

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр

Рівень вищої освіти

Вдосконалення конструкції трактора МТЗ-80 для виконання окремих робіт
при вирощуванні багитанних культур в умовах ПП "АГРО ГРОУ УКРАЇНА

Тема роботи

Галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

Шифр _____

Виконав студент 4 курсу, група АІ-21-1 Тр Трачук Н.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 ступінь

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

В.С.
Підпис

М.В.
Підпис

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

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2025

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 _____

_____._____.2025

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Трачук Н.І.

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи *Вдосконалення конструкції трактора МТЗ-80 для виконання окремих робіт при вирощуванні багаторічних культур в умовах ПП "АГРО ГРОУ УКРАЇНА.*

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

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

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 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 _____

Трачук Н.І.

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник проєкту (роботи) _____

Підпис Ініціали, прізвище

Анотація

У ході виконання проєкту було обґрунтовано доцільність та необхідність конструктивних змін у вузлах трактора МТЗ-80 з метою адаптації його до умов вирощування баштанних культур, які вимагають повільного та стабільного руху на понижених обертах двигуна (800–1200 об/хв). Зокрема, було проаналізовано динамічні особливості роботи дизельного двигуна Д-240 у режимі низьких обертів та встановлено, що у стандартній конфігурації система схильна до коливань, вібрацій і нестабільної подачі палива. Основним засобом зменшення цих негативних проявів є оптимізація маховика, як елемента, що накопичує кінетичну енергію та згладжує імпульсні навантаження.

Проведене обґрунтування підтвердило можливість модернізації трактора МТЗ-80 без радикального втручання в конструкцію двигуна, забезпечуючи його ефективну роботу в умовах баштанного господарства.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	14
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	38
ВИСНОВОК.....	43
ЛІТЕРАТУРА.....	44
ДОДАТКИ.....	45

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Трачк Н.І.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кирской В.С.</i>			4		1
<i>Реценз.</i>					ХНУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лцк'янюк М.В.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Мартинюк А.В.</i>					

Вдосконалення конструкції трактора МТЗ-80 для виконання окремих робіт при вирощуванні даштанних культур в умовах ПП "АГРО ГРОУ УКРАЇНА"

Вступ

В умовах посушливого клімату південних регіонів України баштанні культури (кавун, диня, гарбуз) відіграють важливу роль у продовольчому забезпеченні населення й формуванні експортного потенціалу агропромислового комплексу. Успішне і рентабельне вирощування цих культур значною мірою залежить від використання спеціалізованої сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів із відповідними конструктивно-технологічними властивостями. Трактор МТЗ-80 традиційно є найбільш поширеним універсальним агрегатом у вітчизняному фермерському секторі завдяки своїй простоті обслуговування, широкій мережі сервісу та доступності запасних частин. Однак стандартна енергетична установка Д-240, встановлена на МТЗ-80, оптимізована передусім для середніх і високих навантажень, що призводить до нестабільної роботи та підвищеного споживання пального при виконанні делікатних міжрядних операцій у баштанництві на понижених обертах (800–1200 об/хв). Актуальність модифікації полягає в пошуку ефективних шляхів модернізації тягово-енергетичної установки трактора МТЗ-80 з метою забезпечення стабільної, економічної й екологічно чистої роботи двигуна на низьких частотах обертання колінчастого валу. Це дасть змогу підвищити якість міжрядного обробітку, знизити ризик пошкодження рослин і зменшити витрати палива під час виконання основних операцій: прополки, поливу та внесення добрив на пізніх фазах вегетації баштанних культур. Метою роботи є розробити техніко-конструкторські й технологічні заходи для модернізації двигуна трактора МТЗ-80, які забезпечать стабільну роботу на понижених обертах колінчастого валу в умовах міжрядних операцій при вирощуванні баштанних культур. У роботі використано методи системного аналізу, енергетичного й масового балансування рухомих вузлів, а також принципи техніко-економічного

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обґрунтування. Результати дослідження дозволять підвищити продуктивність і знизити експлуатаційні витрати при вирощуванні баштанних культур, що відповідає сучасним тенденціям ресурсозбереження в агропромисловому комплексі України.

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

турец. аналоги), вони використовуються у північних регіонах, де сівба розсадою дає кращий результат. Також широко застосовують трактори для висіву: МТЗ-80, МТЗ-892, ЮМЗ-6 з переналаштованою шириною колії.

Вирощування баштанних культур характеризується чутливістю рослин до механічного впливу, широкими міжряддями (140–180 см) та потребою в точному, щадному догляді. Це висуває специфічні вимоги до сільськогосподарської техніки, яка повинна мати регульовану або розширену колію для проходу міжряддями, забезпечувати низький тиск на ґрунт, аби уникнути ущільнення, працювати на знижених обертах двигуна і з малими швидкостями, бути здатною до агрегування зі спеціалізованими знаряддями. Часто використовують платформи з гумовими підстилками, транспортери й механізми для навантаження — щоб уникнути пошкодження плодів.

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Трактор МТЗ-80 оснащено дизельним двигуном Д-240, який має номінальну частоту обертання колінчастого вала 2200 об/хв та оптимальну тягу при 1800–2000 об/хв. У такому режимі він забезпечує потужність, необхідну для більшості універсальних сільськогосподарських робіт. Проте для виконання технологічних операцій у баштанному господарстві — міжрядного обробітку, обприскування, підживлення — потрібна знижена швидкість руху і, відповідно, плавна, стабільна робота двигуна на низьких обертах (800–1200 об/хв). Стандартна конструкція Д-240 не оптимізована для стабільної тривалої роботи на знижених обертах через недостатню інерцію маховика для згладжування імпульсів крутного моменту, підвищену пульсацію в паливній системі, нестабільну роботу системи впорскування при малих обертах, підвищене зношування шатунно-поршневої групи через вібрації. Це призводить до нестійкої роботи двигуна, збільшення витрати палива, викидів диму, передчасного зносу вузлів.

