

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ

**Мельник І.І., к.т.н., професор**

**Зубко В.М., к.т.н., доцент**

**Хворост Т.В., к.е.н.**

*Сумський національний аграрний університет*

*Розроблено методику дослідження експлуатаційно-економічних показників та показників якості роботи для існуючих та спроектованих машинних агрегатів при виконанні механізованих технологічних операцій в реальних природно-кліматичних умовах.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді.**

Аналіз останніх досліджень і публікацій, спілкування з аграріями свідчать про те, що при існуючій різноманітності машин на ринку аграрної техніки, при сьогоденньому формуванні господарств з певних площ (складових частин), розташованих в різних природньо-кліматичних зонах, різному рельєфі полів, їх розмірах та площах оцінка експлуатаційно-економічних та якісних показників використання машинних агрегатів на механізованих технологічних операціях повинна враховувати велику кількість факторів (групи машин, ґрунтово-кліматичні умови, вимоги культур для максимальної реалізації селекційного потенціалу та ін.), результати розрахунку повинні забезпечувати достовірність та відповідність тим умовам, для яких проведений розрахунок. Результати досліджень, з використанням даної методики, повинні мати кінцевий результат за мінімальний проміжок часу.

Існуючі методики розрахунку експлуатаційно-економічних показників та оцінки якості роботи машин були розроблені в основному на початку минулого століття і застосовувалися до машин і технологій того часу.

Застосування сучасних технологій виробництва продукції рослинництва у поєднанні з новітніми конструкціями машин та їх робочих органів вимагають удосконалення методики оцінки якості їх роботи з використанням сучасних засобів математичної обробки.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

В умовах інтенсифікації землеробства, впровадження нової техніки і прогресивних технологій важливим резервом підвищення врожайності агрокультур і зниження втрат продукції є ефективне використання машин та поліпшення якості виконання механізованих польових робіт [1].

Аналізуючи історію з початку минулого століття – революції, голодомори, дві світові війни, постійні перебудови забрали найбільшу кількість населення. У той же час населення земного шару збільшується і через декілька десятиліть буде становити близько дев'яти мільярдів чоловік, а це критична чисельність, яку може прогодувати земля. Якщо у 1950 році у світі на 1 га землі

припадало менше 2 чоловік, у 2000 році – більше 4, то вже у 2030 році їх буде більше 7 чоловік. Стає очевидним, що найбільш прибутковим бізнесом є виробництво продукції рослинництва [1].

При інтенсивних технологіях вирощування агрокультур особливу увагу слід приділяти економічному обґрунтуванню кожного машинного агрегату в технології, дотриманню технологічної дисципліни, проведення польових робіт в оптимальні агротехнічні терміни в суворій відповідності з існуючими нормативами і технологічними допусками, а також регулюванню машин на заданий режим роботи [1].

У технологіях виробництва агрокультур механізація технологічних процесів займає особливе місце. У наукових працях Мельника І.І. [2], Погорілого Л.В. [3], Натанзона І.Й. [4], Фінна Е.А. [5, 6], Діденка М.К. [7] та інших були глибоко досліджені питання комплектування машинних агрегатів для обґрунтування раціональних комплексів машин та машинного парку, розроблені методики обґрунтування раціонального складу комплексу машин для виробництва агрокультур з урахуванням різних критеріїв оптимізації.

Вартість сучасних засобів механізації є досить високою, а за умови того, що машини у господарстві будуть працювати не один рік, обробляти не один гектар ріллі, враховуючі потреби рослин, які вирощуються в агроформуванні та відповідність конструкційних особливостей машини ґрунтово-кліматичним умовам місцевості, де вона буде використовуватись, актуальним є питання дослідження та обґрунтування ефективності та доцільності вибору машини для кожної операції. Від того, наскільки вдало будуть вибрані енергетичні засоби та агромашини, залежить і ефективність ведення господарювання, і вплив на екологію, і спадок майбутньому поколінню.

