

Хмельницький національний університет
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Рівень вищої освіти

Підвищення ефективності та економічності трактора Т-150к

Назва теми

Галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

Шифр _____

Виконав студент 4 курсу, група АІ-18-1, _____ Савюк М.І.

Підпис Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

Курской В.С., доц., к.т.н.

Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий

Прізвище, ініціали, посада, науковий

ступінь

ступінь

Підпис

Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою _____ Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2022

Хмельницький національний університет
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти – *бакалавр*

Галузь знань – *20 «Аграрні науки та продовольство»*

Спеціальність – *208 «Агроінженерія»*

Освітня програма – *«Агроінженерія»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____._____.2022

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Савюк Микола Іванович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема проєкту *Підвищення ефективності та економічності трактора Т-150к*

Керівник проєкту *Курской Володимир Сергійович, к.т.н.*

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2022 р. № _____

2 Термін подання студентом проєкту (роботи) на кафедру _____

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапу (розділу) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапу проєкту (роботи)	Примітка
1		
2		
3		

...		

Студент _____

Підпис Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи) _____

Підпис Ініціали, прізвище

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ.....	8
2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ.....	14
3. ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА.....	46
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

					<i>ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення ефективності та економічності трактора Т-150к	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Савюк</i>				5	47	
<i>Перевір.</i>		<i>Курской</i>				<i>ХНУ, АІ-18-1</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Сучасне аграрне виробництво характеризується стрімкими темпами та значними обсягами продукції. Обробка великих посівних площ передбачає значний об'єм робіт, виконати які, використовуючи мускульну силу неможливо. Саме тому, із збільшенням інтенсивності виробництва все більшого застосування в ньому знаходять енергетичні машини, зокрема трактори. Ще кілька десятиків років тому для виконання просапних робіт потрібен був трактор з потужністю двигуна 40-50 к.с. (Т-40/Т-40А, МТЗ-50/52), а для робіт загального призначення – близько 75 к.с. (Т-74, ДТ-75). Вказаних потужностей на той час було досить для забезпечення всього переліку механізованих сільськогосподарських робіт по тодішніх технологіях. В сучасних умовах для стабільного виконання заданих робіт потрібна потужність близько 40-45 к. с. на метр захвату машини. Таким чином, використання нових технологій вимагає застосування не тільки нових сільськогосподарських машин а і більш потужних тракторів. В якості енергозасобу для машин, що відповідають новим технологіям, потрібен трактор з двигуном близько 200-300 к.с. Ця тенденція явно простежується при аналізі тракторного парку провідних зарубіжних тракторобудівних фірм. Саме слідкуючи за тенденціями розвитку МТА та збільшуючи енергонасиченість техніки шляхом її оновлення можна досягти сталого розвитку. Проте, в умовах українських реалій не кожен аграрій має змогу придбати новітнє сучасне обладнання, продовжуючи використовувати застарілу техніку. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є модернізувати наявні трактори встановленням більш потужного та економічного двигуна. Таким чином, при мінімальних затратах з'являється можливість отримати трактор, здатний агрегатуватись з перспективними сільськогосподарськими машинами в енергозберігаючих технологіях. Виходячи з вищесказаного слід

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

відмітити трактор Т-150к, який за своїми технологічними характеристиками має значний потенціал до оновлення та подальшої експлуатації на сільсько-господарських підприємствах.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ

Трактор Т-150К відноситься до тракторів тягового класу 3. Призначений для виконання сільськогосподарських робіт (оранка, суцільна культивуація, передпосівна обробка ґрунту), транспортних робіт на магістральних та ґрунтових дорогах (з причепами та напівпричепами, робіт з дорожніми, дорожньо-будівельними та іншими машинами) .

Відмінна риса - його висока енергонасиченість, універсальність, поєднання якостей сучасного швидкісного трактора загального призначення та тракторного тягача. Це дозволяє цілий рік використовувати трактор у різних галузях народного господарства в районах із помірним кліматом.

Трактор може агрегатуватися з різними навісними, напівнавісними та причіпними сільськогосподарськими машинами (гарматами), транспортними засобами, дорожніми та дорожньо-будівельними машинами.

Основою трактора служить шарнірно-зчленована рама, що складається із двох напіврам; передній та задній.

На передній піврамі встановлено силовий агрегат – чотиритактний двигун. За ним розташовані механізми силової передачі трактора: муфта головного зчеплення з проставальним корпусом, коробка передач і роздавальна коробка, змонтовані в окремих корпусах і єдиний блок, що утворює з дизелем, встановлений на рамі на гумово-металевих амортизаторах. Роздавальна коробка передає крутний момент до переднього, що відключається, і постійно включеного заднього мостів трактора. У роздавальній коробці знаходяться приводи до насосів гідравлічних систем коробки передач, рульового керування, навісного пристрою та робочого обладнання, а також приводів увімкнення незалежного валу відбору потужності.

До фланців корпусів провідних мостів прикріплено вали ступиць колісних редукторів у зборі з колісними гальмами, що утворюють єдиний

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

блок. Передній провідний міст – підресорний. Задній міст кріпиться до напіврами жорстко. На правому лонжероні передньої напіврами встановлено черв'яковий кермовий механізм золотниковим розподільником. Зміна напрямку руху трактора здійснюється поворотом напіврами навколо вертикального шарніра на 300 в обидві сторони вихідного положення.

Спереду на рамі встановлені водяний та масляний радіатори дизеля та масляної гідравлічної системи трансмісії.

Колеса мають пневматичні шини низького однакового тиску. На тракторі Т-150К перестановкою коліс може бути змінена ширина колії. Кабіна - суцільнометалева, двомісна, встановлена на передній піврамі на чотирьох гумових амортизаторах, герметизована, термо- та шумоізольована, обладнана каркасом безпеки, вентиляцією та обігрівом з обдуванням лобового скла. У кабіні розміщено:

- два м'які сидіння - підресорне, регульоване за вагою та зростанням водія і безпружинне - пасажира;
- педаль та важелі управління трактором, валом відбору потужності та силовим циліндром навісної системи.

На тракторі встановлені дві транспортні фари спереду та для освітлення навісних та напівнавісних машин та знаряддя, дві робочі фари ззаду. Для забезпечення безпеки руху на дорогах загального користування трактор обладнаний світлосигнальними ліхтарями, сигналом «стоп», ліхтарем номерного знаку та ін.

На задній піврамі встановлений редуктор валу відбору потужності (ВОМ) із незалежним приводом. Привід до редуктора ВОМ здійснюється карданною передачею. Включення приводу у ВОМ та управління гідропідтискною муфтою редуктора ВОМ здійснюється важелями з місця водія.

Навісний пристрій трактора Т-150К - важіль з гідравлічним керуванням, встановлений на задній піврамі. Гідравлічна система підвісного

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

пристрою роздільно-агрегатна. Для роботи з причепами, напівпричепами, машинами для внесення добрив та іншими машинами на тракторі Т-150К може бути встановлений тягово-зчіпний пристрій. Для роботи з гідрофікованими машинами та знаряддями трактор Т-150К обладнується причіпною та упряжною скобами.

Дизель чотиритактний, шестициліндровий, V-подібний водяного охолодження, з безпосереднім упорскуванням палива та турбонадувом. Пуск дизелів СМД-62 здійснюється одноциліндровим двотактним бензиновим двигуном, крутний момент, з якого до маховика дизеля передається через одноступінчастий редуктор. Управління пусковим двигуном дистанційне з кабіни трактора. Для зменшення шуму випуску дизель обладнаний глушником.

Пуск двигуна здійснюється одноциліндровим двотактним бензиновим двигуном, момент, що крутить, якого до маховика дизеля передається через одноступінчастий редуктор.

Управління пусковим двигуном дистанційне з кабіни трактора.

Для віброізоляції рами трактора від впливу інерційних сил та моментів дизеля застосована еластична підвіска.

Дизель, муфта зчеплення та коробка передач жорстко з'єднані між собою та утворюють силовий агрегат, встановлений на рамі на резино-металевих амортизаторах. Усі амортизатори попарно однакові.

На тракторі Т-150К встановлено фрикційну дводискову постійно замкнуту муфту зчеплення з автоматичним переміщенням проміжного диска при її вимиканні. Вона складається з натискного диска з кожухом, натискних пружин та віджимних важелів, двох ведених дисків з фрикційними накладками та гасниками крутильних коливань. Привід керування дистанційний, з пневматичним підсилювачем.

На тракторі Т-150К коробка передач забезпечує 12 швидкостей руху вперед (3 діапазони по 4 швидкості) та 4 швидкості заднього ходу.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужністю називається відношення кількості роботи до періоду часу, протягом якого вона виконана. Іншими словами, потужність вимірюється роботою, виконаною за одиницю часу. Потужність двигунів внутрішнього згоряє в системі СІ вимірюють в кіловатах (кВт).

Для двигунів внутрішнього згоряння розрізняють індикаторну і ефективну потужність.

