на ділянці. Сукупність цих показників є базою для подальшої розробки технологічних карт відновлення найбільш навантажених вузлів трактора.

Для детального обґрунтування технології ремонту та оцінки фактичного стану силових агрегатів трактора Case 8940 було проведено аналіз ряду діагностичних випробувань. Результати цих тестувань дозволяють встановити закономірності зношування вузлів залежно від режимів експлуатації. Зокрема, результати випробувань двигуна (рис. 1.5.) дають можливість оцінити його енергетичні показники, стабільність роботи та

NEBRASKA OECD TRACTOR TEST 1736—SUMMARY 236

CASE IH 8940 DIESEL

18 SPEED

POWER TAKE-OFF PERFORMANCE

Power HP (kW)	Crank shaft speed rpm	Gal/hr (l/h)	lb/hp.hr (kg/kW.h)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	Mean Atmospheric Conditions
MAXIMUM POWER AND FUEL CONSUMPTION					
Rated Engine Speed—(PTO speed—1002 rpm)					
206.81 (154.22)	2200	12.43 (47.05)	0.424 (0.258)	16.64 (3.28)	
Maximum Power (2 hours)					
230.83 (172.13)	1850	12.46 (47.16)	0.380 (0.231)	18.53 (3.65)	

VARYING POWER AND FUEL CONSUMPTION

206.81 (154.22)	2200	12.43 (47.05)	0.424 (0.258)	16.64 (3.28)	Air temperature
184.48 (137.56)	2307	11.66 (44.15)	0.446 (0.271)	15.82 (3.12)	76°F (25°C)
139.89 (104.32)	2329	9.49 (35.93)	0.478 (0.291)	14.74 (2.90)	Relative humidity
93.63 (69.82)	2348	7.32 (27.71)	0.551 (0.335)	12.79 (2.52)	44%
47.60 (35.50)	2387	5.28 (19.98)	0.761 (0.475)	9.02 (1.78)	Barometer
1.05 (0.78)	2426	3.32 (12.57)	22.244 (13.531)	0.32 (0.06)	28.92" Hg (97.93 kPa)

Maximum Torque 725 lb.-ft. (983 Nm) at 1299 rpm

Maximum Torque Rise 46.9%

Torque rise at 1800 engine rpm 34%

DRAWBAR PERFORMANCE (UNBALLASTED—FRONT DRIVE ENGAGED) FUEL CONSUMPTION CHARACTERISTICS

Power Hp (kW)	Drawbar pull lbs (kN)	Speed mph (km/h)	Crank- shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption lb/hp.hr (kg/kW.h)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	Temp. °F (°C) cool- ing med	Air dry bulb	Barom. inch Hg (kPa)
Maximum Power—7th Gear									
176.35 (131.51)	15411 (68.55)	4.29 (6.91)	2202	6.31	0.497 (0.302)	14.17 (2.79)	189 (87)	74 (23)	28.86 (97.73)
75% of Pull at Maximum Power—7th Gear									
142.34 (106.14)	11549 (51.37)	4.62 (7.44)	2305	3.47	0.525 (0.319)	13.43 (2.65)	189 (87)	79 (26)	28.85 (97.70)
50% of Pull at Maximum Power—7th Gear									
97.82 (72.94)	7711 (34.30)	4.76 (7.66)	2340	2.21	0.596 (0.362)	11.83 (2.33)	186 (86)	82 (28)	28.86 (97.73)
75% of Pull at Reduced Engine Speed—9th Gear									
142.67 (106.39)	11538 (51.32)	4.64 (7.46)	1749	3.47	0.441 (0.268)	15.98 (3.15)	186 (86)	80 (27)	28.85 (97.70)
50% of Pull at Reduced Engine Speed—9th Gear									
97.95 (73.04)	7708 (34.28)	4.77 (7.67)	1772	2.12	0.475 (0.289)	14.83 (2.92)	183 (84)	83 (28)	28.85 (97.70)

Location of Test: Tractor Testing Laboratory,
University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68583-0832

Dates of Test: September 16-29, 1997

Manufacturer: Case Corporation, 700 State Street,
Racine, Wisconsin 53404

FUEL OIL and TIME: Fuel No. 2 Diesel Cetane No. 50.6 Specific gravity converted to 60°/60° F (15°/15°C) 0.8464 Fuel weight 7.048 lbs/gal (0.845 kg/l) Oil SAE 15W-40 API service classification CG-4, CF, CF-4 To motor 3.865 gal (14.630 l) Drained from motor 3.352 gal (12.688 l) Transmission and hydraulic lubricant Case IH Hytran Plus fluid Front axle lubricant Case IH 135 HEP Gear Lube SAE 85W140 Total time engine was operated 22.5 hours.

ENGINE: Make Consolidated Diesel Corporation Diesel **Type** six cylinder vertical with turbocharger and intercooler **Serial No.** *45481220* **Crankshaft** lengthwise **Rated engine speed** 2200 **Bore and stroke** (as specified) 4.488" × 5.315" (114.0 mm × 135.0 mm) **Compression ratio** 16.5 to 1 **Displacement** 505 cu in (8268 ml) **Starting system** 12 volt **Lubrication** pressure **Air cleaner** two paper elements and aspirator **Oil filter** one full flow cartridge **Oil cooler** engine coolant heat exchanger for crankcase oil, radiator for hydraulic and transmission oil **Fuel filter** two paper elements and prefilter **Fuel cooler** radiator for return fuel **Muffler** vertical **Cooling medium temperature control** two thermostats and variable speed fan

ENGINE OPERATING PARAMETERS: Fuel rate: 83.8-93.0 lb/h (38.0-42.2 kg/h) **High idle:** 2370-2530 rpm **Turbo boost** nominal 20.6-26.4 psi (142-182 kPa) as measured 22.3 psi (154 kPa)

CHASSIS: Type front wheel assist **Serial No.** *JJJA0075231* **Tread width** rear 64.0" (1626 mm) to 136.0" (3454 mm) front 60.0" (1524 mm) to 88.0" (2235 mm) **Wheel base** 118.3" (3006 mm) **Hydraulic control system** direct engine drive **Transmission** selective gear fixed ratio with full range operator controlled powershift **Nominal travel speeds mph (km/h)** first 1.92 (3.09) second 2.20 (3.54) third 2.54 (4.08) fourth 2.91 (4.68) fifth 3.34 (5.37) sixth 3.83 (6.16) seventh 4.47 (7.19) eighth 5.12 (8.24) ninth 5.90 (9.50) tenth 6.77 (10.90) eleventh 7.78 (12.50) twelfth 8.91 (14.34) thirteenth 10.20 (16.41) fourteenth 11.69 (18.82) fifteenth 13.49 (21.71) sixteenth 15.47 (24.90) seventeenth 17.75 (28.56) eighteenth 20.36 (32.76) reverse 2.76 (4.44), 3.16 (5.09), 6.43 (10.34), 7.37 (11.86) **Clutch** multiple wet disc hydraulically actuated by foot pedal **Brakes** wet multiple disc hydraulically

Рис. 1.5. Комплексна оцінка технічних параметрів трактора за даними випробувань

відповідність паспортним характеристикам. Аналіз цих даних дозволяє визначити ступінь зниження потужності, можливі втрати ефективності та наявність прихованих дефектів.

Дані щодо продуктивності трактора при роботі з баластуванням (рис.

1.6.) відображають ефективність використання тягових можливостей машини при максимальному навантаженні на різних передачах. Водночас результати

**DRAWBAR PERFORMANCE
(BALLASTED TRACTOR)
MAXIMUM POWER IN SELECTED GEARS**

Power Hp (kW)	Drawbar pull lbs (kN)	Speed mph (km/h)	Crank- shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption lb./hp.hr (kg/kWh)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	Temp. °F (°C) cool- ing med	Air dry bulb	Barom. inch Hg (kPa)
4th Gear									
170.53 (127.16)	24013 (106.82)	2.66 (4.29)	2166	9.52	0.517 (0.314)	13.63 (2.69)	188 (87)	66 (19)	29.00 (98.21)
5th Gear									
181.03 (134.99)	23139 (102.93)	2.93 (4.72)	2040	7.60	0.489 (0.297)	14.42 (2.84)	187 (86)	66 (19)	29.00 (98.21)
6th Gear									
185.21 (138.11)	22470 (99.95)	3.09 (4.97)	1865	7.28	0.470 (0.286)	15.01 (2.96)	191 (88)	67 (19)	28.99 (98.17)
7th Gear									
194.58 (145.10)	19894 (88.49)	3.67 (5.90)	1849	5.00	0.449 (0.273)	15.70 (3.09)	193 (89)	69 (21)	28.98 (98.14)
8th Gear									
198.37 (147.92)	17374 (77.28)	4.28 (6.89)	1850	3.24	0.441 (0.268)	15.98 (3.15)	198 (92)	60 (16)	28.97 (98.10)
9th Gear									
199.15 (148.50)	15058 (66.98)	4.96 (7.98)	1849	2.79	0.442 (0.269)	15.95 (3.14)	190 (88)	60 (16)	28.98 (98.14)
10th Gear									
198.54 (148.05)	13041 (58.01)	5.71 (9.19)	1849	2.25	0.443 (0.270)	15.90 (3.13)	188 (87)	60 (16)	28.98 (98.14)
11th Gear									
196.47 (146.51)	11184 (49.75)	6.59 (10.60)	1853	2.15	0.446 (0.271)	15.80 (3.11)	190 (88)	60 (16)	28.96 (98.07)
12th Gear									
192.45 (143.51)	9568 (42.56)	7.54 (12.14)	1846	1.79	0.449 (0.273)	15.69 (3.09)	187 (86)	60 (16)	28.97 (98.10)
13th Gear									
188.41 (140.50)	8170 (36.34)	8.65 (13.92)	1845	1.61	0.458 (0.279)	15.39 (3.03)	193 (89)	60 (16)	28.97 (98.10)

**Рис 1.6. Показники продуктивності трактора з баластуванням при
максимальному навантаженні на різних передачах**

випробувань без баластування при використанні переднього приводу (рис. 1.7.) дають змогу оцінити вплив розподілу маси та умов зчеплення на продуктивність і стабільність роботи агрегату. Порівняння цих режимів дозволяє визначити оптимальні умови експлуатації трактора.

