

УДК 631.372

## Особливості вибору складових елементів тягово-транспортних засобів із гібридними моторно-трансмісійними установками

*Третяк В. М., к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

### Анотація

**Мета.** Визначення ефективних типів накопичувачів енергії для гібридних тягово-транспортних засобів (ТТЗ) сільськогосподарського призначення.

**Методи.** Аналіз умов експлуатації тягово-транспортних засобів сільськогосподарського призначення і характеристик складових елементів гібридних тягово-транспортних засобів та їх узгодження за критерієм «ККД – вартість».

**Результати.** На підставі аналізу характеристик накопичувачів енергії запропоновано їх класифікувати на буферні та ємнісні з відповідними режимами роботи.

### Висновки

1. З метою економії вуглеводневого пального в двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ)

сільськогосподарських ТТЗ доцільно впроваджувати гібридні моторно-трансмісійні установки.

2. Залежно від умов роботи необхідно використовувати буферні або ємнісні пристрої накопичення енергії.

3. У ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатах (МТА) доцільно впроваджувати кінетичні накопичувачі енергії – маховики.

4. Під час створення спеціалізованих економічних ТТЗ сільськогосподарського призначення необхідно орієнтуватися на гібридні моторно-трансмісійні установки з використанням електричної енергії та відповідних комплектуючих елементів – тягові електричні двигуни, системи управління та накопичення енергії.

**Ключові слова:** тягово-транспортний засіб, гібридна моторно-трансмісійна установка, змінне навантаження, накопичувачі енергії.

UDC 631.372

## Features of the choice of components of traction vehicles with hybrid motor-transmission units

*Tretyak V. M., Cand. Eng. Sc. (Ph. D.), Department Head, National scientific center "Institute of agricultural engineering and electrification"*

### Annotation

**Purpose.** Determination of effective types of energy storage devices for hybrid tugs for agricultural purposes.

**Methods.** Analysis of conditions of operation of traction vehicles of agricultural purpose and characteristics of components of hybrid traction vehicles and their coordination on the criterion "Efficiency – cost".

**Results.** Based on the analysis of the characteristics of energy storage devices, it is proposed to classify them as buffer and capacitive with the corresponding operating modes.

### Conclusions

1. In order to save on hydrocarbon fuel in internal combustion engines of agricultural traction

vehicle it is expedient to introduce hybrid motor-transmission units.

2. Depending on the operating conditions, use buffer or capacitive energy storage devices.

3. In soil cultivation machine tractor unit it is advisable to introduce kinetic energy storage devices – flywheels.

4. When creating a specialized economic traction vehicle of agricultural purpose, it is necessary to focus on hybrid motor-transmission units using electric energy and the corresponding components – traction electric motors, control systems and energy accumulation.

**Keywords:** traction vehicle, hybrid motor-transmission unit, variable load, energy storage devices.

УДК 631.372

## Особенности выбора составляющих элементов тягово-транспортных средств с гибридными моторно-трансмиссионными установками

*Третьяк В. М., к.т.н., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»*

### Аннотация

**Цель.** Определение эффективных типов накопителей энергии для гибридных тягово-транспортных средств (ТТС) сельскохозяйственного назначения.

**Методы.** Анализ условий эксплуатации тягово-транспортных средств сельскохозяйственного назначения, характеристик составляющих элементов гибридных тягово-транспортных средств и их согласование по критерию «КПД – стоимость».

**Результаты.** На основании анализа характеристик накопителей энергии предложено их классифицировать на буферные и емкостные с соответствующими режимами работы.

### Выводы

1. С целью экономии углеводородного топлива в двигателях внутреннего сгорания сельскохозяйственных ТТС целесообразно внедрять гибридные моторно-трансмиссионные установки.

2. В зависимости от условий работы необходимо использовать буферные или емкостные накопители энергии.

3. В почвообрабатывающих МТА целесообразно внедрять кинетические накопители энергии – маховики.

4. При создании специализированных экономичных ТТС сельскохозяйственного назначения необходимо ориентироваться на гибридные моторно-трансмиссионные установки с использованием электрической энергии и соответствующих комплектов элементов – тяговые электродвигатели, системы управления и накопления энергии.

**Ключевые слова:** тягово-транспортное средство, гибридная моторно-трансмиссионная установка, переменная нагрузка, накопители энергии.

**Постановка проблемы.** Жорстка міжнародна конкуренція на ринку транспортного та сільськогосподарського машинобудування вимагає створювати більш економічні, екологічні й ефективні тягово-транспортні засоби. Розвиток сучасної елементної бази із суттєво кращими характеристиками вимагає нових підходів щодо конструювання та

теоретичного обґрунтування їхнього впровадження в нові машини.

**Мета дослідження.** Визначення ефективних типів накопичувачів енергії для гібридних тягово-транспортних засобів (ТТЗ) сільськогосподарського призначення.