Індикаторною потужністю N_i - називають роботу газів, виконану в циліндрах двигуна за одиницю часу. При повному завантаженні двигуна найбільша частина індикаторної потужності витрачається на корисну роботу, виконану двигуном за допомогою КШМ. Решта (до 20...30%) витрачається на подолання тертя в рухомих сполученнях двигуна і привід його допоміжних механізмів. Цю частину потужності називають потужністю механічних втрат N_m . Різниця між індикаторною потужністю N_i і потужністю механічних втрат N_m є потужністю, витрачуваною на корисну роботу, і називається ефективною потужністю. Потужність залежить від кількості палива, що подається в циліндри, і повноти його згоряння. Із зменшенням подачі палива і погіршенням процесу згоряє вона зменшується.

Питома витрата палива двигуна внутрішнього згоряння, що видає потужність через обертання, зазвичай виражають у грамах на 1 кВт·год. Число показує, скільки грамів палива буде витрачено двигуном за 1 год для виконання роботи, на яку потрібно 1 кВт потужності. Це число не має єдиного значення для всього робочого діапазону конкретного двигуна, але воно незмінна для свого значення частоти обертання. Точніше, значення питомої витрати незмінне для своєї частоти обертання в разі роботи на стехіометричній горючій суміші, а в разі роботи на збагаченій робочій суміші це значення дещо більше, хоча це не декларується, оскільки такі перехідні режими роботи мотора не враховуються. У дизельних двигунів на економічність істотну роль грають зазори у сполученнях деталей паливної апаратури, щільність плунжерних пар насоса високого тиску і пари «запірна

									ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						12

голка - розпилювач» форсунок, герметичність замикаючих елементів лінії високого тиску палива і її гідравлічний опір, правильність і точність регулювань форсунок і клапанів по тиску їх відкриття, рівномірність циклової подачі палива і початку впорскування різних секцій паливного насоса і т. п.

До найбільш важливих експлуатаційним факторів, що визначають ефективність використання палива в умовах виробництва, відносять: організацію технологічного процесу; технічний стан рухомого складу майстерність водіїв; атмосферні умови тощо.

До конструктивних факторів, що визначають базовий витрата палива (паливну економічність), відносяться: вагові та аеродинамічні параметри автомобіля, тип і конструктивні особливості двигуна (спосіб сумішоутворення, ступінь стиснення, форма камери згоряння, кількість циліндрів, хід і діаметр поршнів, частота обертання колінчастого вала двигуна і т. д.), досконалість робочого процесу двигуна, нерівномірність розподілу горючої суміші (палива) по циліндрах, система знешкодження відпрацьованих газів, тип і характеристики шин і трансмісії, конструкція ходової частини і т. п.

Метою роботи є проектування енергоефективного двигуна внутрішнього згоряння для трактора Т-150к, взявши в якості прототипа двигун СМД-62.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ.

2.1 Розрахунок параметрів силового агрегату

Орієнтуючись на дані технічних характеристик тракторів та двигунів, за прототип вибираємо 4-ри тактний дизельний двигун типу СМД-62. Номінальна частота обертання цих двигунів $n = 2100 \text{ хв}^{-1}$.

Основні вихідні параметри для виконання розрахунок дизеля:

Для двигуна вибираємо нерозділену камеру згоряння;

Степінь стиску	$\varepsilon = 14$
Параметри навколишнього середовища	$P_0 = 0,1013 \text{ МПа};$ $T_0 = 293 \text{ К}$
Підвищення температури заряду в процесі впуску	$\Delta T = 10 \text{ К}$
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 1,5$
Параметри робочого тіла в кінці процесу впуску	$P_r = 0,17 \text{ МПа};$ $T_r = 800 \text{ К}$
Коефіцієнт використання теплоти в основній фазі згоряння	$\xi = 0,9$
Показник політропи: стиску	$n_1 = 1,37$
розширення	$n_2 = 1,28$
Відношення ходу поршня до діаметра циліндра	$\frac{S}{D} = 1,1$
Ступінь підвищення тиску при згорянні	$\lambda = 1,7$
Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми	$\varphi = 0,95$

2.2 Параметри робочого тіла в кінці процесу впуску

Тиск в кінці процесу впуску, МПа:

$$P_a = P_k - (\beta^2 + \phi_{\text{вп}}) \cdot \frac{\omega_{\text{кл}}^2}{2} \rho_k \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

де P_k – тиск у впускному трубопроводі за компресором:

$$P_k = 2 \cdot P_0 = 2 \cdot 0,1013 = 0,2026 \text{ МПа};$$

						ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

$(\beta^2 + \phi_{вп})$ – сумарний коефіцієнт, який враховує опір впускної системи, віднесений до площі перерізу в клапані, $(\beta^2 + \phi_{вп}) = 2,5 \dots 4,0$, приймаємо $(\beta^2 + \phi_{вп}) = 2,5$;

$\omega_{кл}$ - середня швидкість свіжого заряду в прохідному перерізі клапану, $\omega_{кл} = 50 \dots 130$ м/с, приймаємо $\omega_{кл} = 50$ м/с;

ρ_k - густина заряду при даних атмосферних умовах:

$$\rho_k = \frac{P_k \cdot 10^6}{R_{п} \cdot T_k}, \quad (2)$$

де $R_{п}$ – питома газова стала повітря, $R_{п} = 287$ Дж/(кг К),

T_k – температура повітря за компресором:

$$T_k = T_0 \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, \quad (3)$$

де n_k - показник політропи стиснення повітря в компресорі, $n_k = 1,5$

$$T_k = 293 \left(\frac{0,2026}{0,1013} \right)^{\frac{1,5-1}{1,5}} = 369,157 \text{ К};$$

$$\rho_k = \frac{0,2026 \cdot 10^6}{287 \cdot 369,157} = 1,912 \text{ кг/м}^3;$$

$$P_a = 0,2026 - 3 \cdot \frac{50^2}{2} \cdot 1,912 \cdot 10^{-6} = 0,197 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт залишкових газів:

$$\gamma = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{369,157 + 10}{800} \cdot \frac{0,17}{15 \cdot 0,197 - 0,17} = 0,031$$

Температура кінця впуску:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma T_r}{1 + \gamma} = \frac{369,157 + 10 + 0,031 \cdot 800}{1 + 0,031} = 391,888 \text{ К.}$$

Коефіцієнт наповнення:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_k} \cdot \frac{T_k}{T_a(1 + \gamma)} = \frac{14}{14 - 1} \cdot \frac{0,197}{0,2026} \cdot \frac{369,157}{391,888(1 + 0,031)} = 0,955$$

2.3 Параметри робочого тіла в кінці процесу стиснення

Тиск:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} = 0,197 \cdot 14^{1,37} = 7,309 \text{ МПа.}$$

Температура:

									ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
										15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 391,888 \cdot 14^{1,37 - 1} = 1040,47$$

Середня мольна теплоємність заряду в кінці процесу стиснення, кДж/(кмоль · К):

$$\begin{aligned} c_{V_c} &= 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot T_c = \\ &= 20,16 + 1,735 \cdot 10^{-3} \cdot 1040,47 = 21,965 \text{ кДж/(кмоль К)} \end{aligned}$$

2.4 Параметри процесу згоряння

Згідно [1, табл. 5.16, с.42] визначаємо та приймаємо у вибраному паливі вміст вуглецю $C = 0,87$, водню $H = 0,126$, кисню $O_a = 0,004O_2$, нижчу теплоту згоряння $h_H = 42500$ кДж/кг та молекулярну масу парів палива $\mu_p = 170$ кг/кмоль.

Розрахуємо кількість повітря, теоретично необхідного для згоряння 1 кг палива,

в кмоль/кг:

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_a}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,495$$

в кг/кг:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3}C + 8H - O_a \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,126 - 0,004 \right) = 14,452$$

Перевірка:

$$L_0 = \frac{l_0}{\mu_{\text{пов}}}, \quad (4)$$

де $\mu_{\text{пов}}$ – молекулярна маса повітря: $\mu_{\text{пов}} = 28,97$ кг/кмоль;

$$L_0 = \frac{14,452}{28,97} = 0,495 \text{ кмоль/кг.}$$

Кількість свіжого заряду палива і повітря:

$$M_1 = \alpha L_0 = 1,5 \cdot 0,495 = 0,742 \text{ кг/кмоль}$$

Кількість продуктів згоряння палива при повному згорянні:

$$\begin{aligned} M_2 &= \alpha L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O_a}{32} = \\ &= 1,5 \cdot 0,495 + \frac{0,126}{4} + \frac{0,004}{32} = 0,774 \text{ кг/кмоль} \end{aligned}$$

Коефіцієнт молекулярної зміни:

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

теоретичний:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,774}{0,742} = 1,043$$

дійсний:

$$\mu = \frac{M_2 + \gamma \cdot M_2}{M_1 + \gamma \cdot M_1} = \frac{0,774 + 0,031 \cdot 0,774}{0,742 + 0,031 \cdot 0,742} = 1,041.$$

Середня мольна теплоємність продуктів згорання в дизелі:

$$c_{P_z} = 20,2 + \frac{0,92}{\alpha} + \left(15,5 + \frac{13,8}{\alpha}\right) 10^{-4} T_z + R, \quad (5)$$

де R – універсальна газова стала, $R = 8,314$ кДж/(кмоль К)

Кількість теплоти, що передається газами при згоранні 1 кг палива

$$h = \xi h_H = 0,9 \cdot 42500 = 38250 \text{ кДж/кг.}$$

Визначення температури кінця процесу згорання визначається на основі рівняння:

$$\frac{\xi h_H}{L_0 \cdot (1 + \gamma) \alpha} + (8,314 \lambda + c_{V_c}) T_c = \mu c_{P_z} T_z, \quad (6)$$

