

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Удосконалення методики оцінювання енергетичних показників енергозасобу в умовах експлуатації»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Литовченко В.О.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-2м

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Шуляк М.Л.

(Прізвище, ініціали)

## ЗМІСТ

Реферат.....	3
Вступ.....	4
1 Стан питання, мета та завдання досліджень.....	6
1.1 Роль підвищення рівня ефективності техніки в сільському господарстві.....	6
1.2 Особливості експлуатації сільськогосподарських тракторів.....	7
1.3 Тенденції розвитку вітчизняного тракторобудування.....	10
1.4 Стан машинно-тракторного парку країни.....	11
1.5 Класифікація показників сільськогосподарських тракторів.....	13
1.6 Порівняльна оцінка – основа конкурентоспроможності техніки.....	15
1.7 Мета і завдання дослідження.....	16
2 Теоретичні передумови оцінки особливості конструкції сільськогосподарських тракторів.....	18
2.1 Загальні положення системного підходу і дослідження енергетичних показників трактора.....	18
2.2 Математична модель оцінки взаємозв'язку енергетичного рівня трактора з конструктивними параметрами.....	27
2.3 Висновки за розділом.....	30
3 Методика експериментальних досліджень.....	31
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	31
3.2 Встановлення номенклатури факторів енергетичного рівня трактора.....	33
3.3 Висновки за розділом.....	35
4 Результати дослідження.....	36
4.1 Результати статистичної оцінки обсягу вибірки.....	36
4.2 Порівняльний аналіз результатів за стандартною і пропонованою методикою оцінки енергетичного рівня.....	44
4.3 Циклограма якості тракторів.....	51
4.4 Рекомендації сільгосптоваровиробникам при оновленні парку тракторів.....	55
Загальні висновки.....	58
Список використаних джерел.....	59

## РЕФЕРАТ

Загальний обсяг роботи становить 60 сторінки основного матеріалу, кількість рисунків та ілюстрацій – 17 шт., табличних результатів – 29 шт., бібліографічних найменувань – 17 шт.

*Метою* дипломної роботи є вдосконалення методики оцінки енергетичних показників трактора в експлуатаційних умовах, для використання її в розробці методів оцінки ефективності роботи тракторного парку, а так само аналіз переваг споживача і його ступінь задоволеності функціональними характеристиками трактора.

*Методи дослідження.* Системний аналіз, кореляційний аналіз, диференційований метод оцінки якості (циклограма якості), експертний метод оцінки, анкетування, математичне моделювання, статистичний аналіз, теорія випадкових процесів, комплексний метод оцінки.

*Об'єкт дослідження:* Сільськогосподарські трактори та машинно-тракторні агрегати на їх основі.

*Теоретична та практична значимість.* Вдосконалена методика комплексної оцінки енергетичного рівня для вибору кращого варіанти трактора за результатами порівняння показників, дозволила провести порівняльний аналіз тракторів для кожного тягового класу і рекомендувати трактори з найвищим технологічним рівнем для придбання сільськогосподарськими підприємствами при оновленні тракторного парку.

Диференціальний метод оцінки якості із застосуванням зіставлення показників в циклограмі, характеризується значним полегшенням оцінки трактора для рядового споживача, даючи візуальне уявлення, за яким показником слід приймати рішення.

*Ключові слова:* енергетичні показники, трактор, умови експлуатації, комплексний метод оцінки, ефективність роботи, циклограма якості.

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку сільськогосподарських машин, охарактеризований переходом до ринкових відносин, сформував глобальне питання, пов'язаний із загостренням проблеми ефективного використання тракторів.

Основоположними цілями, що стоять перед вченими в сфері експлуатації машинно-тракторного парку є: виведення якості робіт на новий рівень; підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату; зниження собівартості за одиницю виробленої продукції.

В даний час триває процес поступового зниження енергозабезпеченості галузі на тлі виходу земель із сівозміни. Ситуація ускладнюється станом сільськогосподарського парку машин і тракторів в Україні. Поряд зі скороченням, йде інтенсивне старіння основного фонду тракторів, автомобілів, зернових комбайнів, кормозбиральної техніки.

Низький рівень інвестицій в галузь сільського господарства протягом останнього десятиріччя привів до значного зносу основних виробничих фондів. «Старіння» парку тракторів і недостатнє технічне обслуговування є серйозною проблемою для проведення робіт в галузі рослинництва, яка в даний момент є провідною галуззю в сільському господарстві.

Низький рівень виробництва вітчизняних тракторів, веде до комплектування парку імпортною технікою, яка характеризується високим технічним і технологічним рівнем, що вимагає більш високого рівня експлуатації, в тому числі підготовлених трактористів з достатнім рівнем знань [1]. Недостатня кваліфікація персоналу в експлуатації сучасних зарубіжних тракторів не дозволяє в багатьох випадках використовувати весь технічний потенціал.

Технічна і технологічна модернізація МТП для сільського господарства передбачає реалізацію переліку заходів на підставі обґрунтованого оновлення парку сільськогосподарської техніки, впровадження нових технологій.

При цьому важливо враховувати, що змінилася структуру товаровиробників, зональні і виробничі умови у економічний період, що склався. У свою чергу в період ринкової економіки для підприємства, що випускає тракторну техніку, основним є питання, пов'язане з конкурентоспроможністю продукції, що випускається, рішення якого забезпечить підвищений попит, рентабельність і зростання прибутку.

Технологічний і технічний рівень випущених тракторів і сільськогосподарських машин в нашій країні, в тому числі нові розробки, значно поступаються рівню світових виробників. Це пов'язано, перш за все, з тим, що існуючий метод визначення функціональних характеристик (споживчих властивостей) в більшості випадках допускає в виробництво і експлуатацію неконкурентоспроможну техніку, причина цього – застарілі недосконалі методичні основи, використовувані на стадії конструювання техніки. При цьому для покупця споживчими властивостями є ознаки і якості, за якими він на ринку тракторної техніки вибирає ту чи іншу модель. В кінцевому підсумку дані властивості визначаються тим, яких витрат грошових ресурсів (первинні вкладення, трудовитрати, енергоресурси, вартість запасних частин, інші витрачаються ресурси та витратні матеріали) вимагає виконання необхідного обсягу робіт і який рівень надійності, комфорту і безпеки, в т.ч. екологічної, буде забезпечений при цьому.

Раніше розроблені методи оцінки рівня тракторів практично не відображають ступінь конкурентоспроможності сільськогосподарської техніки, один з основоположних показників, що визначає її затребуваність покупцем в умовах ринку. Тому актуальними стають дослідження, спрямовані на визначення критерію конкурентоспроможності на основі комплексного показника енергетичного рівня трактора.

## 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Роль підвищення рівня ефективності техніки в сільському господарстві

Вирішальним фактором застосування найбільш ефективних засобів сільськогосподарського виробництва, підвищення швидкості економічно-соціального зростання країни, є науково-технічний прогрес.

Процес, що впливає на розвиток сільського господарства з наукової точки зору, пояснюється наступними причинами [2].

По-перше, зростання доходів країни та показники продуктивності можна покращити шляхом впровадження нових, ефективних, інноваційних інструментів і технологій, заснованих на ресурсозбереженні.

По-друге, підвищення енергетичного рівня за рахунок комплексної механізації та автоматизації процесів покращує умови праці та скорочує ручну працю, що призводить до зниження собівартості виробництва.

Важливою умовою розвитку сільського господарства є, використання досягнень наукового і технічного прогресу з метою збільшення виробничих потужностей, підвищення якості, кількості і різноманітності продукції для споживача, насичення ринку сучасними екологічними продуктами. Все це в більшості своїй залежить від ефективності аграрія країни.

Пріоритетні дослідження та розробка нової сільськогосподарської техніки базуються на основі результатів інформаційно-логічного аналізу існуючих технологій і техніки, в тому числі зарубіжних, виконаних НДР. Поточна і перспективна потреба виробничої сфери АПК в підсумку, формує вимоги до більш досконалим машин і встаткування, що забезпечує значне підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, впровадження нових конкурентоспроможних конструкційних рішень і прискорення науково-технічного прогресу [3, 4].

Реалізація технічної політики в АПК, обґрунтування пріоритетних

напрямів створення і освоєння нової техніки в сільському господарстві безпосередньо залежать від рівня науково-інформаційного забезпечення досліджень і розробок, підвищення якого пов'язане з використанням системних принципів аналізу інформації та впровадженням нових інформаційних технологій.

## 1.2 Особливості експлуатації сільськогосподарських тракторів

Дослідженням та спостереженням щодо особливостей експлуатації сільськогосподарських тракторів і вивченню теоретичних питань з даної тематики присвячені роботи багатьох авторів. Суміжні питання теорії землеробської механіки і різання ґрунту сільськогосподарськими машинами, що відображають особливості силових характеристик робочих процесів сільськогосподарських тракторів, розглянуті багатьма вченими.

Узагальнюючи аналіз літературних джерел, визначено масив особливостей, облік яких, становить основу проектування і вдосконалення сільськогосподарських тракторів. Він складається з трьох основних частин, пов'язаних з агрегуванням, технологічністю роботи і вартістю виконання робіт. На відміну від автомобільного транспорту, сільськогосподарські трактора працюють в агрегаті з знаряддями в основному як тягачі та джерела енергії за допомогою вала відбору потужності, формують при цьому мобільний енергетичний засіб. Трактор повинен забезпечувати високу продуктивність і економічність при виконанні повного комплексу сільськогосподарських робіт з відповідною якістю і з дотриманням встановлених агротехнічних термінів. МТА комплектують з сільськогосподарських машин, що входять в парк підприємства, що складається з різних моделей тракторів та різних тягових класів, навісних знарядь, напівнавісних і самохідних сільгоспмашин. Склад машинно-тракторного парку комплектують з умов планових обсягів продукції, що випускається при найменших вартісних і трудових витратах.

Специфіка ведення сільськогосподарського виробництва зумовлена не

стійкими природно-кліматичними умовами, різноманіттям виробничих факторів, ризиками і ін., що ускладнює виробництво культур [5]. Перед працівниками сільськогосподарського виробництва стоїть складне завдання по вибору технологій, машин, термінів виконання механізованих робіт. Поряд з нею, так само потрібно враховувати і економічні аспекти.

До 65% втрат в народному господарстві від несприятливих погодних умов доводиться на сільське господарство. Близько половини цих втрат можуть бути усунені [6]. Природно-кліматичні умови в різних джерелах, авторами класифікуються по-різному. Наприклад, автор [6] ділить їх на ґрунтово-рельєфні та кліматичні. До ґрунтово-рельєфним він відносить: рельєф місцевості, тип і стан ґрунту, ступінь засміченості камінням, висоту над рівнем моря і розміри полів; до кліматичних: величину опадів за сезон і розподіл їх по місяцях, тривалість польового періоду, кількість сонячних днів і т.д. У класифікації [7] до показників польових умов відносяться: розмір ділянки, довжина гону, рельєф, засміченість каменями, порізаність перешкодами, складність конфігурації, компактність земельних угідь, механічний склад, щільність і вологість ґрунту і т.д.

Всі вищезазначені характеристики роблять значний вплив на вихідні показники машино-тракторного агрегату і їх обов'язково використовувати в експлуатаційних розрахунках. Але найбільш значущий вплив на показники МТА надають параметри ґрунту, такі як вологість, кут тертя, зчеплення з ґрунтом, гранична несуча здатність ґрунтового покриття, коефіцієнти об'ємного зминання і зміщення ґрунту при дотичних напруженнях близьких до максимуму. Розглянуті параметри ґрунту мають великий розкид навіть в межах одного і того ж поля. Великий вплив на варіацію цих параметрів робить вологість, але навіть при однаковій вологості параметри ґрунту не однорідні внаслідок нерівномірності щільності ґрунту, біохімічного складу і т.д. Великий вплив на вихідні показники роботи МТА надає також рельєф поля. Після оранки ґрунту на ній залишаються гребені від корпусів плуга і такі періодичні коливання висоти поля наводяться в роботі [8].

Аналіз даних [9, 10] дозволяє припустити, що крім складової нерівностей поля від корпусів плуга існує ще періодична складова, яка дорівнює ширині захоплення плуга. Необоротні втрати продукції відбуваються в основному при агрономічних та експлуатаційних прорахунки, а так само неправильно прийнятого рішення в конкретній галузевій ситуації.

Умови експлуатації сільськогосподарських тракторів істотно відрізняються від умов роботи машин в інших галузях, як за експлуатаційними, так і техніко-економічними показниками.

До особливостей експлуатації сільськогосподарських тракторів відносяться: сезонність використання протягом року, обмежена невеликими агротехнічними термінами (1800...2000 год. за рік в залежності від типу машини), що призводить до збільшення терміну окупності; виконання робіт того чи іншого виду в строго певні агротехнічні терміни; робота і зберігання в умовах, що змінюються ґрунтово-кліматичних і біологічних умовах (при високих і низьких температурах, дощі і снігопади, в абразивному і рослинному середовищі, на нерівних і гірських ділянках і т.п.), що впливає на такі показники надійності, як збереженість і ремонтпридатність; нерівномірність навантажень, виникнення динамічних перевантажень, викликаних біологічними особливостями ґрунту, які прибираються рослин, рельєфом місцевості, розмірами полів, їх засміченістю камінням та ін .; мінімальні витрати на технічне обслуговування і ремонт в період сезонних робіт, обумовлені необхідністю зниження втрат продукції при вимушених простоях; обмеження допустимої маси сільськогосподарських тракторів і машин з точки зору агротехнічних вимог.

Вимоги, що пред'являються до тракторів, спрямовані на отримання високої продуктивності, зниження собівартості і дотримання показників агротехнічних властивостей. Ці вимоги мають тісний взаємозв'язок і залежать один від одного. Агровимоги, що пред'являються до тракторів сільськогосподарського призначення: максимальна прохідність і вписуваність в міжряддя просапних культур; дотримання тягового зусилля і робочих

швидкостей; маневреність; мінімальний шкідливий тиск на ґрунт рушіями; якісне виконання робіт.