**Методи дослідження.** Аналіз умов експлуатації тягово-транспортних засобів сільськогосподарського призначення і характеристик складових елементів гібридних тягово-транспортних засобів та їх узгодження за критерієм «ККД – вартість».

### Результати дослідження

*Гібрид* (від лат. *hibrida, hybrida* – помісь) – організм, який одержано за результатом схрещування батьківських форм, що генетично різняться (види, породи, лінії та інше) [1].

*Гібридна обчислювальна система* – комплекс із декількох ЕОМ або обчислювальних пристроїв (аналогових і цифрових), об'єднаних єдиною системою управління [1].

*Гібридний ракетний двигун* – хімічний ракетний двигун, який працює на так званому гібридному паливі (звичайне тверде паливо та рідкий окисник) [1].

*Гібридний локомотив* – локомотив, що використовує системи збереження енергії, які перезаряджаються [2].

Під «гібридом» у мобільній енергетиці слід розуміти ТТЗ із кількома двигунами різного типу, які об'єднані в комплексну єдину систему з перетворення енергії різних джерел в корисну роботу. У сучасному автомобілебудуванні гібридні автомобілі переважно оснащуються двома типами двигунів: двигун внутрішнього згорання та електродвигун, які можуть працювати разом або окремо. Але використовуються й інші види накопичення енергії та приводу рушіїв.

З появою нової елементної бази з високими коефіцієнтами корисної дії (ККД) з'являється декілька основних концепцій побудови ТТЗ: класична (рис. 1), з новими джерелами енергії та гібридна.

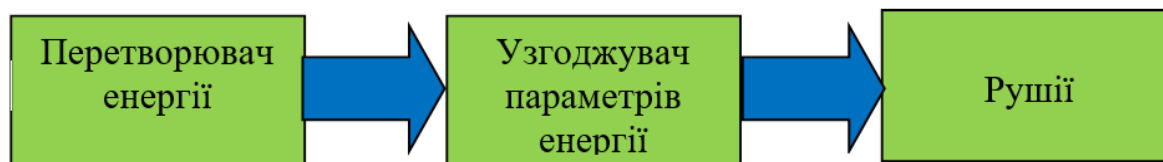


Рис. 1. Складові елементи класичного тягово-транспортного засобу  
Fig. 1. Ingredients of the classic towing vehicle

Первинний перетворювач енергії в механічну (ДВЗ, газова турбіна, парова машина, паливний елемент, сонячна батарея та ін.) перетворює вуглеводневе паливо або інше джерело енергії в механічну, електричну, пневматичну енергію. У зв'язку з тим, що переважна більшість ТТЗ споживає потужність у великому діапазоні значень – від від'ємної (гальмування з накопиченням енергії) до максимально можливої позитивної (максимальна спроможність рушії та умов руху), то встановлюється пристрій узгодження параметрів енергії (механічна ступінчаста або безступінчаста коробка передач,

гідродинамічна, гідростатична, електрична, пневматична або комбінації цих трансмісій). Рушій (колісний, гусеничний, шнековий, кроковий) перетворює механічну енергію трансмісії в енергію руху ТТЗ через взаємодію з опорною поверхнею.

Залежно від техніко-економічних характеристик первинного перетворювача енергії визначається необхідність використання пристроїв узгодження параметрів енергії.

За даними О. А. Гольверка [3], повний тяговий ККД трактора Т-150К на різних передачах не перевищує 18% (рис. 2).

повний ККД Т-150К (за даними Гольверка)

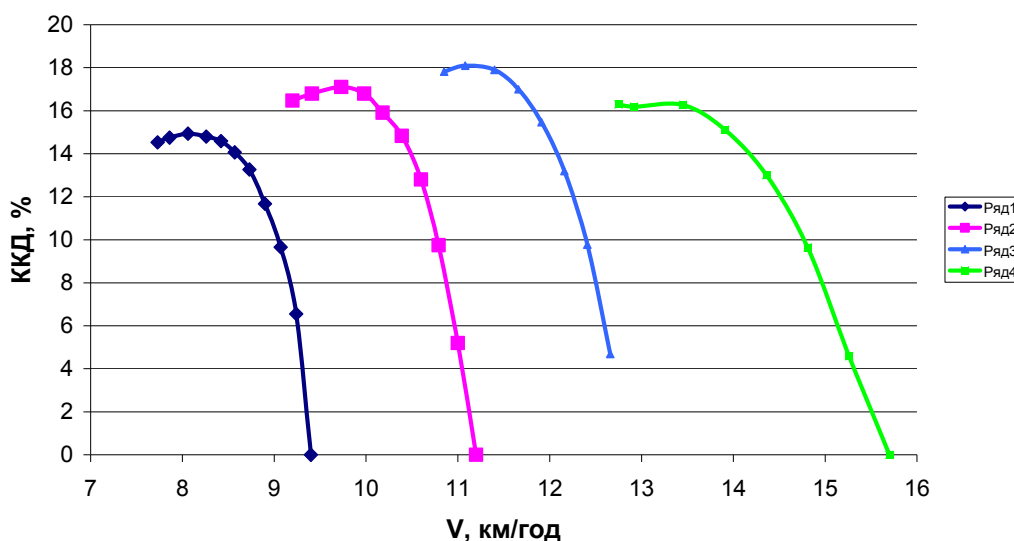


Рис. 2. Повний тяговий ККД трактора Т-150К на передачах робочого діапазону  
Fig. 2. Full traction efficiency of the T-150K tractor on the transmission range