#### **Формулювання мети статті.**

Метою даної статті є дослідження ефективності використання машинного агрегату за експлуатаційно-економічними та якісними показниками.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Аграрне виробництво складається з безліч складових та швидкоплинних процесів. Однією з таких складових господарської діяльності агроформувань є засоби механізації, для дослідження ефективності використання яких необхідно об'єднати в єдину модель і спрогнозувати результат, а значить і швидко прийняти рішення. При цьому, перш ніж прийняти рішення про доцільність використання того чи іншого машинного агрегату, необхідно провести дослідження техніко-експлуатаційних показників та показників якості виконання ними відповідної механізованої технологічної операції. Такі дослідження проводяться відповідно до програми та методики експериментальних досліджень техніко-експлуатаційних показників машинних агрегатів, які включають в себе як польові так і лабораторні дослідження.

Сучасні методи інформаційних технологій дозволяють значно спростити та здешевити результати оцінки роботи машинних агрегатів.

Оперативне отримання інформації завжди дає нам можливість працювати «на випередження».

Визначальним в цій ситуації є інструмент, завдяки якому отримуються

данні для обробки, аналізу та прийняття рішення. Мова йде про методику, яка використовується для отримання інформації. Результат розрахунку, отриманий у лабораторних умовах, повинен відповідати результату хронометражних спостережень у виробничих умовах. Саме такою є розроблена нами математична модель і комп'ютерна програма «Машинний агрегат», алгоритм якої реалізований в середовищі Microsoft Office Excel.

### Робота з комп'ютерною програмою «Машинний агрегат».

Основною умовою для проведення розрахунків повинна бути достовірна база даних.

Вхідними параметрами комп'ютерної програми «Машинний агрегат» є конструктивні параметри енергетичних засобів і агромашин, а також агрокліматичні та фізико-механічні умови їх роботи при виконанні тих чи інших механізованих операцій за умови забезпечення агротехнічних вимог.

Основними вихідними параметрами реалізації програми є результати роботи машинних агрегатів з урахуванням вартості та якості виконання механізованих робіт.

### Дослідження енергетичного засобу.

Вхідні параметри: марка енергетичного засобу, визначена виробником, тип енергетичного засобу, основний технологічний параметр енергетичного засобу, потужність двигуна, питома витрата палива, експлуатаційна маса, балансова вартість енергетичного засобу, нормативне річне завантаження, система ТОР, коефіцієнт надійності енергетичного засобу.

Вихідні параметри: гакове зусилля, витрати паливо-мастильних матеріалів, амортизаційні відрахування, коефіцієнт забезпечення агро вимог.

На рис. 1 представлена схема щодо дослідження (розрахунку) енергетичного засобу.