До основних показників сільськогосподарських тракторів відносять типаж трактора, тяговий клас, робочі швидкості руху, тягові зусилля на різних передачах, тиск на ґрунт, буксування, агротехнічний просвіт, експлуатаційна маса, експлуатаційна потужність двигуна, параметри роботи ВВП і т.д.

Викладені вище особливості свідчать про те, що при проектуванні сільськогосподарських тракторів конструктор повинен перш за все, ретельно вивчити умови експлуатації та їх вплив на фізико-механічні властивості матеріалів, так як формальний підхід часто зводить нанівець перспективні по конструкційному задуму ідеї.

### 1.3 Тенденції розвитку вітчизняного тракторобудування

Справжній тракторний парк сільськогосподарських підприємств в своїй історії має як розвиток, так і деградації. Комплектування тракторного парку та його подальший розвиток реалізується на основі вивчення та вдосконалення типажу, побудованого за класом тяги. Функціонуюча система технологій і машин визначає десять тягових класів в діапазоні від 0,2 до 8,0 [11, 12, 13]. Встановлений типаж охоплює всі види робіт, для всіх форм організацій, від індивідуального споживача до агрохолдингів.

Технологічний науковий прорив і наукові досягнення 60-70-х років ХХ століття викликані трьома складовими (широке поширення ЕОМ, теорія ймовірності і тензометрування), два останніх із загального переліку свої можливості практично вичерпали. Науковий прогрес, пов'язаний з бурхливим розвитком ЕОМ і глобальна комп'ютеризація, які і визначають розвиток науки о сільськогосподарських тракторах. У всьому світовому просторі широко використовуються методи і алгоритми інженерних розрахунків в комп'ютерному просторі (в областях кваліметрії, кінематики, надійності, безпеки та ін.). На плечі вчених лягає важливе завдання, використання ЕОМ

для звичайних інженерних розрахунків і написання комп'ютерних програм зрозумілих для простого споживача.

Прогноз розвитку конструкції трактора вперше було висловлено на початку 80-х років минулого століття і описаний в роботі [14]. Відповідно до даних прогнозу, розвиток тракторобудування складається з трьох етапів. Перший етап включає в себе трактора тягової концепції – перше покоління тракторів, яке прийшло на зміну живої тягової сили. Сучасні трактора відносяться до тракторів другого покоління, які мають властивості машин тягово-енергетичної концепції. Третє покоління – це трактори енергетичної концепції, характеризуються ще більш високою енергонасиченістю і подальшим зниженням властивостей тягача [15].

Для ефективного використання тракторів третього покоління питання використання «надлишку» потужності в технологічному процесі, ще більшого в порівнянні з тракторами другого покоління, стане на багато гостріше.

За результатами планової економіки 1990 рік ознаменувався наближенням до необхідної кількості техніки в парку (80% від необхідної технологічної потреби) і за складом повністю задовольняв запити сільськогосподарського виробництва. Однак відставання від світових показників було значним. В результаті подальших реформ в сільському господарстві визначилася тенденція зниження парку тракторів.

#### 1.4 Стан машинно-тракторного парку країни

Одним важливим параметром, що дозволяє провести оцінку рівня внутрішнього ринку, є поточний стан МТП. Наявність техніки, співвідношення кількості і якості до споживчого попиту агропромислового виробництва, а так само положення по фізичному і моральному зносу існуючого парку – ті чинники, які є основними у визначенні майбутнього попиту.

Загальним характером ринку сільськогосподарських машин країни, є тривала тенденція зниження кількісного показника, що охоплює всі групи

техніки. У сталих реаліях скорочення машинно-тракторного парку, веде до зменшення енергозабезпеченості в розрахунку на 100 гектарів збиральної площі. Ця тенденція наочно показана на рис. 1.1.

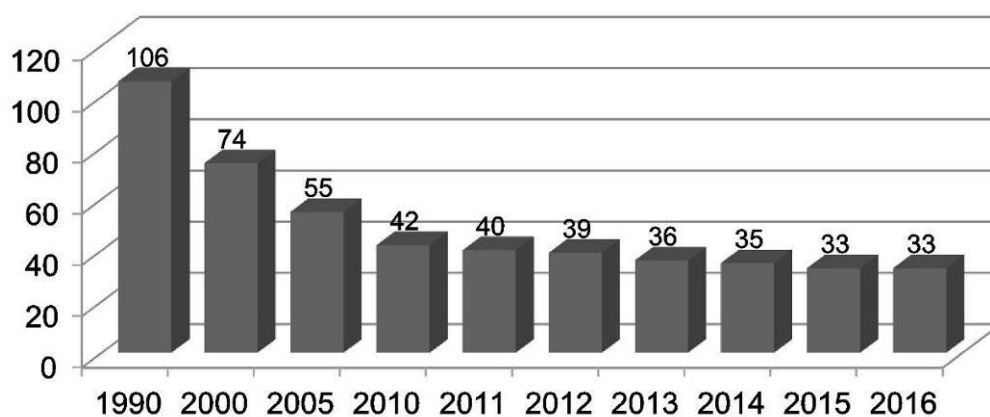


Рисунок 1.1. Кількість тракторів на 100 гектарів ріллі

Однак, позитивний ефект не в змозі вирішити накопичені проблеми, пов'язані із застарілим МТП, що складався з тракторів з низьким енергетичним рівнем. Для закріплення позитивної тенденції, необхідно збільшувати темпи оновлення техніки, з чим в нашій країні є проблеми (рис. 1.2).

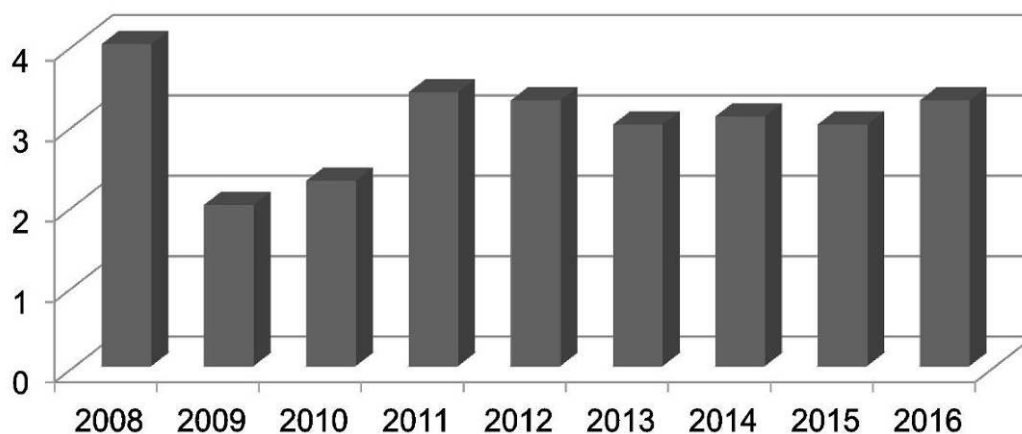


Рисунок 1.2. Показник поновлення тракторів, в % (значення за рік)

Підвищення попиту на вітчизняні трактори і завоювання ринків сприяє розширенню мережі дилерських центрів, подібна стратегія реалізується імпортерами виробниками. Це сприяє залученню сільськогосподарських

виробників при покупці, які орієнтуються як на ціну, так і доступність регламентного технічного обслуговування, ремонту, транспортування техніки та доставки запасних частин.

### 1.5 Класифікація показників сільськогосподарських тракторів

Основоположними завданнями, поставленими перед вченими в галузі використання МТА, є підвищення якості робіт з урахуванням агротехнічних вимог, збільшення продуктивності з дотриманням агротехнічних швидкостей, зниження виробничих витрат на одиницю виконаних робіт. Для розгляду показників, що характеризують енергетичний рівень сільськогосподарської техніки, необхідно, перш за все, розглянути показники (а так само методи їх обчислення та достовірність). Аналізуючи дані показники, необхідні для визначення енергетичних показників видно, що практично всі вони є комплексними, тобто їх значення залежать не тільки від конструкторських розробок, а й від основних компонентів надійності, що включають в себе довговічності, безвідмовності і збереженість. Використовуючи стандарти з науково-обґрунтованою системою показників, для оцінки ефективного функціонування техніки, ми отримуємо методику, яка потрібна науковим, конструкторським і дослідницьким підприємствам, які прагнуть конструювати високоефективне обладнання для проектування і випуску перспективної лінійки машин, що відповідає вимогам споживача в умови конкретного господарства і високу конкуренцію. Виходячи з того, що властивості одиничних показників, обумовлені різними поєднаннями в певних умовах, розрізняють комплексні показники енергетичні показники, можливість впливу на якість цих показників різними шляхами, в тому числі абсолютно не впливають на енергетичний рівень, дають підстави вважати існуючі системи оцінки тракторів незадовільними. Тим більше що на етапі створення машини, конструктор не може визначити ці показники і, отже, не має можливості зіставити рівень створюваної ним техніки ні з нормативними даними, ні з

показниками аналога. Як правило, значення стандартизованих показників стають відомими проектувальнику лише в результаті тривалої експлуатації великої партії машин, які працювали тисячі мотогодин. Тобто через роки після випуску техніки в серію, коли втручатися в конструкцію машини пізно і дорого. Крім того, основним методом оцінки енергетичних показників машин, регламентованим розглянутими стандартами, є зіставлення значень показників оцінюваної машини зі значеннями однойменних показників машини-аналога.

При такій великій кількості показників ця задача не може бути вирішена однозначно. Поділ показників на «основні» і «додаткові» зроблено певною мірою довільно, без вказівки вагомості кожного показника. Тому заходи, що розробляються за результатами такої оцінки, носять фрагментарний характер і виражаються, в основному, у вигляді благих побажань, не забезпечені вагомих техніко-економічним обґрунтуванням. Іншими словами, система регламентованих стандартів показників не пов'язана єдиним логічним (або математичним) алгоритмом, що дозволяє здійснювати оцінку машин (на всіх стадіях існування конструкції), розробляти комплекс заходів щодо її підвищення (з урахуванням відносної важливості факторів) і оцінювати ефективність їх впровадження. При визначенні комплексного показника енергетичного рівня в першу чергу повинні враховуватися потреби сільськогосподарських підприємств і індивідуальних споживачів в конкурентоспроможних тракторах і МТА на їх основі. Технологічні, технічні, вартісні показники спільно пов'язані в загальну систему, дозволять конструкторському бюро краще аналізувати особливості конструкції і полегшать пошук оптимального варіанту. Фахівцям економічної сфери допоможе визначити загальний економічний ефект від виробництва, реалізації та експлуатації машини.

Залежно від способу отримання, показники діляться на три типи: розрахункові, отримані шляхом математичних розрахунків і методів; експериментальні, які визначаються на стадії проведення випробувань; експлуатаційні, одержувані математичними методами за даними отриманими

шляхом експлуатації.

Експериментальний метод в даний час є основним у безлічі випадків за винятком початкових розробок проектування або якщо з якихось причин неможливо застосовувати інші методи. Основоположним постулатом на теперішньому рівні розвитку сільськогосподарської техніки, в період ринкової економіки при виборі оціночних показників повинні враховуватися побажання всіх рівнів на стадії виробництва і споживання продукції.

Для того, щоб повністю і однозначно показати всі грані технологічного процесу або машини необхідно через аналіз внутрішньої взаємозв'язку між різними параметрами і показниками, що відображають суть процесу, визначати їх вплив на кінцевий результат, який і повинен бути еталоном оцінки машини або технології.

#### 1.6 Порівняльна оцінка – основа конкурентоспроможності техніки

Підвищення якості вітчизняної продукції, має ґрунтуватися на підвищенні продуктивності, за рахунок застосування високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів, зростання енергозабезпеченості підприємств. Реалізація подібних цілей, може бути досягнуто тільки при експлуатації високотехнологічної техніки з високим показником енергетичного рівня. Це веде до того, що сільськогосподарські підприємства повинні купувати машини, які випереджають аналоги по оцінюваним показникам. Порівняльна оцінка повинна здійснюватися з показниками і результатами випробувань між аналогами техніки, взамін якої вона розроблена. На даний момент порівняння здійснюється з нормативною документацією, що не дає уявлення про конкурентоспроможність розглянутих об'єктів дослідження. Порівняльна оцінка нової техніки і аналогів, завжди дає виробнику сільськогосподарської продукції точні рекомендації для придбання та експлуатації найбільш ефективного трактора в складі з агрегатом. Порівняльна оцінка спрямована на прискорення заміни застарілої техніки споживачем, при отриманні явних

результатів технічної ефективності та економічної вигоди в порівнянні з застарілими аналогами. На сьогоднішній день сільськогосподарські підприємства відчують велику конкуренцію і в зв'язку з цим потребують більш досконалих технологій і машинах, маючи в своєму розпорядженні достовірної інформацією, яку можуть дати машиновипробувальні станції із застосуванням нових методів порівняльної оцінки функціональних характеристик техніки.

Грунтуючись на пропозиціях сучасного ринку, сільгосптоваровиробник, повинен мати можливість самостійно, використовуючи сучасні методики з узагальненими і одиничними показниками, виробляти порівняльну оцінку. На підставі отриманих результатів приймати рішення на користь того чи іншого трактора і устаткування. Крім того порівняльна оцінка енергетичних показників дозволить визначити переваги і інноваційні рішення нової техніки, це і визначить машинно-технологічну модернізацію сільського господарства.

### 1.7 Мета і завдання дослідження

З метою вивчення всіх аспектів розглянутої проблеми, виконаний аналіз джерел інформації, що показав необхідність вдосконалення машинно-тракторного парку підприємств на рівні всієї країни. Це пов'язано як з фізичним, так і з моральним старінням техніки. Фізичне старіння пов'язане з низьким оновлюванням, в сукупності з підвищеним навантаженням на одиницю парку і обумовлено недостатнім фінансуванням. Моральне старіння засноване на виробництві тракторів невідповідних сучасного ринку. Вітчизняне тракторобудування вкладає ресурси в свідомо неконкурентоспроможні рішення, розроблені в минулому столітті. Для вирішення даного завдання, необхідно працювати у двох напрямках, перше пов'язано з підвищенням технологічного рівня, засноване на застосуванні інноваційних рішень в конструкції і друге, збільшення виробництва конкурентоспроможних тракторів. Аналіз показників технологічного рівня показав, що не всі фактори враховані і

потребують глибшого аналізу для тракторів тягово-енергетичної та енергетичної концепції.