З графіка залежності повного тягового ККД трактора на третій передачі видно, що максимальний ККД у 18% має місце тільки в одній точці – відповідно до зовнішньої регуляторної характеристики двигуна СМД-62. Із зменшенням навантаження на трактор суттєво зменшується і його ККД – до 5%. А в паровозах ККД сягав 14%.

Слід зауважити, що для ТТЗ із накопиченням електричної енергії за допомогою акумуляторних батарей, як показано на рисунку 3, повний ККД також не дуже високий.

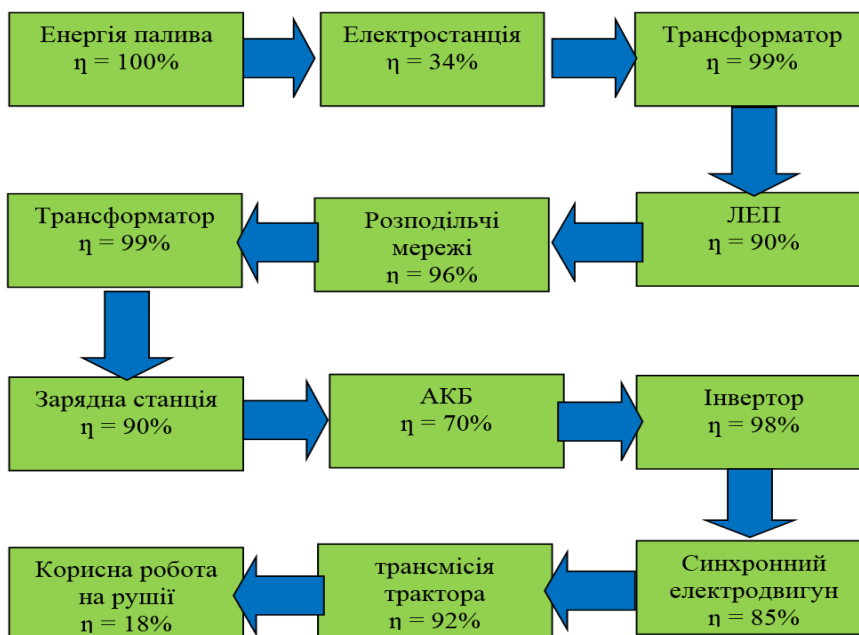


Рис. 3. Шлях втрати енергії від вуглеводневого носія (вугілля, газ) до рушія електроаккумуляторного ТТЗ (без буксування)

Fig. 3. Paths of energy loss from the hydrocarbon energy carrier (coal, gas) to the propulsion of an electric accumulator traction vehicle (without slipping)

Але з діаграми на рисунку 4 видно, що ККД сучасних синхронних електричних двигунів має високі значення в широкому діапазоні частот обертання. А для дизельного ДВЗ швидкісна характеристика показує, що мінімальні питомі витрати пального, аналог ККД, знаходяться в досить обмеженій області. Відомий сучасний дизельний двигун ЯМЗ-650.10 із системою впорскування “Common Rail” показує економічну роботу у вузькому діапазоні частот обертання  $1100\div 1400 \text{ хв}^{-1}$ , який відповідає максимальному крутному моменту, що видно із зовнішньої характеристики на рисунку 5.