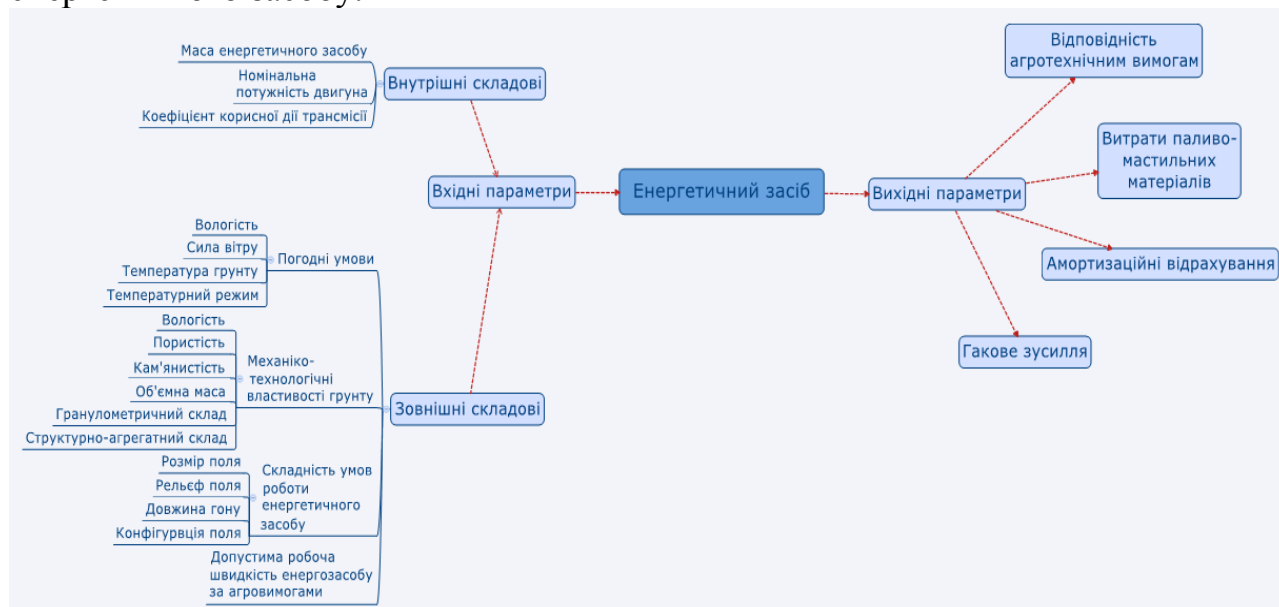


Рис. 1. Схема дослідження енергетичного засобу

Результати підготовки бази даних по енергетичних засобах для використання їх у зазначеній програмі «Машинний агрегат» наведено на рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Джон Дір 8420	181	2	60.0	198	200	10.00	195000	1600	1	2.20	0.98	0.98			Трактор колісний 4К4 клас 6
3	Джор Дір 9430	220	2	60.0	316	200	20.10	442000	1600	3	2.20	0.98	1.00			Трактор колісний 4К4 клас 6
4	Джон Дір 9530	221	2	65.0	351	200	20.30	480000	1600	3	2.20	0.98	1.00			Трактор колісний 4К4 клас 6
5	K-701	1	2	65.0	220	245	13.00	86435	1500	1	2.70	0.92	1.00			Трактор колісний 4К4 клас 5
6	K-700A	2	2	60.0	158	245	12.30	59800	1500	1	2.20	0.80	1.00			Трактор колісний 4К4 клас 5
7	Умовні позначення колонок:															
8	1 - Марка енергетичної машини;							4 - Основний технологічний параметр(максимальне тягове зусилля для тракторів, кН; вантажопідйомність для автомобілів, т, пропускна здатність для комбайнів, кг/с);								
9	2 - Шифр енергетичного засобу;															
10	3 - Тип енергетичної машини:															
11	0 - людина;							5 - Потужність двигуна, кВт;								
12	1 - гусеничні трактори;							6 - Питома витрата палива, г/кВт*год (г/км);								
13	2 - колісні трактори 4К4;							7 - Експлуатаційна маса, т;								
14	3 - колісні трактори 4К2;							8 - Світова ціна, \$;								
15	4 - самохідні комбайни;															
16	5 - автомобілі-самоскиди (бензинові);															
17	6 - автомобілі-самоскиди (дизельні);															
18	7 - автомобілі бортові (бензинові);															
19	8 - автомобілі бортові (дизельні);															
20	9 - електродвигун;															
21								10 - Система ТОР (визначає ресурс енергетичного засобу до 1-го капітального ремонту: 1- стара система; 2 - нова система; 3 - система для іноземної техніки.);								
	11 - Виробіток енергомашини в умовних гектарах за годину (для гусеничних - $K=0.06G+0.01Ne$ ; решти - $K=0.05G+0.01Ne$ );															
	12 - Коефіцієнт надійності енергозасобів;															
	13 - Коефіцієнт забезпечення агровиомог.															
	14 - Знаком (+) відмічаються енергетичні засоби, які необхідно включити у розрахунок.															

Рис. 2. Загальний вигляд бази даних по енергетичних засобах

### Дослідження агромашини.

Вхідні параметри: марка агромашини визначена виробником, тип агромашини, основний технологічний параметр, максимальна дозволена агровиомогами швидкість, потужність на ВВП, експлуатаційна маса агромашини, балансова вартість агромашини, нормативне річне завантаження агромашини, система ТОР, кількість обслуговуючого персоналу, кінематична довжина машини, коефіцієнт надійності машини.