Метою конструктивних змін є: забезпечення плавного ходу трактора при 1,5–3 км/год, стабілізація обертів колінчастого вала у межах 800–1200 об/хв, зниження вібрацій і пульсацій, економія палива та підвищення довговічності двигуна.

Тепловий розрахунок двигуна

Основні вихідні параметри для виконання розрахунку дизельного двигуна.

Для двигуна вибираємо нерозділену камеру згоряння;

Степінь стиску..... $\epsilon = 16$;

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри навколишнього середовища: $P_0 = 0,1013\text{МПа}$; $T_0 = 293^\circ\text{К}$;

Підвищення температури заряду в процесі впуску..... $\Delta T = 20^\circ\text{К}$;

Коефіцієнт надлишку повітря..... $\alpha = 1,7$;

Параметри робочого тіла в кінці процесу впуску: $P_r = 0,1115\text{МПа}$; $T_r = 880^\circ\text{К}$;

Коефіцієнт використання теплоти в основній фазі згоряння:.. $\xi = 0,9$;

Показник політропи: стиску..... $n_1 = 1,37$; розширення..... $n_2 = 1,19$;

Відношення ходу поршня до діаметра циліндра: $S/D = 1,112$;

Ступінь підвищення тиску при згорянні:..... $\lambda = 1,4$;

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми:..... $\phi = 0,95$;

Параметри робочого тіла в кінці процесу впуску

Тиск в кінці процесу впуску, МПа:

$$P_a = P_0 - (\beta^2 + \varphi_{bn}) \cdot \frac{\omega_{кл}^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6};$$

де $(\beta^2 + \varphi_{bn}) = 2,7$ – сумарний коефіцієнт, який враховує опір впускної системи, віднесений до площі перерізу в клапані;

$\omega_{кл}$ – середня швидкість свіжого заряду в прохідному перерізі клапану:

$\omega_{кл} = 80\text{м/с}$;

ρ_0 – густина заряду при даних атмосферних умовах:

$$\rho_0 = \frac{P_0 \cdot 10^6}{R_n \cdot T_0};$$

R_n – газова стала для повітря: $R_n = 286 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_0 = \frac{0,1013 \cdot 10^6}{286 \cdot 293} = 1,209 \text{ кг/м}^3,$$

$$P_a = 0,1013 - 2,7 \cdot 80^2 / 2 \cdot 1,205 \cdot 10^{-6} = 0.091 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт залишкових газів:

$$\gamma = \frac{16 \cdot P_r}{T \cdot \varepsilon P_a}.$$

$$\gamma = [(293 + 15) / 1000] \cdot [0,1115 / (16 \cdot 0,091 - 0,1115)] = 0,026.$$

Температура кінця впуску:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma \cdot T_r}{1 + \gamma};$$

$$T_a = (293 + 15 + 0,026 \cdot 1000) / (1 + 0,026) = 325,264^0\text{К}$$

Коефіцієнт наповнення:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_a \cdot (1 + \gamma)};$$

$$\eta_v = 16 / (16 - 1) \cdot 0,091 / 0,1013 \cdot 293 / 325,264 \cdot (1 + 0,026) = 0,84.$$

Параметри робочого тіла в кінці процесу стиснення

Тиск, МПа:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n1};$$

$$P_c = 0,091 \cdot 16^{1,37} = 4,055 \text{ МПа.}$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура, $^{\circ}\text{K}$:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n1-1}; T_c = 325,264 \cdot 16^{1,37-1} = 907,32^{\circ} \text{K}.$$

Середня мольна теплоємність заряду в кінці процесу стиснення, $\text{кДж}/(\text{кмоль} \cdot \text{K})$:

$$c_{Vc} = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot T_c ;$$
$$c_{Vc} = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot 907,32 = 21,734.$$

Параметри процесу згоряння

Визначення у вибраному паливі вміст вуглецю С, водню Н, кисню O_2 , нижчу теплоту згоряння h_n та молекулярну масу палива $\mu_{\text{пал}}$. Масові долі компонентів палива складають $\text{C} + \text{H} + \text{O}_2 = 1$.

$$\text{C} = 0,870; \text{H} = 0,126; \text{O}_2 = 0,004; \mu_{\text{пал}} = 170 \text{ кг/кмоль}; h_n = 42500 \text{ кДж/кг}$$

Розрахуємо кількість повітря, теоретично необхідного для згоряння 1 кг палива,
в кмоль/кг:

$$L_0 = 1 / 0,21 (\text{C} / 12 + \text{H} / 4 - \text{O}_2 / 32);$$

$$L_0 = 1 / 0,21 (0,870 / 12 + 0,126 / 4 - 0,004 / 32) = 0,495 \text{ кмоль/кг}.$$

В кг/кг:

$$I_0 = 1 / 0,23 (8\text{C} / 3 + 8\text{H} - \text{O}_2);$$

$$I_0 = 1 / 0,23 (8 \cdot 0,870 / 3 + 8 \cdot 0,126 - 0,004) = 14,452 \text{ кг/кг}.$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка:

$$L_0 = l_0 / \mu_a;$$

де μ_a – молекулярна маса повітря: $\mu_a = 28,97$ кг/кмоль;

$$L_0 = 14,328 / 28,97 = 0,495 \text{ кмоль/кг.}$$

Кількість свіжого заряду палива і повітря:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0; M_1 = 1,7 \cdot 0,495 = 0,841 \text{ кг/кмоль.}$$