Після підстановки у формулу (21) числових значень всіх відомих параметрів і формул та ряду перетворень рівняння можна звести до квадратного:

$$A \cdot T_z^2 + B \cdot T_z + C = 0, \quad (7)$$

$$\text{де } A = -\mu \left(15,5 + \frac{13,8}{\alpha}\right) 10^{-4} = -1,041 \left(15,5 + \frac{13,8}{1,5}\right) 10^{-4} = -0,003$$

$$B = -\mu \left(20,2 + \frac{0,92}{\alpha} + R\right) = -1,041 \left(20,2 + \frac{0,92}{1,5} + 8,314\right) = -30,331$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{\xi h_H}{L_0 \cdot (1 + \gamma) \alpha} + (8,314 \lambda + c_{V_c}) T_c = \\ &= \frac{0,9 \cdot 42500}{0,495 \cdot (1 + 0,031) 1,5} + (8,314 \cdot 1,7 + 21,965) 1040,47 = 87552,727 \end{aligned}$$

$$T_z = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad (8)$$

Корені рівняння $T_{z1} = 2398,65$ К, $T_{z2} = -14191,1$ К. Оскільки фізичний сенс може мати тільки додатковий корінь рівняння, тому $T_z = 2398,65$ К

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$= \frac{7,309}{14-1} \left\{ 1,7(1,412-1) + \frac{1,7 \cdot 1,412}{1,28-1} \left[1 - \left(\frac{1,412}{14} \right)^{1,28-1} \right] - \frac{1}{1,28-1} \left[1 - \frac{1}{14^{1,28-1}} \right] \right\} = 1,731 \text{ МПа}$$

дійсний:

$$P_i = \varphi P_i' = 0,95 \cdot 1,731 = 1,645 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot \alpha \cdot l_0}{\eta_v \cdot \rho_k \cdot h_H} 10^3 = \frac{1,645 \cdot 1,5 \cdot 14,452}{0,955 \cdot 1,912 \cdot 42500} 10^3 = 0,459$$

Питома індикаторна витрата палива:

$$g_i = \frac{3600000}{h_H \eta_i} = \frac{3600000}{42500 \cdot 0,459} = 184,36 \text{ Г/(кВт год)}$$

2.7 Ефективні показники роботи циклу

Середній тиск механічних витрат:

$$P_e = P_i - P_M, \quad (9)$$

де P_M - середній умовний тиск механічних витрат, наближене значення якого визначається за емпіричною формулою:

$$P_M \approx 0,1 \cdot (a + b \cdot v_{Пср}) \cdot P_k, \quad (10)$$

де a і b – коефіцієнти, що залежать від типу двигуна [1, табл. 5.20, с.49], приймаємо $a = 0,105$, $b = 0,0138$;

$v_{Пср}$ – середня швидкість поршня [1, табл. 5.21, с.49], приймаємо $v_{Пср} = 8/\text{с}$;

$$P_M \approx 0,1 \cdot (0,105 + 0,0138 \cdot 8) \cdot 0,2026 = 0,005 \text{ МПа.}$$

$$P_e = 1,645 - 0,005 = 1,64$$

Механічний к.к.д.:

$$\eta_M = \frac{P_e}{P_i} = \frac{1,64}{1,645} = 0,997$$

Ефективний к.к.д.:

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Робочий об'єм циліндра:

$$V_h = \frac{V_l}{i} = \frac{4,877}{6} = 0,813 \text{ л}$$

Об'єм камери згоряння:

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = \frac{0,813}{14 - 1} = 0,063 \text{ л}$$

Повний об'єм циліндра:

$$V_a = V_h + V_c = 0,726 + 0,056 = 0,875 \text{ л}$$

Діаметр циліндра:

$$D = 100^3 \sqrt{\frac{4V_h}{\pi S}} = 100^3 \sqrt{\frac{4 \cdot 0,726}{3,14 \cdot 1,1}} = 97,991 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 98 \text{ мм}$.

Площа поршня:

$$F_{\text{порш}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 98^2}{4} = 7542,964 \text{ мм}^2.$$

Хід поршня:

$$S = D \cdot \frac{S}{D} = 98 \cdot 1,1 = 108 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S = 108 \text{ мм}$

Перевірка середньої швидкості поршня

$$v'_{\text{Пср}} = \frac{S \cdot 10^{-3} n}{30} = \frac{108 \cdot 10^{-3} \cdot 2100}{30} = 7,56 \text{ м/с;}$$

$$\Delta = \frac{v'_{\text{Пср}} - v_{\text{Пср}}}{v'_{\text{Пср}}} 100\% = \frac{7,56 - 8}{7,56} 100\% = 4,9\%$$

Довжина шатуна:

$$L_{\text{ш}} = \frac{R}{\lambda_{\text{кшм}}}, \quad (13)$$

де $\lambda_{\text{кшм}}$ – постійна кривошипно-шатунного механізму, $\lambda_{\text{кшм}} = 0,25 \dots 0,29$, приймаємо $\lambda_{\text{кшм}} = 0,27$.

R – радіус кривошипа:

$$R = \frac{S}{2} = \frac{108}{2} = 54 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{ш}} = \frac{54}{0,27} = 200 \text{ мм}$$

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ				

Приймаємо $L_{ш} = 200$ мм.

Індикаторна потужність двигуна, кВт:

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_d \cdot n}{30 \cdot \tau_{дв}} = \frac{1,645 \cdot 4,877 \cdot 2100}{30 \cdot 4} = 140,372$$

Потужність механічних втрат:

$$N_m = N_i - N_{ен} = 140,372 - 140 = 0,372 \text{ кВт}$$

Отримані дані заносимо до таблиці 2.

Таблиця 2 Результати теплового розрахунку двигуна внутрішнього згорання

Параметри двигуна	Числові значення параметрів	
	двигун-прототип	запроектований двигун
Номінальна ефективна потужність $N_{ен}, \text{кВт}$	128,8	140
Номінальна частота обертання колінвала $n, \text{хв}^{-1}$	2100	2100
Питома ефективна витрата палива $g_e, \text{кг}/(\text{кВт год})$	238	184,851

Динамічний розрахунок двигуна

Метою динамічного розрахунку двигуна внутрішнього згорання є визначення сил, які діють в кривошипно-шатунному механізмі: сил від надлишкового тиску газів та нормальних сил, що діють на поршень двигуна, сил інерції мас, що виконують зворотно поступальний та обертальний рух та ін., визначення індикаторного крутного моменту двигуна, його нерівномірності та основних розмірів маховика.

Побудова індикаторної діаграми

Індикаторна діаграма двигуна будується у вигляді залежності $P(S)$ – тиск газів P у циліндрі двигуна від переміщення поршня S .

Індикаторна діаграма будується в такій послідовності. Початок координат відповідає уявному положенню поршня, коли об'єм над ним дорівнював би нулю.

Вибравши масштаб переміщення поршня $m_x = 1$ мм/мм на індикаторній діаграмі відкладаємо по осі абсцис від початку координат послідовно значення $S = 108$ мм та S_c

$$S_c = \frac{S}{\varepsilon - 1} = \frac{108}{14 - 1} = 8,308$$

Отримані точки і вертикальні лінії, що проходять через них, відповідають верхній і нижній мертвим точкам (ВМТ і НМТ).

Масштаб тиску вибираємо $m_y = 20$ мм/МПа.

На відстані 0,1 МПа від осі абсцис проводимо горизонталь, що відповідає атмосферному тиску p_K

На діаграму наносимо отримані за результатами теплового розрахунку значення тиску, які відповідають:

$$P_a = 0,197 \text{ МПа}, P_b = 0,659 \text{ МПа} - \text{ на лінії НМТ};$$

$$P_r = 0,17 \text{ МПа}, P_c = 7,309 \text{ МПа}, P_z = 12,425 \text{ МПа} - \text{ на лінії ВМТ}.$$

На відстані $S_c \cdot \rho = 8,308 \cdot 1,412 = 11,732$ мм у вибраному масштабі від осі ординат проводиться пряма, паралельна до осі ординат, а з точки z' (вправо) – пряма, паралельна до осі абсцис. На перетині вказаних прямих наноситься точка z , яка відображає значення тиску кінця процесу згоряння при $P = const$.

Використовуючи отримані точки, тонкими лініями будуюмо індикаторну діаграму так званого розрахункового циклу, яка відрізняється від діаграми дійсного циклу відсутністю заокруглень.

Для графічної побудови політроп стиснення $a - c$ і розширення $z - b$ з початку координат проводимо допоміжні лінії під кутом α до осі абсцис і під кутами β_1 і β_2 до осі ординат.

$$\alpha = \arctg(0,3) = 16,7^\circ$$

									ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$tg\beta_1 = (1 + tg\alpha)^{n_1} - 1 = (1 + 0,3)^{1,37} - 1 = 0,447$$

$$\beta_1 = arctg(0,447) = 24,067^\circ$$

$$tg\beta_2 = (1 + tg\alpha)^{n_2} - 1 = (1 + 0,3)^{1,28} - 1 = 0,412$$

$$\beta_2 = arctg(0,412) = 22,39^\circ$$

Спочатку будується лінія стиснення $a - c$, а потім лінія розширення $z - b$.