Вихідні параметри: загальний опір машини, амортизаційні відрахування, коефіцієнт відповідності агротехнічним вимогам.

Схема дослідження агромашини представлена на рис. 3.

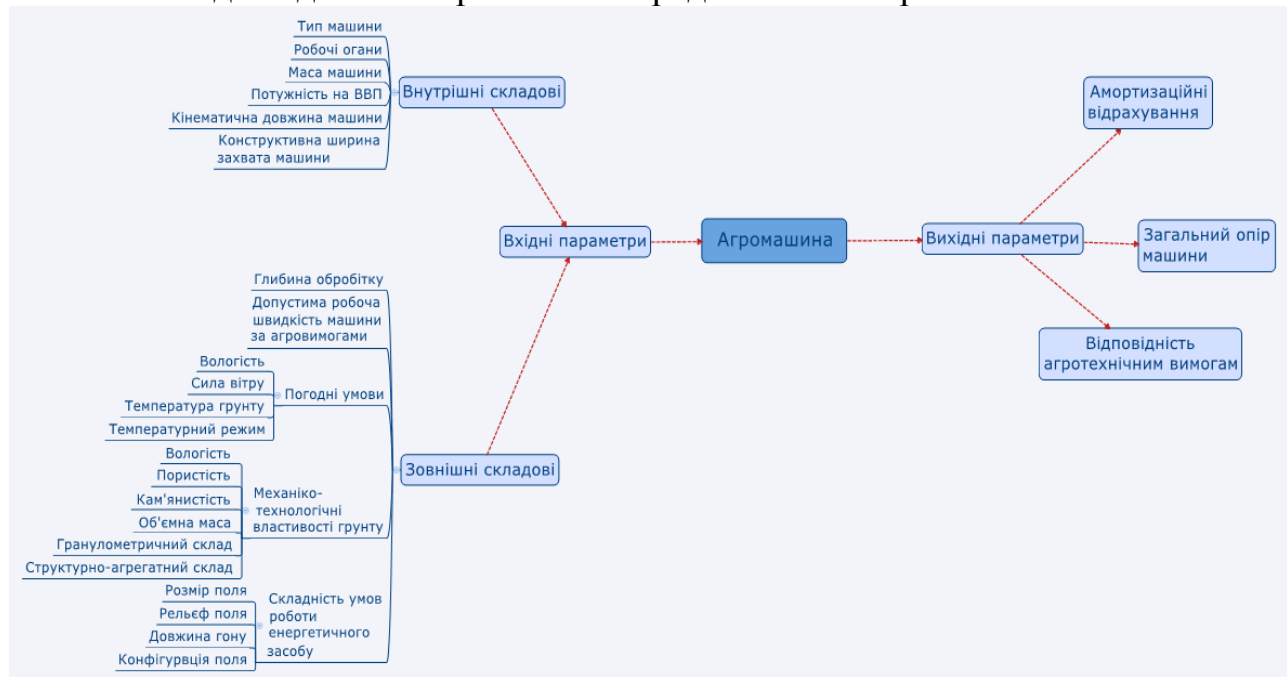


Рис. 3. Схема дослідження агромашини

Результати підготовки бази даних по агромашинах для використання їх у зазначеній програмі «Машинний агрегат» наведено на рис. 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y			
1	1			4	5	6	7	8	9	1	1	12	13	14														
2	ПТК-9-35	1	1	3.20	10	0.0	2.80	4175	240	1	0	7.5	0.92	0.98												Плуг лемішний (до трактора класу 5)		
3	ПНТК-10-35	365	1	3.50	10	0.0	3.00	7702	480	2	0	7.7	0.92	0.98												Плуг лемішний 10 корпус (до тр. кл 6)		
4	ПТК-6/7-40	7	1	2.80	9	0.0	1.50	3737	240	1	0	7.0	0.92	0.98												Плуг лемішний 8-корпусний		
5	ПНЛ-8-40	2	1	3.20	10	0.0	2.15	4100	240	1	0	7.0	0.92	0.98												Плуг лемішний 8-корпусний		
6	ПНН-10-35Д	537	1	3.50	10	0.0	2.80	5628	240	2	0	7.5	0.92	0.98												Плуг лемішний (до трактора Джон Дір) Шелетяка		
7	МФ 720	374	1	2.70	10	0.0	1.60	15000	300	3	0	6.5	0.98	0.98												Плуг лемішний 6-ти корпусний (Великобританія)		
8																												
9																											Умовні позначення колонок:	
10	1 -																									4 -	Максимальна ширина захвату для машин типу 1,2,3,4,9,10,11,12 м;	
11	2 -																										Вантахопдіємність (т) для машин типу 6,7,8;	
12	3 -																										Продуктивність, т/год, для машин типу 5;	
13	1 -																										5 -	Максимальна робоча швидкість, км/год; Ширина захвату для машин типу 6, м;
14	2 -																										Максимальна пропусна здатність для машин типу 11,12 кг/с;	
15	3 -																										6 -	Потужність на ВВП, кВт(питома потужність для типу машини 9 і 12 кВт/кг*с);
16	4 -																										7 -	Експлуатаційна маса, т;
17	5 -																										8 -	Балансова вартість, ум. од.;
18	6 -																										9 -	Нормативне річне завантаження, год;
19	7 -																										10 -	Система ТОР (визначає ресурс сільськогосподарської машини до 1-го ремонту
20	8 -																										1 -	стара система, 2 - нова система, 3 - система для іноземної техніки).
21	9 -																										11 -	Кількість обслуговуючого персоналу;
22	10 -																										12 -	Кінематична довжина машини, м;
23	11 -																										13 -	Коефіцієнт надійності машини;