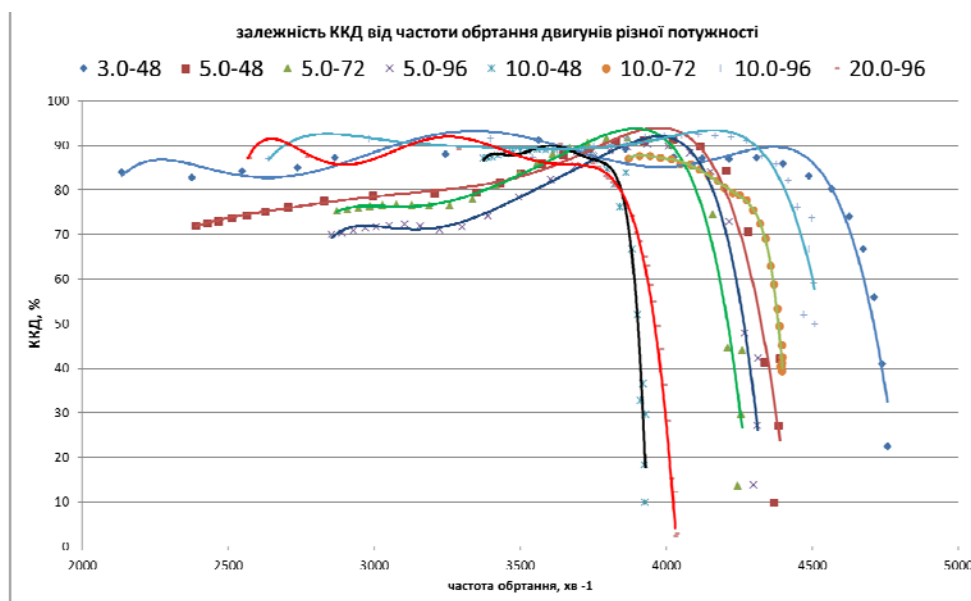


Рис. 4. Залежності ККД від частоти обертання сімейства поширених синхронних двигунів (3 ÷ 20 кВт) фірми “Golden Motors”

Fig. 4. Dependences of efficiency of the frequency of rotation of the family of common synchronous motors (3 ÷ 20 kW) of the company “Golden Motors”

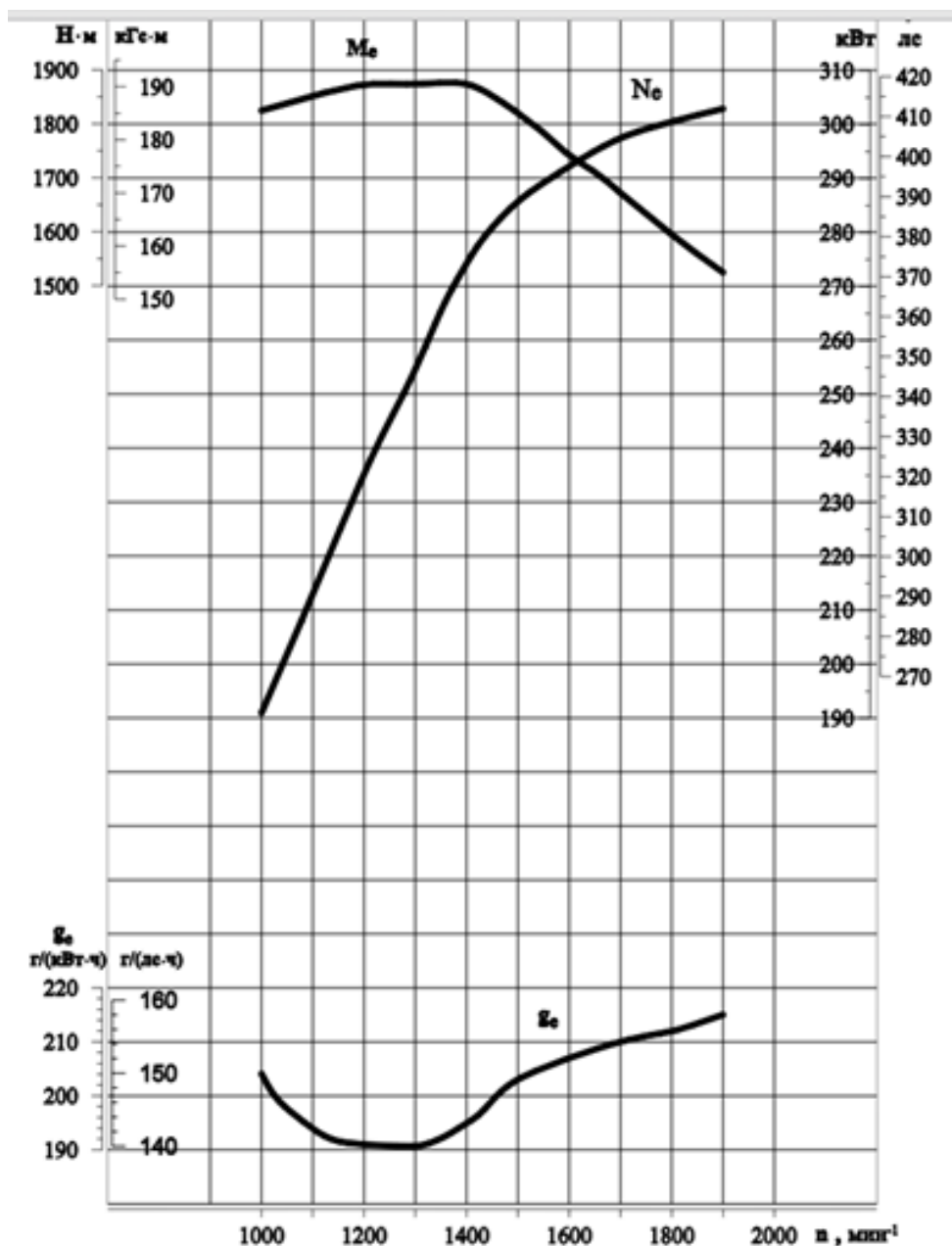


Рис. 5. Приклад швидкісної характеристики сучасного дизельного двигуна ЯМЗ-650.10 із системою живлення “Common Rail”

