

К.е.н., доцент Хворост Т.В.
Аспірант Омельченко Є.М.
Аспірант Тесленко О.В.

Сумський національний аграрний університет
м. Суми, Україна

Постановка проблеми. Планування технічного обслуговування (ТО) аграрної техніки є важливим аспектом для забезпечення ефективної експлуатації і тривалого терміну служби техніки. Ось лише кілька ключових аспектів, які впливають на якість організації ТО на підприємствах:

- необхідність регулярного обслуговування (визначення оптимальних інтервалів обслуговування для різних типів техніки);
 - відсутність централізованої системи обліку (виявлення проблем, пов'язаних з відсутністю єдиної системи технічного обслуговування);
 - оцінка потреб у запасних частинах та матеріалах для обслуговування;
- розробка програмного забезпечення для моніторингу стану техніки та планування обслуговування тощо.

Таким чином, планування технічного обслуговування аграрної техніки вимагає комплексного підходу з урахуванням багатьох аспектів, а розробка математичної моделі та програми проектування періодичного технічного обслуговування сучасної аграрної техніки стає актуальною для сучасних аграрних підприємств.

Аналіз останніх досліджень. Проблемами технічної експлуатації засобів механізації аграрного виробництва займалися багато українських науковців, таких як: В. Войтюк, В. Ситник, М. Молодик, О. Науменко, П. Музика О. Сідашенко, О. Лудченко, М. Кропивка, В. Більський, Я. Білоуська, Г. Підлісецький та інші. Проте, питання створення ефективної системи технічного обслуговування та ремонту аграрної техніки потребують подальшого вивчення.

Мета досліджень. Розробити математичну модель та програму проектування періодичного технічного обслуговування сучасної аграрної техніки, що дозволить організувати ефективний процес проведення ТО на підприємствах.

Результати. Розроблена математична модель та програма проектування періодичного технічного обслуговування сучасної аграрної техніки з обґрунтуванням трудомісткості і вартості робіт на прикладі трактора. Основою для розрахунків є модель трактора, його технічні характеристики і мануал проведення технічного обслуговування. Запис у розроблену програмну оболонку наведено на рис.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
		n/n	Тип	кН,кГ/с,т	кВт	кв	Г, т	\$	т	ТО				Обем оливи двигуна, л	Обем гдросис теми, л	Обем картеру переднього мосту, л	Обем бортових картерів, л	Обем антифризу, л	
1	1																		
2		Трактори, самохідні агромашини і автомобілі для системи TOP																	
3	CLAAS AXION 900 серії		2	110,0	298	200	16,00	201000	1600	1	2,40	0,98	0,98	27,50	155,00	15,00	12,00	40,00	

Рис.1 Технічні характеристики трактора (Елемент програми проектування TO SATSRAM.)

На рис.1 бачимо, яка технічна характеристика на кожну одиницю техніки необхідна для проведення подальшого аналізу і отримання результатів.

На основі зазначених вище даних на базі MS Excel розроблено програму проектування ТО. До складу програми входить перелік операцій, періодичність проведення ТО, вартість і кількість технологічних матеріалів, показники їх виконання і виконавці (Рис. 2).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
CLAAS AXION 900 серії	Виконати при досягненні кожних мотогодин (1 - виконують тракторист; 2 - фахівець агрофірми; 3 - фахівець ЦЦ)																							
Робота, матеріали	№	Обкатка				Сезони				Планове періодичне технічне обслуговування										К-ть опер.	В-ть опер.	Кількість	Ціна	Тр. опер.
	з/п	10	40	100	600	1000	1000	10	50	100	200	300	600	1200	1800	3000	3600	6000	на 1 мтг	ТО на 1 мтг	л, шт	грн	год	
Перевірка затяжки кріплення передніх баластних вантажів	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0100	0,00	0	1,00	0,17	
Перевірка затягування кріплення вантажів задніх коліс	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0117	0,00	0	1,00	0,17	
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,00	0	1,00	0,05	
Перевірка рівня оливи в бортових редукторах переднього моста	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0067	0,00	0	1,00	0,16	
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,00	0	1,00	0,05	
Перевірка рівня оливи в картері механізму переднього відбору потужності	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,0033	0,00	0	1,00	0,08	
Перевірка рівня оливи картері диференціалу переднього моста	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,0050	0,00	0	1,00	0,08	
	29																		0,0000				0,05	
Перевірка затягування кріплення ободів коліс до колісних дисків	30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1267	0,00	0	1,00	0,25	
Перевірка приводних ременів двигуна	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,0117	0,00	0	1,00	0,08	
Перевірка ефективності системи передукосового та подальшого підігріву	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,0017	0,00	0	1,00	0,08	
Заміна паливних фільтрів (звичайне дизельне паливо)	33	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,0350	130,86	1	3738,95	0,50	
Заміна моторної оливи	34	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,0350	176,40	20	252,00	0,35	
Заміна фільтра оливи двигуна	35	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,0350	119,74	1	3421,25	0,17	
Заміна фільтра оливи коробки передач	36	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,0350	105,37	1	3010,50	0,17	

Рис.2 Періодичність проведення ТО та виконавці операцій (Елемент програми проектування TO SATSRAM).