Кількість продуктів згоряння палива при повному згорянні:

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + O / 32 + H / 4;$$

$$M_2 = 1,7 \cdot 0,495 + 0,004 / 32 + 0,126 / 4 = 0,873 \text{ кмоль/кг.}$$

Коефіцієнт молекулярної зміни:

теоретичний:

$$\mu_0 = M_2 / M_1; \mu_0 = 0,873 / 0,841 = 1,038.$$

дійсний:

$$\mu = \frac{M_2 + \gamma \cdot M_1}{M_1 + \gamma \cdot M_1}; \mu = \frac{0,873 + 0,026 \cdot 0,841}{0,841 + 0,026 \cdot 0,841} = 1,037.$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння в дизелі,
кДж/(кмоль·К):

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$c_{pz} = 20,2 + \frac{0,92}{\alpha} + \left(15,5 + \frac{13,8}{\alpha}\right) \cdot 10^{-4} \cdot T_z + 8,314;$$

$$c_{pz} = 20,2 + \frac{0,92}{1,7} + \left(15,5 + \frac{13,8}{1,7}\right) \cdot 10^{-4} \cdot T_z + 8,314 = 29,1 \cdot T_z.$$

де $R = 8,314$ кДж/(кмоль · К) – універсальна газова стала. при неповному згорянні, що реалізується у двигунів з іскровим запалюванням ($\alpha < 1$):

Температура кінця процесу згоряння визначається на основі рівняння:

$$Cv_2 = 18,4 + 2,6 \cdot \alpha + (15,5 + 13,8 \cdot \alpha) \cdot 10^{-4} \cdot T_z = 22,8 \cdot T_z$$

Кількість теплоти, що передається газами при згорянні 1 кг палива, кДж/кг:

у дизельному двигуні:

$$h = \xi \cdot h_n = 0,9 \cdot 42500 = 38250.$$

Визначення температури кінця процесу згоряння виконують на основі рівнянь згоряння: для дизелів при повному згорянні ($\alpha \geq 1$):



Отриманий результат зводиться до квадратного рівняння виду:

$$A \cdot T_z^2 + B \cdot T_z + C = 0;$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$A = -\mu \cdot \left(15,5 + \frac{13,8}{\alpha}\right) \cdot 10^{-4} = -1,037 \cdot \left(15,5 + \frac{13,8}{1,7}\right) \cdot 10^{-4} = -0,002$$

$$B = -\mu \cdot \left(20,2 + \frac{0,92}{1,7} + R\right) = -1,037 \cdot \left(20,2 + \frac{0,92}{1,7} + R\right) = -30,121$$

$$C = \frac{\xi \cdot Q_H}{L_0 \cdot (1 + \gamma) \cdot \alpha} + (8,314 \cdot \lambda + C_{vc}) \cdot T_c = 74633,263$$

Температура газів визначається як корені рівняння за формулою:

$$T_z = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A};$$

Фізичний зміст має тільки додатній корінь:

$$T_z = \frac{-30,121 \pm \sqrt{30,121^2 + 4 \cdot (-0,002) \cdot 74633,263}}{2 \cdot (-0,002)} = 2114,407$$

Приймаємо значення температури в кінці згоряння:

$$T_z = 2114^\circ \text{ К.}$$

Тиск в кінці згоряння:

$$P_z = \lambda \cdot P_c; P_z = 1,4 \cdot 3 = 5,677 \text{ МПа.}$$

Показники, що характеризують процес згоряння:

Для дизелів:

ступінь попереднього розширення

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\rho = \mu \cdot T_z / \lambda \cdot T_c; \rho = 1,037 \cdot 2114 / 1,4 \cdot 907,32 = 1,726.$$

ступінь подальшого розширення

$$\delta = \varepsilon / \rho; \delta = 16 / 1,726 = 9,272.$$

Параметри робочого тіла в кінці процесу розширення

Тиск:

$$P_b = \frac{1}{\sigma^{n_2}} \cdot p_z; P_b = 1 / 9,272^{1,19} \cdot 5,677 = 0,438 \text{ МПа.}$$

Температура:

$$T_b = 1 / \delta^{n_2-1} \cdot T_z T_b = 1 / 9,272^{1,15-1} \cdot 2114 = 1513,615^\circ \text{ К.}$$

де n_2 – показники політропи розширення.

Перевірка правильності прийняття температури T_r :

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b/p_r}},$$

$$\Delta = \frac{T_r' - T_r}{T_r} \cdot 100\%$$

$$T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b/p_r}} = \frac{1431,615}{\sqrt[3]{0,409/0,1115}} = 927,6;$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективні показники роботи циклу

Середній тиск механічних втрат:

$$P_m = a + b \cdot v_{\text{пер}};$$

де a і b – коефіцієнти, що залежать від типу двигуна: $a = 0,105$; $b = 0,0138$;

v_n – швидкість поршня: $v_{\text{пер}} = 6$ м/с;

$$P_m = 0,105 + 0,014 \cdot 12,09 = 0,195 \text{ МПа.}$$

Ефективні показники роботи циклу

Середній ефективний тиск:

$$P_e = P_i - P_m; P_e = 0,989 - 0,195 = 0,78 \text{ МПа.}$$

Механічний к.к.д.:

$$\eta_m = P_e / P_i; \eta_m = 0,78 / 0,989 = 0,805.$$

Ефективний к.к.д.:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m; \eta_e = 0,563 \cdot 0,805 = 0,449.$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_e = 3600 / h_m \cdot \eta_e; g_e = \frac{3600000}{42500 \cdot 0,445} = 188,6 \text{ г/кВт} \cdot \text{год};$$

Приймаємо $g_e = 190$ г/кВт · год.