Додатково було проаналізовано результати випробувань ходової частини, зокрема взаємодію коліс із ґрунтом (рис. 1.8.). Ці показники характеризують рівень пробуксовки, ефективність передачі тягового зусилля та

DRAWBAR PERFORMANCE (UNBALLASTED—FRONT DRIVE ENGAGED) MAXIMUM POWER IN SELECTED GEARS									
Power Hp (kW)	Drawbar pull lb (kN)	Speed mph (km/h)	Crank- shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption lb/hp-hr (kg/DW/h)	Hp-hr/gal (kW/h/l)	Temp. °F (°C) cool- ing med	Air dry bulb	Barom. inch Hg (kPa)
5th Gear									
147.82 (110.23)	18061 (80.34)	3.07 (4.94)	2295	13.85	0.571 (0.347)	12.34 (2.43)	188 (86)	56 (13)	28.85 (97.70)
6th Gear									
159.61 (119.02)	16924 (75.28)	3.54 (5.69)	2246	11.52	0.549 (0.334)	12.84 (2.53)	188 (87)	62 (17)	28.85 (97.70)
7th Gear									
177.52 (132.38)	16336 (72.66)	4.08 (6.56)	2137	8.20	0.497 (0.302)	14.18 (2.79)	190 (88)	76 (24)	28.86 (97.73)
8th Gear									
184.55 (137.62)	15612 (69.44)	4.43 (7.13)	2000	6.98	0.474 (0.289)	14.86 (2.93)	194 (90)	77 (25)	28.85 (97.70)
9th Gear									
192.94 (143.88)	15053 (66.96)	4.81 (7.74)	1858	5.90	0.451 (0.274)	15.62 (3.08)	191 (88)	69 (21)	28.87 (97.77)
10th Gear									
195.97 (146.13)	13111 (58.32)	5.61 (9.02)	1853	4.00	0.442 (0.269)	15.93 (3.14)	193 (89)	71 (22)	28.86 (97.73)
11th Gear									
195.01 (145.42)	11270 (50.13)	6.49 (10.44)	1854	3.20	0.446 (0.271)	15.79 (3.11)	191 (88)	67 (19)	28.87 (97.77)
12th Gear									
193.36 (144.19)	9711 (43.20)	7.47 (12.02)	1849	2.57	0.451 (0.274)	15.64 (3.08)	191 (88)	68 (20)	28.87 (97.77)
13th Gear									
191.40 (142.73)	8374 (37.25)	8.57 (13.80)	1848	2.39	0.456 (0.278)	15.44 (3.04)	189 (87)	69 (21)	28.87 (97.77)

actuated by two foot pedals which can be locked together **Steering** hydrostatic **Power take-off** 1000 rpm at 2193 **Unladen tractor mass** 18170 lb (8242 kg)

REPAIRS AND ADJUSTMENTS: No repairs or adjustments

REMARKS: All test results were determined from observed data obtained in accordance with official OECD, SAE and Nebraska test procedures. For the maximum power tests, the fuel temperature at the injection pump return was maintained at 133° F (56°C). The pull in 4th gear (ballasted tractor) was limited to avoid excessive tractor bouncing. The performance results on this summary were taken from OECD tests conducted under the Code II Restricted Standard Test Code procedure.

We, the undersigned, certify that this is a true and correct report of official Tractor Test No. **1736**, Summary 236, October 22, 1997.

LOUIS I. LEVITICUS
Engineer-in-Charge

L.L. BASHFORD
R.D. GRISSO
M.F. KOCHER

Board of Tractor Test Engineers

Рис. 1.7. Характеристики роботи трактора без баластування з увімкненим переднім приводом

ступінь зношування шин, що безпосередньо впливає на економічність і продуктивність роботи техніки.

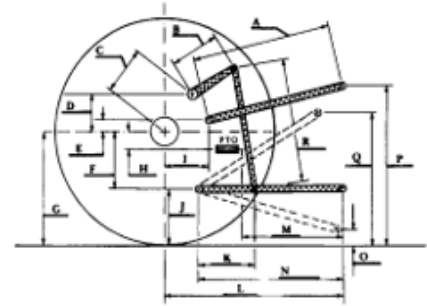
TRACTOR SOUND LEVEL WITH CAB	dB(A)
At 75% load in 8th Gear	73.0
Bystander in 18th Gear	87.2

TIRES, BALLAST AND WEIGHT	With Ballast	Without Ballast
Rear Tires —No., size, ply & psi (kPa)	Four 20.8R42; **, 12 (85)	Two 20.8R42; **, 14 (95)
Ballast —Duals (total)	1684 lb (764 kg)	None
—Cast Iron (total)	1544 lb (700 kg)	None
Front Tires —No., size, ply & psi (kPa)	Two 16.9R30; **, 18 (125)	Two 16.9R30; **, 12 (85)
Ballast —Liquid (total)	None	None
—Cast Iron (total)	2160 lb (980 kg)	None
Height of Drawbar	17.0 in (430 mm)	16.5 in (420 mm)
Static Weight with Operator —Rear	15290 lb (6935 kg)	12756 lb (5786 kg)
—Front	8434 lb (3826 kg)	5580 lb (2531 kg)
—Total	23724 lb (10761 kg)	18336 lb (8317 kg)

Рис. 1.8. Оцінка взаємодії коліс трактора з ґрунтовою поверхнею

Окрему увагу приділено дослідженню роботи задньої навіски (рис. 1.9.), яка є важливим елементом при агрегуванні трактора із сільськогосподарськими знаряддями. Результати випробувань підтверджують здатність машини стабільно працювати з навісним обладнанням різної маси та складності, забезпечуючи необхідні параметри підйому і утримання.

THREE POINT HITCH PERFORMANCE (OECD Static Test)			
CATEGORY: III			
Quick Attach: Yes			
Maximum Force Exerted Through Whole Range:			
	12758 lbs	(56.7 kN)	(1.75" lift cylinders)
	14400 lbs	(64.1 kN)	(2.25" lift cylinders)
i) Opening pressure of relief valve:	NA		
Sustained pressure at	2650 psi	System	2800 psi
Compensator cutoff:	2620 psi	(181 bar)	2780 psi (192 bar)
ii) Pump delivery rate at minimum pressure and rated engine speed:	29.7 GPM	(112.4 l/min)	29.7 GPM (112.4 l/min)
iii) Pump delivery rate at maximum hydraulic power:	26.9 GPM	(101.8 l/min)	26.7 GPM (101.1 l/min)
Delivery pressure:	2150 psi	(148 bar)	2320 psi (160 bar)
Power:	33.7 HP	(25.2 kW)	36.1 HP (26.9 kW)



HITCH DIMENSIONS AS TESTED—NO LOAD

THREE POINT HITCH PERFORMANCE (SAE Dynamic Test)			
Observed Maximum Pressure psi. (bar)	2800	(193)	
Location	Remote outlet		
Hydraulic oil temperature °F (°C)	141	(61)	
Location	Transmission sump		
Maximum Lift Capacity			
QUICK ATTACH	Yes		
CATEGORY:	III		
LOAD lbs (kg)	13864	(6289)	*16204 (7350)
TIME sec	4.39		4.93
HITCH MOVEMENT in (mm)			
Lowest position	14.0	(356)	14.0 (356)
Top of timed range	40.0	(1016)	40.0 (1016)
Highest position	41.3	(1049)	41.3 (1049)
LOAD CG MOVEMENT in (mm)			
Lowest position	15.8	(401)	15.8 (401)
Top of timed range	42.3	(1074)	42.3 (1074)
Highest position	43.1	(1095)	43.8 (1113)

	OECD test		SAE test	
	inch	mm	inch	mm
A	25.0	635	25.4	645
B	15.0	381	15.0	381
C	21.9	557	21.9	557
D	16.6	422	16.6	422
E	9.8	250	9.8	250
F	13.1	332	13.1	332
G	35.6	905	35.6	905
H	3.5	90	3.5	90
I	24.7	627	24.7	627
J	22.5	573	22.5	573
K	21.3	540	21.3	540
L	50.5	1282	50.5	1282
L'	55.5	1409	55.5	1409
M	19.1	486	19.1	486
N	33.0	837	33.0	837
O	9.0	229	8.0	203
P	44.5	1132	44.5	1132
Q	37.3	946	36.9	937
R	32.6	829	33.1	841
L' to Quick attach ends				

* with 2.25" lift assist cylinders

Рис. 1.9. Результати випробувань навісної системи трактора

Таким чином, комплексне опрацювання результатів діагностичних випробувань створює інформаційну базу для подальшої розробки технологічних процесів ремонту та відновлення найбільш навантажених і відповідальних вузлів трактора. Отримані дані дозволяють не лише підвищити якість ремонтних робіт, але й забезпечити ефективну та надійну експлуатацію техніки в умовах сільськогосподарського виробництва.

1.3. Технічне оснащення та спеціалізоване обладнання для ремонту двигунів

Для реалізації вдосконаленої технології ремонту двигуна 6T-830 трактора Case 8940 дільниця комплектується сучасним стендовим та діагностичним обладнанням. Основна увага приділяється безпеці транспортування важких агрегатів та точності відновлення головки блока циліндрів (ГБЦ).

Для маніпуляцій з двигуном передбачено використання стенда-кантувача Revolver-OEM4137 з універсальним адаптером OEM205061 та

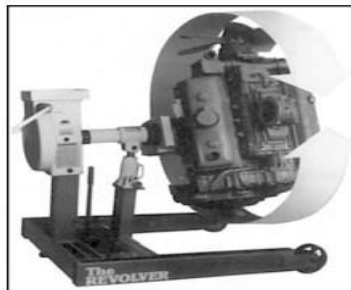


Рис. 1.10. Пристрій для технічного обслуговування та ремонту силових агрегатів модифікації Revolver-OEM4137 спеціалізованими кріпленнями OEM218099 (рис. 1.11, 1.12).



Рис. 1.11. Спеціалізований адаптер OEM205061 (SPX)

Безпечне переміщення агрегату забезпечується траверсою зі стропами Load-Rotor OEM4130 (рис. 1.13).



Рис. 1.12. Комплект кронштейнів OEM218099 (SPX) для встановлення двигуна на стенд

Процес відновлення ГБЦ та паливної системи включає використання прецизійного інструментарію:

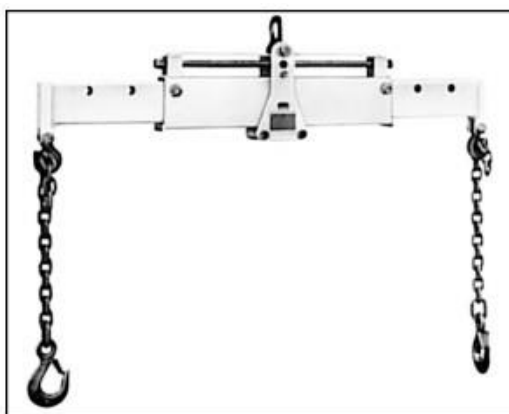


Рис. 1.13. Вантажопідйомна траверса зі стропами Load-Rotor OEM4130

- компресор пружин клапанів 3164321 (Cummins) (рис. 1.14) для розбирання механізму газорозподілу.



Рис. 1.14. Пневматичний пристрій 3164321 (Cummins) демонтажу пружин

- діагностичний блок OEM6459 (рис. 1.15) для перевірки параметрів форсунок;

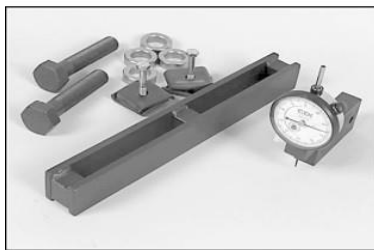


Рис. 1.15. Вимірювальний модуль OEM6459 для калібрування та діагностики паливних форсунок

- комплект дефектоскопа OEM1272 (рис. 1.16) для виявлення мікротріщин у корпусі ГБЦ;



Рис. 1.16. Портативний дефектоскоп OEM1272 виявлення втомних тріщин

- вакуумметр 3164491 з адаптером (рис. 1.17, 1.18) для контролю герметичності систем.



Рис. 1.17. Прецизійний вакуумметр 3164491 (Cummins) для контролю



герметичності систем двигуна

Рис. 1.18. Приєднувальна муфта (стакан) ST-1257-6 для підключення вакуумметра

Застосування вищезазначеного комплексу обладнання сприяє мінімізації впливу суб'єктивного фактора та забезпеченню експлуатаційного ресурсу відремонтованих двигунів на рівні, еквівалентному заводським стандартам. У контексті вдосконалення ремонтних робіт для тракторної техніки, передбачається розробка технології відремонтування головки блока циліндра двигуна 6Т-830, що застосовується в тракторі Case 8940.