Побудова політропи стиснення

З точки c проводимо дві лінії: першу (горизонтальну пряму) – паралельно осі абсцис до перетину з віссю ординат, другу (вертикальну пряму) – паралельно осі ординат до перетину з променем, що визначається кутом α до осі абсцис.

З точки перетину першої лінії (горизонтальної прямої) з віссю ординат під кутом 45° до осі ординат проводимо (вниз) лінію до перетину з променем, що утворений кутом β_1 . З отриманої точки проводимо (вправо) горизонтальну пряму.

З точки перетину другої лінії (вертикальної прямої) з променем, який утворений кутом α до лінії абсцис проводимо пряму під кутом 45° до осі абсцис (вправо) до перетину з віссю абсцис і з отриманої точки – вертикальну пряму до перетину з проведеною раніше горизонтальною прямою. Ця точка розміщується на політропі стиснення. З цієї отриманої точки повторюємо таку ж саму побудову, як і з точки c . В результаті отримуємо другу точку лінії стиснення.

Побудову повторюємо доти, поки чергова точка розташується правіше точки a . Через отримані точки проводимо тонку криву лінію, яка й буде лінією стиснення.

Побудова політропи розширення

Лінію розширення будуємо з точки z у тому ж самому порядку, але з використанням променя, проведеного під кутом β_1 до осі ординат.

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ				

З'єднавши лініями розрахункові точки $z(z')$ і c , a і b , отримаємо, індикаторну діаграму розрахункового циклу.

Для побудови діаграми дійсного циклу на отриману діаграму необхідно нанести значення величин, що відповідають дійсному початку згоряння c' та випуску b' з використанням методу Брікса.

Побудова діаграми Брікса

За допомогою діаграми Брікса будується крива сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух, а пізніше і розгорнуті діаграми вказаних сил (P_j), а також сил, що діють на поршень ($P_r - P_o$).

Приклад побудови діаграми Брікса та кривої сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух наведено на рис. 5.5.

Для побудови діаграми Брікса безпосередньо під індикаторною діаграмою з центра розташованого під її серединою відрізка, який відповідає ходу поршня, радіусом, що дорівнює радіусу кривошипа, будуюмо головне півколо.

З центра O головного півкола по горизонталі у напрямку НМТ відкладаємо відрізок

$$OO_1 = \frac{\lambda_{\text{кшм}} R}{2}, \quad (14)$$

де $\lambda_{\text{кшм}}$ - відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна, $\lambda_{\text{кшм}} = 0,27$:

$$OO_1 = \frac{0,27 \cdot 54}{2} = 7,29$$

Відрізок OO_1 називається поправкою Ф. Брікса. Фізична суть поправки Ф. Брікса полягає в тому, що вона враховує, наскільки більше переміщення поршня при повороті кривошипа в першій чверті кола ($\varphi = 0 \dots 90$ град. п.к.в. відносно ВМТ), в якій поршень проходить більше половини свого повного ходу, у порівнянні з переміщенням при повороті кривошипа в другій чверті

									ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

кола ($\varphi = 90 \dots 180$ град. п.к.в. відносно ВМТ), в якій поршень проходить менше половини свого повного ходу.

З центром у точці O_1 тонкими лініями проводимо допоміжне півколо з таким самим радіусом. З точки O_1 проводимо промені через 12 точок, що ділять допоміжне півколо на рівні частини (кути між променями також однакові) до перетину з головним півколом.

Точки перетину променів з головним півколом позначаємо від нуля до 48, починаючи з крайньої лівої. При цьому кожна точка має кілька номерів. Це обумовлено тим, що робочий процес чотиритактного двигуна відбувається за чотири ходи поршня між мертвими точками.

Отримане зображення називається діаграмою Брікса, яка враховує кінематичні особливості кривошипно-шатунного механізму (КШМ).

Для визначення на індикаторній діаграмі тиску, що відповідає заданому повороту кривошипа, відкладаємо заданий кут на півколі діаграми Брікса відносно точки O_1 та спроектуємо отриману точку перетину відповідного променя і півкола на індикаторну діаграму.

Розташування точок c' і b' визначається кутами: випередження впорскування (запалювання) кут AO_1C' і початку відкриття випускного органу до НМТ кут BO_1B' .

Кути випередження повинні знаходитись в межах: впорскування $\theta_{\text{впорск}} = 15 \dots 35$ град. п.к.в. до ВМТ; запалювання $\theta_{\text{зап}} = 25 \dots 35$ град. п.к.в. до ВМТ.

Після початку впорскування палива тиск у циліндрі починає різко підвищуватись і лінія стиснення дійсного циклу, починаючи з точки c' , більш стрімко піднімається і наближається до точки c'' , розташованої вище від розрахункової точки c на величину $0,2P_c$ із точки c'' проводимо майже вертикальну лінію (з невеликим (до $0,5^\circ$) нахилом вправо) до точки z' , біля якої робимо невелике округлення.

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Округлення на лінії розширення починається з точки b' . Користуючись індикаторною діаграмою розрахункового циклу та отриманими точками, наносимо основною лінією індикаторну діаграму дійсного циклу.

Побудова кривої сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух

Під діаграмою Брікса будуємо криву сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух у координатах $p - S$ методом Толле.

Для цього від осі абсцис відкладаємо сили $P_{ВМТ}$ і $P_{НМТ}$ у вибраному для індикаторної діаграми масштабі в наведеній нижче послідовності.

1. При ВМТ вниз відкладаємо силу інерції в точці H , МПа:

$$P_{JВМТ} = (1 + \lambda_{КШМ})m_j R \omega_n^2 10^{-6}, \quad (15)$$

де m_j – приведена до 1 м² площі поперечного перерізу поршня маса елементів КШМ, що виконують зворотно-поступальний рух, яка дорівнює сумі приведених мас поршневого комплекту $m_{П}$ та 0,275 маси шатуна $m_{Ш}$. Згідно [1, табл. 5.24, с.63] приймаємо $m_{П} = 300$ кг/м², $m_{Ш} = 250$ кг/м².

$$m_j = m_{П} + 0,275m_{Ш} = 300 + 0,275 \cdot 250 = 368,75 \text{ кг/м}^2.$$

R - радіус кривошипа;

$$R = \frac{S}{2} = \frac{108}{2} = 54 \text{ мм} = 0,054 \text{ м}$$

ω_n - середня кутова швидкість колінчатого вала на номінальному режимі, рад/с: $n = 2100 \text{ хв}^{-1} = \omega_n = 219,911 \text{ рад/с}$

$$P_{JВМТ} = (1 + 0,27)368,75 \cdot 0,054 \cdot 219,911^2 \cdot 10^{-6} = 1,223 \text{ МПа}$$

2. При НМТ вгору відкладаємо силу інерції в точці D

$$\begin{aligned} P_{JНМТ} &= (1 - \lambda_{КШМ})m_j R \omega_n^2 10^{-6} = \\ &= (1 - 0,27)368,75 \cdot 0,054 \cdot 219,911^2 \cdot 10^{-6} = 0,703 \text{ МПа} \end{aligned}$$

3. Точки H і D з'єднуємо прямою. З точки E перетину цієї прямої з віссю абсцис відкладаємо вертикально вгору відрізок EE'

$$EE' = 3\lambda_{КШМ}m_j R \omega_n^2 10^{-6} = 3 \cdot 0,27 \cdot 368,75 \cdot 0,054 \cdot 219,911^2 \cdot 10^{-6} = 0,78$$

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Точки E' з'єднуємо тонкою лінією з точками H і D . Для побудови кривої сил інерції, що являє собою вітку параболи, кожний з відрізків HE і $E'D$ ділимо на однакове число рівних частин. Отримані точки нумеруємо в одному напрямку, починаючи з нуля.

Точки з однаковими номерами з'єднуємо прямими, всередині яких дотично до них проводимо криву сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух, віднесених до одиниці площі.

Побудова розгорнутих діаграм тиску від сил, що діють на поршень

Індикаторну діаграму та діаграму сил інерції, побудованих у координатах $P - S$ перебудуємо в розгорнуті діаграми в координатах $P - \varphi$, де φ – кут повороту колінчатого вала.

Вісь абсцис розгорнутої діаграми розташуємо по горизонталі на рівні лінії P_0 індикаторної діаграми, розбивши її попередньо на 48 рівних частин, які нумеруються, починаючи від нуля.

На розгорнутій діаграмі будуємо криві:

- а) $(P_r - P_0)$ – надлишкового тиску газів;
- б) P_J – сили інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух;
- в) $P_\Sigma = P_r \pm P_J$ – сумарних сил, що діють на поршень.

Перші дві криві одержуємо перенесенням відповідних відрізків із згорнутих діаграм. Їх вимірюємо на індикаторній діаграмі і діаграмі сил інерції у відповідних точках діаграми Ф. Брікса.

Для зручності побудови точки, отримані на діаграмі Ф. Брікса, проектуємо тонкими лініями на індикаторну діаграму і криву сил інерції мас, що виконують зворотно-поступальний рух.