Метою дипломної роботи є вдосконалення методики оцінки енергетичних показників трактора в експлуатаційних умовах, для використання її в розробці методів оцінки ефективності роботи тракторного парку, а так само аналіз переваг споживача і його ступінь задоволеності функціональними характеристиками трактора.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз раніше розроблених методів і підходів до визначення та оцінки енергетичних показників тракторів в сільському господарстві;
- розробити алгоритм досліджень і провести експериментальну перевірку щодо визначення показників комплексної оцінки і коефіцієнтів вагомості для них;
- створити інструмент споживачеві для оцінки енергетичних показників тракторів різного призначення в формі циклограми-якості.

## **2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОЦІНКИ ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ**

### 2.1 Загальні положення системного підходу і дослідження енергетичних показників трактора

Трактор являє собою складну технічну систему для виконання в складі машинно-тракторного агрегату сільськогосподарських операцій, що працює в швидко змінних природних умовах. Склад технологічних операцій і особливості конструкції визначаються набором кінцевих цілей, заради яких, здійснюється проектування і які, є системоутворюючими, інтегруючими факторами трактора. Аналіз наукових праць з проблем визначення, оцінки енергетичних показників тракторів показав, що точних правил, що дозволяють побудувати систему оцінки великого числа параметрів конструкції, не існує. Отже, алгоритм адекватної оцінки енергетичних показників тракторів проводиться в режимі неформальних міркувань, аналогій, інтуїції, досвіду. Завдання визначення і порівняння комплексної оцінки енергетичних показників тракторів при виконанні технологічного процесу вимагає проведення максимально коректного аналізу фізичних властивостей цих факторів, основних тенденцій їх розвитку у вітчизняному та зарубіжному тракторобудування, виявлення можливостей їх кількісної оцінки за допомогою комплексу обраних і розроблених показників. При цьому, з огляду на об'єктивну необхідність проведення оцінки конструкції на різних стадіях створення трактора, потрібно досліджувати і оцінити максимально можливу кількість чинників. Основні вимоги до показників енергетичного рівня тракторів при виконанні технологічних операцій у складі МТА і принципам їх обґрунтування: система показників повинна максимально повно описувати більшість факторів, що впливають на енергетичний рівень тракторів; визначення показників повинно бути можливим на будь-якому етапі створення і експлуатації тракторів; придатність показників до визначення і порівняння енергетичних показників тракторів різних концепцій, типів і класів, з різною

складністю конструкторських рішень; показники повинні забезпечувати можливість реалізації конкретних конструктивно-технологічних розробок щодо оцінки енергетичних показників тракторів в експлуатаційних умовах і можливість оцінки їх впровадження.

Обґрунтування доцільності застосування заздалегідь підібраних або розроблених показників повинно виконуватися за двома основними напрямками: шляхи узагальнення накопиченого при експлуатації досвіду і визначення факторів, що впливають на цю ефективність роботи, з урахуванням тенденцій розвитку тракторобудування; підтвердження необхідного і повного набору показників проведенням багатофакторного аналізу, їх впливу на технологічність тракторів, об'єднання і систематизація комплексу показників.

Комплекс машинно-тракторного агрегату повинен відповідати різним технологічними показниками та вимогам щодо виконання сільськогосподарських операцій з урахуванням агротехнічних вимог, оптимальних режимів експлуатації та належної якості виконання операцій.

Значення терміна енергетичні показники визначається призначенням трактора з точки зору виконання сільськогосподарських операцій та умовами, в яких трактор експлуатується.

Застосований показник енергетичного рівня до тракторів, різних за призначенням і тягового класу визначає, пристосованість технічного потенціалу трактора до інноваційних методів експлуатації і отримання встановленої якості виконуваних робіт.

Етап пізнання охарактеризований поданням сільськогосподарського трактора у вигляді системи, заснованої на угруповання його складових, що мають просторове обмежені, визначити існування взаємозв'язків між ними в цілісній картині машинно-тракторного агрегату.

Енергетичними властивостями називаються вимоги і критерії, що описують відповідність обраного трактора (мобільного енергетичного засобу) технологічним значенням на всій різноманітності сільськогосподарських робіт, виконуваних в складі машинно-тракторного агрегату.

Аналізуючи структуру процесу впливу факторів у вигляді єдиного цілого, яке представляє собою прямокутник з вхідними та вихідними даними, показане на рис. 2.1, можна уявити енергетичний рівень трактора у вигляді алгоритму, в якому перетворюються вхідні показники (споживчі властивості) в вихідний комплексний показник.

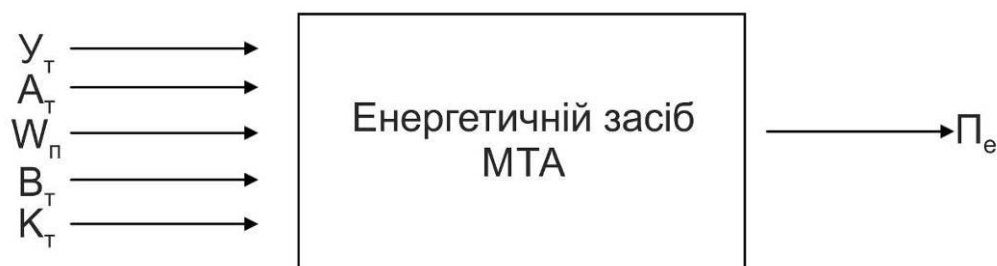


Рисунок 2.1. Модель енергетичного рівня трактора

Етап пізнання дозволяє уявити сільськогосподарський трактор у вигляді багатоскладової системи, при цьому відбувається робота над кожним членом системи, виявляються обмежені частини, визначається наявність зв'язків цих членів системи в загальній картині машинно-тракторного агрегату.

Узагальнені показники, що входять в систему  $U_T$ ,  $A_T$ ,  $W_p$ ,  $B_T$ ,  $K_T$ , відповідно охоплюють технологічну універсальність, агротехнічні властивості, потенційну продуктивність, вартість виконання технологічного процесу і показник комфорту, визначають стан системи в комплексі, встановлюючи при цьому якісні і кількісні одиничні і узагальнені показники, що представляють структуру енергетичного рівня. Представлена модель енергетичного рівня енергетичного засобу з урахуванням узагальнених показників, забезпечує можливість застосувати системний підхід до вдосконалення рівня і підвищення зайнятості машин в умовах реальної роботи на сільськогосподарському підприємстві. При цьому з'являється можливість у розробці та реалізації конкретних робіт з метою підвищення технологічного рівня енергетичного засобу і зростання показника загальної ефективності і технологічності, спираючись на основні показники.

При застосуванні математичного алгоритму (рис. 2.2) для дослідницьких робіт необхідно брати до уваги, що система оцінки енергетичного рівня з урахуванням одиничних і узагальнених показників є системою з недостатньою організацією, в якій важко виділити вплив кожного фактора на показник в цілому. В аналогічних випадках для формування математичної моделі, що характеризує поведінку системи показників, застосовують багатофакторний аналіз. Успішність використання досягається застосуванням методу статистичної обробки та аналізу результуючих показників в повсякденній експлуатації.

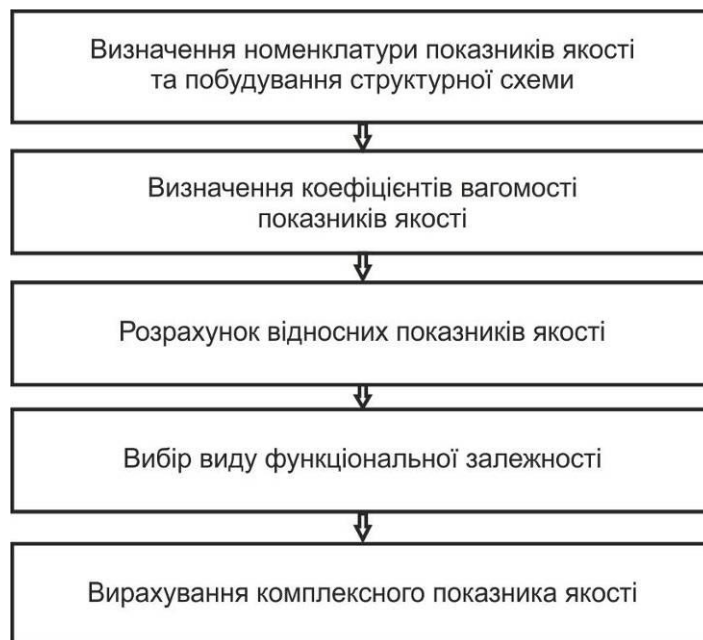


Рисунок 2.2. Алгоритм розрахунку комплексного показника якості

Правильна структура завдань по оцінці енергетичних показників трактора з застосуванням одиничних і узагальнених показників, а так само подальша опрацювання з метою поліпшення, повинна здійснюватися із застосуванням ієрархії. Складові основних параметрів впливають на ядро системи, описують конструкційні особливості. Вони впливають на технологічність і формують якісні і кількісні показники її ефективності, тобто отримані показники.

Загальна кількість показників, що вимагають вивчення і контролю визначається виходячи з конструкційних особливостей прогресивних вітчизняних і зарубіжних тракторів, досвіду отриманого від повсякденної експлуатації в сукупності із зовнішніми факторами і на основі вимог НД з питань ефективності тракторів.

Загальний вигляд можна представити у вигляді функціональної залежності:

$$P_e = f(U_T, A_T, W_p, B_T, K_T). \quad (2.1)$$

Основним напрямком системи є задоволення запитів сільськогосподарських підприємств в підвищенні енергетичного рівня тракторів, якості і кількості продукції тракторобудування, що випускається.

Підцілями є (рис. 2.3): технологічна універсальність ( $U_T$ ), по якій оцінюється здатність енергетичного засобу ефективно взаємодіяти в складі МТА і виконувати найбільшу кількість с.-г. операцій; показник агротехнічних властивостей ( $A_T$ ), що оцінює специфіку роботи трактора за призначенням для універсально-просапних тракторів або тракторів загального призначення; показник продуктивності ( $W_p$ ) зі знаряддям певної ширини захоплення, яке створює тяговий опір рівний номінальній розрахунковій тязі на гаку трактора; показник вартості виконання процесу ( $B_T$ ) враховує приведені витрати; рівень комфорту ( $K_T$ ), що оцінює зручність і простоту експлуатації трактора.

Енергетичний рівень енергетичного засобу з урахуванням представлених показників необхідний: для оцінки конкурентоспроможності трактора в промисловості тракторобудування; для споживача даної продукції; для позначення конструкційних, виробничих і експлуатаційних факторів; для вироблення оптимальної та ефективної стратегії, яка буде фундаментом для вдосконалення розглянутої комплексної оцінки. Зв'язки показників мають як якісний, так кількісний характер. Так як деякі з наведених показників кількісно ні як не виражені і їх кількісна оцінка максимально ускладнена, то проводиться експертне опитування, для уточнення всього переліку параметрів на кожному рівні і визначення їх значимості (коефіцієнтів вагомості).

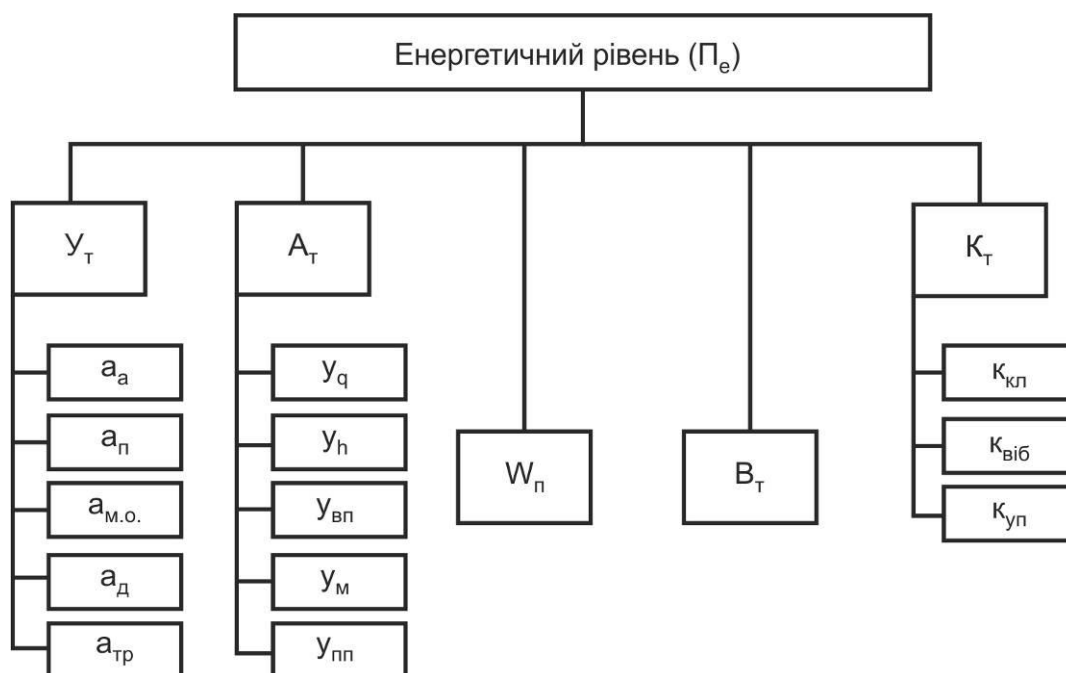


Рисунок 2.3. Схема узагальнених і одиничних показників енергетичного рівня сільськогосподарських тракторів

У загальній формі комплексний показник енергетичного рівня може бути представлений таким чином

$$\begin{cases} Y_T = a_{10} + a_{11}S_{11} + a_{12}S_{12} + \dots + a_{1n}S_{1n} + \varepsilon \\ A_T = y_{20} + y_{21}S_{21} + y_{22}S_{22} + \dots + y_{2n}S_{2n} + \varepsilon \\ W_\Pi = w_{30} + w_{31}S_{31} + w_{32}S_{32} + \dots + w_{3n}S_{3n} + \varepsilon \\ B_T = c_{40} + c_{41}S_{41} + c_{42}S_{42} + \dots + c_{4n}S_{4n} + \varepsilon \\ K_T = k_{50} + k_{51}S_{51} + k_{52}S_{52} + \dots + k_{5n}S_{5n} + \varepsilon \end{cases} \quad (2.2)$$

де  $S$  – коефіцієнти моделей системи.