1.4. Висновки за розділом

У даному розділі було розроблено та обґрунтовано методологію відремонтування тракторної техніки у ремонтному підрозділі сільськогосподарського підприємства, яка, за умови суворого дотримання викладених рекомендацій, гарантує належну якість виконання ремонтних робіт. Крім того, представлено стислу технічну характеристику аналізованої моделі трактора. Здійснено розрахунок трудомісткості ремонтного обслуговування всього парку тракторної техніки, що перебуває в експлуатації на ділянці. На основі визначених умов функціонування встановлено необхідну чисельність виробничого персоналу для виконання цих робіт. З метою забезпечення ефективності ремонтних процесів, обґрунтовано підібрано відповідний комплект технологічного обладнання.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ РЕМОНТУ ГОЛОВКИ БЛОКА ЦИЛІНДРІВ ТРАКТОРА CASE 8940

2.1. Технічна характеристика, умови експлуатації та аналіз дефектів деталі

У межах даного проєкту здійснюється розробка технічної документації, спрямованої на регенерацію головки циліндрів силового агрегату моделі 6Т-830.

Головка блока циліндрів (ГБЦ) двигуна 6Т-830 трактора Case 8940 є складним корпусним елементом, що формує верхню частину камери згоряння та забезпечує герметичність циліндрів. Деталь виготовляється методом лиття у підготовлені форми з сірого чавуну марки СЧ-20 (ГОСТ 1412-85). Матеріал заготовки має твердість за Брінеллем на рівні 240 НВ, що забезпечує необхідну жорсткість та зносостійкість робочих поверхонь у зоні високих тисків.

Встановлено, що під час функціонування двигуна цей елемент піддається суттєвим термічним та кавітаційним впливам. Це зумовлює виникнення низки дефектів та деформацій, зокрема: утворення тріщин, які є результатом перегріву силового агрегату; продавлювання ущільнювальної прокладки блока циліндрів, що спричинено її природним старінням; а також викривлення або деформація геометрії головки які, як правило, виникають з аналогічних причин, що й тріщини.

Наявність вказаних дефектів веде до розгерметизації камери згоряння, потрапляння охолоджувальної рідини в циліндри та суттєвого зниження компресії. Саме тому розробка технологічної документації на відновлення ГБЦ є критично важливою для повернення номінальних показників потужності та ресурсу двигуна 6Т-830.

На наведеному ескізі (рис. 2.1.) відображено просторове розташування критичних зон, що підлягають обов'язковому контролю під час дефектування.

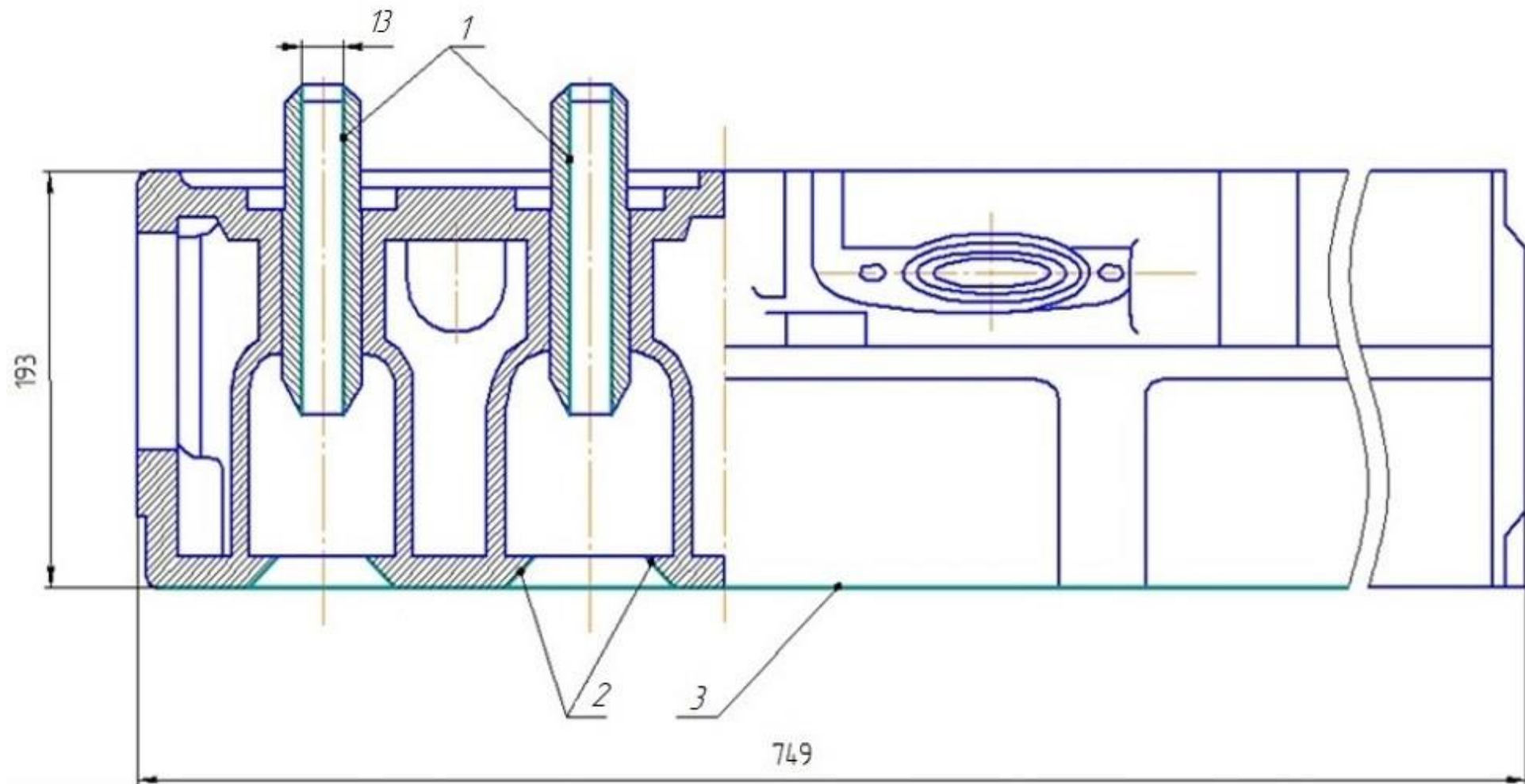


Рис. 2.1. Схема дефектування та розташування основних зон зношення головки блока циліндрів двигуна 6Т-830

Таблиця 2.1

Регламент дефектації головки блока циліндрів дизельного двигуна 6Т-830, що відповідає технічним вимогам до проведення капітального ремонту

Найменування та ідентифікація об'єкта контролю	Об'єкт моніторингу (дефект)		Метричні показники, мм			Методики та технічне забезпечення контролю		Підсумкові положення
	№	Найменування	За кресленням	Прийнятні у взаємодії з деталями		Найменування	Результат вимірювання чи відповідне відхилення	
				Бувшими в експлуатації	Новими			
Головка циліндрів	-	Герметичність охолоджувального контуру	Присутність будь-яких проявів витоку робочої рідини є недопустимою.			Візуальна інспекція. Стенд для гідровипробовування головок циліндрів	- КИ-4805	Передбачається проведення відновлювальних робіт
	1	Герметичність клапанних механізмів та виявлення потенційних витоків	Падіння тиску в клапані, не повинно перевищувати 25,4 міліметра ртутного стовпа протягом 5 с.			Прилад для заміру вакууму ST-1257-6 (CUMMINS)	У разі виявлення показників, що перевищують встановлені нормативи, клапанні елементи підлягають заміні.	
	2	Вимір площини головки блока циліндра(вздовж та в поперек)	0,203 мм 0,075 мм	-	-	Еталонна пряма станина, вимірювальний щуп.	Якщо перевищують ся допустимі показники то головка є непридатною та підлягає відбракуванню.	
	3	Пошкодження різі та довжини болтів	При пошкодженні більше 2-х витків Вільна довжина гвината 162,6 мм			Візуальна інспекція	Примірник для болтів 380000863	Заміна
	4	Деградація клапанного сідла: поверхневі дефекти та кавітаційні ушкодження	Заглиблення клапана відносно базової площини головки циліндрів:			Візуальний контроль із застосуванням новоглапана	1007014-Б2, 240-1007015-Б2	Передбачається проведення відновлювальних робіт
	5		1,05...1,35	1,85	2,30			
		Критерії якості поверхні	Риски і раковини на робочій поверхні клапанного гнізда не допускаються. Зменшення висоти головки до 100 мм			Штанген-глибиномір	ШГ-160	

Продовж. табл. 2.

Найменування та ідентифікація об'єкта контролю	Об'єкт моніторингу (дефект)		Метричні показники, мм			Методики та технічне забезпечення контролю		Підсумкові положення
	№	Найменування	За кресленням	Прийнятні у взаємодії з деталями		Найменування	Результат вимірювання чи відповідне відхилення	
				Бувшими в експлуатації	Новими			
Головка циліндрів	6	Деформація сполучної поверхні з блоком циліндрів	Максимальне відхилення від площинності не повинно перевищувати значень 0,05 мм, 0,15 мм та 0,15 мм відповідно.			Перевірка здійснюється за допомогою вимірювальної лінійки та щупа	ШР-1-630 2-1	У разі перевищення встановлених норм необхідне проведення ремонтних робіт
	0,05	0,15	0,15					
	7	Глибина посадки клапана	Діапазон допустимої глибини посадки клапана становить від 0,84 до 1,32 мм.	-	-	Вимірювання виконується за допомогою глибиноміра	OEM 1013	При виході параметра за межі визначеного діапазону вимагається відновлення або корекція
8	Зношування напрямної втулки клапана (контроль діаметра та висоти)	Діаметр 8 ^{-0,19} -0,71 висота 13 ^{-0,15} -0,65	-	8 13	Для перевірки використовуються електронний мікрометр та глибиномір	OEM 1015 OEM 1013	У випадку виявлення зносу, що перевищує встановлені нормативи, передбачається заміна напрямної втулки та ремонт головки блоку циліндрів	

Для об'єктивного оцінювання придатності головки блока циліндрів двигуна 6Т-830 до відновлення на дільниці виконується комплекс контрольно-вимірювальних операцій. Нижче наведено основні етапи перевірки геометричних та функціональних параметрів складових частин деталі.

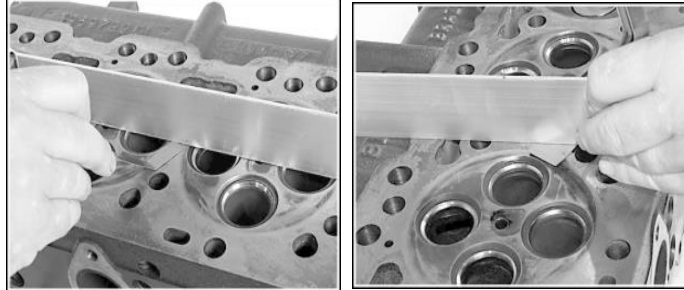


Рис. 2.2. Контроль непланшетності (жолоблення) привалкової поверхні ГБЦ

Перевірка здійснюється за допомогою прецизійної лекальної лінійки та набору щупів. Відхилення від площинності понад допустиму норму (згідно з технічними умовами) свідчить про необхідність механічного оброблення (шліфування) поверхні.