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Годинна витрата палива на номінальному режимі, кг/год

$$G_T = \frac{N \cdot g_e}{100}; G_T = \frac{56 \cdot 190}{1000} = 10,65.$$

Приймаємо $G_T = 10,6$ кг/год

Номінальна циклова подача палива, мм³/цикл

$$q_{ЦН} = \frac{G_T \cdot 10^6}{\rho_{пал} \cdot i};$$

де $\rho_{пал}$ – густина палива, кг/м³;

i – кількість циліндрів: $i = 4$;

$$q_{ЦН} = \frac{10,6 \cdot 4 \cdot 10^6}{120 \cdot 1200 \cdot 4 \cdot 0,830} = 89,14.$$

Приймаємо $q_{ЦН} = 90$ мм³/цикл.

Крутний момент двигуна, Н·м:

на номінальному режимі

$$M_{КРН} = \frac{N}{n}; M_{КРН} = 9550 \frac{56}{1200} = 445,7 \text{ Нм.}$$

Приймаємо $M_{КРН} = 445$ Нм.

максимальний

$$M_{КР\text{макс}} = K M_{КР};$$

$$M_{КР\text{макс}} = 1,2 \cdot 445 = 534,8 \text{ Нм.}$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $M_{KP_{max}} = 535$ Нм.

Літрова потужність двигуна:

$$N_l = P_e \cdot n / 30 \cdot \tau_{дв};$$

$$N_l = 0,77 \cdot 1200 / (30 \cdot 4) = 7,8 \text{ кВт/л.}$$

Приймаємо $N_l = 7,8$ кВт/л.

Розрахунок основних розмірів проектованого двигуна

Робочий об'єм двигуна:

$$V_l = N_{ен} / N_l; V_l = 56 / 7,8 = 7,2 \text{ л.}$$

Приймаємо $V_l = 7,2$ л.

Робочий об'єм циліндра:

$$V_h = V_l / i; V_h = 7,2 / 4 = 1,8 \text{ л} = 1800 \text{ см}^3.$$

Об'єм камери згоряння, л:

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}; V_c = 1,8 / (16 - 1) = 0,12 \text{ л.}$$

Приймаємо $V_c = 0,120$ л.

Повний об'єм циліндра, л:

$$V_a = V_c + V_h; V_a = 0,120 + 1,8 = 1,92 \text{ л.}$$

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Діаметр циліндра:

$$D = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi \cdot \kappa}}; D = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,92}{3,14 \cdot 1,12}} = 127,033 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 128 \text{ мм}$

Площа поршня, мм^2 :

$$F_{\text{порш}} = \frac{\pi D^2}{4}; F_{\text{порш.}} = \frac{3,14 \cdot 128^2}{4} = 12867.$$

Хід поршня:

$$S = D \cdot S/D; S = 150 \cdot 1,12 = 143,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S = 144 \text{ мм.}$

Перевірка середньої швидкості поршня:

$$v_{\text{п}} = \frac{S \cdot n_{\text{н}} \cdot 10^{-3}}{30}; \Delta = \frac{v_{\text{п}} - v_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} \cdot 100.$$

$$v_{\text{п}} = \frac{0,144 \cdot 1200 \cdot 10^{-3}}{30} = 5,76;$$

$$\Delta = \frac{5,76 - 6}{5,76} \cdot 100 = 4,167 \text{ \%}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання колінчатого вала двигуна, рад/с

Довжина шатуна:

$$L_{\text{ш}} = R / \lambda_{\text{кшм}};$$

де $\lambda_{\text{кшм}}$ – постійна к.ш.м. $\lambda_{\text{кшм}} = 0,28$;

R – радіус кривошипа:

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній ефективний момент	M_e	250 Н·м
Коефіцієнт нерівномірності обертання	δ	0,05 (для с/Г техніки)
ККД приводу	η	0,95

Розрахунок моменту інерції маховика

Момент інерції розраховується за формулою [3,4]:

$$I_f = \frac{9550 \cdot M_e}{\omega \cdot \delta}$$

де

- M_e — середній обертовий момент, Н·м;
- ω — кутова швидкість, рад/с:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 1000}{60} \approx 104.72 \text{ рад/с}$$

$$I_f = \frac{9550 \cdot 250}{104,72 \cdot 0,05} \approx 4,56 \text{ кг/м}^2$$

Розрахунок геометричних параметрів маховика

Приймаючи маховик у вигляді суцільного диска (що відповідає базовій формі маховика Д-240), момент інерції розраховується також як:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

Звідси:

$$r = \sqrt{\frac{2I}{m}}; \quad m = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi r^2 h$$

Припускаємо матеріал — сірий чавун, $\rho = 7200 \text{ кг/м}^3$, товщина маховика $h \approx 0.05 \text{ м}$.