24	12 -																										14 -	Коефіцієнт забезпечення агровиимог.
25	13 -																											
26	1 -																											
27	2 -																											
28	3 -																											

Рис. 4. Загальний вигляд бази даних по агромашинам

### Дослідження машинного агрегату.

Вхідні параметри: коефіцієнт опору руху, допустима робоча швидкість агрегату за агровиимогами, коефіцієнт зчиплення ведучого апарату, дотична сила тяги, сила зчиплення, сила опору перекочування, рушійна сила (рис. 5).

Вихідні параметри: потужність на тягу, потужність на буксування, фактична швидкість агрегату, потужність на перекочування, коефіцієнт використання потужності, відповідність агротехнічним вимогам.



Рис. 5. Схема формування досліджень машинного агрегату

Для отримання економічних показників необхідно мати додаткову інформацію. З цією метою методика доповнена наступними довідковими даними: оплата праці, довідник цін, вартість послуг, погодинні тарифні ставки, швидкості руху та витрати палива на переїздах, клас ґрунтів за питомим опором та інші (рис. 6).

Вирощування агрокультур супроводжується певними технологічними операціями. В свою чергу робота кожної окремої механізованої технологічної операції якісно забезпечується машинним агрегатом.

1 Структурні підрозділи підприємства		Курс долара		27			
Найменування	Скоротено						
Сумський НАУ	СНАУ						
2. Оплата праці: тарифна сітка							
мінімальна заробітна плата	1218	грн.					
річний фонд робочого часу	2011	год					
місячна норма робочих годин	168	год					
Категорія працівників	Ротация роботи						Коефіцієнт співвідношення між категоріями
	1	2	3	4	5	6	
Міжрозрядні коефіцієнти	1.00	1.09	1.20	1.35	1.55	1.80	X
Трактористи-машиністи	65.63	71.54	78.76	88.60	101.73	118.13	1.29
На ручних роботах у тваривацтві	59.02	64.33	70.82	79.67	91.48	106.23	1.16
На ручних роботах у рослинництві	50.88	55.46	61.05	68.68	78.86	91.58	1.06
На ремонтних роботах	53.93	58.78	64.71	72.80	83.59	97.07	1.06
На верстатних роботах	60.54	65.09	72.65	81.73	93.84	108.98	1.19
На ремонтно-будівельних роботах	63.60	69.32	76.31	85.85	98.57	114.47	1.25
3. Довідник цін		вантажні		для легкових та спеціальних			
Базові планові показники		за км	за кв. метр	за кв. метр	за кв. метр	за кв. метр	
Планова собівартість автопарку		т-км	км	год			
СНАУ	грн	0.96	1.19	21.21			
Планова собівартість 1 ум.т.га (без прямої оплати праці і ПММ)				1 тваривацтві			
СНАУ	грн	32.51	1.00				