Fig. 5. An example of a high-speed performance of a modern diesel engine YaMZ-650.10 with a system “Common Rail”

Отже, існує проблема узгодження характеристик джерел енергії з характеристиками споживачів енергії через використання накопичувачів енергії для економії енергоносіїв – підвищення ККД у діапазоні поширених режимів експлуатації. Це значить – в яких умовах, які гібридні ТТЗ, з якими накопичувачами енергії доцільно використовувати [4, 5, 6, 7].

Універсальні ТТЗ сільськогосподарського призначення відрізняються широким

спектром використання з різними режимами навантаження: постійний (полив – ДДН-100), змінний одного знаку (обробіток ґрунту), змінний періодичний (догляд за сучасними садами в режимі “start-stop”), зміна знаку вектора тяги (бульдозерні роботи) та їх комбінаціями. Для приведення змінних режимів навантаження до стаціонарного економічного режиму роботи первинного перетворювача енергії необхідно використовувати накопичувачі енергії.

Буферні накопичувачі енергії здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію в короткі проміжки часу, які обчислюються секундами, хвилинами і до однієї години.

Ємнісні накопичувачі енергії здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію впродовж тривалого часу – від одного до декількох місяців.

До буферних накопичувачів енергії можна віднести іоністори та звичайні маховики, а до ємнісних – електрохімічні накопичувачі.

У таблиці 1 наведено раціональне використання різних типів накопичувачів енергії залежно від видів виконання робіт тягово-транспортними засобами.

**Таблиця 1. Використання різних типів накопичувачів енергії в залежності від видів виконання робіт ТТЗ**  
**Table 1. Use of different types of energy storage devices depending on the type of work performed by the towing vehicle**

Види робіт	Буферні накопичувачі		Ємнісні (АКБ) накопичувачі	
	маховики	іоністори	свинцеві	літій-іонні
Обробіток ґрунту	+	+		
Транспортні роботи			+	+
Бульдозерні роботи та навантаження	+	+		
Роботи на схилах				+
Роботи в садах			+	
Роботи на тваринницьких фермах			+	+
Роботи в теплицях і складах			+	+

Маховики як буферні накопичувачі енергії мають суттєві переваги в разі використання в традиційних МТА. Вони не мають втрат на перетворення механічної енергії в інші види, досить легко інтегруються в кінематичну схему традиційних ТТЗ через систему валу відбору потужності (ВВП), їх виготовлення не потребує дорогих технологій. Основним недоліком інерційних акумуляторів є втрата на тертя об повітря. Що ж стосується втрат на тертя в підшипниках, то за умови якісного їхнього виконання ці втрати становлять дуже малий відсоток від втрат на тертя з повітрям. Із метою зниження втрат на тертя повітря укладають обертовий диск у кожух, що герметично закривається, в якому робиться певне розрідження. Але для роботи в буферному режимі для згладжування зміни потужності під час обробки ґрунту, де максимальний період коливальності становить 2÷5 с, а величини потужностей, які з'являються в ланках приводу маховика становлять 0,15÷0,25 потужності двигуна, ці втрати несуттєві.

Слід зауважити, що на поширеному сімействі тракторів Харківського тракторного заводу зі зломом рами, відбір потужності на привід ВВП здійснюється безпосередньо з

колінчастого валу ДВЗ [8, 9, 10, 11]. Це означає, така схема відноситься до «паралельної» гібридної моторно-трансмісійної установки. Потужність, яка передається через трансмісію при паралельній схемі, є фактором обмеження сумарної потужності ДВЗ і маховика. Тому така схема в «традиційних» ТТЗ сприяє економії пального під час виконання ґрунтообробних або інших робіт зі змінним навантаженням за підтримки технологічної швидкості [12, 13, 14, 15]. Під час виконання транспортних робіт додатковий маховик відключається для зменшення моменту інерції системи, що підвищує динамічний фактор транспортного МТА.

Для перспективних МТА з електричними силовими передачами та розгалуженою системою тягових електричних двигунів (рушії ТТЗ, рушії технологічних модулів, привід технологічного обладнання) за буферні накопичувачі енергії доцільно використовувати іоністори (суперконденсатори). Вони можуть розміщатись як на ТТЗ, так і на технологічному обладнанні.

Квадратична залежність величини кінетичної або електричної енергій від частоти обертання чи електричної напруги пропонує використовувати їх найбільші значення, які

обмежуються властивостями механічної або діелектричної міцності. У реальних конструкціях маховиків доцільно використовувати дрід із високовуглецевої сталі, а частоту обертання обмежувати на рівні 10000 хв<sup>-1</sup>.