При цьому слід звернути увагу на те, що точки 1 – 12 на розгорнутій діаграмі Ф. Брікса відповідають точкам на кривій процесу впуску на індикаторній діаграмі, точки 12 – 24 – стиснення, точки 24 – 36 – робочому

										Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

ходу, а точки 36 – 48 – випуску. Сили інерції для цих чотирьох процесів ті ж самі. Тобто вони повторюються 4 рази.

Крива сумарних сил, що діють на поршень P_{Σ} являє собою алгебраїчну суму ординат кривих $P_r - P_0$ та P_J .

Аналіз характерних відмов та характеристик спряжень деталей об'єкта

Враховуючи, що трактори Т-150к випускаються з 1971 року в українських господарствах працює значна кількість цих тракторів зі значним моторесурсом. Серед вузлів трактора, що потребують догляду та ремонту чільне місце посідає силовий агрегат. Його капітальний ремонт є однією з найбільш трудомістких та затратних за часом операцій. Двигун СМД-62 являється чотирьохтактним, шестициліндровим дизелем з безпосереднім впорскуванням палива в камеру згоряння, рідинного охолодження з турбонадувом.

Головка блока циліндрів є основною складовою механізму газорозподілу двигунів внутрішнього згоряння. Вона складається з корпусу і декількох жорстко з'єднаних з ним деталей - сідел клапанів, напрямних втулок клапанів, заглушок і кришок. Корпуси головок блоків мають складну просторову конструкцію з внутрішніми порожнинами, отворами, поверхнями прилягання, з циліндричними і різьбовими отворами для кріплення деталей механізму газорозподілу.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

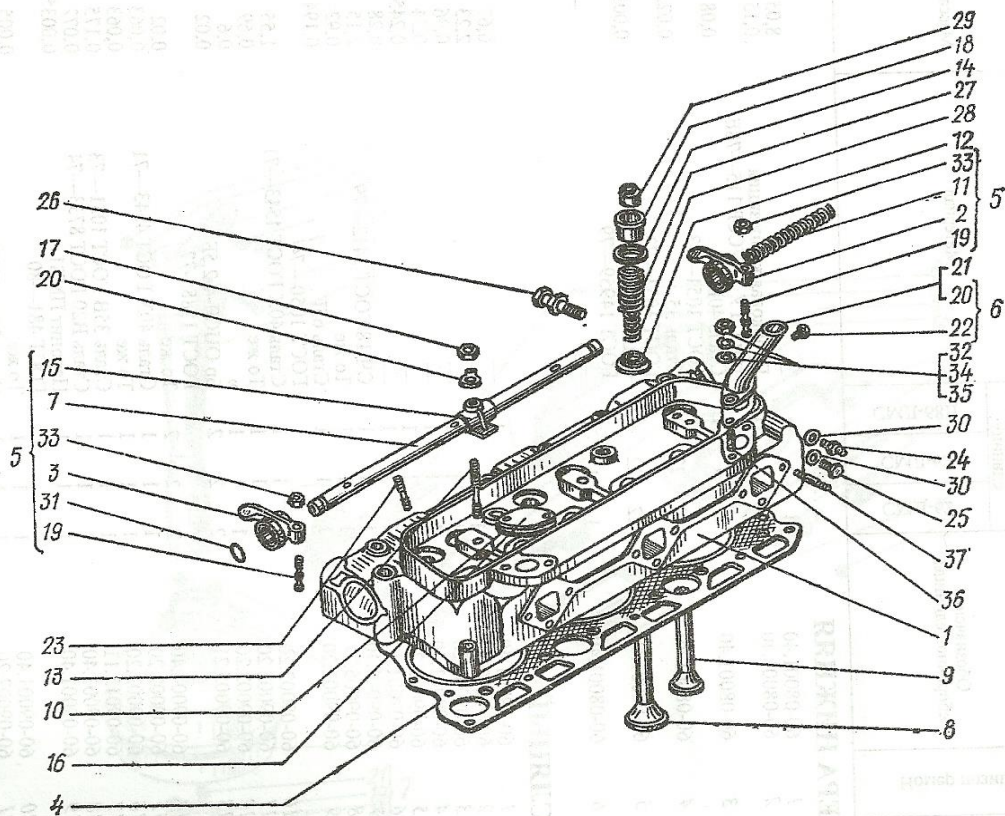


Рис.3. Головка блоку циліндрів двигуна СМД-62

Зверху на головці циліндрів встановлені клапанний механізм .У нижній частці головки розташовані гнізда для впускних 8 і випускних 9 клапанів. У канали над цими гніздами запресовані направляючі втулки клапанів . По їх переміщуються впускні і випускні клапани. Закриваються клапани під дією зовнішньої 27 і внутрішньої 28 пружин, які нижніми кінцями впираються в головку циліндрів, а верхніми – на тарілку 14, яку тримають на стержні клапана сухарі 29. Клапани приводяться в дію від розподільчого валу через штовхачі, штанги, регулювальні гвинти 19 і коромисла 2,3. Коромисла клапанів вільно насажені на вісь 7, яка встановлена на стійках 15, прикріплених до верхньої площини головки циліндрів. Через радикальні отвори в осях до коромисел подається олива.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

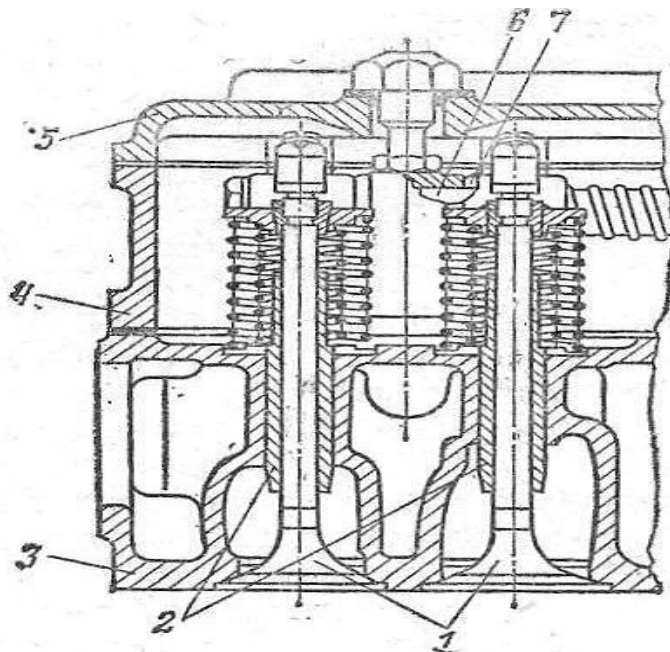


Рис. 4. Головка циліндрів з клапанним механізмом в зборі.

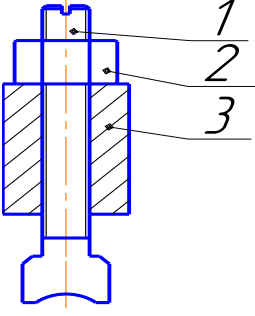
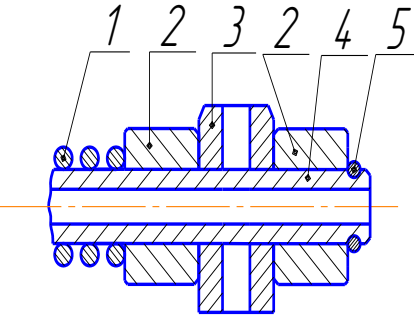
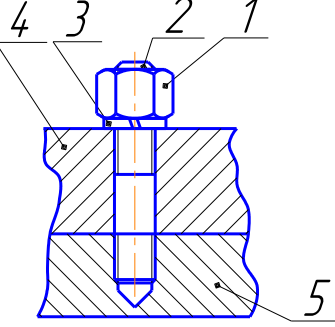
1-Клапана, стержні клапанів заходять в втулки-2, які впресованні в саму головку-3, 4- сапуна головка, 7-коромисло, 6-прокладка.

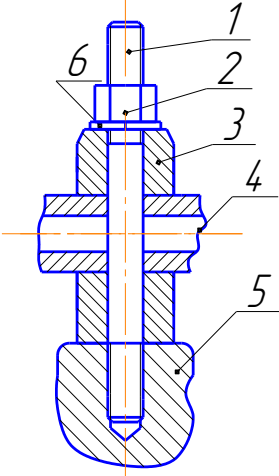
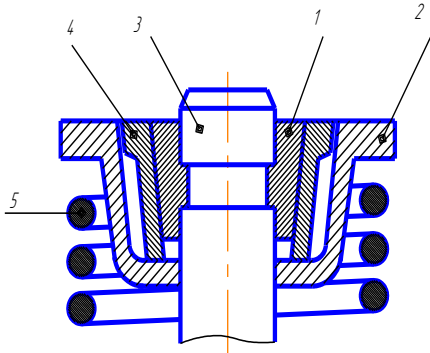
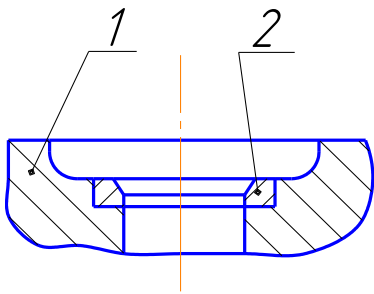
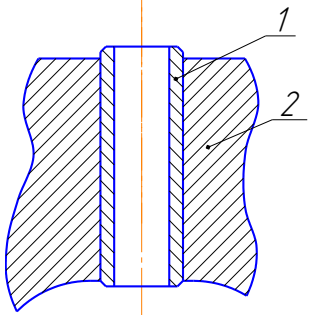
Навпроти кожного циліндра з боку нижньої площини головки циліндрів розточено два отвори — гнізда, краї яких сточені під кутом 45° і служать опорними фасками для випускного і впускного клапанів . Над кожним гніздом у верхній частині головки у вертикальний отвір запресована біметалічна направляюча втулка клапана.