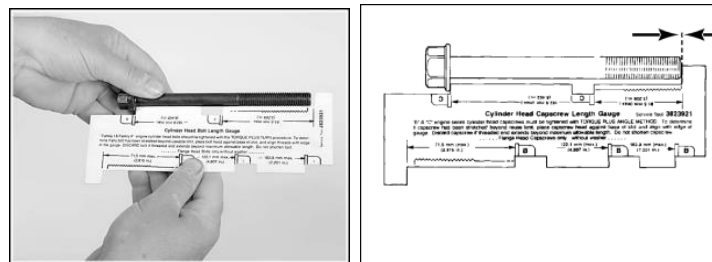


Рис. 2.3. Дефектування кріпильних болтів на розтяг та пошкодження різьби

Враховуючи високі моменти затяжки, болти ГБЦ піддаються значним пластичним деформаціям. Перевірка їхньої довжини та стану профілю різьби є критичною для забезпечення рівномірного притискання головки до блока.

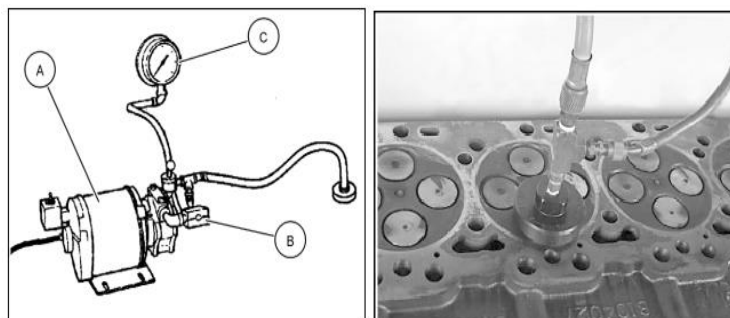


Рис. 2.4. Вакуум-тест на герметичність спряження «клапан-сідло»

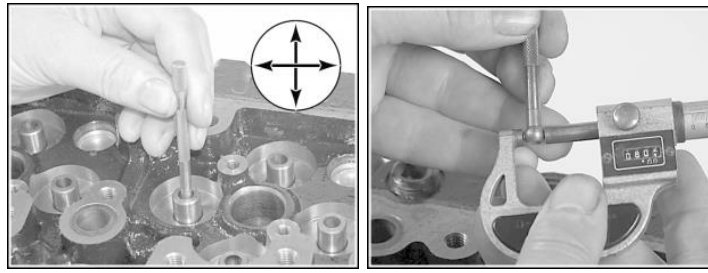


Рис. 2.5. Мікрметричний контроль внутрішнього діаметра напрямної втулки клапана

Використання вакуумметра дозволяє швидко та точно визначити якість прилягання робочих фасок. Падіння вакууму нижче регламентованого значення вказує на необхідність притирання або відновлення геометрії сідла.

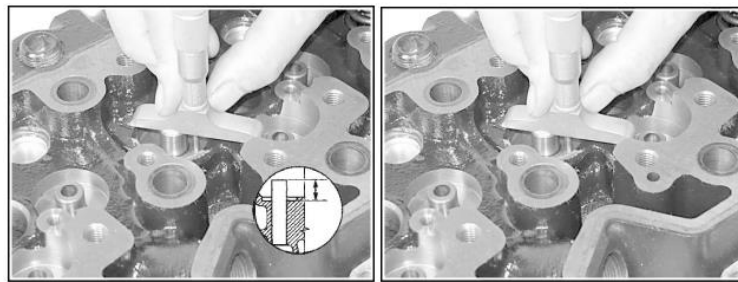


Рис. 2.6. Вимірювання виступу (висоти) напрямної втулки відносно корпусу

Контроль цього параметра є обов'язковим після шліфування сідла. Надмірне заглиблення клапана призводить до зміни об'єму камери згоряння та порушення фаз газорозподілу, що негативно впливає на потужність двигуна.

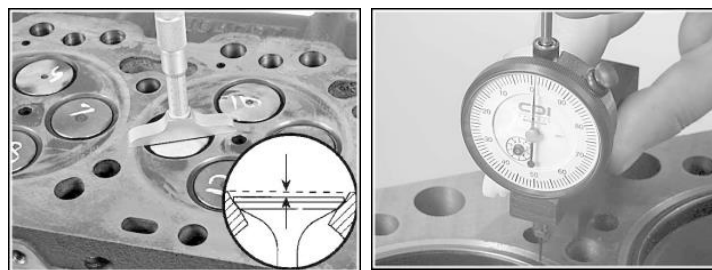


Рис. 2.7. Вимірювання величини заглиблення тарілки клапана у сідло

2.2. Обґрунтування технології відновлення та розробка ремонтно-технічної документації ГБЦ

Вибір оптимального методу відновлення головки блока циліндрів двигуна 6Т-830 є багатофакторною задачею. Належний спосіб реновації

залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу (чавун СЧ-20), ступеня зношеності робочих поверхонь, характеру експлуатаційних навантажень та економічної доцільності.

В основу прийняття рішень у проєкті покладено методику В.А. Шандричева, яка базується на послідовному аналізі трьох ключових критеріїв:

1. Критерій технологічної придатності: визначає принципову можливість застосування конкретного методу (наприклад, шліфування, наплавлення або хромування) з огляду на геометрію деталі, точність обробки та фізико-хімічні властивості чавуну. Метод вважається придатним, якщо він дозволяє повністю усунути дефект без порушення структурної цілісності ГБЦ.

2. Критерій довговічності: відображає технічний ресурс відновленої деталі у порівнянні з новою. Коефіцієнт довговічності розраховується за співвідношенням:

$$K_d = \frac{T_B}{T_H} \quad (2.1)$$

Або,

$$K_d = K_I * K_B * K_C * K_P, \quad (2.2)$$

Де K_I , K_B , K_C – є коефіцієнтами, що характеризують зносостійкість, механічну витривалість та адгезійні властивості (зчеплюваність) матеріалів або елементів, відповідно;

K_P – це коригувальний коефіцієнт, який відображає фактичну експлуатаційну придатність відновленої деталі після її регенерації. Його значення знаходиться в діапазоні від 0,8 до 0,9. [7].

3. Критерій економічної ефективності: оцінює доцільність ремонту через порівняння собівартості відновлення із вартістю придбання нового вузла. Метод вважається оптимальним, якщо витрати на ремонт не перевищують 60–70% вартості нової ГБЦ при забезпеченні високої надійності:

$$C_B = K_d * C_H, \quad (2.3)$$

Де C_B , C_H – позначають, відповідно, собівартість відновленої та нової деталі.

У випадку, якщо вартість нового елемента є невизначеною, оцінка зазначеного критерію здійснюється за формулою, запропонованою В.А. Шандричевим.

$$K_T = \frac{C_B}{K_d} \quad (2.4)$$

Де K_T - коефіцієнт техніко-економічної ефективності. Критерій результативності певного методу або підходу полягає в мінімізації значення цього показника.

Відновлюваний компонент, а саме головка блоку циліндрів, характеризується спектром типових дефектів. Зокрема, ідентифіковано деградацію поверхні направляючої втулки клапана (дефект №1), абразивний знос функціональної поверхні клапанного гнізда (дефект №2), а також відхилення від площинності сполучної поверхні, призначеної для контакту з блоком циліндрів (дефект №3).

З метою ліквідації зношування направляючих втулок клапанів застосовується низка технологічних підходів. До них належать повне заміщення елементів, інтеграція компенсаційних вставок, внутрішнє розточування отвору, або ж розсвердлювання з подальшим встановленням клапана ремонтного розміру.

Реставрація клапанного гнізда реалізується за допомогою механічної обробки його функціональних поверхонь (таких як фрезерування або прецизійне шліфування), що має на меті відновлення оптимальної геометрії та забезпечення герметичності. Альтернативно, при значному ступені зношування або пошкодження, практикується повне заміщення клапанного гнізда.

З метою корекції деформаційних змін сполучної поверхні головки блоку застосовується механічна обробка. Вона включає прецизійне шліфування на плоскошліфувальних верстатах або фрезерування, що дозволяє відновити задану площинність та гарантувати герметичне сполучення з блоком циліндрів.

Проводиться аналіз відібраних методів, що базується на технічних критеріях. Щодо першого ідентифікованого дефекту, здійснюється визначення коефіцієнтів довговічності.

Одним із підходів є впровадження компенсуючого елемента:

$$K_o = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,73.$$

Внутрішнє розширення (розточування):

$$K_o = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,81.$$

Операція з розширення отвору та подальшого монтажу ремонтного клапана:

$$K_o = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,77.$$

За результатами аналізу технічних параметрів, що стосуються відновлення спрямовуючої втулки клапана, та з огляду на необхідність індивідуалізованого підходу до виконання ремонтних робіт, було прийнято рішення про застосування методу повної заміни спрямовуючих втулок клапанів.

Для усунення конкретного дефекту обґрунтовано використання механічної обробки поверхні методом фрезерування, що спрямована на ліквідацію експлуатаційних пошкоджень та відновлення заданих геометричних параметрів. Фіналізація вибору методів відновлення ґрунтується на комплексній техніко-економічній оцінці, що включає аналіз ефективності, технологічної доцільності та ресурсних витрат на виконання робіт. Внаслідок недостатнього оснащення власними технічними засобами, зокрема шліфувальним та фрезерним обладнанням, реставрація сполучної поверхні головки блоку циліндрів здійснюється шляхом залучення спеціалізованих сервісних організацій, які володіють відповідним технологічним оснащенням та кваліфікованим персоналом.

Відповідно до характеру виявлених несправностей, було визначено наступний комплекс відновлювальних заходів: зношені напрямні елементи клапанів підлягають заміні на нові компоненти; відновлення функціональних поверхонь сідел клапанів виконується методом фрезерування; а забезпечення необхідної площинності сполучної поверхні головки блоку досягається шляхом прецизійного плоского шліфування. Імплементация зазначених технологічних операцій дозволяє повноцінно відновити експлуатаційні характеристики

компонента та гарантувати його відповідність чинним технічним регламентам.

Після ідентифікації технологічно обґрунтованих методів усунення дефектів циліндрової головки двигуна, які відповідають встановленим технічним вимогам, проводиться розробка ремонтної документації для відновлення компонента типу 6Т-830. Оформлення зазначеної ремонтної документації здійснюється згідно з положеннями стандарту ГОСТ 2.604:2005. Згідно з цими вимогами, ділянки, призначені для регенерації, маркуються потовщеними контурами, ширина яких перевищує базову у 2–3 рази. Для даних ділянок фіксуються необхідні габаритні параметри, допустимі відхилення та критерії шорсткості, які гарантують відновлення функціональної спроможності компонента.

Структура ремонтної документації також передбачає інтеграцію довідкових таблиць, що містять рекомендовані підходи до корекції пошкоджень та окреслюють технічні критерії до процедури відновлення. На цьому ж аркуші інтегрується технологічна (маршрутна) карта, що містить послідовну експлікацію технологічних етапів регенерації циліндрової головки з деталізованим викладом кожної фази в операційній карті. Власне ремонтна документація розміщена на листі 3 графічного розділу проєкту.