Ємнісні накопичувачі енергії перетворюють електричну енергію в хімічну з певним ККД. Під час перетворення енергії потужність обмежується швидкістю хімічних перетворень. Тому величина струму зарядження електричних накопичувачів енергії обмежена. Особливо це стосується поширених свинцевих акумуляторів. Тому їх використання для гальмування ТТЗ є проблематичним. Рекомендований традиційний струм зарядження свинцевих акумуляторів становить 0,1 величини ємності в ампер-годинах. А потужність, яка створюється під час гальмувань, значно більша.

Дешеві свинцеві автомобільні акумулятори доцільно використовувати в гібридних ТТЗ, які працюють в режимі “start-stop”. Наприклад, під час роботи в сучасних

садах. Водночас слід враховувати, що для забезпечення тривалої експлуатації ступінь їхнього розрядження слід обмежувати до 25% ємності. Але вони потребують здійснювати підзарядку в процесі роботи, що притаманне гібридним ТТЗ. Для періодичної роботи в приміщеннях тваринницьких ферм доцільно використовувати спеціалізовані гібридні ТТЗ з ємнісними накопичувачами енергії. Такі ТТЗ можуть тривало працювати на польових і транспортних роботах із використанням ДВЗ, а в приміщеннях – деякий час від акумуляторів без шкідливих викидів в атмосферу.

Сучасні літій-іонні акумулятори мають високі експлуатаційні характеристики, але їхня вартість ще досить висока і вони потребують кваліфікованого обслуговування. Тому вони краще підходять для електроакумуляторних ТТЗ.

У таблиці 2 для порівняння наведено технічні характеристики перспективних накопичувачів енергії.

**Таблиця 2. Порівняльні характеристики накопичувачів енергії**  
**Table 2. Comparative characteristics of energy storage devices**

Показники	Тип накопичувача		
	маховик	іоністор	іонно-літєвий акумулятор
Номінальна потужність, кВт	120	120	120
Ємність, Вт·год	456	647	26400
Число робочих циклів	> 1000000	~ 1000000	~ 1000
Питома енергія, Вт·год/кг	8,3	1,75	110
Питома потужність, Вт/кг	2200	320	500
Маса системи, кг	55	370	240

З порівняльної таблиці видно, що за числом робочих циклів, питомою потужністю та масою системи маховики мають переваги як буферні накопичувачі енергії, які можна впроваджувати для економії пального в існуючі конструкції МТА.

**Висновки**

1. З метою економії вуглеводневого пального в двигунах внутрішнього згорання сільськогосподарських ТТЗ доцільно впроваджувати гібридні моторно-трансмісійні установки.

2. Залежно від умов роботи необхідно використовувати буферні або ємнісні пристрої накопичення енергії.

3. У ґрунтообробних МТА доцільно впроваджувати кінетичні накопичувачі енергії – маховики.

4. Під час створення спеціалізованих економічних ТТЗ сільськогосподарського призначення необхідно орієнтуватися на гібридні моторно-трансмісійні установки з використанням електричної енергії та відповідних комплектуючих елементів – тягові електричні двигуни, системи управління та накопичення енергії.

## Бібліографія

1. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская Энциклопедия, 1980. 1600 с.
2. ГОСТ Р 55057-2012: Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения.
3. Гольверк А. А. Методика расчета топливной экономичности тракторов. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. К.: Урожай, 1981. Вып. 52. С. 58–64.
4. Третяк В. М. Втрати потужності в ходовій системі тягово-транспортних засобів при русі по опорній поверхні з утворенням колії. *Механізація і електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб.* Глеваха, 2016. Вип. № 4 (103). С. 101–111.
5. Нечуйвтер Л. И., Третяк В. М. К вопросу о тракторных двигателях. *Материалы конгресса двигателестроителей Украины «Двигатель XXI века» (23–26 сентября 1996 г.)* / Минмашпром Украины, Институт машин и систем Минмашпрома и НАН Украины, Харьковский авиационный институт, Харьковский государственный политехнический университет. Киев – Харьков – Рыбачье, 1996. С. 9.
6. Третяк В. М. О выборе количества передач для трансмиссий тракторов. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ». Тематичний випуск «Технології в машинобудуванні»: збірник наукових праць*. Харків, 2002. Вип. № 10. Т. 4.
7. Местецкий А. С., Третяк В. М. Улучшение тягово-экономических показателей моторно-трансмиссионных установок мобильной техники. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1. Т. 25.
8. Рославцев А. В., Хаустов В. А., Авдеев В. М., Третяк В. М., Сазонов И. П., Гурковский Е. Э. Методы исследований движения МТА. *Тракторы и сельхозмашины*. 1998. № 6.
9. Рославцев А. В., Авдеев В. М., Третяк В. М., Абдула С. Л., Амелин Н. Г., Сазонов И. П. Средства исследования движения МТА. *Тракторы и сельхозмашины*. 1999. № 3.
10. Рославцев А. В., Абдула С. Л., Амелин Н. Г., Шаповалов Ю. К., Авдеев В. М., Третяк В. М., Сазонов И. П. Результаты исследования движения МТА. *Тракторы и сельхозмашины*. 1999. № 10.
11. Рославцев А. В., Быков А. А., Третяк В. М., Грибовский А. В. Комплектование машинно-тракторного агрегата и динамика его движения. *Приводная техника: технико-аналитический информационный журнал*. Москва, 2003. № 3 (43). С. 43–46.
12. Тодоров П. П., Подригало М. А., Рославцев А. В., Третяк В. М. Обоснование необходимости комплексного подхода к созданию комбинированных машинно-тракторных агрегатов. *Автомобильный транспорт: сборник научных трудов* / Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. Харьков, 2003. Вып. 13. С. 110–112.
13. Третяк В. М. Повышение топливной экономичности МТА внедрением блочно-модульной компоновки тягово-транспортных средств. *Тракторна енергетика в рослинництві. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2007. Вип. 60.
14. Третяк В. М., Олядничук Р. В., Петриченко В. С., Потапов Н. Н. Порівняльне обґрунтування роботи модульних тягово-транспортних засобів з роботою трактора. *Механізація і електрифікація сільського господарства: міжвідомчий науково-тематичний зб.* Глеваха, 2009. Вип. 93. С. 236–246.
15. Третяк В. М. Проблемы створення потужних мобільних енергетичних засобів для впровадження сучасних технологій у рослинництві. *Вісник аграрної науки (спеціальний випуск, травень)*. 2010. С. 88–93.