У відповідності до отриманих вхідних даних маємо можливість провест розрахунки і отримати результат для ефективного планування робіт з технічного обслуговування як окремої машини, так і парку в цілому. Визначення зведених показників: визначено виконавців, які будуть виконувати певні види робіт, а також трудомісткість, вартість виконання операції, витрата палива та інші. Даний метод розрахунку враховує різний ступінь завантаження двигуна.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	CLAAS AXION 900 серії		Виконати при досягненні кожних мотогодин (1 - виконують тракторист; 2 - фахівець агрофірми; 3 - фахівець ЦЦ)																					
2		№	Обкатка				Сезони				Планове періодичне технічне обслуговування									К-ть опер.	В-ть опер.	Кількість	Ціна	Тр. опер.
3	Робота, матеріали	з/п	10	40	100	600	1000	1000	10	50	100	200	300	600	1200	1800	3000	3600	6000	на 1 мтг	ТО на 1 мтг	л, шт	грн	год
4	Виконавці робіт	101	Виконавці відповідних операцій (1 - виконують, 0 - не виконують)																					
5	Кількість люд-год роботи тракториста, год	102	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0				
6	Кількість люд-год роботи фахівця агрофірми, год	103	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7	Кількість люд-год роботи фахівця Сервісу, год	104	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0				
8	Кількість год-год фахівця Сервісу в дорозі, год	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
9	Виконавці робіт	106	Затрати праці на кожні мотогодини																	К на 1 мтг	В на 1 мтг	К-ть год.	ОП	ЗОП
10	Кількість люд-год роботи тракториста, год	107	0,76	0,25	1,89	0,00	0,00	0,00	0,97	1,65	2,47	2,63	2,79	4,26	5,10	5,10	5,18	5,18	0,195336	1269,58	43	150,00	6499,50	
11	Кількість люд-год роботи фахівця агрофірми, год	108	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	1	151,00	151,00	
12	Кількість люд-год роботи фахівця Сервісу, год	109	0,00	0,00	4,03	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55	12,71	14,88	15,18	15,18	0,038248	478,94	82	152,00	12521,76	
13		110	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0	154,00	5082,00	
14																								
15	Завантаження двигуна, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0												
16	Витрата палива, кг/год	59,6	55,1	50,7	46,2	41,7	37,3	32,8	28,3	23,8	19,4	14,9												
17	Коеф. мотогод. (АГ+МТГ при ном)	4,00	3,70	3,40	3,10	2,80	2,50	2,20	1,90	1,60	1,30	1,0												
18	Коеф. мотогод. (АГ+МТГ при ппх)	1,00	0,93	0,85	0,78	0,70	0,63	0,55	0,48	0,40	0,33	0,00												
19	Коеф. мотогод. (за витратою палива)	1,53	1,42	1,30	1,19	1,07	0,96	0,84	0,73	0,61	0,50	0,38												

Рис.3 Зведені показники (Елемент програми проектування TO SATSRAM).

На рис.3 бачимо, що маємо можливість спланувати роботи з урахуванням розподілення проведення операцій між оператором водіння, представником сервісної служби, внутрішніми інженерами. Можемо провести моделювання з метою оптимізації витрати коштів та затрати часу.

Проведено розрахунки затрат роботи на експлуатацію трактора у залежності від його завантаження (Рис.4)

Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
Річне завантаження, год	Коефіцієнт переведення у мотогодин	Кількість мотогодин	Строк амортизації	Опл. праці тракториста, грн	Вартість палива, грн	Технологічне обслуґ., грн	Амортизація, грн	Ремонт, грн	Зберігання, грн	ТО матеріали, грн	Вартість оливи на доливку, грн	Річна варт. роб трактора, грн	Затр.праці на ТО, люд. год	Опл. праці ТО, грн	Затр. вартість ТО, грн
1	1,07	1,07	10	150,00	2145,76	0,00	726213,00	0,00	7278,18	1604,61	1736,05	739564,61	0,25	437,02	2041,62
100	1,07	107	10	15000,00	214575,54	0,00	7262,13	0,00	1677,23	160460,74	173605,40	616282,63	24,99	43701,59	204162,33
200	1,07	214	10	30000,00	429151,08	0,00	3631,07	0,00	3245,53	320921,48	347210,80	1221563,13	49,99	87403,18	408324,66
300	1,07	321	10	45000,00	643726,62	0,00	2420,71	0,00	4838,03	481382,22	520816,20	1829288,55	74,98	131104,77	612486,99
400	1,07	428	10	60000,00	858302,16	0,00	1815,53	0,00	6436,58	641842,96	694421,60	2437625,19	99,97	174806,36	816649,32
500	1,07	535	10	75000,00	1072877,70	0,00	1452,43	0,00	8037,56	802303,70	868026,99	3046206,33	124,97	218507,95	1020811,65
600	1,07	642	10	90000,00	1287453,24	0,00	1210,36	0,00	9639,75	962764,44	1041632,39	3654909,72	149,96	262209,54	1224973,98
700	1,07	749	10	105000,00	1502028,78	0,00	1037,45	0,00	11242,63	1123225,18	1215237,79	4263682,96	174,95	305911,13	1429136,31
800	1,07	856	10	120000,00	1716604,32	0,00	907,77	0,00	12845,94	1283685,92	1388843,19	4872499,85	199,95	349612,72	1633298,64
900	1,07	963	10	135000,00	1931179,86	0,00	806,90	0,00	14449,54	1444146,65	1562448,59	5481345,86	224,94	393314,31	1837460,97
1000	1,07	1070	10	150000,00	2145755,40	0,00	726,21	0,00	16053,34	1604607,39	1736053,99	6090212,24	249,93	437015,90	2041623,30
1100	1,07	1177	10	165000,00	2360330,94	0,00	660,19	0,00	17657,28	1765068,13	1909659,39	6699093,44	274,93	480717,49	2245785,63
1200	1,07	1284	10	180000,00	2574906,48	0,00	605,18	0,00	19261,34	1925528,87	2083264,79	7307985,75	299,92	524419,08	2449947,95
1300	1,07	1391	10	195000,00	2789482,03	0,00	558,63	0,00	20865,48	2085989,61	2256870,19	7916886,60	324,92	568120,67	2654110,28
1400	1,07	1498	10	210000,00	3004057,57	0,00	518,72	0,00	22469,69	2246450,35	2430475,59	8525794,18	349,91	611822,26	2858272,61
1500	1,07	1605	10	225000,00	3218633,11	0,00	484,14	0,00	24073,95	2406911,09	2604080,98	9134707,13	374,90	655523,85	3062434,94
1600	1,07	1712	10	240000,00	3433208,65	0,00	453,88	0,00	25678,26	2567371,83	2777686,38	9743624,44	399,90	699225,44	3266597,27
1700	1,07	1819	10	255000,00	3647784,19	0,00	427,18	0,00	27282,60	2727832,57	2951291,78	10352545,35	424,89	742927,03	3470759,60

Рис.4 Розрахунки затрат роботи на експлуатацію трактора в залежності від його завантаження (Елемент програми проектування TO SATSRAM).

Аналізуючи рис. 4 ми бачемо, що розроблена модель дозволяє провести аналіз таких показників, як вартість матеріалів для проведення ТО, вартість оливи, витрати на зберігання, відрахування на амортизацію в залежності від річного завантаження техніки це дає розуміння на скільки важливо організувати процес таким чином, щоб мінімізувати її простої. Простой можуть виникати від залежних і незалежних факторів. Це може бути погода, буревій, катаклізм, а може бути простої у зв'язку з очікування сервісної служби для обслуговування, очікування підвезення робочих матеріалів, перезмінки і багато іншого. Даний інструмент має практичне спрямування і направлений на підвищення рівня організації роботи інженера та на навчальний процес в закладах освіти для підготовки фахівців з агроінженерних та економічних спеціальностей.

Висновок. Розроблена математична модель дозволяє проводити проектування проведення технічного обслуговування сучасної аграрної техніки. Використання даної програми направлено на підвищення ефективності використання аграрної техніки при виконанні робіт.

Список літератури

1. .N. Mafla-Y'opez, C.F. Morales-Bayetero, E.P. Hern'andez-Rueda, I.B. Benavides Cevallos, Vehicle Maintenance Management Based on Machine Learning in Agricultural Tractor Engines, 90, DYNA, 2023, pp. 22–28, <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n225.103612>
2. Войтюк, В. Д., Бондар, С. М., & Шимко, Л. С. (2019). Technical service in agricultural production. Pt. 2.

3. Меховський, А. В. (2021). Стан системи технічного сервісу аграрних підприємств. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/13671/1/tezy_molod_i_sg-2021-299.pdf