Рис. 6. Загальний вигляд бази даних з довідковою інформацією

Слід зауважити, що кожний машинний агрегат, за умовами роботи, має свої як технологічні так і технічні показники. Наприклад, на експлуатаційно-економічні показники роботи орного агрегату істотно буде впливати фізико-механічний склад ґрунту, натомість при збиранні на показники комбайна істотний вплив буде мати механіко-технологічні властивості культури. Враховуючи цей факт розроблено декілька підходів для визначення показників роботи машинних агрегатів. В методиці ці групи машин розбиті на категорії: орний агрегат, простий агрегат, багатомашинний агрегат, самохідний збиральний агрегат, причіпний збиральний агрегат, автомобілі.

За результатами проведених досліджень отримуємо результат, який поділяється на дві складові: експлуатаційно-економічні показники та показники якості роботи машинного агрегату на механізованій технологічній операції. Кожен результат включає технічні та технологічні показники, обумовлені конструктивними особливостями машин, технологічними вимогами та умовами роботи машинного агрегату (рис. 7 та 8). На основі відповідних даних формується результат досліджень за відповідними показниками.

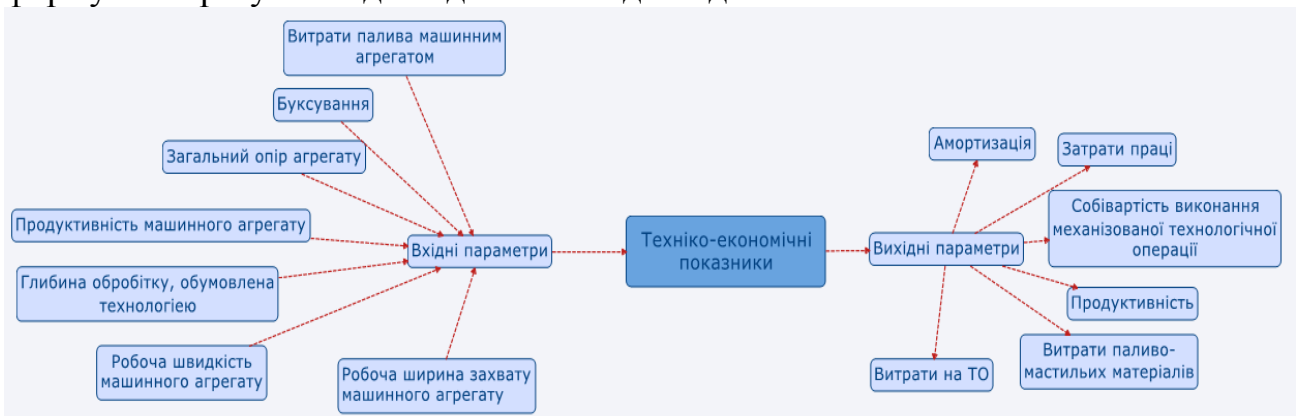
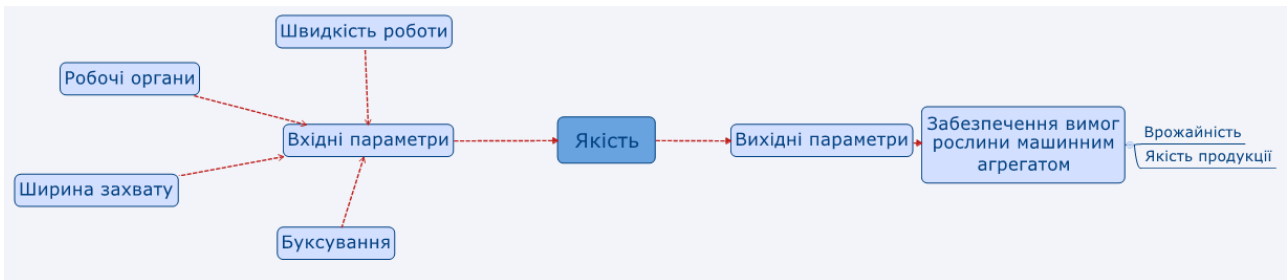