Після підстановки та вирішення рівнянь отримаємо:

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також було проаналізовано міцнісні характеристики модифікованого маховика, результати наведено на рисунках

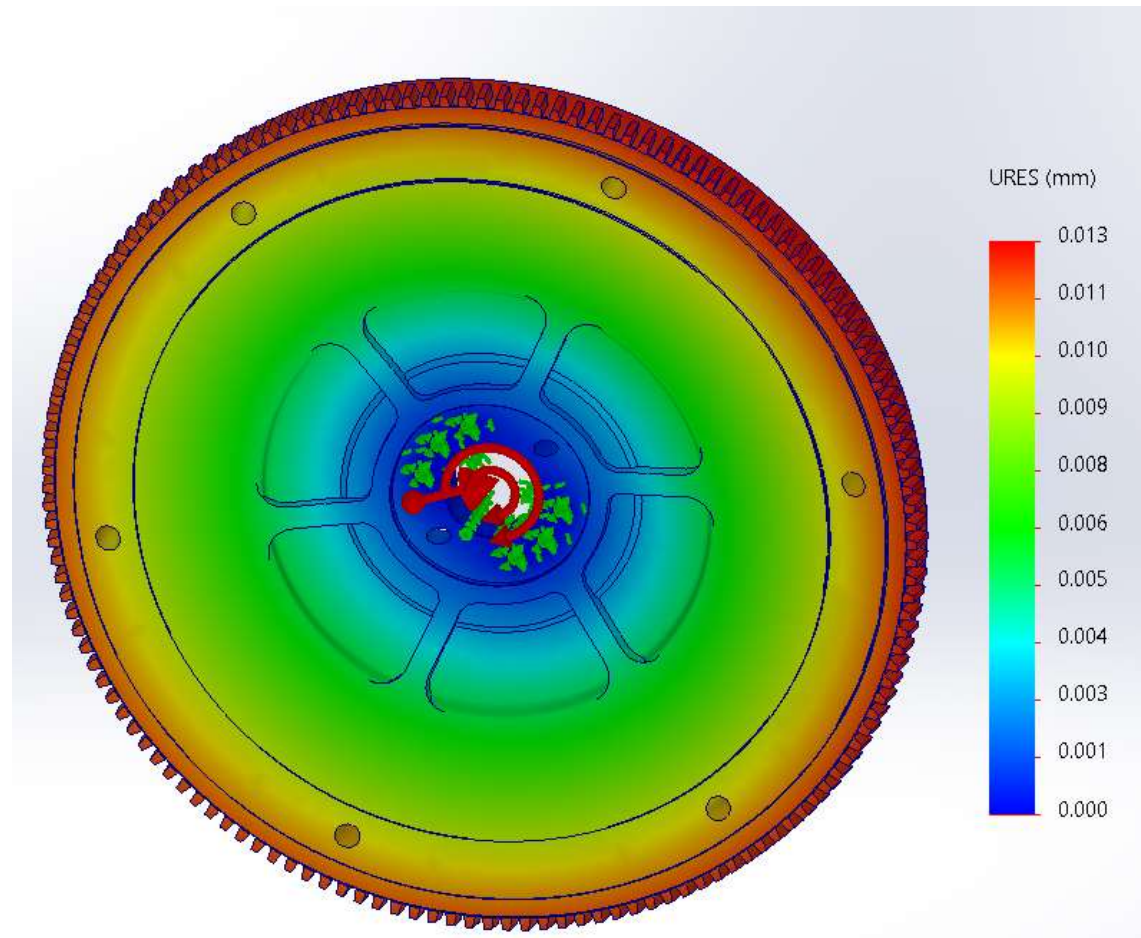


Рисунок – Значення переміщень модифікованого маховика

3	350.47	0.00285
4	567.44	0.00176
5	1076.70	0.00093

Отримані власні частоти коливань свідчать про високу жорсткість конструкції маховика та його стійкість до вібрацій на низьких обертах. Для порівняння: при частоті обертання 800 об/хв, частота збудження дорівнює $\approx 13,3$ Гц; при 1200 об/хв – ≈ 20 Гц.