У сучасних двигунах головка блоку циліндрів виконує відразу декілька найважливіших функцій: у ній знаходяться камери згорання (в більшості випадків), а також головка разом з блоком утворює водяну сорочку системи охолодження. Тому ретельна дефектація головки блоку дуже важлива. Всі необхідні роботи, проведені належним чином, дозволять в подальшому уникнути багатьох неприємностей при роботі двигуна і забезпечать достатній ресурс. Помилки при проведенні робіт можуть привести до втрати працездатності двигуна.

										Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

Характеристика спряжень деталей об'єкта ремонту. Таблиця 3

	Схема спряження	Назва складових спряження	Розмір під ключ	Кількість деталей
1	2	3	4	5
1		1 – Регулюючий болт. 2 – Гайка М12х1,25-6Н.6.05 ГОСТ 2524-70. 3 – Коромисла.	S- 14	12 12
2		1- Пружина. 2- Коромисла. 3- стояк осей коромисла. 4- Вісь коромисел. 5- кільце стопорне		4 12 6 2 4
3		1-Гайка М-10 2- Шпилька М10 То/6g х 35.56.016 ГОСТ 23037-76 3-Шайба. 4-Колектор. 5-Головка.	S-19	6 6 6 1 2

4		<p>1- Шпилька кріплення стійки. 2- Гайка кріплення стійки. 3- Коромисло. 4- Вісь коромисел. 5-Головка. 6- Шайба.</p>	S-17	6 3 12 2 2 6
5		<p>1- Сухарі клапана. 2-Тарілка пружини. 3-Стерженьклапана. 4-Втулка тарілки. 5-Пружина.</p>		12 12 12 12 24
6		<p>1-Корпус головки. 2-Гніздо клапана.</p>		2 12
7		<p>1-Корпус головки. 2-Втулка клапана.</p>		1 12

Аналіз дефектів

Відомо, що головка блоку циліндрів є вилита складної форми з нерівномірним розподілом металу в різних ділянках. Їх типовим

										Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

пошкодженням є тріщини, найчастіше розташовані на перемичках нижнього днища між отворами для газорозподільних клапанів і форсунки. Порівняно не часто зустрічаються випадки виходу тріщини на зовнішню стінку. Причинами появи цих тріщин є: ливарна напруга через нерівномірний розподіл матеріалу в різних ділянках і пов'язана з цим нерівномірність охолодження; теплові напруження в матеріалі під час роботи двигуна при його перевантаженні і при утворенні великого шару накипу на внутрішніх стінках; виготовлення головок з неякісного, з великим вмістом сірки і фосфору металу; наявність будь яких виробничих дефектів і порушення правил монтажу; механічні і гідравлічні удари в циліндрі.

1.Тріщини і пробоїни, що порушують герметичність впускної, випускної та охолоджувальної порожнин, жолоблення площини прилягання до блока циліндрів. Причини виникнення - перегрів двигуна або розморожування, корозійне та кавітаційне руйнування стінок порожнин.

Тріщини в головці блока циліндра можна заварити за допомогою газової зварки. Тріщину перед цим розпилюють на кут 90 градусів і глибину 5-6 мм. Потім головку нагрівають до температури 600-700°C проводять зварку ацетилено-кисневим полум'ям з деякими втратами ацетилену. Після зварювання головка повільно охолоджується в печі, для запобігання зварних тріщин. Після цього чавун має структуру, схожу до вихідної і добре піддається механічній обробці.

2.Зношення і прогоряння фасок сідел клапанів, раковини, риски, обгоряння стінок камери згоряння. Причини виникнення - часті удари клапанів і тертя, висока температура в камері згоряння, відмова системи охолодження.

3.Знос отворів напрямних втулок клапанів. Причини зносу - тертя, послаблення натягу посадки втулки в корпусі головки.

4.Знос або пошкодження отворів під осі коромисел клапанів через їх багаторазові демонтаж і монтаж або неякісне виготовлення.

										ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
											34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

5. Пошкодження або зрив різьби різьбових отворів для шпильок кріплення впускних і випускних трубопроводів, різьбових отворів. Причини пошкоджень - перевищення допустимого крутного моменту під час відгвинчування і загвинчування шпильок, болтів, гвинтів, заглушок, неякісне виготовлення різьби, корозія.

6. Негерметичність різьбових заглушок через пошкодження різьби або ущільнювального елемента, недостатній натяг запресованих заглушок, корозія.

7. Різні відкладення: накип, нагар, бруд.

8. Неестетичний зовнішній вигляд неробочих поверхонь: риски, пошкрябини, обдерта фарба, сколи країв.

9. Нерівна поверхня головки, згин головки, неправильна послідовність затягування шпильок, перегрів двигуна. Перевірити можна за допомогою пристрою рис 1.4.

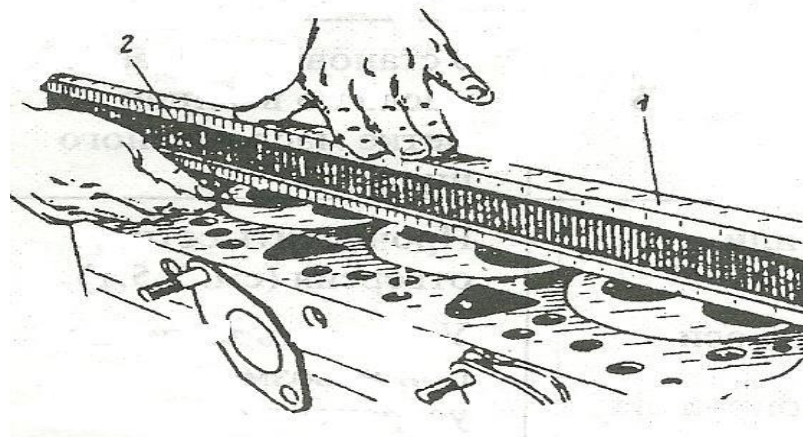


Рис.5. перевірка плоскості прилягання поверхні головки циліндрів на вгнутість.

1- Перевірочна лінійка, 2- щуп.

Збирання головки циліндрів.

Перед збиранням головку циліндрів обдувають стиснутим повітрям тарілки і гнізда клапанів протирають ганчіркою, зволоженою газом. Клапани встановлюють в ці гнізда де вони були притерті. Стержні клапанів перед

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ				

збиранням необхідно змастити дизельним мастилом. Стержні повинні переміщатися по направляючих втулках без заїдання і помітного поперечного руху. Сухарики клапанів повинні виступати над поверхнею тарілки пружини клапана на $1 \pm 0,5$ мм. Допускається втоплення до 1 мм.

Герметичність прилягання клапан-гніздо тарілки клапана перевіряють одним із наступних способів:

1. Шляхом заливання у впускні і випускні канали головки циліндрів гасу. За період 2...3 хвилин після цього протікання гасу не допускається;

2. На тарілку клапана наливають водну емульсію або дизельного палива, підведемо зжатє повітря під тиском $0,3 \dots 0,5$ кг/см² в впускні і випускні канали головки циліндрів за допомогою пристрою КИ-16311. Поява повітряних бульбашок не допускається.

Основні недоліки відомих інструментів, пристроїв та устаткування

Щоб розібрати головку циліндрів необхідно мати такі інструменти: викрутка плоска, плоскогубці, ключ з відкритим зівом, ключ кільцевий, ключ торцевий, головка, спеціальне технологічне оснащення.

Недоліком ключів з відкритим зівом є те що він має невелику площу контакту зіва з гайкою, що може призвести, при прикладенні великої сили, до зрізу граней гайки або руйнування зіва, що може виникнути від поганого сплаву або гартування ключа.

Недоліками викрутки є те, що при сильно затягнутих гвинтах, не можливо передати великий крутний момент, це залежить від геометрії рукоятки. Ергономічна форма в неї невелика площа прикладання сили також невелика, і при прикладенні великого зусилля може призвести до зриву робочої поверхні і стержня і гвинта. Стрижні роблять з низькоякісних сталей що призводить до того що в місцях активної роботи, скручується і згинається гвинт виникає це при поганому гартуванні гвинта.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Направляючі втулки клапанів запресовують з натягом - 0,03мм. Заміряють внутрішній діаметр втулки індикатором. Якщо внутрішній діаметр більший за 11,13мм то тоді втулку потрібно замінити.