Рис. 7. Схема формування результату досліджень машинного агрегату за експлуатаційно-економічними показниками



**Рис. 8.** Схема формування досліджень машинного агрегату за показником якості

При розрахунку будь-якого агрегату вікно умовно поділяється на три частини: перша – вхідні данні (рис. 9), експлуатаційно-економічні показники розрахунків (рис. 10) та показники якості (рис. 11).

1	Склад орного машинного агрегату														
2	Енергетичний засіб	Тип	Рдоп	N	q	G	C	t	Kп	Kн	Кя				
3	ХТЗ-150-05	206	1	37.0	129	220	8.15	52000	2000	2	1.65	0.80	1.00	Трактор гусеничний клас 3 ХТЗ-150-05-09	
4	Агромашинна	Тип	B	V	G	C	t	n	Kд	Kн	Кя				
5	ПЛН-5-35	4	1	1.80	7	0.0	0.90	1700	240	1	0	4.2	0.98	0.93	Плуг лемшний 5-корпусний
Вхідні дані															
7	Фон поверхні ґрунту			3	Спосіб руху агрегату			1							
8	Питомий опір ґрунту, кН/м2			7	Віддаль від парку до поля, км			1							
9	Умови роботи машинного агрегату			3											
10	Рельєф, %			3											
11	Глибина обробки ґрунту, см			25											
12	Довжина гонів, м			1200											

**Рис. 9.** Загальний вигляд вікна з відображенням вхідних даних

Результати розрахунків																									
Енергетичний засіб					Агромашинна					Машинний агрегат															
17	Коефіцієнт опору руху				0.069				Коефіцієнт опору руху				0.076				Коефіцієнт використання тягового зусилля				0.69				
18	Коефіцієнт зчеплення ведучого апарату				1.019				Сила опору перекошування, кН				0.07				Коефіцієнт КО				0.42				
19	Допічна сила тяги, кН				58.39				Сила опору підйому, кН				0.27				Буксування, %				2.46				
20	Сила зчеплення, кН				80.55				Сила опору виконання процесу кН				33.18				Фактична швидкість агрегату, км/год				8.83				
21	Сила опору перекошування, кН				5.34				Загальний опір агрегату, кН				33.52				Потужність на перекошування, кВт				10.13				
22	Сила опору підйому, кН				2.46												Потужність на підйом, кВт				4.64				
23	Рухлива сила, кН				48.09												Потужність на буксування, кВт				2.69				
24																	Потужність на тягу, кВт				63.58				
25																	Ефективна потужність, кВт				102.97				
26																	Коефіцієнт використання потужності				0.80				
27																									
Кінематика машинного агрегату					Баланс часу зміни					Техніко-економічні показники															
29	Радіус повороту агрегата, м				2.88				Час зміни, год				7.00				Продуктивність агрегату, га/год				0.90				
30	Довжина виїзду агрегата, м				5.85				Час на переїзду до поля, год				0.11				Затрати праці, люд-год/га				1.11				
31	Ширина поворотної смуги, м				10.17				Час, витрачений на ТО енергомашини, год				0.40				Витрата палива, кг/га				25.25				
32	Робоча довжина гону, м				1179.96				Час, витрачений на ТО агромашини, год				0.04				Вартість палива, грн/га				478.28				
33	Довжина холостого ходу, м				15.24				Втрати часу на повороти, год				0.19				Вартість опів, грн/га				10.11				
34	Ширина захвату агрегата, м				1.98				Час на фізіологічні потреби, год				0.90				Сплата праці, грн/га				129.97				
35									Основний час, год				4.65				Амортизація, грн/га				149.32				
36																	Витрати на ТО, грн/га				160.73				
37	Коефіцієнт робочих ходів				0.84				Коефіцієнт використання часу зміни				0.68				Прямі експлуатаційні затрати, грн/га				925.41				
38																									
Зведені показники агрегату					Надійність																				
40	Склад МА	Продукти вність, га/год	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг /га	Прямі експлуат. затрати,	Енергозасіб					Агромашинна														
41						Час роботи машини на рік, год					1600					Час роботи машини на рік, год					235				
42						Час на відновлення в рік, год					400					Час на відновлення в рік, год					5				
43						Кількість відмов на рік					133					Кількість відмов на рік					2				
44	ХТЗ-150-05	0.90	1.11	25.25	925.41	Наробіток на вивому, год					15					Наробіток на вивому, год					150				
45	ПЛН-5-35					Періодичність проведення ТО, год					14					Періодичність проведення ТО, год					147				