## Bibliografija

1. Sovetskiy entsiklopedicheskiy slovar. Moskva: Sovetskaya Entsiklopediya, 1980. 1600 s.
2. GOST R 55057-2012: Transport zheleznodorozhnyy. Sostav podvizhnoy. Terminy i opredeleniya.
3. Gol'verk A. A. Metodika rascheta toplivnoj ehkonomichnosti traktorov. *Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva*. Kiev: Urozhaj, 1981. Vyp. 52. S. 58–64.
4. Tretyak V. M. Vraty potuzhnosti v khodoviy systemi tyahovo-transportnykh zasobiv pry rusi po oporniy poverkhni z utvorennyam kolyi. *Mekhanizatsiya i elektryfikatsiya sil'skoho hospodarstva: zahal'noderzhavnyy zb.* Hlevakha, 2016. Vyp. № 4 (103). S. 101–111.
5. Nechujviter L. I., Tretyak V. M. K voprosu o traktornyh dvigatelyah. *Materialy kongressa dvigatelestroitelej Ukrainy «Dvigatel' XXI veka» (23–26 sentyabrya 1996 g.)* / Minmashprom Ukrainy, Institut mashin i sistem Minmashproma i NAN Ukrainy, Har'kovskij aviacionnyj institut, Har'kovskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet. Kiev – Har'kov – Rybach'e, 1996. S. 9.
6. Tretyak V. M. O vybore kolichestva pere-dach dlya transmissij traktorov. *Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho universytetu «KhPI». Tematychnyi vypusk «Tekhnolohii v mashynobuduvanni»: zbirnyk naukovykh prats*. Kharkiv, 2002. Vyp. № 10. T. 4.
7. Mestetskiy A. S., Tretyak V. M. Uluchsheniye tyagovo-ekonomicheskikh pokazateley motornotransmissionnykh ustanovok mobil'noy tekhniki. *Prasi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii*. Melitopol, 2001. Vyp. 1. T. 25.
8. Roslavitsev A. V., Khaustov V. A., Avdeyev V. M., Tretyak V. M., Sazonov I. P., Gurkovskkiy Ye. E. Metody issledovaniy dvizheniya MTA. *Traktory i sel'hozmashiny*. 1998. № 6.



9. Roslavtsev A. V., Avdeyev V. M., Tretyak V. M., Abdula S. L., Amelin N. G., Sazonov I. P. Sredstva issledovaniya dvizheniya MTA. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1999. № 3.

10. Roslavtsev A. V., Abdula S. L., Amelin N. G., Shapovalov Yu. K., Avdeyev V. M., Tretyak V. M., Sazonov I. P. Rezul'taty issledovaniya dvizheniya MTA. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1999. № 10.

11. Roslavtsev A. V., Bykov A. A., Tretyak V. M., Gribovskiy A. V. Komplektovaniye mashinno-traktornogo agregata i dinamika yego dvizheniya. *Privodnaya tekhnika: tekhniko-analiticheskiy informatsionnyy zhurnal*. Moskva, 2003. № 3 (43). S. 43–46.