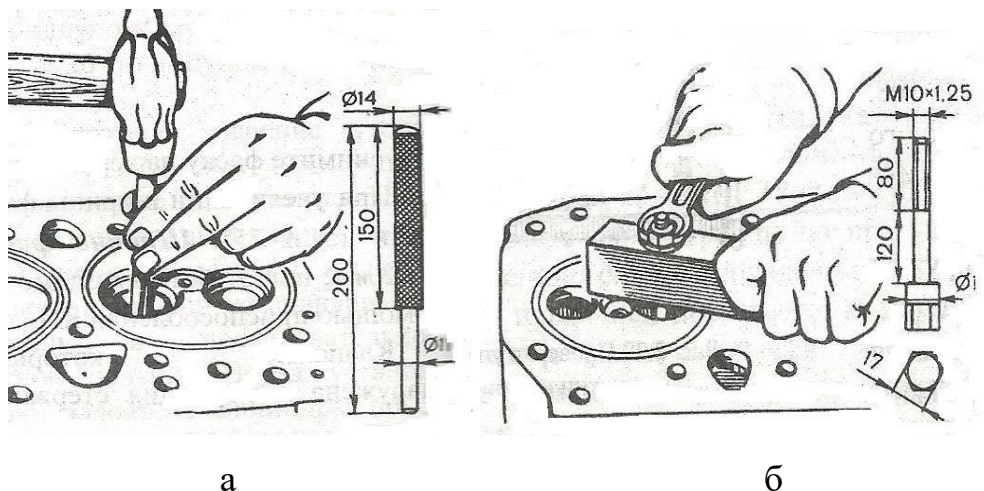


Рисунок 7 - а – випресовування направляючих втулок, оправка для випресовки, б – запресовування напрямних втулок.

Щоб розсухарити клапани нам потрібно застосувати пристрій який би зтискав всі шість пружин клапанів. Цей пристрій має стиснути пружини клапанів на 30 мм і зафіксував ці пружини в цьому положенні. Необхідно спроектувати такий пристрій, що міг би працювати в умовах господарства і обслуговувало його не більше двох чоловік.

Найпростішим способом стиснути пружин-стиснути пружини пресом, але не в кожному господарстві він є в наявності. Необхідно, щоб спроектований пристрій був простий у використанні, надійний і дешевий у виготовленні. Було прийнято рішення, що для одночасного стискання всіх пружин клапанів головки блока циліндра розробити пристрій, який зображений на складальному кресленні.

Будова і принцип дії пристрою.

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ					

Для того щоб зняти з головки блока циліндрів клапани потрібно: стиснути клапанні пружини і розсухарити клапани. Завдання пристрою стиснути всі шість пружин одночасно.

На рис 8 зображено пристрій для одночасного стискання всіх пружин клапанів він складається:

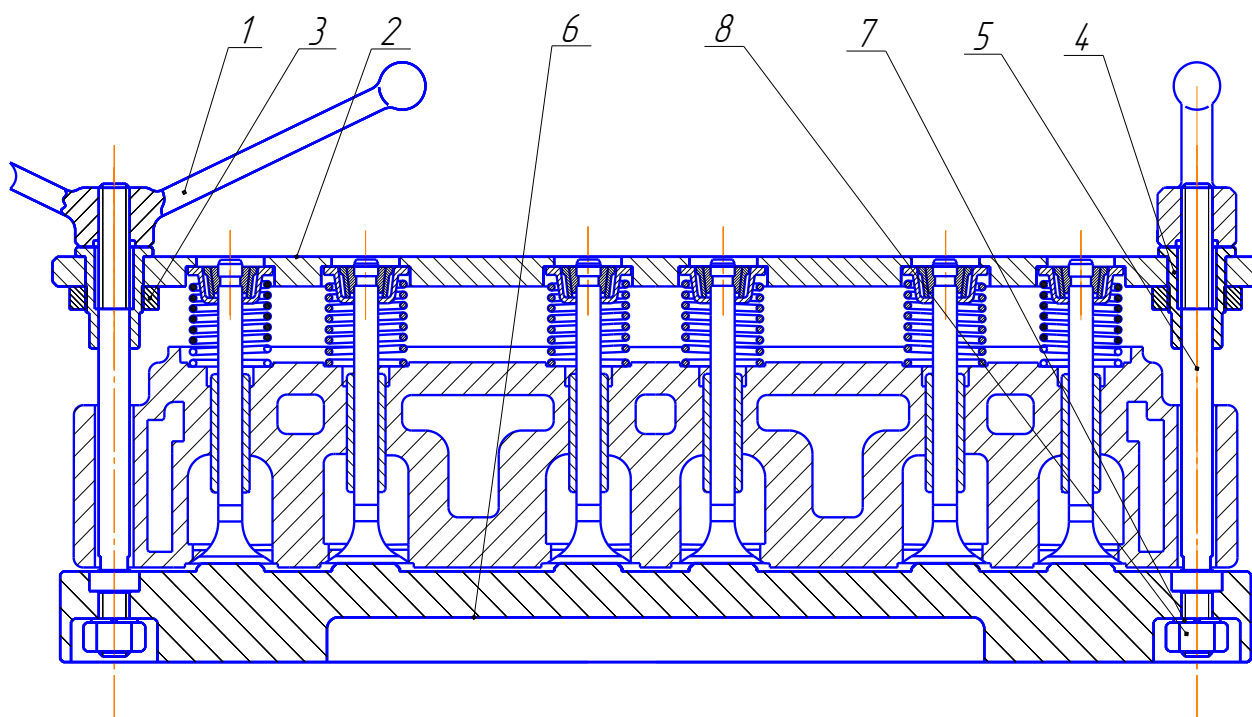


Рисунок 8 пристрій для одночасного стискання всіх пружин клапанів.

1-Рукоятка, 2-Притискна планка, 3-8-Гайки, 4-Втулка, 5-Шпилька, 6-Основа, 7-Шайба.

Принцип дії розробленого пристрою: основа пристрою встановлюється на тверду поверхню, після цього відкручуються дві рукоятки з пристрою, і знімається притискна планка. Головку блока циліндрів встановлюють на основу пристрою, отвори в головці під шпильки 15-16 мають зайти на шпильки які закріплені в основі. Після цього заставляють притискну планку яка притискається рукоятками, на 30мм. Потім витягують сухарики, відпускають рукоятки, знімають притискну планку. З головки циліндрів знімають пружини клапанів, з пристрою знімають головку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ

Арк.

39

циліндрів і витягують клапани з головки. Після цього пристрій складається. Цим пристроєм можна в зворотному порядку встановити клапани в головку.

Розрахунок кінематичних режимів і деталей на міцність

Умова міцності витка різьби на згин сталь 15 (ГОСТ 15030-78):

Розрахунок різьби на згин.

$$\sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F a}{z}}{\frac{\pi d_1 b^2}{6}} \leq [\sigma_u]; \quad (16)$$

де F – зусилля що діє на різьбу;

a – половина зуба витка різьби;

Z – кількість витків різьби;

d_1 – внутрішній діаметр різьби;

b – ширина зуба;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме навантаження матеріалу на згин, для сталі;

$$z = \frac{H_z}{p}; \quad (17)$$

H_z – висота корпусу;

p – крок різьби;

$$Z = \frac{26}{2} = 13, \quad (18)$$

Розрахунок витка різьби на згин;

$$\sigma_{зм} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{210 \cdot 0.5}{13}}{\frac{3.14 \cdot 14 \cdot 12^2}{6}} = 1.10 \leq 150 \text{ МПа}, \quad (19)$$

З цієї формули ми бачимо $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$ виконується з запасом.

Розрахунок рукоятки на згин сталь 10 (ГОСТ10144-89)

$$\sigma_{зг} = \frac{Q}{F}; \quad (20)$$

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q – зусилля що діє на рукоятку;

F – площа на яку діє сила Q ;

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \quad (21)$$

l – плече на яке діє сила,

Площа рукоятки.

$$F = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \cdot 125 = 14130 \text{ мм}^2; \quad (22)$$

Зусилля яке діє на рукоятку на згин.

$$\sigma_{зг} = \frac{210}{14130} = 0,015 \leq 145 \text{ МПа}, \quad (23)$$

За цими формулами ми бачимо що $\sigma_{зг} \leq [\sigma_{зг}]$ умова виконується з запасом.

Можливі варіанти використання запропонованого пристрою та показники ефективності його використання.

Пристрій для стискання пружин клапанів за формою і будовою не складний і простий у застосуванні. Цей пристрій може виконувати тільки одну функцію - стискання пружин клапанів, головки двигуна СМД-60, і їх модифікації. Для інших двигунів необхідно розробити притискну шайбу під конкретно вказані розміри. Головки блоків циліндрів не повинні бути довшими за 560 мм і вищими 160 мм.

Пристрій для одночасного стискання всіх пружин клапанів можна ефективно використовувати в малих і великих господарствах, не виключаючи і виробництво, але тоді його потрібно переробити, автоматизувати так, щоб уникнути затягання пружин мускульною силою. Пристрій має низьку собівартість, не має складних технологічних операцій при виготовленні, і простий у використанні.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОХОРОНА ПРАЦІ.

До роботи на машині допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, спеціально навчені та отримали посвідчення на право керування трактором, добре знають пристрої та регулювання, порядок технічного обслуговування, правильне виконання роботи та отримали інструктаж з техніки безпеки на машинах.

Робоче місце, технічний стан машини повинні бути безпечні обслуговуючому персоналу та відповідати чинним правилам та експлуатації МТП у господарствах.