**Рис. 10.** Загальний вигляд вікна з відображенням результатів розрахунку – експлуатаційно-економічні показники

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	І	К	Л	М	О	Р	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Склад простого машинного агрегату																				
2	Енергетичний засіб	Тип	Рдоп	N	q	G	C	t	Kл	Кн	Кя										
3	Fendt 936	251	2	58	265	195	10.83	216000	1500	3	3.3	0.91	0.92								Трактор колісний 4К4 клас 5
4	Агромашина	Тип	В	V	0	G	C	t	p	Кд	Ки	Кя									
5	БГР-6.7	716	1	6.7	0	7.7	14500	200	2	0	5.1	0.96	0.76								Борона дискова важка (трактори класу 240 кН і вище) Сопоха
47																					
48																					
49																					
50																					

**Рис. 11.** Загальний вигляд вікна з відображенням результатів розрахунку – показник якості виконання механізованої технологічної операції машинним агрегатом

## Висновок

Розроблена методика дозволяє виконати глибокий аналіз експлуатаційно-економічних та якісних показників використання машинного агрегату в будь-яких природно-кліматичних умовах як для існуючих так і проєктованих агрегатів.

## Список використаних джерел.

1. Орманджи К. С. Контроль качества полевых работ. / К.С. Орманджи / Справочник. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 191 с.
2. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу : навчальний посібник / [І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, В. В. Марченко та ін.]. – К. : ВВЦ НАУ, 2004.– 151с.
3. Погорельый Л. В. Применение методов системного анализа при испытаниях сельскохозяйственной техники / Л. В. Погорельый, В. В. Брей // Обзорная информация ЦНИИТЭИ В/О “Сельхозтехника”. – М. : ЦНИИТЭИ В/О “Сельхозтехника”, 1976. – 68 с.
4. Натанзон І. Й. Комплектування машинно-тракторного парку колгоспів і радгоспів різних зон УРСР. / Натанзон І. Й. – К. : Вид-во Укр. акад. с.г. наук, 1961. – 104с.
5. Губко В. Р. Питання методики і результати розрахунків машинно-тракторного парку на ЕОМ / В. Р. Губко, Е. А. Фінн, Л. М. Козакова ; голов. ред. В. С. Крамаров // Застосування математичних методів у дослідженнях складних процесів сільськогосподарського виробництва. – К. : Урожай, 1972. – С. 10–17.
6. Губко В. Р. Определение состава машинно-тракторного парка для хозяйств основных зон Украинской ССР / Губко В. Р., Финн Э. А., Варшавский М. Л. – К. : УкрНИИТИ, 1972. – 44с.
7. Диденко Н. К. Обоснование состава комплексов машин для растениеводства / Н. К. Диденко, В. Д. Гречкосей, И. И. Мельник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980.– № 9. – С. 4–5.

## Аннотация

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ



## **РАБОТЫ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ**

Мельник И.И., Зубко В.Н., Хворост Т.В.

*Разработана методика исследования эксплуатационно-экономических показателей и показателей качества работы для существующих и проектируемых машинных агрегатов при выполнении механизированных технологических операций в реальных природно-климатических условиях.*

### **Abstract**

### **INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT WORK MACHINES GENERATORS**

I. Melnik, V. Zubko, T. Khvorost

*A technique for examining operational and economic performance indicators and quality of existing and projected machine units in the performance of mechanized manufacturing operations in real climatic conditions.*