Оцінка комплексного показника енергетичного рівня сільськогосподарського трактора визначається за вираженням:

$$\Pi_e = f(Y_T, A_T, W_\Pi, B_T, K_T) \rightarrow \max. \quad (2.3)$$

де  $f$  – функції, точний вид яких встановлюється статистичним шляхом;

$n$  – кількість одиничних показників.

Максимальна різноманітність вимог технологічного процесу, що визначають машинно-тракторний агрегат, можна висловити факторами першого рівня, так званими узагальненими показниками: універсальна технологічність, агротехнічна якість виконання процесу, вартість виконання

цього процесу при максимальній продуктивності і комфорт при експлуатації МТА. Комплексна оцінка сільськогосподарського трактора за показником енергетичного рівня необхідна для порівняльного аналізу груп тракторів різних фірм виробників; уточнення операцій, на яких найбільш ефективно застосувати трактор; розробка переліку заходів з удосконалення конструкцій з урахуванням виконуваних робіт; визначення потреб споживача, які виражені для кожного узагальненого показника коефіцієнтами вагомості.

Енергетичний рівень залежить від ряду факторів, отриманих при проведенні аналізу конструкційних особливостей, наведених у табл. 2.1.

Для підвищення енергетичного рівня їх необхідно брати до уваги при створенні і конструюванні трактора. Такі конструкційні рішення як наявність технологічних місць (кріплення) для обладнання і заправних ємностей для виконання сільськогосподарських операцій, наявність ВВП і різноманітність режимів його роботи, технічні можливості передньої і задньої навісної системи і т.д. в значній мірі впливають на універсальність.

Взаємозв'язок між універсальністю та коефіцієнтом завантаженості трактора в процесі робіт має пряму залежність, зменшуючи час простою трактора протягом року за рахунок експлуатації на всіх сільськогосподарських операціях з урахуванням агротехнічних термінів. Це веде до скорочення парку тракторів в господарстві, зменшує навантаження на сервісні бригади.

Властивості, що визначають міру впливу трактора рушіями на верхній шар ґрунту, можливість працювати на культурах, де застосовується міжрядний обробіток ґрунту з найбільшим агротехнічним просвітом (кліренс) і мінімальної пошкоджуваності рослин остовом і рушіями трактора. Залежність цих властивостей визначається конструкційними особливостями трактора, оглядовістю з кабіни, маневреністю і керованістю.

Показники вартості виконання технологічного процесу залежать від ринкової вартості трактора і необхідного устаткування МТА, режимів паливної економічності, витрат на експлуатацію техніки.

Таблиця 2.1 – Вплив параметрів на енергетичний рівень

Показники технологічних властивостей	Характеристики, що визначають показники технологічних властивостей	Конструкційні параметри, що впливають на показники енергетичного рівня
1	2	3
Продуктивність	Номінальне тягове зусилля трактора Експлуатаційна потужність двигуна Агрегатуємість Технологічні простори, універсальність навісного пристрою Ергономічність	Основні параметри: вага трактора і потужність двигуна Основні параметри
Агротехнічні властивості	Тиск рушія на ґрунт, агротехнічний просвіт Вписуємість у міжряддя Керованість Оглядовість	Відповідність призначенню трактора: тип ДВЗ, трансмісії, ходової системи
Вартісні показники	Ринкова вартість трактора Витрата ПММ	Рівень автоматизації Оснащеність технологічним обладнанням
Показники комфорту тракториста	Керованість Оглядовість Ергономічність	Рівень автоматизації Шумоізоляція Віброізоляція Система кондиціонування

Оцінка комплексного показника енергетичного рівня для сучасних складних імпортованих і вітчизняних тракторів ускладнена тим, що цей показник описується великою кількістю чинників і характеристик. При цьому добре себе зарекомендували існуючі методики (в т.ч. діючі стандарти) передбачають яку можна порівняти оцінку двох об'єктів, що оцінюється трактора з відповідними показниками трактора – аналога. Як аналог, часто, приймається передова модель, трактор серійного вітчизняного або зарубіжного виробництва. Так само метод застосовується при порівнянні двох або більше конкуруючих на ринку моделей тракторів, для визначення найбільш ефективного сільськогосподарського трактора. Завдання при порівнянні з базовою моделлю (аналогом) однозначно вирішується лише в тому випадку, якщо оцінюваний трактор перевершує базовий або поступається йому по всьому комплексу одиничних і узагальнених показників. У деяких реальних випадках оцінюваний трактор перевершує аналог, якщо той наведено з ряду базових моделей, за одними показниками, поступаючись при цьому за іншими. В таких умовах порівняння енергетичного рівня виконати коректно складно. Ця проблема зростає в міру вдосконалення тракторів і появи нових можливостей, тим самим збільшуючи число об'єктів порівняння і визначають їх показників.

Існуючі методи використання узагальнених показників (що складаються з одиничних) (рис. 2.4) засновані на застосуванні в більшості своїй суб'єктивних методів. Багатофакторність розв'язуваної задачі призводить в таких умовах до значної втрати важливої інформації і зміни реальних комплексних показників для порівнюваних машин. Крім того, ці методики не в змозі забезпечити можливість пошуку конструкційних рішень для енергетичних засобів, що дозволяють підвищити енергетичний рівень, тому що комплекс обраних показників включає далеко не всі фактори, що впливають на це значення. Застосування системи показників, що склалася, не дозволяє реально оцінити комплексний показник енергетичного рівня розроблених машин і ефективність тієї чи іншої конструкторської розробки, що впроваджується у виробництво і впливає на ефективність.

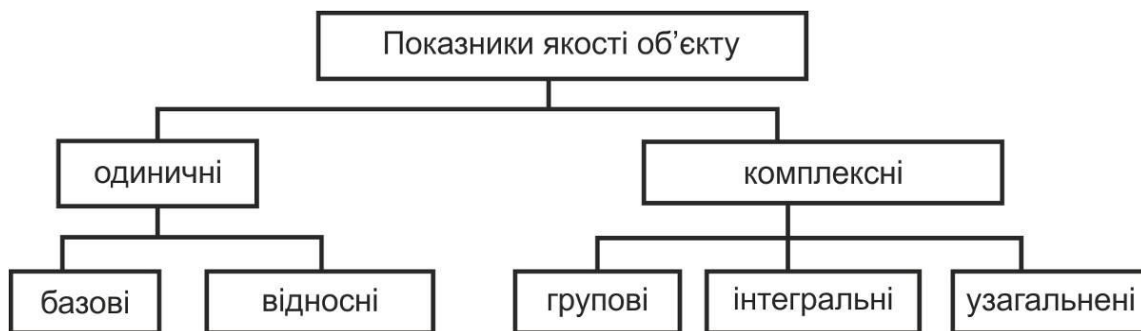


Рисунок 2.4. Рівні розташування показників

Тому, виходячи з вивчених і проаналізованих існуючих методів оцінки енергетичних машин, визначення їх недоліків і малоефективність майбутнього розвитку, позначені наступними основними вимогами до методу, що вдосконалюється: для визначення енергетичного рівня енергетичних засобів повинен базуватися на вивченні всіх можливих і вагомих чинників при експлуатації трактора в сільському господарстві; забезпечувати простоту використання для споживачів різного рівня знань; давати можливість візуального порівняння групи тракторів за показниками енергетичного рівня; визначати конкретику комплексної оцінки по відношенню до інноваційних досягнень сфери тракторобудування по всіх досліджуваних факторів; показники і результати оцінки повинні безпосередньо впливати на проведення заходів, що впливають на зростання показника енергетичного рівня трактора; повинен ефективно застосовуватися на всіх стадіях життєвого циклу трактора, а так само в організаціях освітнього профілю.

## 2.2 Математична модель оцінки взаємозв'язку енергетичного рівня трактора з конструктивними параметрами

Аналіз проблеми, пов'язаної з оцінкою тракторів показав, у сфері тракторобудування існує оцінка технічного рівня, що входить до переліку програми контролю якості. Дана система дозволяє визначати рівень конструктивного переваги між тракторами вітчизняного та зарубіжного виробництва. Велика номенклатура оціночних показників системи не враховує

показники, що відображають вимоги технології сільськогосподарських операцій. Методичні основи оцінки вартості виконання технологічного процесу, продуктивності спільно з технологічними властивостями трактора, дозволяє з високою точністю визначити функціональні характеристики.

Критерії, що встановлюють відповідність енергетичного засобу вимогам технологій обробітку на всьому різноманітті операцій, для виконання яких в комплексі з сільськогосподарською машиною воно призначене, називається технологічними властивостями.

Застосування показників, що характеризують технологічні властивості, засноване на тісній, в більшій частині однорівневій залежності між технологічними властивостями і технічними характеристиками енергетичних машин. Однак існує і дворівнева залежність, при якій одна технічна властивість енергетичного засобу впливає на кілька технологічних показників.

Визначення комплексного показника енергетичного рівня знаходиться за допомогою коефіцієнтів вагомості для поодиноких і узагальнених показників, з яких він складається.

Загальна форма моделі показників енергетичного рівня тракторів має вигляд:

$$Y = f(Y_T, A_T, W_P, B_T, K_T), \quad (2.4)$$

де  $Y_T, A_T, W_P, B_T, K_T$  – узагальнені показники.

У цьому розділі наведено основні результати проведеного аналізу конструкційних особливостей, що мають прямий взаємозв'язок з енергетичним рівнем, а так само поодинокі показники для оцінки.

Під факторами і показниками технологічної універсальності для загального енергетичного рівня слід розуміти здатність енергетичного засобу повноцінно виконувати в складі машинотракторного агрегату найбільший комплекс с.-г. операцій з загальної їх кількості.

Для охоплення всього комплексу сільськогосподарських польових робіт можна виділити чотири види різних операцій, виконуваних мобільними енергетичними засобами в комплексі з агрегатами. Кожен вид обробки ґрунту

має широкий перелік технологічних операцій, що мають спільну структуру виконання і родинні за технологічними властивостями МТА.

Функціональна залежність, яка відображає ефективність використання енергетичного засобу на окремих видах робіт, має вигляд:

$$Y_T = f(a_a, a_{п}, a_{м.о.}, a_{тр}, a_d), \quad (2.5)$$

де  $a_a, a_{п}, a_{м.о.}, a_{тр}, a_d$  – показник можливості ефективного використання мобільного енергетичного засобу відповідно в складі навісних комбінованих агрегатів, на ґрунтообробних операціях, на міжрядній обробці просапних культур, на транспортних роботах, що враховує технічну концепцію трактора (тягова або тягово-енергетична).

Введення принципово нового показника  $a_d$ , що враховує технічну концепцію трактора, продиктовано сучасним ринком тракторів. Виробництво тракторів тягово-енергетичної концепції, отримало глобальний характер. Дані трактора мають можливість працювати з двома суміжними по силі тяги системами машин, є більш універсальним в порівнянні з трактором тягового концепції. Він здатний знизити різномарочність тракторного парку господарства, й зручний в ФГ, замінюючи два трактори різного типорозміру і призначення, одним трактором в комплекті з технологічним модулем або трактором з глибоким баластування.

Домовимося враховувати наявність зазначеної властивості трактора тягово-енергетичної концепції одиницею  $a_d = 1$ , а відсутність цієї властивості у трактора тягової концепції – нулем,  $a_d = 0$ .

Вивчивши сукупний вплив перерахованих в даному розділі показників, можна, за допомогою багатофакторного кореляційного аналізу, отримати аналітичні вирази величини впливу конструкції в функції найбільш значущих показників.

Узагальнені показники на основі одиничних при формуванні утворюють вираження, що визначає комплексний показник енергетичного рівня сільськогосподарського трактора:

$$P_e = S_1 Y_T + S_2 A_T + S_3 W_{\Pi} + S_4 B_T + S_5 K_T, \quad (2.6)$$

де  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  – коефіцієнти вагомості.

Вагомість показників, дозволить визначити вимогу споживачів і тим самим забезпечити конкурентність вітчизняної техніки на ринку, що інтенсивно розвивається.

### 2.3 Висновки за розділом

1. Аналізуючи конструктивні параметри вітчизняних і зарубіжних тракторів, можна виділити набір узагальнених показників рівня енергоспоживання, пов'язаних із сучасним тракторобудуванням, і отримати подальший аналіз сучасного стану парку. Загальний вигляд моделі набуває свого вигляду  $Y = f(Y_T, A_T, W_{\Pi}, B_T, K_T)$ .

2. Вивчення фізичної сутності одиничних показників показало, що для формування необхідного їх переліку потрібно оцінити сукупний вплив на комплексний показник, виключити дубльовану оцінку, кількісно оцінити ієрархію чинників. Встановлено склад узагальнених і одиничних показників в кількості 5 і 13 відповідно.

3. Уточнений метод порівняльної оцінки енергетичного рівня дозволяє визначити цю якість для сучасних тракторів і виділити досягнення в цій галузі.

4. Обґрунтовано введення нового показника пекло для технологічної універсальності  $Y_T = f(a_a, a_{\Pi}, a_{\text{м.о.}}, a_{\text{тр}}, a_d)$ , враховує ступінь баластування і визначає технічну концепцію трактора.

Дослідження проводилося шляхом аналізу технічних характеристик тракторів, вироблених провідними зарубіжними фірмами. Перелік тракторів включає всі тягові класи, вагою, з потужністю двигуна від  $N_e = 66$  кВт до  $N_e = 499$  кВт. Рекомендації при виборі трактора кажуть, що в залежності від тягового класу, баласт повинен бути рівним 25, 50 і 75 кН, щоб при баластування можна було отримувати збільшення сили тяги трактора на 10, 20 або 30 кН відповідно, необхідне для переходу трактора в більш високий клас тяги.