Алгоритм реалізації технологічних процедур зумовлюється не тільки видом виробничого процесу, але й природою та комбінацією ідентифікованих дефектів. З метою ефективної ліквідації багатоаспектних пошкоджень використовується маршрутна технологія, що передбачає оптимальну послідовність регенераційних заходів. Обрання специфічного алгоритму реставрації компонента визначається комплексом дефектів, їх взаємною інтерференцією та технологічною сумісністю.

Щодо циліндрової головки двигуна моделі 6Т-830 було обґрунтовано дві потенційні стратегії регенерації, що враховують різноманітні комбінації пошкоджень та представлені в таблиці 2.2 «Мапа взаємодії дефектів для відновлення».

На основі даних, представлених у таблиці, визначено доцільність

**Мапа взаємодії дефектів для відновлення головки блока циліндрів
(на прикладі двигуна 6Т-830)**

Визначення дефекту	Ідентифікатор маршруту	
	I	II
Деградація отворів для напрямних елементів клапанів	+	-
Порушення цілісності (тріщини) в корпусі головки блоку циліндрів	+	-
Деградація поверхні клапанного сидла	+	+
Відхилення від площинності інтерфейсної поверхні прилягання до блока циліндрів	+	+
Знос направляючих клапанів	+	+

застосування другого технологічного маршруту відновлення головки блока циліндрів двигуна 6Т-830.

2.3. Обґрунтування технологічних операцій з відновлення деталі

На основі аналізу дефектів та обраних методів реновації сформовано комплексний план технологічних операцій для повного відновлення ресурсу ГБЦ двигуна 6Т-830. Процес побудований на логічній послідовності: від підготовчих розбиральних робіт до фінішного шліфування та вихідного контролю.

Операція 020: Шліфувальна. Це фінішна операція з усунення порушення площинності привалкової поверхні (дефекти 3). Шліфування дозволяє забезпечити ідеальну герметичність з'єднання ГБЦ із блоком циліндрів. Робота виконується на плоскошліфувальному верстаті 3Б722 із застосуванням шліфувального круга типу ПП (ГОСТ 2424-67). Перевірка результату проводиться за допомогою повірочної лінійки та набору щупів.

Операція 005: Розбирально-складальна. Даний етап передбачає повне видалення зношених напрямних втулок клапанів та монтаж нових компонентів. Робота розподіляється на два переходи: спочатку виконується випресовування 24-х старих втулок, після чого проводиться запресовування нових із забезпеченням нормативного натягу. Для виконання операції застосовується

гідравлічний прес ОКС-1671М, оснащений спеціалізованим набором оправ, що виключають деформацію посадочних отворів у чавунному корпусі головки.

Операція 015: Слюсарна. На даному етапі виконується відновлення геометрії робочих фасок сідел клапанів методом фрезерування (дефект 2). Процес включає чотири переходи: послідовне використання чорнових фрез із кутами 30°, 75° та 15° для формування профілю сидла, та завершальне чистове фрезерування під кутом 30°. Операція реалізується на верстаку ОРГ-1468-060А. Контроль точності та величини утопання клапана відносно привалкової площини здійснюється індикатором годинникового типу ИЧ-10 (ГОСТ 166-80), встановленим у спеціальному тримачі

Операція 010: Слюсарна. Метою операції є прецизійна обробка внутрішніх поверхонь щойно встановлених напрямних втулок для усунення дефекту 1. Технологічний крок полягає у розгортанні отворів під номінальний розмір стрижня клапана. Роботи проводяться на слюсарному верстаку ОРГ-1468-060А з використанням комплекту розгорток та конусної оправки. Якість обробки контролюється нутроміром ИН-16 (ГОСТ 166-80).

Операція 025: Контрольна. Підсумковий етап передбачає комплексну перевірку розмірів усіх відновлених поверхонь та контроль герметичності спряжень. Для вимірювань використовується нутромір ИН-16, індикатор ИЧ-10 та повірочний інструментарій згідно з ГОСТ 166-80.

Нормування технологічного процесу дозволяє розрахувати витрати часу на кожну операцію та визначити продуктивність ремонтної дільниці. При виконанні розбирально-складальної операції (005) проводиться заміна 24 напрямних втулок. Основний час випресовування розраховується виходячи з кінематичних характеристик гідравлічного преса. Формула для розрахунку має вигляд:

$$T_{\text{шкр}} = \sum T_p *, \quad (2.5)$$

Де $\sum T_p$ – сукупний основний час, виділений на виконання операції, у хвилинах. Відповідно до відомостей, наведених у таблиці 146 джерела [7], для даного обсягу робіт він становить 24 хвилини [7];

T_p - числовий коефіцієнт корекції, що дорівнює 0,92;

K_p – коефіцієнт, що враховує додаткові часові витрати на нерегламентовані або непередбачені стандартизованими нормами роботи, його значення становить 1,27 [7].

$$T_{шк} = 24 * 0,92 * 1,27 = 28,04 \text{ хв}$$

Запресовування двадцяти чотирьох втулок у головку блока циліндрів здійснюється за допомогою гідравлічного преса. Базовий час, необхідний для виконання даної операції, визначається за наступною формулою:

$$T_{шкз} = \sum T_z * K_z, \quad (2.6)$$

Де $\sum T_z$ – сукупний час, відведений на виконання складальних операцій, виміряний у хвилинах. Ці дані отримано з таблиці 186 [7].

K_p – коефіцієнт, що враховує додаткові часові затрати, які виникають внаслідок непередбачених робіт або відхилень від встановлених нормативів. Його значення становить 2,25 [7].

$$T_p = 1,06$$

$$T_{шкз} = 24 * 1,06 * 2,25 = 57,24 \text{ хв}$$

Визначення нормативного часу на виконання виробничих операцій є невід'ємною частиною планування виробничих процесів:

$$T_n = T_{шкр} + T_{шкз}, \quad (2.7)$$

$$T_n = 24,04 + 57,24 = 81,24 \text{ хв}$$

Технологічна операція № 010 «Слюсарна»: передбачає розгортання функціональних поверхонь направляючих клапанів для досягнення розміру $13 \pm 0,15$ мм:

$$T_n = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}} \quad (2.8)$$

Де $T_{ш}$ – штучний час, необхідний для розгортання однієї направляючої, виміряний у хвилинах. Згідно з даними таблиці 235 джерела [7], його значення становить 1,22 хв;

$n_{шт}$ - кількість одиниць деталей, що підлягають розгортанню. У даному випадку $n_{шт} = 24$;

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, виміряний у хвилинах. Відповідно до таблиці 207 джерела [7], його величина дорівнює 4 хв.

Таким чином, нормативний час на виконання зазначеної операції становить:

$$T_H = 24 * 1,22 + \frac{4}{24} = 29,44 \text{ хв}$$

На операції 015, що належить до слюсарної обробки, виконується фрезерування сідел клапанів з метою усунення дефекту 2. Норма часу на виконання даної операції визначається з урахуванням штучного та підготовчо-заклучного часу. Штучний час $T_{шт}$ обробки одного сидла за один перехід приймається 0,85 хв, тоді як підготовчо-заклучний $T_{пз} = 4$ хв [7]. З урахуванням того, що обробці підлягає $n_{шт} = 24$ сидла, визначається:

$$T_H = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}}$$

$$T_H = 96 * 0,85 + \frac{4}{24} = 81,76 \text{ хв}$$

На операції 020 виконується шліфування привалочної поверхні головки блока циліндрів для усунення дефекту 3, пов'язаного з коробленням. Обробка проводиться до повного видалення слідів зношування із забезпеченням необхідної площинності поверхні. При цьому задаються відповідні режими різання: глибина шліфування за один прохід становить 0,005 мм, частота обертання шліфувального круга приймається рівною 1460 хв^{-1} відповідно до характеристик обладнання, швидкість поздовжнього переміщення столу — 25 м/хв, а поперечна подача — 8,4 мм за хід. Висота головки блока циліндрів після обробки залишалася не меншою за 100 мм. Припуск на шліфування визначається за результатами дефектації та приймається рівним 0,203 мм. Подальшим етапом є визначення фактичної швидкості шліфування, яка розраховується за відповідною аналітичною залежністю:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} \cdot \frac{m}{c} \quad (2.9)$$

Де D – діаметр абразивного круга, $D = 450$ мм; [8];

n – частота обертання шліфувального інструмента, $n = 1460$ хв⁻¹

$$V = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 1460}{60000} = 34,3 \frac{m}{c}$$

Розрахунок швидкості різання здійснюється за формулою:

$$T_o = (2 \cdot L \cdot h \cdot B) / (S_{пр} \cdot t \cdot S_{поп}) \cdot K, \text{ хв} \quad (2.10)$$

Де B ширина обробки шліфуванням, що становить 193 мм;

L – довжина шліфування, мм; $L = L_1 + y = 749 + 60 = 809$ мм, де L_1 – довжина головки, мм;

$S_{пр}$ – поздовжня подача, м/хв;

K – коефіцієнт фінішних проходів. Зокрема, для K_3 значення встановлено $K_3 = 1,2/1,7$ [7];

y – величина виходу шліфувального круга, мм.

h – припуск на шліфування, що дорівнює 0,203 мм;

$S_{поп}$ – поперечна подача, мм/хід.

$$T_o = \frac{2 \cdot 0,809 \cdot 0,05 \cdot 193}{25 \cdot 0,005 \cdot 8,4} \cdot 1,2 = 18 \text{ хв.}$$

Норма часу на виконання операції визначається з урахуванням усіх складових витрат часу, включаючи основний, допоміжний, додатковий та підготовчо-заключний час. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$T_n = T_o + T_v + T_{дод} + T_{пз} / n_{шт}, \text{ хв.} \quad (2.11)$$

Основний технологічний час (T_o) визначається як безпосередня тривалість виконання операції. Допоміжний операційний час (T_v) встановлено на рівні 5,6 хвилин згідно з даними, представленими в [7, табл. 90]. Додаткові витрати часу становлять 9 хвилин, відповідно до [7, табл. 92]. Підготовчо-завершальний час ($T_{пз}$), який включає дії з підготовки до роботи та її фіналізації, оцінюється у 15 хвилин на основі [7, табл. 95]. Таким чином, сумарна нормативна тривалість часу для даної операції буде визначена як:

$$T_n = 18 + 5,6 + 9 + 15 = 47,6 \text{ хв.}$$

На даному етапі, 035 Контрольна операція, здійснюється контроль відповідності геометричних розмірів та якості оброблених поверхонь 1, 3 і 4 встановленим технічним вимогам.

Після виконання всіх необхідних розрахунків і вибору режимів обробки визначаємо сумарний час на відновлення головки блока циліндрів двигуна 6Т-830. Загальна трудомісткість процесу розраховується як сума норм часу на всі операції:

$$T_3 = \sum T_{ni}, (i = 1 \dots n) \quad (2.12)$$

Де T_{ni} — норма часу на окрему операцію, хв.

Підставляючи отримані значення, маємо:

$$T_3 = 81,24 + 29,44 + 81,76 + 47,6 = 240 \text{ хв}$$

Технологічна карта відновлення розроблена з урахуванням повного спектру потенційних дефектів відповідно до стандарту ГОСТ 3.1105-74. Процес її розробки базується на ремонтній документації, оптимальній методиці усунення виявлених дефектів, інформації для підбору необхідного технологічного обладнання та оснащення, а також передбачає встановлення кваліфікаційного розряду та нормативів часу виконання робіт. Номерація операцій фіксується у відповідних розділах, причому кожна операція отримує лаконічний, проте вичерпний опис із зазначенням усіх необхідних розмірних параметрів. Детальна маршрутна карта відновлення головки блока циліндрів двигуна 6Т-830 представлена у повному обсязі на листі 3 графічної документації проекту.