12. Todorov P. P., Podrigalo M. A., Roslavtsev A. V., Tretyak V. M. Obosnovaniye neobkhozhdimosti kompleksnogo podkhoda k sozdaniyu kombinirovannykh mashinno-traktornykh agregatov. *Avtomobil'nyy transport: Sbornik nauchnykh trudov / Khar'kovskiy natsional'nyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet*. Khar'kov, 2003. Vyp. 13. S. 110–112.

13. Tretyak V. M. Povysheniye toplivnoy ekonomichnosti MTA vnedreniyem blochno-modul'noy komponovki tyagovo-transportnykh sredstv. *Traktorna enerhetyka v roslynnystvi. Visnyk Khar'kivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. Petra Vasylenka*. Kharkiv, 2007. Vyp. 60.

14. Tretyak V. M., Olyadnychuk R. V., Petrichenko V. S., Potapov N. N. Porivnyal'ne obgruntuvannya roboty modul'nykh tyahovo-transportnykh zasobiv z robotoyu traktora. *Mekhanizatsiya i elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva: mizhvidomchyy naukovo-tematychnyy zbirnyk*. Hlevakha, 2009. Vyp. 93. S. 236–246.

15. Tretyak V. M. Problemy stvorenniya potuzhnykh mobil'nykh enerhetychnykh zasobiv dlya vprovadzhennya suchasnykh tekhnolohiy u roslynnystvi. *Visnyk ahrarnoyi nauky (spetsial'nyy vypusk, traven')*. 2010. S. 88–93.

#### References

1. Soviet encyclopedic dictionary. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1980. 1600 p.

2. GOST R 55057-2012: Railway transport. The composition of the rolling. Terms and Definitions.

3. Golverk A. A. The method of calculating the fuel efficiency of tractors. *Mechanization and electrification of agriculture*. Kiev: Urozhay, 1981. Issue 52. Pp. 58–64.

4. Tretyak V. M. Loss of power in the running system of tow-vehicles in motion on the supporting surface with the formation of the track. *Mechanization and Electrification of Agriculture: national collection*. Glevaha, 2016. Issue No. 4 (103). Pp. 101–111.

5. Nechuiviter L. I., Tretyak V. M. To the question of tractor engines. *Materials of the congress of engine builders of Ukraine "Engine of the XXI*

*Century"* (September 23–26, 1996) / Ministry of Machine Industry of Ukraine, Institute of Machines and Systems of the Ministry of Machine Industry and the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov Aviation Institute, Kharkov State Polytechnic University/ Kiev – Kharkov – Rybachye, 1996. Pp. 9.

6. Tretyak V. M. On the choice of the number of gears for tractor transmissions. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Thematic issue of "Technology in Machines": collection of scientific works*. Kharkiv, 2002. Issue 10. Vol. 4.

7. Mestetsky A. S., Tretyak V. M. Improvement of traction and economic indicators of the motor-transmission installations of mobile equipment. *Works of Tavria State Power Agrotechnical Academy*. Melitopol, 2001. Issue 1. Vol. 25.

8. Roslavtsev A. V., Khaustov V. A., Avdeev V. M., Tretyak V. M., Sazonov I. P., Gurovsky E. E. Research methods of the movement of MTA. *Tractors and agricultural machines*. 1998. No. 6.

9. Roslavtsev A. V., Avdeev V. M., Tretyak V. M., Abdula S. L., Amelin N. G., Sazonov I. P. Means of research of the movement of MTA. *Tractors and agricultural machinery*. 1999. No. 3.

10. Roslavtsev A. V., Abdula S. L., Amelin N. G., Shapovalov Yu. K., Avdeev V. M., Tretyak V. M., Sazonov I. P. The results of the study of the movement of MTA. *Tractors and agricultural machines*. 1999. No. 10.

11. Roslavtsev A. V., Bykov A. A., Tretyak V. M., Gribovskiy A. V. Acquisition of machine and tractor units and the dynamics of its movement. *Drive technology: technical and analytical information journal*. Moscow, 2003. No. 3 (43). Pp. 43–46.

12. Todorov P. P., Podrigalo M. A., Roslavtsev A. V., Tretyak V. M. The rationale for the need for an integrated approach to the creation of combined machine-tractor units. *Automobile transport: collection of scientific papers / Kharkiv National Automobile and Highway University*. Kharkov, 2003. Issue 13. Pp. 110–112.

13. Tretyak V. M. Improving the fuel economy of machine tractor unit by introducing a block-modular layout of traction vehicles. *Tractor power engineering in crop production. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko*. Kharkiv, 2007. Issue 60.

14. Tretyak V. M., Olyadnychuk R. V., Petrichenko V. S., Potapov N. N. Comparative justification of the work of modular towing vehicles with the work of the tractor. *Mechanization and electrification of agriculture: interdepartmental scientific-thematic collection*. Glevakha, 2009. Issue 93. Pp. 236–246.

15. Tretyak V. M. Problems of creation of powerful mobile energy means for introduction of modern technologies in plant growing. *Bulletin of Agrarian Science (special issue, May)*. 2010. Pp. 88–93.