### 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Програма експериментальних досліджень

Сучасний етап розвитку науки дозволяє використовувати методи системного аналізу при роботі зі складними системами і визначенням внутрішніх залежностей. Основою цих методів є система параметрів, які охарактеризовані певними властивості і які в установленому порядку впливають один на одного. Встановлений перелік параметрів, становить єдину систему по відношенню до енергетичного рівня трактора, дає можливість графічно представити і провести аналіз кожного фактора окремо. В даному дослідженні характер взаємодій показників енергетичного рівня розглядається в обсязі системи.

Члени цієї системи формують функцію, спрямовану на рішення загальної задачі – оцінки енергетичних показників трактора, з метою виявлення кращого трактора і підвищення даного показника шляхом вдосконалення конструкції.

З метою вирішення поставленого завдання, необхідно провести моделювання різних ситуацій і на основі отриманої інформації, отримати математичну модель, здатну враховувати особливості роботи членів системи в складі машинно-тракторного агрегату.

Для отриманої моделі, слід провести аналіз її адекватності. Для цього проводяться експерименти. План проведення дослідницької роботи, наведено на рис. 3.1, який визначає кроки по досягненню поставленої мети.

У рішенні задач застосовуються базові методи і основи системного аналізу. Об'єктом дослідження є сільськогосподарські трактора і машинно-тракторні агрегати на їх основі.

Експериментальні дослідження проводяться з метою уточнення показників для комплексної оцінки енергетичних показників трактора і визначення напрямків вдосконалення конструкції для його підвищення.



Рисунок 3.1. Блок-схема проведення експериментальних досліджень

Програма дослідження складається з: визначення переліку показників і параметрів енергетичного рівня трактора; організації та проведення аналізу конструкцій тракторів; збору статистичних даних за показниками рівня трактора; обробки отриманих даних; визначення коефіцієнтів вагомості досліджуваних показників; формування математичних моделей для показників енергетичного рівня; аналізу моделей тракторів різних фірм; застосування отриманих результатів і визначення впливу енергетичного рівня на собівартість продукції.

### 3.2. Встановлення номенклатури факторів енергетичного рівня трактора

За останні 10-15 років в структурі машинно-тракторного парку, а так само на ринку сільськогосподарської техніки відбулися істотні зміни, викликані появою великої кількості енергонасиченої і високопродуктивної техніки, в тому числі тракторів вітчизняного та імпортного виробництва.

Вивчення каталогів великого числа зарубіжних тракторів показало, що наявність різних комплектацій і додаткових опцій, робить їх більш конкурентоспроможними порівняно з вітчизняними аналогами. Все це різноманіття ставить споживача перед важким вибором, який сільськогосподарський трактор придбати, щоб максимально ефективно використовувати його потенціал і виключити непотрібні опції за додаткову вартість. Показники енергетичного рівня, повинні відповідати загальноприйнятим вимогам для тракторів, що визначають їх основні властивості в складі МТА, мати можливість оцінки математичними методами і даними статистики із залученням експертних груп. Мати можливість при наявності одиничних показників, визначити узагальнені і комплексний.

Експеримент проводився для отримання даних, подальшого їх використання в математичній моделі показника енергетичного рівня сільськогосподарського трактора і рекомендації, що сприяють його підвищенню.

Виходячи з вище сказаного, визначальним фактором вибору показників енергетичного рівня є комплексний підхід, який виконує наступні умови: показники енергетичного рівня є частиною системи технологічних і технічних процесів; підвищення енергетичного рівня, має підвищувати його конкурентоспроможність на ринку; показники енергетичного рівня повинні бути прості в розумінні для споживача.

Докладний перелік необхідної інформації для формування анкети опитування і визначення коефіцієнтів вагомості показників представлений в таблицях 3.1-3.4.

Таблиця 3.1 – Перелік одиничних показників технологічної універсальності для формування анкети опитування

№	Показники технологічної універсальності	Ранг
1.1	Можливість працювати з більшою номенклатурою різноспрямованих сільськогосподарських машин і різноманітного навісного обладнання	
1.2	Можливість використовувати трактор на енерговитратних ґрунтообробних операціях (оранка, боронування і т.д.)	
1.3	Можливість використовувати трактор на міжрядної обробки просапних культур	
1.4	Можливість використовувати трактор з обладнанням декількох тягових класів, за рахунок зміни тягово-зчіпного ваги методом баластування	
1.5	Можливість використовувати трактора на транспортних роботах (перевезення вантажів)	

Таблиця 3.2 – Перелік одиничних показників агротехнічних властивостей для формування анкети опитування

№	Показники агротехнічних властивостей	Ранг
2.1	Тиск рушіїв на ґрунт	
2.2	Агротехнічний просвіт (відстань між нижньою точкою трактора і поверхнею поля)	
2.3	Вписуваність рушія в міжряддя (ширина рушія щодо ширини міжряддя)	
2.4	Маневреність (радіус повороту)	
2.5	Площа витоптування поля рушіями	

Таблиця 3.3 – Одиничні показники комфорту для формування анкети опитування

№	Показники зручності і комфорту тракториста	Ранг
3.1	Система кондиціювання та опалення	
3.2	Шумоізоляція, віброзахист	
3.3	Простота і зручність використання органів управління	

Таблиця 3.4 – Узагальнені показники комплексної оцінки енергетичного рівня для формування анкети опитування

№	Показники енергетичного рівня	Ранг
4.1	Здатність трактора виконувати в складі МТА найбільший набір с.-г. операцій з загальної їх кількості	
4.2	Відповідність агротехнічним вимогам залежно від виду виконуваних робіт	
4.3	Продуктивність в складі МТА	
4.4	Витрати на виконання технологічного процесу	
4.5	Зручність і комфорт тракториста	

Частина роботи, пов'язана з експериментальним дослідженням, містить в собі дію зі збору та аналізу інформації про конструкційні особливості трактора, що впливають на технологічну універсальність, агротехнічні властивості, продуктивність, вартість процесу, комфорт для тракториста-машиніста з метою формалізації даних.

### 3.3 Висновки за розділом три.

1. Розроблено та обґрунтовано програму проведення експериментальних досліджень і анкета для проведення експертного опитування, що включає в себе 13 одиничних показників для 3 узагальнених, з метою отримання достовірних даних для визначення коефіцієнтів вагомості.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1. Результати статистичної оцінки обсягу вибірки

Результати статистичного аналізу наведених факторів енергетичного рівня сільськогосподарських тракторів визначили, що дані отримані в ході експертних оцінок, узгоджені з достатньою точністю для всіх експертів і перевірені на основі показників коефіцієнта конкордації та критерію Пірсона.

Результати за узагальненими показниками для різних груп експертів наведені в таблицях 4.1, 4.2, 4.3, 4.4.

Таблиця 4.1 – Результати аналізу експертних даних для показника технологічної універсальності

Показник	Група експертів			
	Механізатори	Інженерні служби	Наукові співробітники	Менеджери по продажам
$W$	0,58	0,73	0,67	0,61
$\chi^2$	27,8	35,2	32,3	29,3
$m$	4	4	4	4
$\chi^2_{кр}$	0,711	0,711	0,711	0,711

Таблиця 4.2 – Результати аналізу експертних даних для показника агротехнічних властивостей

Показник	Група експертів			
	Механізатори	Інженерні служби	Наукові співробітники	Менеджери по продажам
$W$	0,66	0,77	0,66	0,68
$\chi^2$	31,5	36,9	31,5	32,9
$m$	4	4	4	4
$\chi^2_{кр}$	0,711	0,711	0,711	0,711

Таблиця 4.3 – Результати аналізу експертних даних для показника комфорту

Показник	Група експертів			
	Механізатори	Інженерні служби	Наукові співробітники	Менеджери по продажам
$W$	0,76	0,75	0,58	0,64
$\chi^2$	18,2	18,0	14,0	15,5
$m$	2	2	2	2
$\chi^2_{кр}$	0,103	0,103	0,103	0,103

Таблиця 4.4 – Результати аналізу експертних даних для показника енергетичного рівня

Показник	Група експертів			
	Механізатори	Інженерні служби	Наукові співробітники	Менеджери по продажам
$W$	0,65	0,78	0,66	0,76
$\chi^2$	31,7	37,7	31,6	36,5
$m$	4	4	4	4
$\chi^2_{кр}$	0,711	0,711	0,711	0,711

За даними, наведеними в таблицях 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 видно, що коефіцієнт конкордації знаходиться в діапазоні позитивних чисел, відмінних від нуля. Ця закономірність, говорить про достатню узгодженість думок експертів в групі.

Розрахункові значення критерію Пірсона  $\chi^2$  при порівнянні з табличними значеннями  $\chi^2_{кр}$ , мають більше числове значення встановленого рівня достовірності в 95 % для застосування в технічних розрахунках. Аналіз даних показав, що думки узгоджені не випадково, і виконують всі умови перевірки, тим самим номенклатура наведених узагальнених показників може бути застосована для визначення кількісного значення енергетичного рівня тракторів. Аналізуючи результати експертного опитування для показників енергетичного рівня (табл. 4.5) видно, що для різних груп експертів вагомість

показників має схожі числові значення.

Таблиця 4.5 – Результати експертних оцінок впливу одиничних показників технологічної універсальності на енергетичний рівень трактора в різних групах

Оцінка за групами	Показник технологічної універсальності	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Механізатор	$a_a$	58	0,32
	$a_{п}$	39	0,22
	$a_{м.о.}$	37	0,21
	$a_{д}$	24	0,13
	$a_{тр}$	22	0,12
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник технологічної універсальності	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Інженерні служби	$a_a$	57	0,32
	$a_{п}$	45	0,25
	$a_{м.о.}$	38	0,21
	$a_{д}$	23	0,13
	$a_{тр}$	17	0,09
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник технологічної універсальності	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Наукові співробітник	$a_a$	55	0,31
	$a_{п}$	46	0,26
	$a_{м.о.}$	38	0,21
	$a_{д}$	24	0,13
	$a_{тр}$	17	0,09
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник технологічної універсальності	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Менеджери по продажам	$a_a$	56	0,31
	$a_{п}$	42	0,23
	$a_{м.о.}$	39	0,22
	$a_{д}$	24	0,13
	$a_{тр}$	19	0,11
Загальна сума		180	1,00

Це говорить про те, що показники, що впливають на технологічну універсальність, мають схожі вимоги на різних етапах проектування і експлуатації сільськогосподарських тракторів. Проведені розрахунки дозволили зробити висновок, що найбільш ваговою властивістю є здатність працювати з комбінованими сільськогосподарськими машинами. Даний показник, відповідає за здатність трактора працювати з різноманітною номенклатурою сільськогосподарської техніки і мати загальну завантаженість в процесі робіт на високому рівні.

Наступні два показника, практично знаходяться на однаковому рівні за важливістю, це показники на міжрядній обробці  $S = 0,21$  і орних роботах  $S = 0,24$ . Перший показник більш характерний для універсально-просапних тракторів, другий же для тракторів загального призначення.

Показник, що враховує технічну концепцію трактора, за результатами експертів менш важливий для трактора, хоча сучасна індустрія тракторобудування, особливо зарубіжні виробники, особливу увагу приділяють випуску тракторів, здатних працювати з машинами різних тягових класів, за засобом застосування баласту. Найменший коефіцієнт вагомості має показник, що характеризує застосування трактора на транспортних роботах. Це значення цілком закономірно, так як на транспортних роботах доцільно застосовувати спеціалізовану техніку, вантажні автомобілі, що забезпечують найвищу продуктивність.

Можна зробити проміжні висновки: необхідно робити упор на виробництво тракторів, здатних експлуатуватися в складі комбінованих сільськогосподарських машин; трактора повинні забезпечувати високу продуктивність на орних роботах; якісно виконувати роботи на міжрядній обробці.

У табл. 4.6, представлені результати опитування експертів по частинним показниками агротехнічних властивостей.

Таблиця 4.6 – Результати експертних оцінок впливу одиничних показників агротехнічних властивостей на енергетичний рівень трактора в різних групах

Оцінка за групами	Показник агротехнічних властивостей	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Механізатор	$u_q$	56	0,31
	$u_h$	27	0,15
	$u_{вп}$	49	0,27
	$u_m$	26	0,14
	$u_{пл}$	22	0,12
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник агротехнічних властивостей	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Інженерні служби	$u_q$	56	0,31
	$u_h$	25	0,14
	$u_{вп}$	51	0,28
	$u_m$	30	0,17
	$u_{пл}$	18	0,10
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник агротехнічних властивостей	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Наукові співробітник	$u_q$	55	0,31
	$u_h$	22	0,12
	$u_{вп}$	50	0,28
	$u_m$	29	0,16
	$u_{пл}$	24	0,13
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник агротехнічних властивостей	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Менеджери по продажам	$u_q$	56	0,31
	$u_h$	26	0,14
	$u_{вп}$	50	0,28
	$u_m$	25	0,14
	$u_{пл}$	23	0,13
Загальна сума		180	1,00

Аналіз даних для різних груп експертів показав, що найбільш вагомим

частинним показником  $\epsilon$  ( $y_q$ ) тиск рушія на ґрунт. Виходячи із тенденцій розвитку тракторобудування, виробники випускають трактора з регламентованим показником тиску на ґрунт  $q = 80$  кПа, але збільшення зчіпної ваги за рахунок застосування баласту в тракторах тягово-енергетичної концепції згубно позначається на виконанні приписів нормативної документації.

Наступний показник за значимістю, це ( $y_{вп}$ ) вписуваність рушія в міжряддя. В основному характерний для універсально-просапних тракторів. Характеризує якісне виконання робіт на міжрядній обробці з мінімальним пошкодженням рослин, забезпечує більш комфортну роботу для оператора МТА, за рахунок більшого простору для маневрування, зменшується стомлюваність за рахунок меншої концентрації уваги на процесі.

Конструкторам і виробникам тракторної техніки необхідно рухатися в бік підвищення даного показника, що призведе до підвищення продуктивності на роботах по міжрядній обробці ґрунту. Далі в табл. 4.7, наведені дані опитування для показника комфорту. Даний показник впливає на комфорт і зручність на робочому місці для тракториста-машиніста, що в майбутню перспективу сприятливо позначиться на здоров'ї людини.