Отже, у рамках даного розділу були обрані найбільш ефективні методики відновлення головки циліндрів двигуна 6Т-830, встановлені відповідні технологічні режими та часові нормативи для виконання операцій, сукупна тривалість яких сягає $T_3=240$ хвилин. За результатами проведених обчислень було розроблено ремонтне креслення головки блока циліндрів, а також сформовано повний комплект маршрутної та операційної технологічної документації для її відновлення.

2.4. Конструктивне проєктування пристрою та аналіз його функціональних характеристик

У контексті технічного обслуговування двигуна 6Т-830, ключовими етапами є діагностика дефектів та подальший ремонт головки блока циліндрів (ГБЦ). Виконання цих відновлювальних робіт здійснюється у суворій відповідності до встановлених технічних регламентів та стандартів, що стосуються ремонту ГБЦ. Перед проведенням будь-яких подальших перевірок та процедур, критично важливо забезпечити повне очищення головки блока циліндрів від вуглецевих відкладень, мінеральних нальотів та інших сторонніх часток. Крім того, її стан повинен відповідати необхідним критеріям для успішного виконання подальших діагностичних (рис. 2.8) та контрольних

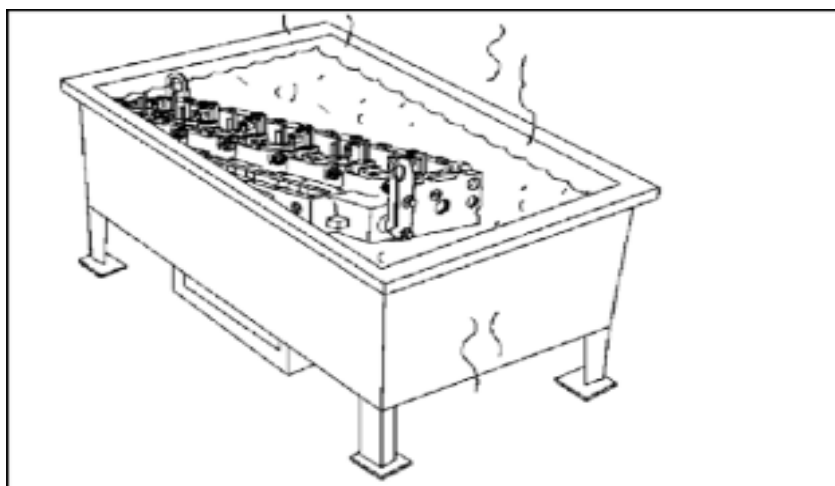


Рис 2.8. Промислова ванна для очищення та знежирення корпусу головки блока циліндрів

операцій. Неприпустима наявність структурних порушень у вигляді тріщин, а також деградація герметичності в зонах інтерфейсів гільз форсунок та технологічних замикальних елементів. Оцінка герметичності охолоджувальної сорочки здійснюється гідравлічним методом, підтримуючи тиск 0,4 МПа протягом трьох хвилин. У ході цього випробування будь-які прояви витіку робочої рідини є абсолютно неприйнятними. (рис. 2.9).

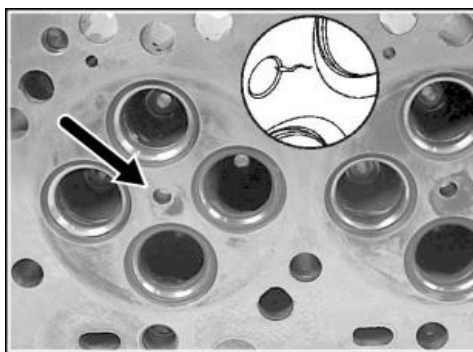


Рис. 2.9. Візуалізація дефектів (тріщин та ерозії), виявлених під час дефектування ГБЦ

Контроль площинності привалочної поверхні здійснюється за допомогою еталонної лінійки та щупів. Допустиме відхилення по довжині не повинно перевищувати 0,203 мм, а поперечне — 0,075 мм (рис. 2.10). Для виявлення прихованих дефектів використовується метод пневматичного випробування із зануренням деталі у воду, нагріту до температури близько 60 °С.

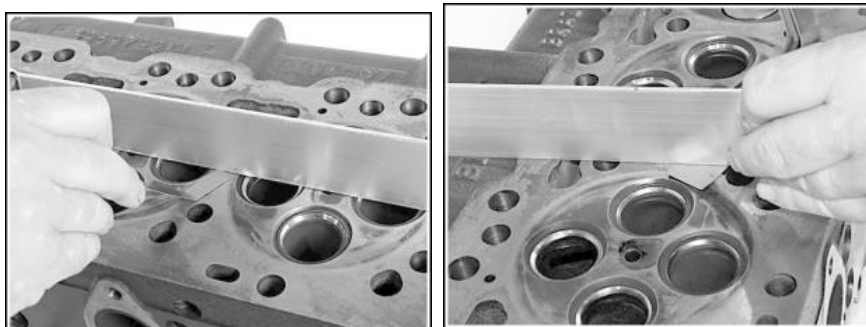


Рис. 2.10. Схема контролю площинності привалкової поверхні за допомогою лекальної лінійки та щупів

Поява бульбашок свідчить про наявність витоків і необхідність ремонту (рис. 2.11). Для оцінки площинності робочої поверхні головки циліндрів необхідно застосувати еталонну контрольну лінійку довжиною 50 мм у поєднанні з вимірювальним щупом товщиною 0,025 мм. Ця процедура контролю також поширюється на ділянки між циліндровими отворами та каналами системи охолодження. У випадку, якщо виявлений зазор дозволяє ввести щуп товщиною 0,025 мм, це свідчить про необхідність ремонту або заміни компонента. Кріпильні елементи потребують ретельного очищення від сторонніх відкладень з поверхні тіла та різьбової частини. Для цього можуть бути використані

механічні засоби, такі як дротяна щітка, м'який дротяний диск, або неабразивний струминний метод. Після очищення необхідно провести детальну

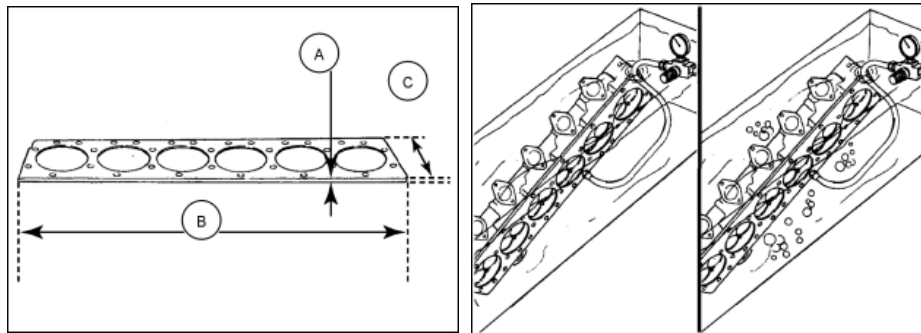


Рис. 2.11. Пневмогідравлічне випробування сорочки охолодження на герметичність

інспекцію гвинтів на предмет пошкодження різьби, наявності корозійних уражень або зменшення діаметра, що може свідчити про деформацію матеріалу внаслідок розтягування

Окрему увагу приділяють контролю геометричних параметрів деталі. Висота відновленої головки повинна становити не менше 193 мм, а при встановленні нової — відповідати номінальному значенню з допустимими відхиленнями. Різьбові з'єднання очищуються та перевіряються на наявність пошкоджень, корозії та деформацій (рис. 2.12).

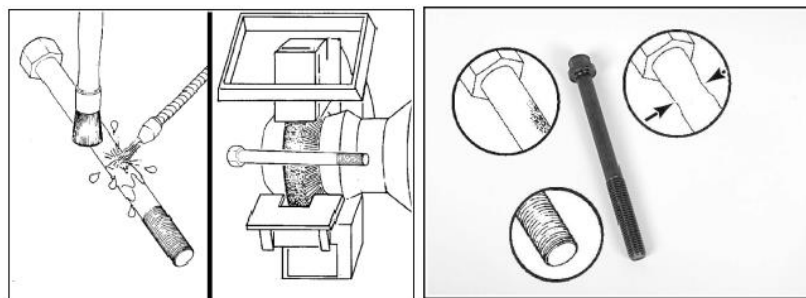


Рис. 2.12. Процес очищення та контролю стану різьбової частини болтів кріплення ГБЦ

Обробка сідел клапанів виконується під кутом 30° , при цьому відхилення відносно направляючих втулок не повинно перевищувати встановлених значень. Ширина робочої фаски повинна знаходитись в межах 2,0–2,2 мм. Контроль глибини посадки клапанів здійснюється за допомогою спеціального інструменту, а її значення повинно відповідати технічним

вимогам (рис. 2.12). Для визначення глибини посадки клапана слід застосовувати глибиномір (наприклад, модель OEM1013 або аналогічний пристрій). Допустимий діапазон значень становить 0,84 - 1,32 мм. У разі, якщо виміряне поглиблення клапана не відповідає вказаним технічним умовам, клапан підлягає заміні. Якщо навіть після заміни клапана показник залишається поза нормою, необхідно здійснити ремонт головки блоку циліндрів.

Монтаж сідел клапанів здійснюється методом запресовування в головку циліндрів. Для цього сідла попередньо охолоджуються до температури -120°C , а головка циліндрів нагрівається до 90°C . Важливим параметром є відстань від верхньої кромки направляючої втулки до опорної поверхні для пружин клапанів, що розташована в площині головки циліндра; це значення має становити $33 \pm 1,0$ мм. Також допускається запресовування неохолоджених направляючих клапанів у нагріту до 90°C головку циліндрів (рис. 2.13).

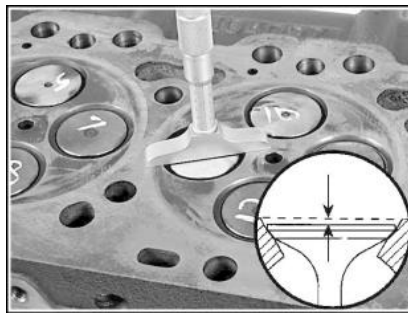


Рис. 2.13. Перевірка геометричних параметрів тарілки клапана та стану робочої фаски

Після завершення ремонтних робіт клапани потребують притирання для забезпечення герметичного прилягання до сідел. Якість притирання перевіряється шляхом візуального огляду конічних поверхонь клапана та сідла на предмет відсутності ознак негерметичності. Контактна смуга повинна мати ширину в межах 1,5–2,0 мм, при цьому наявність переривчастих або розривних смуг неприпустима. Ширина притертої фаски сідла клапана має бути рівномірною по всьому периметру; допустиме відхилення ширини фаски не повинно перевищувати 0,6 мм. Смуга контакту на клапані повинна розташовуватися на відстані не менше 1,0 мм від краю циліндричного пояса тарілки клапана.