Величини переміщень для гармонік наведено на рисунках

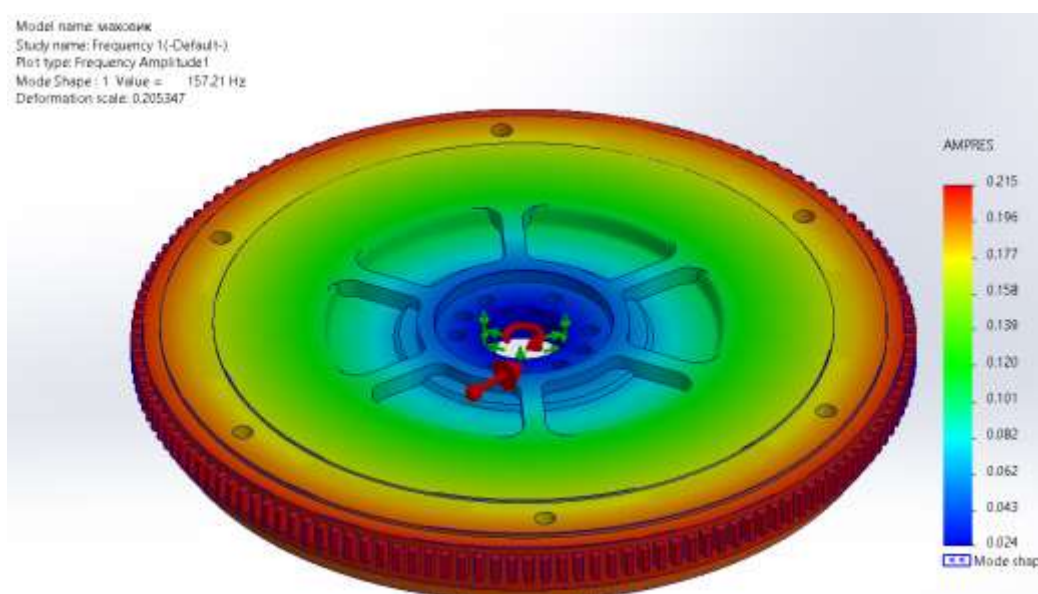


Рисунок – величини деформації для 1-ї гармоніки

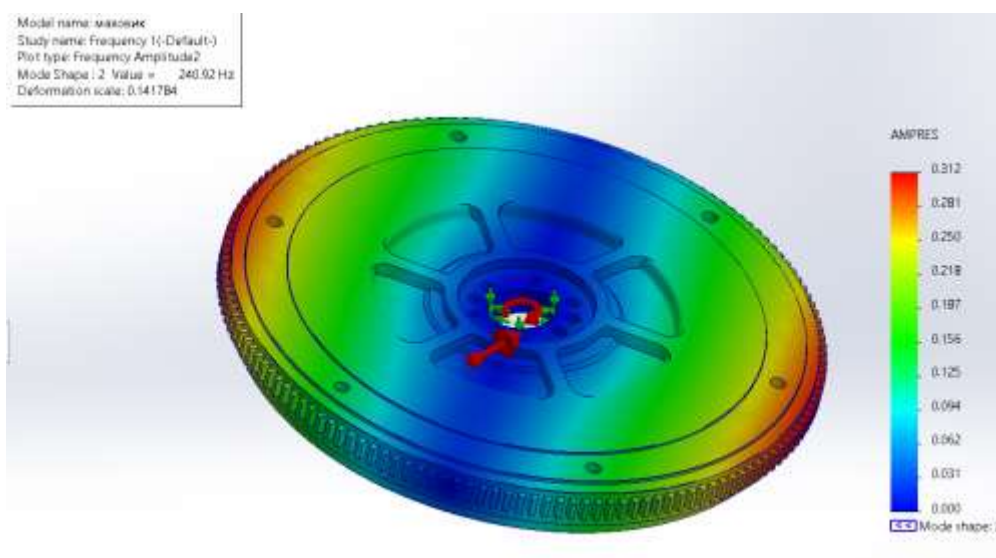


Рисунок – величини деформації для 2-ї гармоніки

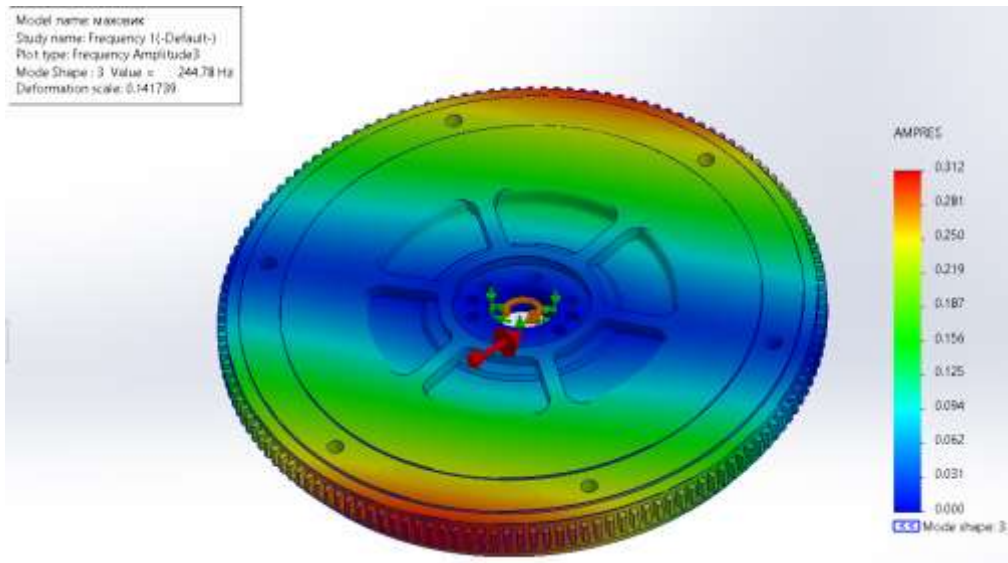


Рисунок – величини деформації для 3-ї гармоніки

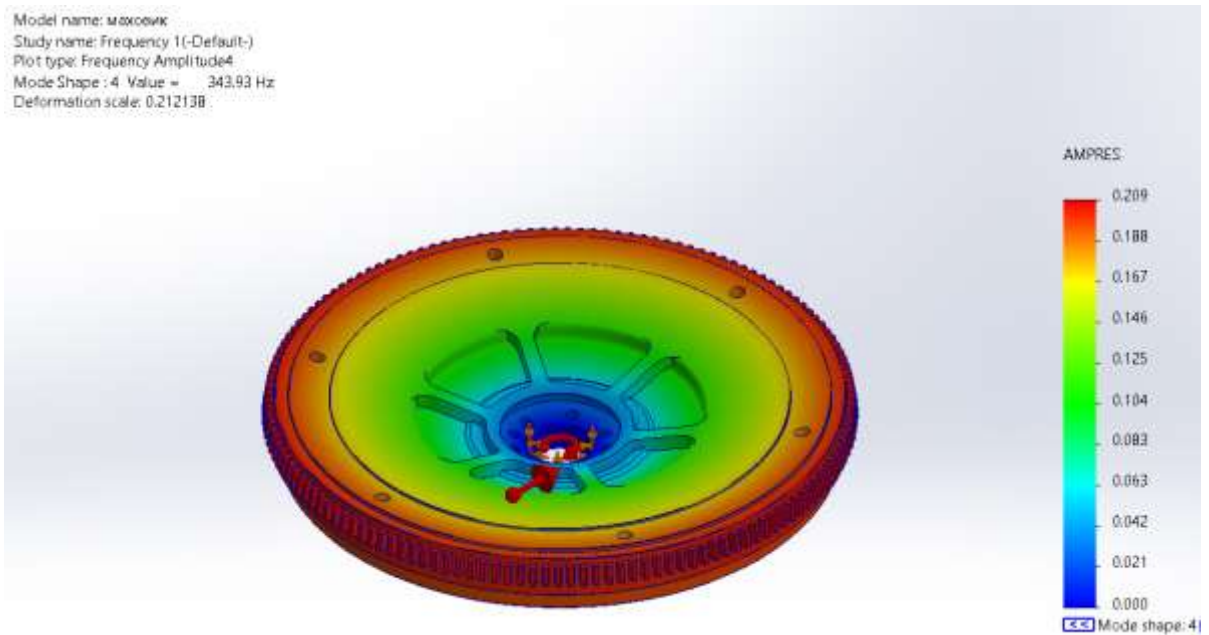


Рисунок – величини деформації для 4-ї гармоніки

Тепловий розрахунок двигуна, з урахуванням зміни режимів згорання, зменшення тепловиділення та зростання ризику неповного згорання палива на низьких обертах. Розрахунок дозволяє визначити зміну теплового навантаження на основні вузли, ефективність охолодження та температурний режим при зменшених оборотах.

Міцнісний розрахунок вузлів двигуна, зокрема шатунно-поршневої групи та маховика, з урахуванням зменшеної інерційної маси. Застосовано класичні розрахункові методи для визначення напружень, деформацій та коефіцієнтів запасу міцності.

Частотний аналіз (Frequency Study) маховика у середовищі SolidWorks Simulation, який дозволив виявити власні частоти коливань конструкції та оцінити ризик резонансу при роботі двигуна на зниженій частоті. Аналіз показав відповідність геометрії та маси маховика умовам експлуатації в новому режимі.

Запропоновані технічні рішення спрямовані на зниження динамічних навантажень, покращення стабільності обертання, зменшення теплових втрат та забезпечення оптимальної роботи двигуна в умовах вирощування баштанних культур. Особлива увага приділяється взаємозв'язку між конструктивними змінами та реальними режимами навантаження, що дозволяє комплексно оцінити ефективність модернізації.