За даними таблиця видно, що частинний показник ( $k_{уп}$ ) має коефіцієнт вагомості  $S = 0,49$ . Це говорить про те, що на даному етапі розвитку тракторобудування застосовується системи автоматизованого контролю, управління настройками і регулюваннями трактора за рахунок електромеханічного управління, використання супутникових систем, а так само контроль показників роботи. Все це здійснимо за допомогою бортового багатофункціонального комп'ютера.

Два інших показника за вагомістю факторів мають практично однаковий рівень, але для комфортної роботи в складних польових умовах не менш важливі на загальному фоні. Наявність системи кондиціонування сприяє підтримці сприятливого мікроклімату і веде до меншої стомлюваності тракториста.

Таблиця 4.7 – Результати експертних оцінок впливу одиничних показників комфорту на енергетичний рівень трактора в різних групах

Оцінка за групами	Показник комфорту	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Механізатор	$K_{кл}$	17	0,24
	$K_{віб}$	19	0,26
	$K_{vп}$	36	0,50
Загальна сума		72	1,00
Оцінка за групами	Показник комфорту	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Інженерні служби	$K_{кл}$	18	0,25
	$K_{віб}$	18	0,25
	$K_{vп}$	36	0,50
Загальна сума		72	1,00
Оцінка за групами	Показник комфорту	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Наукові співробітник	$K_{кл}$	16	0,22
	$K_{віб}$	22	0,31
	$K_{vп}$	37	0,47
Загальна сума		72	1,00
Оцінка за групами	Показник комфорту	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Менеджери по продажам	$K_{кл}$	17	0,24
	$K_{віб}$	20	0,28
	$K_{vп}$	35	0,49
Загальна сума		72	1,00

Після аналізу вагомості одиничних показників, перейдемо до розгляду узагальнених показників енергетичного рівня, таблиця 4.8.

Таблиця 4.8 – Результати експертних оцінок впливу узагальнених показників на енергетичний рівень трактора в різних групах

Оцінка за групами	Показник енергетичного рівня	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Механізатор	$У_T$	56	0,31
	$A_T$	27	0,15
	$W_{п}$	49	0,27
	$B_T$	26	0,14
	$K_T$	22	0,12
Загальна сума		180	1,00

Закінчення таблиці 4.8

Оцінка за групами	Показник енергетичного рівня	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Інженерні служби	$U_T$	56	0,31
	$A_T$	25	0,14
	$W_{II}$	51	0,28
	$B_T$	30	0,17
	$K_T$	18	0,10
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник енергетичного рівня	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Наукові співробітники	$U_T$	55	0,31
	$A_T$	22	0,12
	$W_{II}$	50	0,28
	$B_T$	29	0,16
	$K_T$	24	0,13
Загальна сума		180	1,00
Оцінка за групами	Показник енергетичного рівня	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Менеджери по продажам	$U_T$	56	0,31
	$A_T$	26	0,14
	$W_{II}$	50	0,28
	$B_T$	25	0,14
	$K_T$	23	0,13
Загальна сума		180	1,00

Таблиця 4.9 – Вагомість одиничних і узагальнених показників

Показник	Вага
<b>Показник технологічної універсальності (<math>U_T</math>)</b>	
Можливість працювати з комбінованими сільськогосподарськими агрегатами, $a_a$	0,31
Можливість використовувати трактор на енерговитратних ґрунтообробних операціях, $a_{II}$	0,24
Можливість використовувати трактор при міжрядній обробці просапних культур, $a_{м.о.}$	0,21
Можливість баластування трактора, $a_d$	0,13
Можливість використовувати трактора на транспортних роботах (перевезення вантажів), $a_{тр}$	0,10
<b>Показник агротехнічних властивостей (<math>A_T</math>)</b>	
Тиск рушіїв на ґрунт, $u_q$	0,31

Закінчення таблиці 4.9

Показник	Вага
Агротехнічний просвіт (відстань між нижньою точкою трактора і поверхнею поля), $u_h$	0,14
Вписуваність рушія в міжряддя (ширина рушія щодо ширини міжряддя), $u_{вп}$	0,28
Маневреність (радіус повороту), $u_m$	0,15
Площа витоптування поля рушіями, $u_{пл}$	0,12
<b>Показник комфорту (<math>K_T</math>)</b>	
Система кондиціонування та опалення, $K_{кл}$	0,24
Віброзахист, $K_{віб}$	0,27
Простота і зручність використання органів управління, $K_{уп}$	0,49
<b>Показник енергетичного рівня (<math>\Pi_e</math>)</b>	
Здатність трактора виконувати в складі МТА найбільший набір с.-г. операцій з загальної їх кількості, $U_T$	0,31
Відповідність агротехнічним вимогам залежно від виду виконуваних робіт, $A_T$	0,14
Продуктивність в складі МТА, $W_{п}$	0,28
Витрати на виконання технологічного процесу, $B_T$	0,15
Зручність і комфорт тракториста, $K_T$	0,12

Значення в таблиці 4.9 показують, з якою вагомістю, одиничні показники впливають на комплексний узагальнений показник. При вагомості, що прагне до 1, вплив показника є найбільшим, при прагненні в напрямку до 0, показник чинить найменший вплив. За результатами аналізу одиничних показників, їх складових та вагомості, остаточний вигляд придбали моделі узагальнених показників комплексного енергетичного рівня трактора, які дають уявлення з яким ступенем той чи інший показник впливає на кінцевий результат.

#### 4.2 Порівняльний аналіз результатів за стандартною і пропонованою методикою оцінки енергетичного рівня

За результатами аналізу моделей отримані кількісні значення, що складають комплексний показник енергетичного рівня. Застосування моделей показників для тракторів різних зарубіжних фірм, порівняння з лінійними моделями без застосування коефіцієнтів вагомості узагальнених показників

технологічного рівня по тракторах марки Беларус, наведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Значення узагальнених показників енергетичного рівня тракторів марки Беларус

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості		$B_T$	$W_{\Pi}$	$K_T$
	$Y_T$	$A_T$	$Y_T$	$A_T$			
Беларус 320	0,36	0,73	0,43	0,90	0,74	0,39	0,76
Беларус 82.1	0,56	0,70	0,59	0,86	1,00	0,95	0,76
Беларус 920	0,58	0,68	0,59	0,84	0,98	0,94	0,76
Беларус 1021	0,61	0,62	0,61	0,77	1,00	0,64	0,76
Беларус 1221.2	0,64	0,68	0,63	0,85	0,91	0,74	0,76
Беларус 1523	0,67	0,58	0,66	0,72	0,84	0,80	0,88
Беларус 2022	0,49	0,56	0,52	0,69	0,83	1,00	0,88
Беларус 3022	0,61	0,53	0,65	0,67	0,80	0,60	0,88

Порівняльний аналіз узагальнених показників технологічної універсальності і агротехнічних властивостей без коефіцієнтів вагомості і з коефіцієнтом, дозволяє більш детально зрозуміти, які конструкційні рішення найбільш потрібні споживачу. Спочатку, застосування рівнозначності одиничних показників не давало точного уявлення про узагальнений, і не враховувала потреби різних найбільш зацікавлених груп споживачів.

Це сприяло отриманню в кінцевому результаті не точної оцінки енергетичного рівня. Підвищення показника агротехнічних властивостей, говорить про те, що застосування показників вагомості, виправдане рішення.

Графічна інтерпретація показників (табл. 4.10), показана на рисунках 4.1-4.2.

Враховано вимоги різних груп. Підвищення комплексного показника ґрунтуватиметься на вимогах споживача, що призведе до зменшення втрат ресурсів, спрямованих на непотрібні удосконалення конструкції.

Якісний стан визначається по психофізичної шкалою бажаності(табл. 4.12).

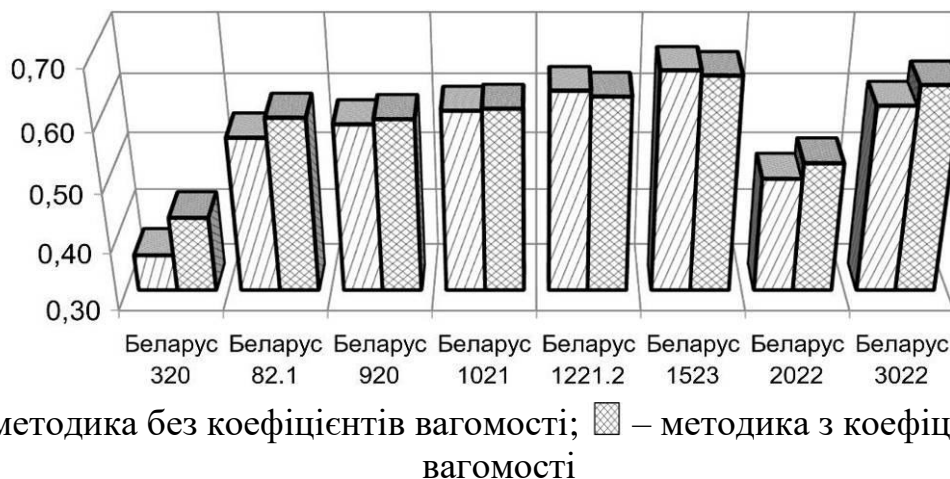


Рисунок 4.1. Порівняння показників технологічної універсальності тракторів марки Беларусь

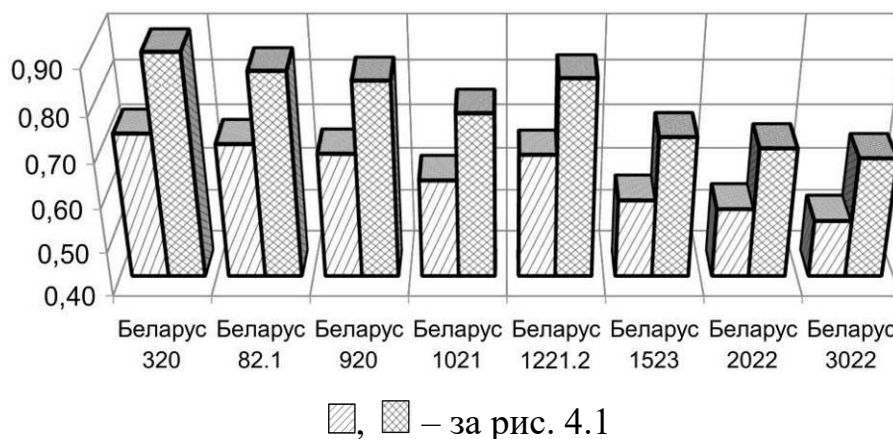


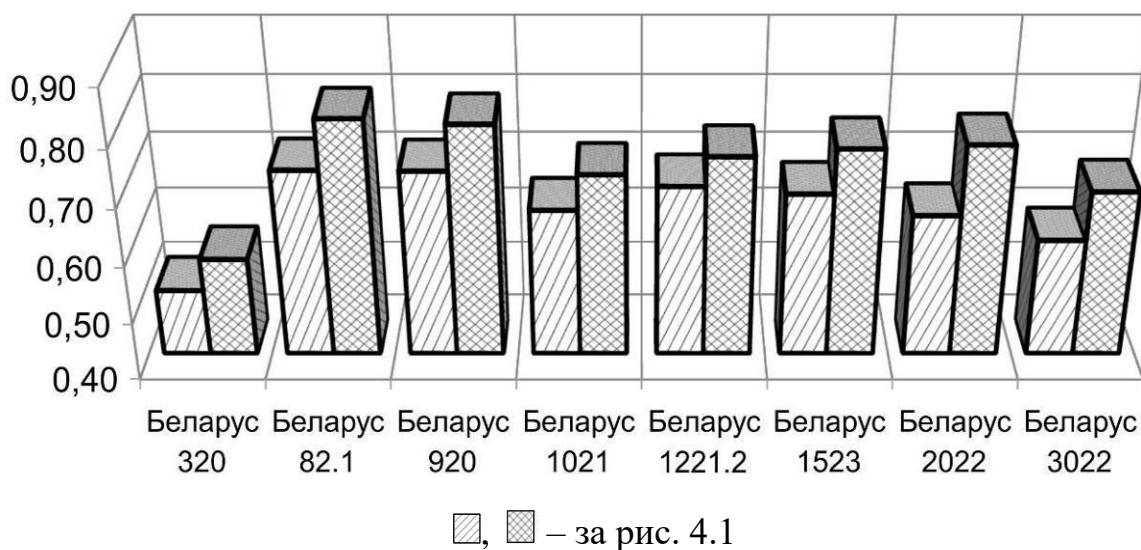
Рисунок 4.2. Порівняння показників агротехнічних властивостей тракторів марки Беларусь

Таблиця 4.11 – Значення комплексного показника енергетичного рівня тракторів марки Беларусь

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості	
	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$
Беларус 320	0,51	низьке	0,57	низьке
Беларус 82.1	0,73	середнє	0,81	середнє
Беларус 920	0,72	середнє	0,80	середнє
Беларус 1021	0,66	середнє	0,72	середнє
Беларус 1221.2	0,70	середнє	0,75	середнє
Беларус 1523	0,69	середнє	0,76	середнє
Беларус 2022	0,65	середнє	0,77	середнє
Беларус 3022	0,60	низьке	0,69	середнє

Таблиця 4.12 – Стан показників

Якісний стан показника	Кількісний стан показника у балах
Високе	1,00 – 0,90
Середнє	0,89 – 0,64
Низьке	0,63 – 0,38
Дуже низьке	0,37 – 0,20

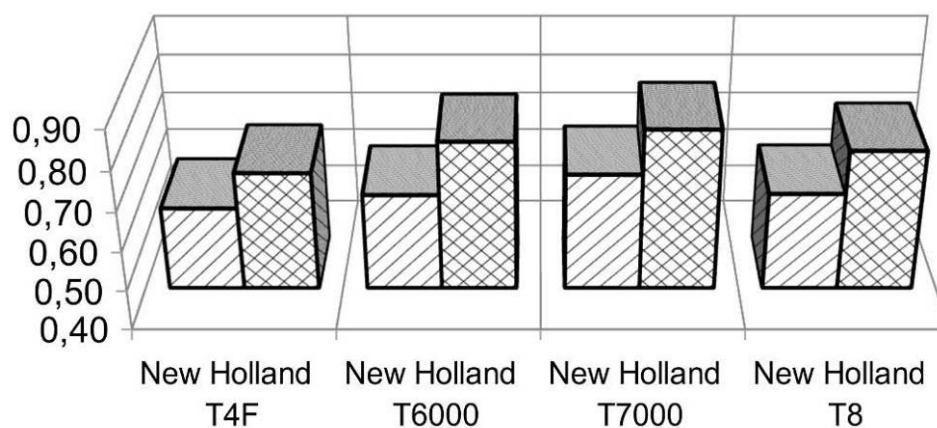
Рисунок 4.3. Порівняння показників енергетичного рівня тракторів марки  
Беларус