Технологічний процес перевірки головки блока циліндрів на герметичність реалізується за допомогою спеціалізованого стенда, конструкція якого забезпечує виявлення прихованих дефектів у сорочці охолодження (рис. 2.14). Основним елементом установки є ванна для води, обладнана нагрівальними тенами та термометром для підтримання стабільної температури робочого середовища на рівні 60°C. Над ванною розташована сталева плита, що виконує роль несучого елемента для фіксації досліджуваної деталі. Головка кріпиться до нижньої площини цієї плити за допомогою болтового з'єднання з одного боку та пневмоциліндра з іншого, що забезпечує надійне притискання та стабільність положення під час випробувань. Для гарантування повної герметичності між плитою та привалковою поверхнею головки встановлюється спеціальна гумова прокладка, яка унеможливорює витік повітря в місцях контакту.

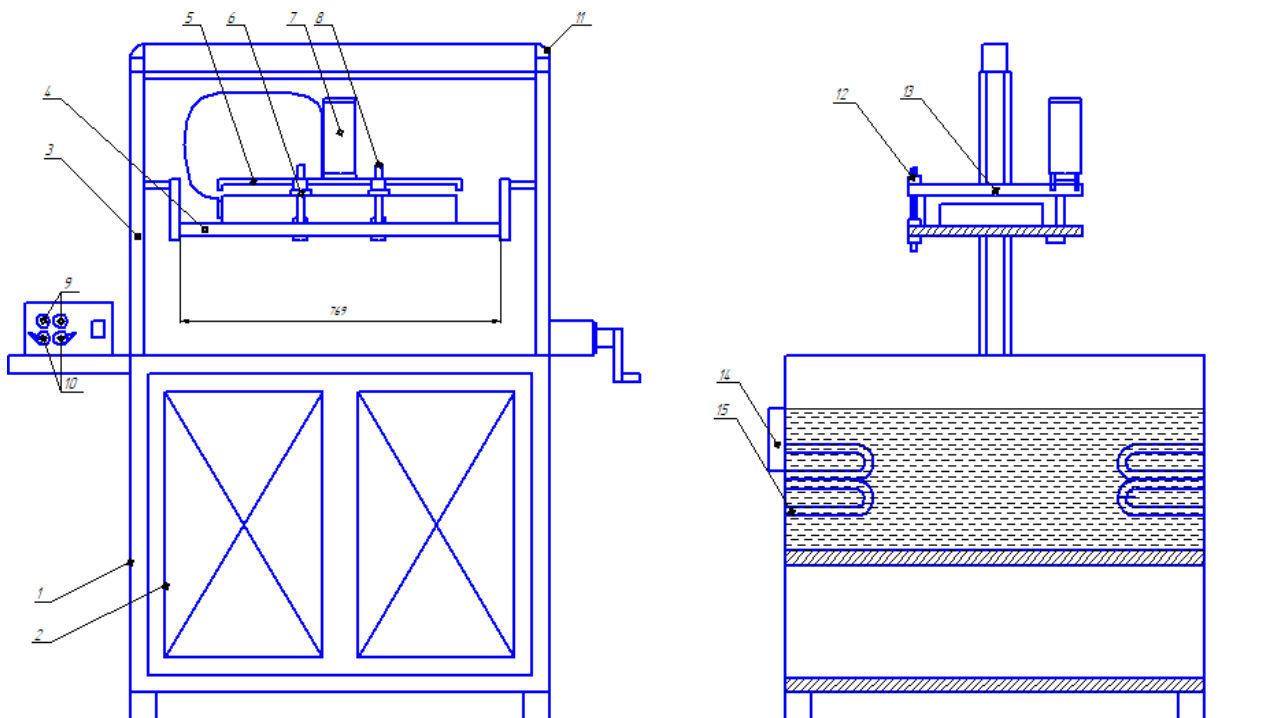


Рис. 2.14. Діагностичний комплекс для оцінки цілісності ущільнення головки циліндрового блоку:

1- резервуар для рідини (ємність); 2- елементи структурного підсилення (ребра жорсткості); 3- вертикальна опорна стійка; 4- порна робоча платформа; 5.-поздовжня несуча балка; 6- поперечна несуча балка; 7- пневматичний виконавчий механізм; 8-різбовий фіксуючий елемент; 9- прилад для вимірювання надлишкового тиску (манометр); 10 - елементи оперативного контролю (органи управління); 11 - функціональний модуль; 12 - різбова сполучна деталь; 13- з'єднувальний штифт; 14- прилад для моніторингу температури (термометр); 15- електричні нагрівальні елементи резистивного типу (ТЕНи)

Після надійної фіксації деталі до внутрішньої порожнини сорочки охолодження через фланець подається стиснене повітря під робочим тиском 0,4 МПа. Контроль тиску здійснюється за допомогою встановленого на магістралі манометра. Коли внутрішній об'єм сорочки заповнено повітрям, оператор за допомогою ручного механізму опускає плиту разом із закріпленою на ній головкою в ванну з підігрітою водою. Під дією температури метал дещо розширюється, що сприяє розкриттю мікротріщин. Основним показником наявності дефектів є поява повітряних бульбашок на поверхні води або всередині каналів. У разі виявлення таких ознак негерметичності деталь підлягає вибракуванню або направляється на додатковий відновлювальний ремонт, тоді як справна головка не повинна давати жодних проявів витіку повітря.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Регламент безпечної експлуатації обладнання та технологічна дисципліна при обслуговуванні агромашин

Ефективна організація охорони праці на дільниці технічного сервісу базується на неухильному дотриманні технологічної дисципліни та використанні сертифікованого обладнання. Процес обслуговування сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів та самохідних шасі, розпочинається з обов'язкових підготовчих операцій. Перед початком будь-яких маніпуляцій об'єкт обслуговування має бути надійно зафіксований противідкатними упорами, а органи керування трансмісією переведені в нейтральне положення. Активація діагностичних систем дозволяється лише після жорсткої фіксації контрольних приладів, що виключає їх падіння або пошкодження під час роботи двигуна.

Під час виконання операцій безпосередньо в зоні розташування вузлів та агрегатів категорично забороняється перебування персоналу під технікою при працюючому двигуні. Особлива увага приділяється захисту від механічних травм: контакт із відкритими рухомими або обертовими компонентами механізмів суворо обмежений технічними огороженнями. Усі інструменти та допоміжні засоби, що використовуються для діагностування, повинні перебувати у справному стані та застосовуватися виключно персоналом, який пройшов спеціальну підготовку та інструктаж з техніки безпеки.

Окремий блок правил стосується роботи з агресивними середовищами та електрообладнанням. Обслуговування акумуляторних батарей потребує підвищеної обережності для запобігання хімічним опікам шкіри електролітом. При використанні ручного електроінструменту або електронних стендів, що живляться від промислової мережі, обов'язковим є застосування засобів індивідуального захисту, таких як діелектричні рукавички та ізолюючі підстилки. Регулювання паливних та теплових систем двигуна допускається

лише за умови стабільного функціонування системи охолодження, що запобігає термічним травмам персоналу.

Монтажно-демонтажні роботи, пов'язані з великими зусиллями, потребують використання спеціалізованих пристроїв. При виконанні пресових операцій необхідно забезпечити сувору соосність між штоком преса, технологічною надставкою та віссю деталі. Для роботи з пружинними механізмами застосовуються виключно знімачі із захисними кожухами або запобіжними гвинтами. При цьому суворо забороняється проведення будь-яких розбирально-складальних операцій із вузлами, що знаходяться у підвішеному стані на вантажопідйомних механізмах.

Завершальні етапи обслуговування, такі як стендові випробування та обкатка, проводяться після надійного закріплення агрегатів на стенді та попередження оточуючих про початок циклу. Під час випробувань паливних, масляних та гідравлічних контурів будь-які регулювання на працюючому обладнанні заборонені. Оздоблювальні та фарбувальні роботи виконуються в ізольованих боксах із примусовою вентиляцією. Протягом усієї робочої зміни кожен працівник зобов'язаний використовувати повний комплект засобів індивідуального захисту, включаючи спецодяг та захисні окуляри, що є гарантією безпеки виробничого процесу.

3.2. Нормативно-організаційне забезпечення безпеки праці в ремонтній зоні

Функціонування системи безпеки праці базується на засадах Закону України «Про охорону праці» та відповідних нормативно-правових актів (НПАОП). Безпосередня відповідальність за створення безпечного виробничого середовища на ділянці з ремонту сільськогосподарської техніки покладена на головного механіка. У межах своїх повноважень він здійснює моніторинг дотримання правил пожежної безпеки, галузевих наказів та внутрішніх розпоряджень керівництва щодо мінімізації виробничих ризиків.

Організаційна робота на підприємстві включає системний моніторинг та аналіз випадків виробничого травматизму. На основі отриманих статистичних даних розробляються превентивні інженерно-технічні заходи, спрямовані на вдосконалення методів експлуатації обладнання та створення ергономічних умов для персоналу. Кадрова політика передбачає допуск до виконання ремонтних робіт лише осіб, які мають належний рівень професійної кваліфікації та пройшли обов'язковий медичний огляд, що підтверджує відсутність клінічних протипоказань. Новоприйняті робітники в обов'язковому порядку проходять комплексний інструктаж: вступний, первинний на робочому місці, а за необхідності — цільовий. Термін стажування визначається індивідуально залежно від складності виконуваних операцій, що дозволяє адаптувати фахівця до специфіки обслуговування сучасної агротехніки без загрози для життя та здоров'я.

Протипожежний захист виробничих майстерень, постів технічного обслуговування та майданчиків відкритого зберігання забезпечується первинними засобами пожежогасіння, зокрема сертифікованими вуглекислотними вогнегасниками (типу ВВ). Виробнича санітарія підтримується шляхом забезпечення штучного та природного освітлення, параметри якого відповідають вимогам ДБН В.2.5-28:2018. Стан повітряного середовища та рівень концентрації шкідливого пилу в адміністративних та робочих приміщеннях контролюються згідно з гігієнічними нормами, а видалення забруднювачів здійснюється шляхом розрахункової природної та примусової вентиляції.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ГБЦ ДВИГУНА 6Т-830

Економічна ефективність запропонованого проекту відновлення головки блоку циліндрів (ГБЦ) двигуна 6Т-830 базується на порівнянні витрат на ремонтні операції із вартістю придбання нових комплектуючих.

Загальний розмір винагороди за працю виробничого персоналу формується з основної та додаткової заробітної плати, а також із відрахувань на соціальне страхування. Ця залежність може бути представлена у вигляді наступного рівняння:

$$C_{p.n} = C_o + C_{\text{дод}} + C_{\text{соц}}, \quad (4.1)$$

Визначення основної заробітної плати здійснюється за такою формулою:

$$C_o = T_{\text{ш.к}} + C_{\Gamma} + K, \quad (4.2)$$

Де C_{Γ} - середньозважена годинна тарифна ставка працівників, величина якої розраховується на основі їхнього кваліфікаційного розряду. Відповідно до розробленої технологічної карти, середній кваліфікаційний розряд для даної категорії персоналу становить 3. У межах даного дослідження прийнято годинну ставку працівників у розмірі 100 грн/год.;

$T_{\text{ш.к}}$ - стандартизований норматив часу, що відводиться на виконання конкретної операції, год ;

K – коефіцієнт коригування, який враховує додаткові виплати до основної заробітної плати (наприклад, за інтенсивність праці, особливі умови або інші премії). Його значення коливається в діапазоні від 1,025 до 1,030.