Комплектування та налагодження МТА здійснюється трактористами та під керівництвом бригадира або механіка із залученням, у разі потреби, додаткових робітників.

Агрегатування с/г машин та знарядь допускається лише з тим трактором, який рекомендований заводом-виробником.

Трактори, що працюють в агрегаті з причіпними машинами, на яких є обслуговуючий персонал, повинні мати двосторонню сигналізацію.

Трактори з іншими знаряддями мають бути повністю укомплектовані первинними засобами пожежогасіння та аптечкою.

Трактори повинні під'їжджати до причіпних пристроїв на тихому ході, при цьому слід слідкувати за безпекою причіпника.

Перед початком роботи тракторист повинен провести зовнішній огляд агрегату, перевірити кріплення випробувати впливу механізмів на холостому ході. Перед запуском трактора слід дати встановлений сигнал.

Під час роботи та ТО присутність сторонніх осіб заборонено.

Закріплювати робочі органи та підточувати кріплення дозволяється лише при зупиненому агрегаті. На агрегаті, що рухається, не допускається очищення робочих органів.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Монтування та демонтування агрегату дозволяється у присутності механіка. Застосування для демонтажу несправних інструментів підставок забороняється.

Для роботи в нічний час агрегати повинні бути обладнані необхідними освітлювальними приладами із наземним джерелом живлення.

Щоб уникнути вибухів, забороняється висвітлювати відкритим вогнем баки та паливну систему двигуна, відкривати паливні баки за допомогою ударів молотка.

Бригадири механізованої бригади зобов'язані систематично інструктувати та перевіряти знання правил техніки безпеки та протипожежних заходів.

Усі трактористи - машиністи повинні періодично проходити медичний огляд та інструктаж з техніки безпеки.

Одяг і головний убір тракториста повинні бути чистими, добре підібраними за розміром і зростом, не мати кінців, що розвиваються і звисають.

Безпека роботи на тракторі значною мірою залежить від технічного стану його механізму та окремих пристроїв. Своєчасне та ретельне проведення технічного обслуговування трактора підвищує рівень безпеки роботи на ньому.

Місце, де проводиться технічне обслуговування має бути чистою, суцільною підлогою та мати гарне освітлення та вентиляцію, а в зимовий час має опалюватись. Ручки ключів та іншого інструменту мають бути чистими.

Вимоги до МТА

Щоб забезпечити продуктивність праці та економічну ефективність сільськогосподарських машин та тракторів, необхідно виконувати у кращі

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

агротехнічні терміни, ретельно відрегулювати роботу машин, правильно комплектувати машиннотракторні агрегати.

Склад МТА визначають так: для заданих умов і розмірів поля, рельєфу місцевості, аерофону з урахуванням агротехнічних вимог до виконання операції вибирають трактор, зчіпку.

Тяговий опір машин повинен відповідати тяговому зусиллю трактора, що розвивається в цих польових умовах.

Машинотракторному агрегату необхідно мати таку робочу швидкість, при якому забезпечуватиметься повне використання потужності двигуна та висока якість роботи. Висока продуктивність має бути забезпечена за мінімальних витрат.

Машини, що входять в агрегат, повинні бути справними та зручними в обслуговуванні.

1. Кожен трактор має бути технічно справним, повністю укомплектованим відповідно до керівництва.

2. При техогляді, перш за все, перевіряють кермо, ходову частину і гальма.

Усі частини кермового управління повинні бути надійно закріплені, а кріпильні деталі зафіксовані.

Гальма у роботі мають бути надійними відповідно до правил ПДР.

Всі передачі повинні легко вмикатися та вимикатися.

Перед початком роботи з причепами та навісними знаряддями необхідно перевірити стан причіпного пристрою та навісної системи, всі деталі повинні бути справними, з'єднання не повинні самовільно роз'єднуватися.

Перед роботою трактор змащують, заправляють паливом та водою, узимку утеплюють.

. Машинно-тракторний агрегат має забезпечити:

- Дотримання вимог агротехніки щодо якості роботи;

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Раціональне використання енергетичних та кінематичних показників трактора та с/г машин, високу продуктивність та економічність роботи агрегату;
- Зручності та безпека обслуговуючого персоналу при управлінні технологічного та технічного обслуговування;
- Достатню маневреність та прохідність агрегату за заданих умов.

На практиці найчастіше агрегат складають стосовно трактора, призначеного для виконання заданої роботи. Потім встановлюють режим роботи агрегату, визначають основну та резервну передачі трактора.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

При сучасній постановці і вирішенні проблеми захисту довкілля і скороченню споживання прісної води для технічних потреб ставиться складне завдання впроваджувати маловідходні і безвідходні технологічні процеси, які виключають або суттєво знижують шкідливий вплив на оточуюче середовище. У зв'язку з в робочих проектах на новоорганізовані підприємства і в планах існуючих повинні бути матеріали, які містять заходи по охороні довкілля і дані відповідних служб, що характеризують стан водоймищ, атмосферного повітря і ґрунту в районі забудови чи існуючого підприємства. Необхідні короткі описи технологічних процесів виробництва, характеристика і кількість стічних вод і викидів в атмосферу по окремих підрозділах підприємства, обґрунтування і розрахунки до прийнятих рішень по утилізації окремих елементів, що містяться в стічних водах і викидах в атмосферу.

Ремонтне виробництво також має шкідливі виділення, які можуть забруднювати стічні води, тому на всіх ремонтно-обслуговуючих підприємствах передбачають дві окремі системи внутрішньої каналізації: господарсько-побутову і виробничу.

Господарсько-побутові стоки можна випускати в загальну каналізаційну мережу (якщо така є), а для очищення виробничих стічних вод необхідно передбачити очисні споруди в залежності від хіміко-механічних властивостей домішок, які попадають в стічні води.

Особливо багато шкідливих домішок утворюється при мийно-очисних роботах. Для очистки і регенерації існують спеціальні установки, але найкращих результатів досягається при спорудженні замкнутої технології очищення ремонтіваних об'єктів.

В підрозділах механічної обробки металу, де у великих кількостях використовуються мастильно-охолоджуючі рідини (емульсії, содові розчини

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і т. д.) створюють централізовані системи для їх збору і очищення з метою повторного використання.

Ефективного зменшення викидів шкідливих домішок в атмосферу можна досягнути за рахунок удосконалення процесу спалення палива в котлоагрегатах: спалювання твердого палива по методу В. В. Ключевського, ступеневе спалювання, спалювання з малим надлишковим повітрям, додаванням до палива присадок, які містять металоорганічні сполуки і т. д., встановленням очищувальних фільтрів на димоходах.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту було проаналізовано сучасний стан МТА українських аграрних господарств, було зроблено висновок стосовно необхідності оновлення або модернізації існуючого парку агрегатів. Зокрема, було відмічено важливу роль енергонасичених тракторів у питанні підвищення продуктивності та енергоефективності МТА. Оскільки в багатьох сільськогосподарських підприємствах досі експлуатуються трактори виробництва минулого століття, одним з шляхів удосконалення виробництва є модернізація існуючого парку енергетичних засобів. В якості прототипу було обрано трактор Т-150к, який має значний потенціал до удосконалення. Було проведено розрахунок основних параметрів силового агрегату. За результатами розрахунку впливає, що розрахований силовий агрегат майже на 9% потужніший та його питома ефективна витрата палива на 22% нижча. Також, з огляду на поважний вік даних силових агрегатів, було проаналізовано характерні відмови та характеристики спряжень деталей об'єкта ремонту. Для полегшення ремонту головки блоку циліндрів було спроектовано пристрій для одночасного стискання всіх пружин клапанів, що дає змогу полегшити технологію розбирання і збирання головки блоку.

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курской В.С. Трактори і автомобілі. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт / В.С. Курской, В.П.Олександренко, М.С. Стечишин,– Хмельницький: ХНУ, 2020. – 76 с.
2. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі: Навч. посібник / А.Т. Лебедев, В.М. Антощенков, М.Ф. Бойко та ін.; За ред. проф. А.Т. Лебедева. — К.: Вища освіта, 2004. — 336 с.: іл.
3. Трактори і автомобілі: Навчальний посібник / В.С.Бучок. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 331 с.
4. Саєнко А.В. Трактори і автомобілі. Частина 1: Конструкція тракторів і автомобілів. Конс-пект лекцій.– Суми: СНАУ, 2012. – 49 с.
5. Теорія тракторів і автомобілів: метод. вказівки щодо виконання лабораторної роботи денної та заочної форм навчання / укл. В. А. Руденко . - Суми : СНАУ, 2012. - 77 с.
6. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. - Луцьк: ЛНТУ, 2011 – 233 с.
7. Тягово-динамічні розрахунки мобільних енергетичних засобів: методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Трактори і автомобілі» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» денної та заочної форм навчання зі спеціальності 208 – «Агроінженерія» / уклад.: Г. В. Шкарівський, О. А. Бешун, О. Т. Лавріненко. - К. : ЦП "КОМПРИНТ", 2016. - 155 с. - Б. ц.
8. Трактори і автомобілі . Частина1: Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. Л .М. Дацюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 108 с.
9. Трактори і автомобілі . Частина 2 [Текст]: Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та

					ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заочної форм навчання / уклад. Л .М. Дацюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. –
136 с.

					<i>ДП АІ 22.13.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		