Таблиця 4.13 – Значення узагальнених показників технологічного рівня тракторів марки New Holland

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості		$B_T$	$W_{II}$	$K_T$
	$Y_T$	$A_T$	$Y_T$	$A_T$			
New Holland T4F	0,51	0,62	0,55	0,78	0,72	0,74	0,88
New Holland T6000	0,65	0,60	0,84	0,75	0,68	0,68	1,00
New Holland T7000	0,73	0,60	0,85	0,77	0,50	0,88	1,00
New Holland T8	0,75	0,51	0,88	0,64	0,50	0,71	1,00

Таблиця 4.14 – Значення комплексного показника енергетичного рівня тракторів марки New Holland

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості	
	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$
New Holland T4F	0,61	низьке	0,70	середнє
New Holland T6000	0,64	середнє	0,78	середнє
New Holland T7000	0,70	середнє	0,81	середнє
New Holland T8	0,65	середнє	0,76	середнє



▨, ▩ – за рис. 4.1

Рисунок 4.4. Порівняння показників енергетичного рівня тракторів марки New Holland

Таблиця 4.15 – Значення узагальнених показників енергетичного рівня тракторів марки CLAAS

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості		$B_T$	$W_{II}$	$K_T$
	$Y_T$	$A_T$	$Y_T$	$A_T$			
CLAAS 330	0,68	0,67	0,83	0,83	0,71	1,00	0,94
CLAAS 620	0,68	0,61	0,77	0,76	0,54	0,70	0,94
CLAAS 820	0,51	0,65	0,65	0,83	0,56	0,90	0,94
CLAAS 850	0,56	0,60	0,68	0,77	0,56	0,63	0,94
CLAAS 920	0,58	0,59	0,66	0,74	0,44	0,62	1,00
CLAAS 950	0,59	0,55	0,66	0,69	0,68	0,77	1,00

Таблиця 4.16 – Значення комплексного показника енергетичного рівня тракторів марки CLAAS

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості	
	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$
CLAAS 330	0,75	низьке	0,87	середнє
CLAAS 620	0,65	середнє	0,74	середнє
CLAAS 820	0,64	середнє	0,77	середнє
CLAAS 850	0,59	низьке	0,69	середнє
CLAAS 920	0,58	низьке	0,67	середнє
CLAAS 950	0,63	низьке	0,74	середнє

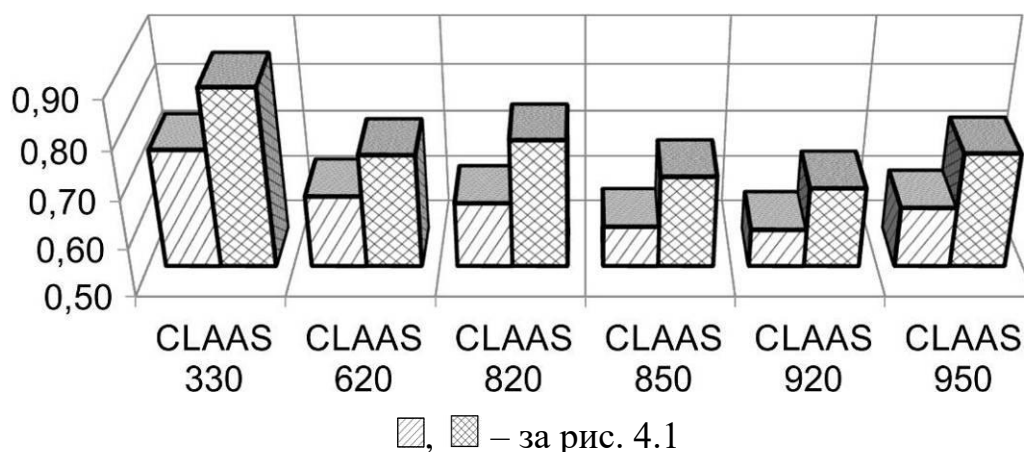


Рисунок 4.5. Порівняння показників енергетичного рівня тракторів марки CLAAS

Таблиця 4.17 – Значення узагальнених показників енергетичного рівня тракторів марки John Deere

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості		$B_T$	$W_{II}$	$K_T$
	$Y_T$	$A_T$	$Y_T$	$A_T$			
John Deere 6110B	0,54	0,64	0,71	0,81	0,66	0,67	0,94
John Deere 6110D	0,55	0,67	0,72	0,85	0,66	0,68	0,94
John Deere 6170M	0,61	0,64	0,75	0,84	0,56	0,60	0,94
John Deere 7830	0,72	0,67	0,85	0,87	0,62	0,99	1,00
John Deere 8310R	0,76	0,57	0,85	0,73	0,52	0,70	1,00
John Deere 8385R	0,65	0,57	0,73	0,73	0,57	0,75	1,00

Таблиця 4.18 – Значення комплексного показника енергетичного рівня тракторів марки John Deere

Моделі тракторів	без коефіцієнтів вагомості		з коефіцієнтами вагомості	
	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$	Кількісне значення $P_e$	Якісне значення $P_e$
John Deere 6110B	0,61	низьке	0,73	середнє
John Deere 6110D	0,62	низьке	0,74	середнє
John Deere 6170M	0,61	низьке	0,71	середнє
John Deere 7830	0,75	середнє	0,87	середнє
John Deere 8310R	0,67	середнє	0,76	середнє
John Deere 8385R	0,64	середнє	0,75	середнє

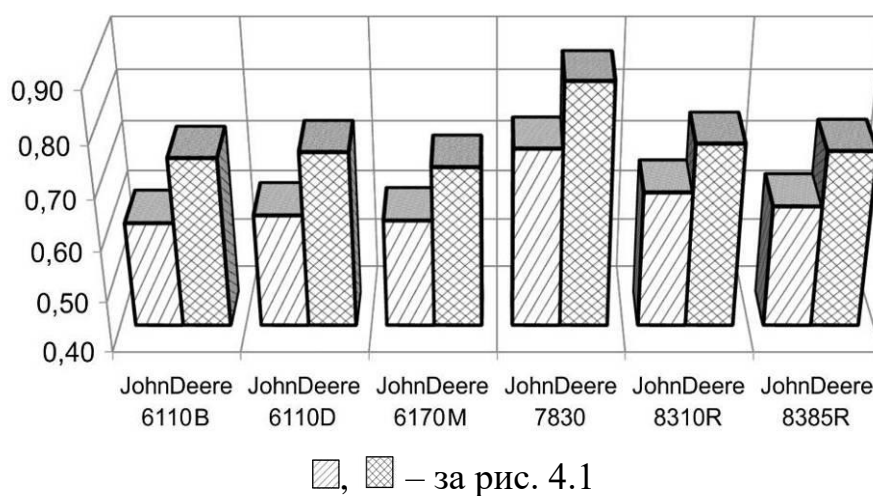


Рисунок 4.6. Порівняння показників енергетичного рівня тракторів марки John Deere

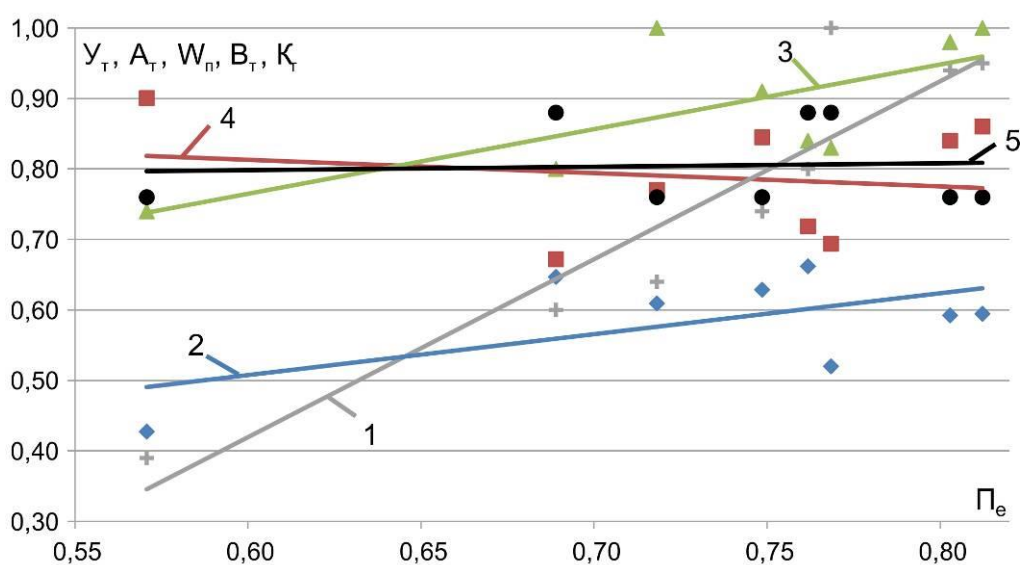


Рисунок 4.7. Статистична залежність узагальнених показників енергетичного рівня трактора від показника  $P_e$

Таблиця 4.19 – Розрахункові залежності  $P_e = f(Y_T, A_T, W_{\Pi}, B_T, K_T)$ 

Позиція на рис. 4.7	Показники	Рівняння	R <sup>2</sup>
1	Продуктивність	$y = 2,5229x - 1,0941$	0,8757
2	Технологічна універсальність	$y = 0,5801x + 0,1595$	0,3408
3	Вартість виконання технологічного процесу	$y = 0,9159x + 0,2153$	0,5075
4	Агротехнічні властивості	$y = -0,1901x + 0,9272$	0,0296
5	Показник комфорту	$y = 0,0496x + 0,7686$	0,0038

### 4.3 Циклограма якості тракторів

Показники для групи тракторів №1 тягового класу 1.4, наведено в табл. 4.20.

Таблиця 4.20 – Показники досліджуваних тракторів

№ показника	Показник	Беларус 320	Беларус 82.1	Беларус 920	New Holland T4F	CLAAS 330
		Потужність двигуна, кВт	25	60	62	57
	Тяговий клас	0,6	1,4	1,4	1,4	1,4
1	Повнота використання потужності (еталонна енергонасиченість), кВт/кН	1,56	1,7	1,77	1,58	2,1
2	Показник, можливого баластування (енергонасиченість трактора), кВт/кН	1,56	1,7	1,77	1,58	2,1
3	Кількість технологічних просторів під обладнання, шт.	2	2	2	2	2
4	Кількість технологічних просторів під ємності, шт.	2	2	2	2	2
5	Продуктивність виконання тех. процесу, га/год.	1	2,37	2,35	2,3	2,5
6	Вартість виконання тех. процесу, грн./га	420	310	315	430	433

Закінчення таблиці 4.20

7	Тиск рушія на ґрунт, кПа	80	93	77	154	90
8	Робота на міжряддя (регулювання), мм	150	560	520	400	355
9	Маневреність (радіус повороту), м	3,7	4,1	4,5	3,1	4,3
10	Агротехнічний просвіт, мм	320	510	510	323	440
11	Транспортна швидкість, км/год.	25	35	38	40	40
12	Вантажопідйомність передньої навіски, кг	500	1750	1750	1835	2800
13	Вантажопідйомність задньої навіски, кг	750	3200	3200	3000	2900
14	Фронтальні ВВП (0,5 – немає) або (1,0 – є)	1	0,5	0,5	1	1

На основі даних таблиці 4.20 побудована циклограма якості (рис.4.8) і виконано порівняння показників трактора за допомогою диференціального методу.

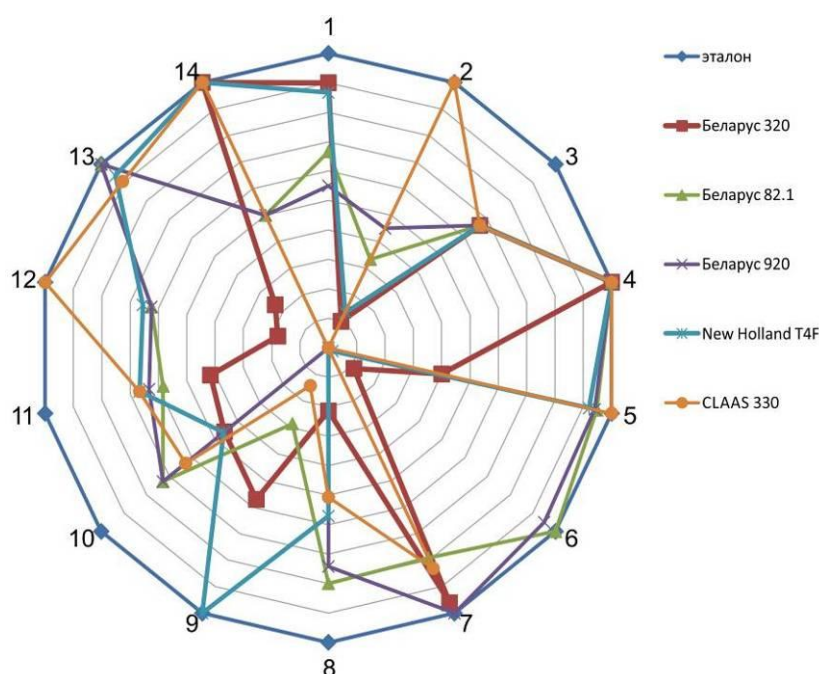


Рисунок 4.8. Циклограма якості групи тракторів тягового класу 1,4

Даний метод дозволяє визначити перевагу енергетичного рівня одного трактора над іншим, візуально зрозуміти в якій області знаходиться дана перевага і на основі отриманої інформації прийняти управлінське рішення. За рахунок аналізу площ багатокутника, розрахувати ступінь задоволеності споживача (табл. 4.21 і рис. 4.9). Для еталонного трактора прийняти площу циклограми, що дорівнює 100%.