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Під час виконання технологічних операцій на баштанних культурах (кавун, диня, гарбуз) трактор МТЗ-80 є основним енергетичним засобом. Проте специфічні умови роботи — м'який ґрунт, широкі міжряддя, розлога структура рослин — створюють додаткові ризики для оператора, обладнання та сільгоспкультур. Дотримання вимог безпеки при експлуатації трактора є обов'язковою умовою захисту працівників і запобігання аварійним ситуаціям. Потенційними небезпеками в умовах баштанного господарства є перекидання трактора на схилах, нерівній або розрихленій поверхні, пошкодження рослин через неправильну ширину колії або порушення маршруту руху, захоплення частин одягу у відкриті обертові механізми (ВВП, карданні вали), травмування оператора при навішуванні/відчепленні обладнання, підвищене теплове навантаження на оператора через роботу у кабінному просторі в літній період, пожежна небезпека при витіканні палива або мастила в умовах високої температури повітря.

Основні вимоги до безпечної експлуатації МТЗ-80

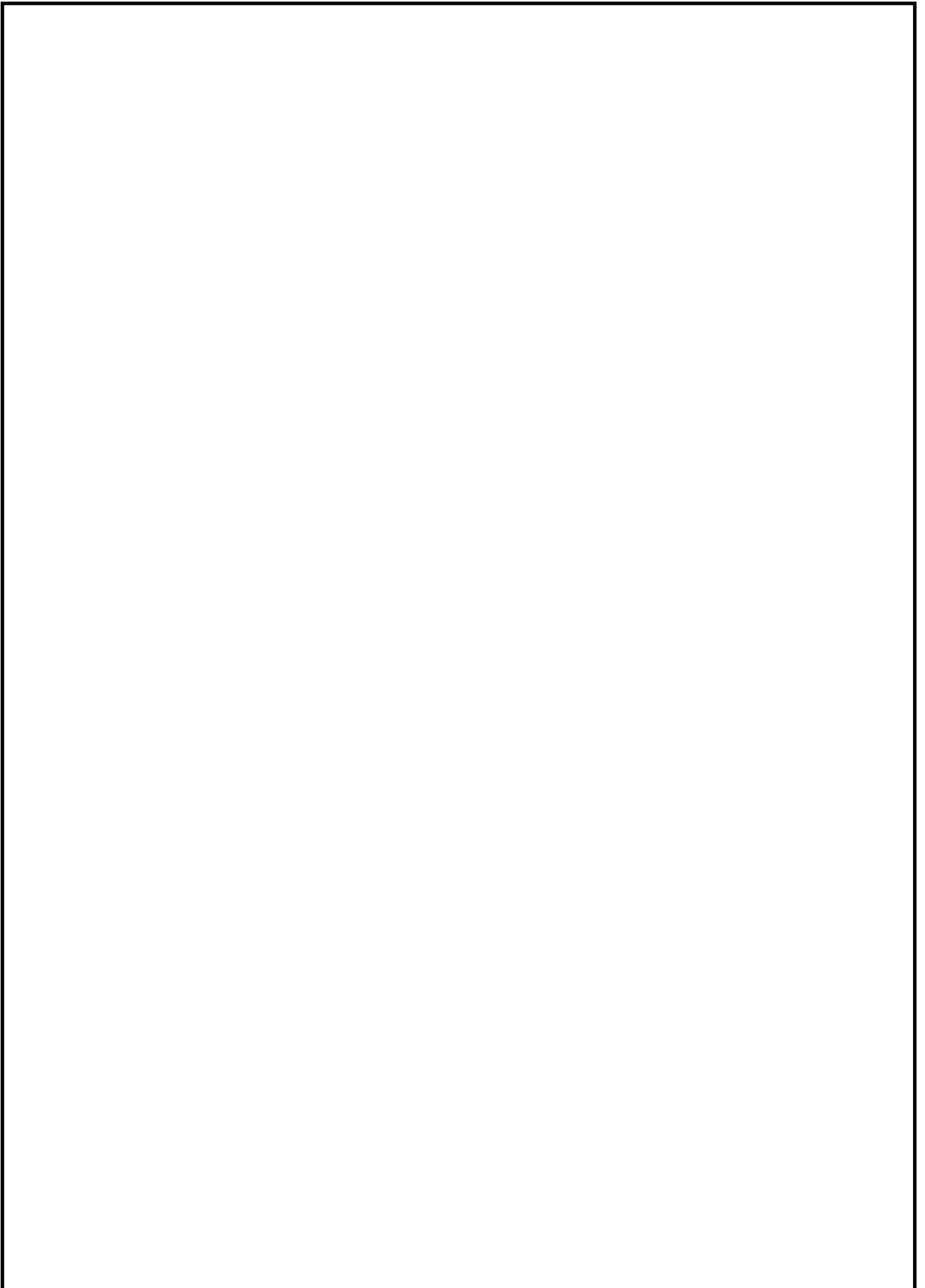
Перед початком роботи: провести огляд технічного стану трактора: перевірити рульове управління, гальма, фари, рівень масла і пального, справність сигналізації; перевірити стан навісного обладнання: надійність кріплення, відсутність тріщин, справність гідравліки; встановити колію трактора відповідно до ширини міжрядь (переважно 1,4–1,8 м); надіти захисний одяг, взуття з нековзною підошвою, головний убір, рукавиці; перевірити наявність аптечки, вогнегасника, огорожень на кардані та ВВП. Під час роботи: дотримуватись швидкості руху не більше 4–5 км/год у міжряддях; не виконувати розвороти на місці у зоні з рослинами; уникати переїзду батогів або плодів — можливе їх пошкодження та пробуксовування; не залишати трактор з увімкненим двигуном без оператора; у разі виявлення витоку палива або

					ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

паливний бак розташований над двигуном, злив здійснюється через спеціальний зливний отвір у нижній частині бака. Якщо пальне чисте — його можна повторно використовувати після фільтрації. Забруднене паливо або конденсат зливають до закритої ємності для утилізації. Моторне масло зливають після 240–250 мотогодин або згідно з графіком ТО-2. Трансмісійне масло: зливають за графіком або перед капремонтom. Для зливу масла необхідно поставити трактор на рівний майданчик з твердим покриттям. Після цього запустити двигун на 2–3 хвилини — для розігріву масла. Заглушити двигун, зняти ключ запалювання. Відкрутити зливну пробку піддона картера та злити масло у відповідну тару. Після зливу — закрутити пробку з новою прокладкою, залити свіже масло через горловину. Відпрацьоване масло збирають у герметичні металеві бочки або контейнери. Забороняється зливати мастила на ґрунт, у каналізацію або водойми. Вивіз і утилізація відпрацьованих олив виконується згідно з інструкцією підприємства або через ліцензованих операторів.

Мийка трактора необхідна після кожної зміни в умовах бруду, пилу або роботи з хімічними препаратами (підживлення, обприскування), перед технічним обслуговуванням, для полегшення огляду агрегатів. Мийка виконується на спеціальному посту або бетонованому майданчику з відводом стічних вод у септик. Забороняється мити трактор у річках, на полях або поблизу колодязів та свердловин. Використовується тепла вода з нейтральним мийним засобом. Під тиском (наприклад, Karcher) дозволяється обробляти кузов, колеса, раму — але не направляти струмінь безпосередньо на електропроводку, підшипники, сальники. Двигун перед миттям повинен бути заглушений і охололий. Оператор повинен бути у прогумованому одязі та чоботах, уникати ковзання. Уникати витоків агрохімікатів при роботі з обприскувачами чи системами підживлення. При зберіганні техніки на полі — використовувати піддони або підстилки під двигуном/гідросистемою.

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41



					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВОК

У ході виконання проєкту було обґрунтовано доцільність та необхідність конструктивних змін у вузлах трактора МТЗ-80 з метою адаптації його до умов вирощування баштанних культур, які вимагають повільного та стабільного руху на понижених обертах двигуна (800–1200 об/хв). Зокрема, було проаналізовано динамічні особливості роботи дизельного двигуна Д-240 у режимі низьких обертів та встановлено, що у стандартній конфігурації система схильна до коливань, вібрацій і нестабільної подачі палива. Основним засобом зменшення цих негативних проявів є оптимізація маховика, як елемента, що накопичує кінетичну енергію та згладжує імпульсні навантаження. На основі інженерних розрахунків, із залученням довідкових джерел і нормативних документів, визначено раціональні значення моменту інерції маховика на рівні 4,5–5,0 кг·м², що забезпечує згладжування крутного моменту при зниженій частоті обертання. Було також обрано геометричні параметри маховика (зовнішній діаметр, товщина, маса), що відповідають зазначеним технічним вимогам.

Проведене обґрунтування підтвердило можливість модернізації трактора МТЗ-80 без радикального втручання в конструкцію двигуна, забезпечуючи його ефективну роботу в умовах баштанного господарства.

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЛІТЕРАТУРА

1. Костин Б.П. Трактори та автомобілі: конструкція, розрахунок, експлуатація. – Харків: Основа, 2009.
2. Калюжний С.П. Основи проектування деталей машин. – К.: Вища школа, 2006.
3. Малиновський В.П. Двигуни внутрішнього згоряння. – Львів: Світ, 2010.
4. ГОСТ 21624-81. Маховики. Конструкція і розміри.
5. Каталог деталей двигуна Д-240 / Мінський моторний завод, 1996.

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					<i>ДП АІ 25.19.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		