Розрахунок повної собівартості відновлення деталі проводиться за комплексною формулою:

$$C_{\Pi} = C_{p.n} + C_{p.m} + C_{з.в} + C_{з.г} + C_{п.в}, \quad (4.3)$$

Де $C_{з.в}$, $C_{з.г}$, $C_{п.в}$ - загальновиробничі, загальногосподарські та позавиробничі витрати відповідно, грн;

$C_{p.n}$ - витрати на оплату праці з нарахуваннями, грн ;

$C_{p.m}$ - вартість матеріалів, грн .

Тривалість виконання технологічного процесу відновлення головки блоку циліндрів є базовим показником для розрахунку собівартості та завантаження обладнання. Ключовим параметром у цьому контексті виступає штучно-калькуляційний час, який враховує не лише безпосередній час на виконання операцій, а й підготовчі етапи виробництва. Значення даного показника визначається за формулою:

$$T_{шк} = T_{пз} / n + T_{шт} \quad (4.4)$$

Де $T_{шт}$ - с укупний операційний час на одиницю продукції, що охоплює всі технологічні операції виробничого процесу. Відповідно до технологічної маршрутної карти, цей показник дорівнює 1,9 год;

n – є змінною, що визначає оптимальний економічно обґрунтований розмір виробничої партії деталей;

$T_{пз}$ - представляє загальну тривалість підготовчих та завершальних операцій. Його величина обчислюється як сума всіх відповідних етапів, регламентованих маршрутною картою, і становить 51 хвилину.

Розрахунок величини виробничої партії (n) здійснюється за наступною формулою:

$$n = \frac{t_{пз}}{K_t \cdot t_{шт}}, \quad (4.5)$$

Де $t_{пз}$, $t_{шт}$ – час підготовчо-заклучних робіт для операції та тривалість виконання одиничної операції (штучний час);

K_t - коефіцієнт, що відображає залежність від типу виробничого процесу. Зокрема, для умов дрібносерійного виробництва його значення варіюється в діапазоні від 0,15 до 0,18.

Тоді:

$$n = \frac{23}{0,15 * 240} = 0,63$$

Приймаємо одну деталь.

Регламентований показник часу на од. виробництва визначається як:

$$T_{\text{шк}} = \frac{0,38}{1} + 1,93 = 2,31 \text{ год.}$$

Основна зарплатня:

$$C_o = 2,31 \cdot 100 \cdot 1,025 = 236,7 \text{ грн}$$

Додаткова складова заробітної плати визначається як:

$$C_{\text{дод}} = (11 / 100) \cdot C_o = 11 \cdot 236,7 / 100 = 25,96 \text{ грн}$$

Внески на соціальне страхування обчислюється шляхом застосування ставки 0,37 до сукупного фонду основної та додаткової заробітної плати:

$$C_{\text{соц}} = 0,37 \cdot (C_o + C_{\text{дод}}) = 0,37 \cdot (236,7 + 25,96) = 97,18 \text{ грн, т (4.7)}$$

Загальна сума винагороди виробничого персоналу складається з усіх перелічених компонентів:

$$C_{\text{р.н}} = 236,7 + 25,96 + 97,18 = 359,8 \text{ грн, (4.8)}$$

Оцінка вартості ремонтних матеріалів може бути узагальнено визначена на основі пропорцій частки заробітної плати виробничого персоналу та частки вартості матеріалів при умові $K_{C_{\text{р.м}}} = 0,65 \dots 0,75$, $K_{C_{\text{р.н}}} = 0,25 \dots 0,35$:

$$C_{\text{р.м}} = K_{C_{\text{р.н}}} / K_{C_{\text{р.м}}} \cdot C_{\text{р.н}} \quad (4.8)$$

Отже:

$$C_{\text{р.м}} = \frac{0,35}{0,75} \cdot 359,8 = 167,9 \text{ грн.}$$

Обсяг витрат на нові комплектуючі складає 20000 гривень.

Сукупна собівартість матеріалів, призначених для відновлювальних робіт, становить:

$$C_{\text{р.м.заг}} = C_{\text{р.м}} + C_{\text{нов}} = 167,9 + 20000 = 20167,9 \text{ грн, (4.9)}$$

На підставі заданих відсоткових показників питомої ваги накладних витрат, що охоплюють загальновиробничі (у діапазоні 65–75%), загальногосподарські (12,5–14%) та позавиробничі (0,1–0,8%) компоненти, здійснюється обчислення їхньої абсолютної величини за відповідними розрахунковими формулами:

$$C_{\text{з.в}} = C_{\text{р.н}} \cdot \frac{RR_{\text{з.в}}}{100}, \quad (4.10)$$

$$C_{c.г} = C_{p.н} * \frac{RR_{c.г}}{100}, \quad (4.11)$$

$$C_{п.в} = C_{p.н} * \frac{RR_{п.в}}{100}, \quad (4.12)$$

Перейдемо до безпосереднього розрахунку, застосовуючи вказані числові дані.

Для першого показника, що позначений як $C_{з.в}$, ми беремо основний показник (базову суму) у розмірі 359,8 гривень і застосовуємо до нього відповідний коефіцієнт (або частку, що становить 60% від базової суми):

$$C_{з.в} = 359,8 \cdot \frac{60}{100} = 215,8 \text{ грн},$$

Далі, для визначення величини $C_{c.г}$, ми знову оперуємо вихідною сумою в 359,8 гривень. Цього разу до неї застосовується інший коефіцієнт (що відповідає 13% від базового значення). Таким чином, після розрахунків, ми отримуємо:

$$C_{c.г} = 359,8 \cdot \frac{13}{100} = 46,7 \text{ грн},$$

Для показника $C_{п.в}$:

$$C_{п.в} = 359,8 \cdot \frac{0,75}{100} = 2,69 \text{ грн}.$$

Калькуляція сукупних витрат на відновлення головки блоку циліндрів:

$$C_{п} = 359,8 + 20167,9 + 215,8 + 46,7 + 2,69 = 20792,89 \text{ грн}$$

$$P_p = (C_{оц} - C_{п}) * (100 / C_{п}), \quad (4.13)$$

Де $C_{оц}$ – оптова вартість деталей.

$$P_p = (84280 - 20792,89) \frac{100}{20792,89} = 305,33 \text{ \%}.$$

Очікуваний фінансовий результат діяльності ремонтних послуг:

$$П = (C_{оп} - C_{п}) * N, \quad (4.14)$$

Де N – кількість компонентів, що підлягають відновленню, од.

$$П = (84280 - 20792,89) * 1 = 63487,11 \text{ грн}$$

Комплексний аналіз проведених розрахунків свідчить, що запропонований метод усунення несправностей головок блоку циліндрів двигуна 6Т-830 трактора Case 8940 є не лише технічно досконалим, а й глибоко економічно обґрунтованим. Порівняння структури витрат показує, що впровадження власного стенда для випробувань та відновлення дозволяє підприємству значно скоротити капітальні видатки на підтримання працездатності парку потужних тракторів.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті удосконалення технологічного процесу ремонту трактора Case 8940 проведено комплексне дослідження та розроблено практичні рішення щодо підвищення ефективності експлуатації машино-тракторного парку.

Встановлено ефективність використання тракторів, зокрема Case 8940, стримується високою вартістю сервісного обслуговування та простогом техніки в очікуванні дефіцитних запчастин. Це підтверджує актуальність переходу до власного відновлення критично важливих вузлів.

Удосконалено технологічний процес ремонту трактора Case 8940 шляхом впровадження маршрутних карт відновлення головки блоку циліндрів (ГБЦ) двигуна 6Т-830. Розроблена технологія дозволяє проводити повний цикл дефектування, заміни клапанних механізмів та випробувань на герметичність безпосередньо в умовах майстерні господарства.

Спроектовано спеціалізований стенд для опресування та перевірки ГБЦ на герметичність. Проведені інженерні розрахунки підтвердили міцність несучих елементів (притискної балки, нарізних сполук), що гарантує надійну роботу пристрою під тиском та безпеку обслуговуючого персоналу.

Розроблено комплекс нормативно-організаційних та технічних заходів із безпеки праці. Сформовано регламент робіт, що враховує специфіку використання гідравлічних пресів, пневматичного обладнання та електроінструменту, що мінімізує виробничі ризики на ремонтній дільниці.

Економічна ефективність: Техніко-економічні розрахунки продемонстрували високу рентабельність проектних рішень. Собівартість відновлення ГБЦ становить 20792,89 грн, що на 75% менше за ринкову вартість нової деталі (84280 грн). Рівень рентабельності проекту складає 305,33%, а очікуваний прибуток від відновлення лише однієї одиниці продукції дорівнює 63487,11 грн.

Таким чином, запропоновані у проєкті рішення дозволяють господарству значно скоротити експлуатаційні витрати, підвищити технічну готовність тракторного парку та забезпечити високу якість ремонтних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черній О. А. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. // Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science” (March 2-4, 2022). Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. Pp. 13-20. URL: <https://sci-conf.com.ua/viimezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskayakonferentsiyainnovations-and-prospects-of-world-science-2-4-marta-2022-goda-vankuver-kanada-arhiv/>.
2. Черний А. А., Калганков Е. В. Исследования истираемости современных материалов для защиты деталей машин от абразивного износа// Modern research in world science. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference “Modern research in world science” (April 17-19, 2022) SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2022. Pp. 57-63. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-modern-research-in-world-science-17-19-aprelya-2022-goda-lviv-ukraina-arhiv/>
3. Черній О.А. Зниження динамічних навантажень сучасних тракторів при роботі в складі сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference «Innovative ways of learning development» Varna, Bulgaria. Pp. 17-23. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/innovative-ways-of-learning-development/>
4. Дирда, В. І. Дослідження експлуатаційної надійності тракторів JOHN DEERE серії 8320R в умовах України / В. І. Дирда, О. А. Черній, О. А. Жидик // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - Вип. 30.- С. 3-9.
5. Технологія ремонту машин [підручник]/ А.С. Кобець, В.І Дирда., С.П. Сокол, П.Т.Мельянцов, О.І.Кириленко та інш. 4 особи // Дніпро: Журфонд, 2017.- 160 с. – рекомендований до друку Вченою радою ДДАЕУ.

10. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих навчальних закладів [Текст] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Днівськ, Журфонд, 2015. – 292 с.
11. Ремонт машин. Дипломне проектування.: Посібник для вищих навчальних закладів/ [Кобець А.С., Дирда В.І., Сокол С.П. та інш.]. - Дніпропетровськ: Журфонд, 2016, - 284 с.
12. Деталі машин: навчально-методичний комплекс: навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей / А.С. Кобець, В.І. Дирда, С.П. Сокол, А.М. Пугач, О.В. Толстенко, Ю.М. Овчаренко, Л.М. Тіщенко, Р.В. Рідний, В.С. Ловейкін, Ю.О. Борхаленко. За редакцією: А.С. Кобця, В.І. Дирди. – Дніпро: Журфонд, 2016. –428 с.
13. Пугач А.М. Дослідження ефекту релаксації напруження та залишкової деформації сучасних полімерних матеріалів для захисту поверхонь деталей від зношування / А.М. Пугач, О.А. Черній, Є.В. Калганков// Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 8(39), ч. І . – Кропивницький, 2023. – С. 76- 85. [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.8\(39\).1.76-84](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.8(39).1.76-84).
14. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : Колективна монографія / за заг. ред. А. С. Кобця. Дніпро : ЛІРА, 2023. 580 с.