Таблиця 4.21 – Ступінь задоволеності споживача (група №1)

Модель трактора	Беларус 320	Беларус 82.1	Беларус 920	New Holland T4F	CLAAS 330	Еталонний трактор
% заповнення	24,34	50,84	49,98	42,88	41,54	100,00

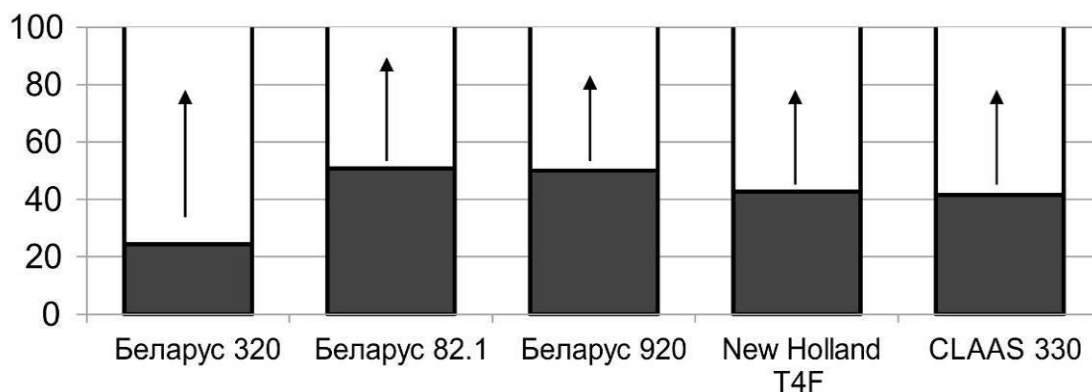


Рисунок 4.9. Відсоток задоволеності споживача

Аналізуючи, дані табл. 4.21 і рис. 4.9 видно, що площа багатокутників для тракторів Беларус 82.1 і Беларус 920 сумірні і значно більше площі трактора Беларус 320. Для тракторів New Holland T4F і CLAAS 330 кінцеві значення задоволеності практично рівні, але при детальному розгляді циклограми, можна зробити висновок, що за показником маневреності перевагу має New Holland, а за вантажопідйомністю передньої навіски CLAAS.

Ступінь задоволеності споживача для групи тракторів тягового класу 2,0, наведено в таблиці 4.22.

Таблиця 4.22 – Ступінь задоволеності споживача (група №2)

Модель трактора	John Deere 6110B	Беларус 1021	John Deere 6130D	Беларус 1221.2	New Holland T6000	CLAAS 620	Fendt 211 330	Еталонний трактор
% заповнення	33,41	34,89	44,86	48,23	52,08	27,34	59,84	100,00

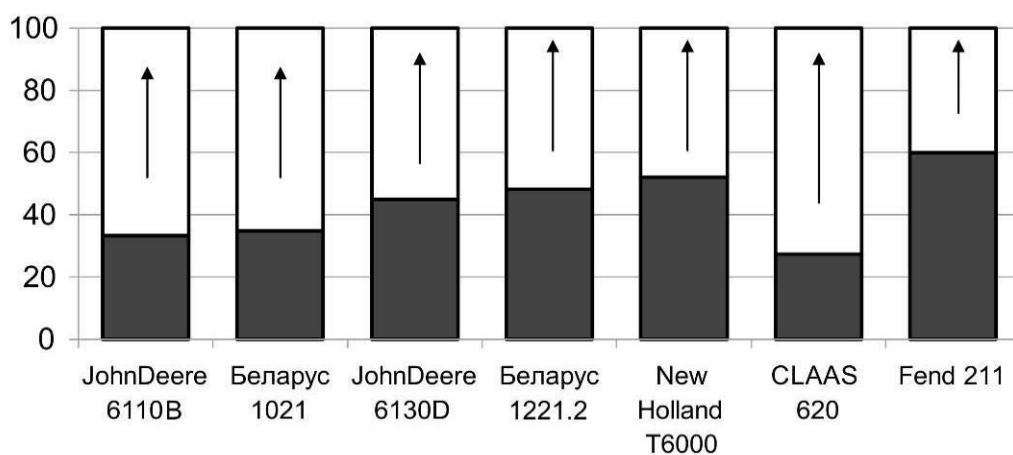


Рисунок 4.10. Відсоток задоволеності споживача

Порівняння групи тракторів тягового класу 2,0, наведено в табл. 4.22 і на рисунку 4.10. Група складається з 7 тракторів. Аналіз проводився на основі циклограми якості по площі заповнення, яка визначає задоволеність споживача. Даний показник для трактора Claas 620 є найменшим, що говорить про низький енергетичний рівень по порівнюваним критеріям. Fend 211 займає лідируюче положення з показником 59,84%, що характеризує даний трактор високою універсальністю та виконанням встановлених агротехнічних вимог. Результати порівняння по інших групах тракторів наведені в табл. 4.23. Всього проаналізовано 34 тракторів, побудовані циклограми.

Таблиця 4.23 – Ступінь задоволеності споживача (групи №3 – 6)

Моделі тракторів	N, кВт	Тяговий клас	% заповнення
1	2	3	4
Група тракторів № 3			
Беларус 1523	109	3	41,1987
John Deere 7710	114	3	55,13335
John Deere 6170M	125	3	51,95002
John Deere 7830	150	3	58,72665
Беларус 2022	156	3	45,67869
New Holland T7000	123	3	44,13033
CLAAS 820	139	3	45,54975
T-150K	122	3	26,76037
Група тракторів № 4			
Case IH 285	180	4	44,63487

Закінчення таблиці 4.23

1	2	3	4
New Holland T8	216	4	36,57762
CLAAS 850	171	4	45,76861
John Deere 8310R	228	4	44,95077
John Deere 8385R	217	4	44,32932
Case IH 335	246	4	40,53704
Buhler 375	280	4	30,68466
Група тракторів № 5			
Беларус 3022	220	5	47,94344
CLAAS 920	236	5	40,51539
New Holland N9.505	336	6	30,87593
CLAAS 950	306	6	42,22937
John Deere 9430	317	6	28,62348
Група тракторів № 6			
John Deere 9520	330	8	19,51668
Buhler 435	325	8	35,49439

Застосування подібного методу полегшує завдання вибору трактора, отже, в якості рекомендації необхідно приводити циклограму якості на трактор в технічній документації, яка доступна споживачеві.

#### 4.4 Рекомендації сільгосптоваровиробникам при оновленні парку тракторів

У сільськогосподарській галузі з метою підвищення конкурентності продукції вітчизняних виробників необхідно знижувати витрати, підвищувати продуктивність праці за рахунок інноваційних розробок при експлуатації високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів, збільшувати енергозабезпеченість і енергоозброєність виробництва. Рішення завдання, можливо, реалізувати з використанням нової високотехнологічної техніки і техніки з високими показниками функціональних характеристик. Це мотивує сільськогосподарські підприємства купувати і використовувати такі МТА, які перевершують аналоги і машини в парку підприємства. Оновлення парку аналогічними машинами (марка, модель) як правило, не підвищує енергетичний

рівень парку в цілому.

Кожна машина, що купується повинна бути краще застарілого зразка і мати інноваційні рішення щодо підвищення продуктивності, зниження експлуатаційних витрат, підвищення умов праці.

Орієнтуючись на ринкові пропозиції тракторів і результати дослідницької роботи, по вдосконаленню методики та порівняльної оцінки, представляємо рекомендації по купівлі певних марок сільськогосподарських тракторів.

У табл. 4.24 представлені трактора, що мають найвищий показник енергетичного рівня і ступінь задоволеності споживача з урахуванням компонування по тяговому класу.

Таблиця 4.24 – Трактори, рекомендовані для покупки

Марка, модель	N, кВт	V, км/год.	W, га/год.	Pe (енергетичний рівень)	% задоволеності
Тяговий клас 1,4					
Беларус 82.1	60	35	2,35	0,81	50,8
Беларус 920	62	38	2,37	0,80	50,0
CLAAS 330	68	40	2,5	0,87	42
Тяговий клас 2,0					
John Deere 6130D	95	40	3,34	0,74	45,0
Беларус 1221	98	35	3,7	0,75	48,0
New Holland T6000	82	40	3,36	0,78	52,0
Fend 211 Vario	74	40	5	0,85	60,0
Тяговий клас 3,0					
John Deere 7830	150	50	5,65	0,87	59,0
John Deere 7830	114	50	4,68	0,83	55,1
Беларус 2022	156	40	5,67	0,77	46,0
CLAAS 820	139	50	5,12	0,77	46,0
New Holland T7000	123	50	5,0	0,81	44,1

Закінчення таблиці 4.24

Марка, модель	N, кВт	V, км/год.	W, га/год.	П <sub>е</sub> (енергетичний рівень)	% задоволеності
Тяговий клас 4,0					
CLAAS 850	171	50	6,6	0,69	45,8
John Deere 8310R	228	42	7,5	0,76	45,0
John Deere 8385R	217	42	7,9	0,75	44,3
Case IH 285	180	40	7,6	0,81	44,6
Тяговий клас 5,0					
Беларус 3022	220	40	8,5	0,69	48,0
CLAAS 920	236	50	8,8	0,67	40,5
Тяговий клас 6,0					
CLAAS 950	306	50	11,1	0,74	42,2
Тяговий клас 8,0					
Buhler Versatile 435	325	35	12,9	0,83	35,5

Енергетичний рівень тракторного парку деяких підприємств має низький показник, обумовлений морально застарілими тракторами, поганим технічним станом і критично низькою чисельністю. Це відображає те, що збільшення комплексного показника енергетичного рівня машинно-тракторного парку має здійснюватися підвищеними темпами, з метою забезпечення конкурентної вартості сільськогосподарської продукції.

Завдяки проведеним дослідженням і розрахунків, представлений список тракторів, рекомендованих сільськогосподарським підприємствам для придбання при оновленні парку. Трактори представлені в кількості 20 моделей і охоплюють весь тяговий діапазон за ДСТУ 7322:2013 «Трактори сільськогосподарські. Загальні технічні умови». Середнє значення показника енергетичного рівня для представленого переліку становить  $P_e = 0,78$ , а задоволеність знаходиться на рівні 48%.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що наявні методи і підходи для визначення комплексного показника енергетичного рівня трактора не враховують думку споживача, засновані на експертній оцінці фахівців.

2. Розроблено програму експериментальних досліджень і анкету для проведення експертного опитування, що включає в себе 13 одиничних показників для 3 узагальнених, з метою отримання достовірних даних для визначення коефіцієнтів вагомості.

3. Визначено принципи та вимоги для складання основного складу показників енергетичного рівня трактора. Вирішена комплексна задача інтеграції п'яти узагальнених показників в єдину систему оцінки технологічного рівня трактора, для яких визначені коефіцієнти вагомості  $S$ : для показника технологічної універсальності  $Y_T$  ( $S = 0,31$ ); для показника потенційної продуктивності  $W_{\Pi}$  ( $S = 0,28$ ); для показника вартості виконання технологічного процесу  $B_T$  ( $S = 0,15$ ); для показника агротехнічних властивостей  $A_T$  ( $S = 0,14$ ); для показника комфорту тракториста  $K_T$  ( $S = 0,12$ ).

5. Розроблено спосіб для оцінки енергетичного рівня тракторів різного призначення, який є інструментом споживачеві для визначення сильних і слабких сторін розглянутих моделей і підвищує багатофункціональність методики за рахунок циклограми якості.

6. Встановлено аналітичну залежність впливу показника енергетичного рівня тракторного парку на вартість продукції. Це дозволить при інших рівних умовах, об'єктивно оцінити потребу у зміні складу тракторного парку підприємства. При кількості пар  $n < 30$ , що корелюються, значення коефіцієнта кореляції становить 0,74.

7. Встановлено, що підвищення наявних показників енергетичного рівня машинно-тракторних парків до значення максимального в районі  $P_e = 0,78$ , дозволяє зменшити собівартість продукції зернових культур, пов'язану з низьким рівнем парку, на 17%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: навчальний посібник. Мелітополь, 2005. 337 с.
2. Мельник Л.Г. Економіка енергетики: підручник / За ред. Л.Г.Мельника, І.Н.Сотник. Суми: Університетська книга, 2015. 378 с
3. Трактори та автомобілі. Ч.8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів. Навч. посібник / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артёмов, А.Т. Лебедев // за ред. проф. А.Т. Лебедева. Х.: Факт, 2013. 260с.
4. Кравчук В. І. Алгоритм розвитку сільськогосподарського машинобудування на сучасному етапі / В. І. Кравчук // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 1. – С. 6-9.
5. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів : монографія. Харків : ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. 244 с.
6. Гліненко Л.К., Сухонос О.Г. Основи моделювання технічних систем: навчальний посібник. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 176 с.
7. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 1993. 224 с.
8. Лімонт А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : Навч. посіб. / А.С. Лімонт. Держ. агроєколог. ун-т. Житомир, 2008. 420 с.
9. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. 384 с.
10. Погорілій Л.В. Випробування сільськогосподарської техніки: науково – методичні засади оцінки та прогнозування надійності сільськогосподарських машин / Л.В. Погорілій, В.Я. Анілович. Київ Фенікс,

2004. 208 с.

11. Кузнєцов Н.Г. Теорія тягового балансу енергонасичених колісних тракторів під час роботи на важких ґрунтах. Навчальний посібник. Харків, 2005. 145 с.

12. Погорілий Л., Коваль С. Прогноз розвитку техніки на початку 21 століття. //Техніка АПК. -№3, 1996. С. 8-10.

13. Лупенко Ю.О., Малік М.Й., Шпикуляк О.Г. Інноваційне забезпечення розвитку сільського господарства України: проблеми та перспективи. ННЦ ІАЕ, Київ, 2014. – 516 с.

14. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. К.: Урожай, 1994. 224с.

15. Білоконь Я.Ю., Окоча А. Трактори і автомобілі: Підручник. К.: Урожай, 2002. 318с.

16. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Закордонні трактори країн: посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 600 с.

17. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Трактори країн СНД: посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. 176 с.