

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

НАДИКТО В.Т.
КЮРЧЕВ В.М.
КУВАЧОВ В.П.

2020



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ В
АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

2020

УДК 631.3.07
Н 17

Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного як підручник для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» у закладах вищої освіти III-IV рівня акредитації (Протокол № 7 від 28.01.2020 р.)

Н 17 Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.

ISBN 978-966-289-354-0

У підручнику висвітлені наукові основи забезпечення функціонування сільськогосподарських агрегатів з максимальною ефективністю. Особливу увагу приділено фундаментальним основам ефективного використання техніки в АПК. Зокрема: зроблено аналіз конструктивно-технологічних властивостей та тягово-енергетичних показників сільськогосподарських агрегатів; розглянуто питання ефективності використання машин/знарядь зі зчіпками; представлені основи теорії агрегування плугів; особливий акцент приділено технологічним властивостям мобільних енергетичних засобів і методам визначення показників їх технологічного рівня.

Підручник розраховано на здобувачів ступенів вищої освіти «Бакалавр» та «Магістр», аспірантів, докторантів, інженерно-технічних працівників та науковців у закладах вищої освіти III-IV рівня акредитації.

УДК 631.3.07

ISBN 978-966-289-354-0

© ОЛДІ-ПЛЮС, 2020

ЗМІСТ

	стор.
Передмова	5
Розділ 1. Фундаментальні основи використання техніки в АПК	6
1.1 Основні поняття і визначення (предмет вивчення, сільськогосподарський агрегат, машинно-тракторний агрегат, агрегаткування)	11
1.2 Сучасні концепції розвитку мобільних енергетичних засобів	10
1.3 Нові принципи агрегаткування сільськогосподарської техніки	14
Розділ 2. Аналіз конструктивно-технологічних властивостей сільськогосподарських агрегатів	23
2.1 Основні компоновальні схеми мобільних енергетичних засобів	23
2.2 Перспективний напрямок створення комбінованих і широкозахватних МТА	45
2.3 Особливості агрегаткування мобільних енергетичних засобів з фронтальними машинами/знаряддями	53
Розділ 3. Ефективність використання машин/знарядь зі зчіпками	65
3.1 Види зчіпок і їх призначення	65
3.2 Вплив зчіпок на кінематичні параметри МТА	75
3.3 Особливості агрегаткування мобільних енергетичних засобів із причіпними та напівнавісними зчіпками	80
Розділ 4. Оцінка тягово-енергетичних показників сільськогосподарських агрегатів	87
4.1 Шляхи підвищення продуктивності праці СГА/МТА	87
4.2 Проблеми баластування мобільних енергетичних засобів	94
4.3 Основні напрями ефективного використання енергонасичених мобільних енергетичних засобів	98
4.4 Проблема компромісу між тягово-енергетичними показниками мобільних енергетичних засобів і буксуванням	109
4.5 Вибір коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі ходової системи колісного мобільного енергетичного засобу	121
4.6 Комплектування СГА/МТА з використанням тягових і тягово-динамічних характеристик мобільних енергетичних засобів	123
4.7 Перспективи використання мобільних енергетичних засобів з двигунами постійної потужності	139
Розділ 5. Проблеми агрегаткування плугів	152
5.1 Взаємозв'язок конструктивних параметрів мобільного енергетичного засобу з конструктивними параметрами плуга. Вибір схеми приєднання плуга до енергетичного засобу	152

5.2 Шляхи зменшення енергетичних витрат на оранці	175
5.3 Перспективи агрегування оборотних плугів	139
5.4 Вплив схеми та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах енергетичного засобу	183
Розділ 6. Технологічні властивості мобільних енергетичних засобів і методи визначення показників технологічного рівня	195
6.1 Актуальність питання. Предмет вивчення	195
6.2 Взаємозв'язок технологічних властивостей і технічних параметрів трактора	199
6.3 Показник технологічного рівня	202
6.4 Методика розрахунку показника технологічного рівня	204
Розділ 7. Оцінка технологічної універсальності мобільних енергетичних засобів	217
7.1 Показник технологічної універсальності та методика його обчислення	217
7.2 Визначення показника ефективного використання мобільного енергетичного засобу в складі начіпних комбінованих агрегатів	220
7.3 Визначення показника ефективного використання мобільного енергетичного засобу на ґрунтообробних операціях	224
7.4 Визначення показника ефективного використання мобільного енергетичного засобу на міжрядній обробці просапних культур	228
7.5 Визначення показника ефективного використання мобільного енергетичного засобу на збиральних роботах	230
7.6 Визначення показника ефективного використання мобільного енергетичного засобу на транспортних роботах	234
Розділ 8. Оцінка показника агротехнічних властивостей мобільних енергетичних засобів	183
8.1 Структура показника агротехнічних властивостей мобільних енергетичних засобів	183
8.2 Методика розрахунку показника агротехнічних властивостей	186
Розділ 9. Оцінка показників продуктивності мобільних енергетичних засобів і вартості виконання технологічних операцій	236
9.1 Методика оцінки показника продуктивності мобільних енергетичних засобів	236
9.2 Методика оцінки показника вартості виконання технологічних операцій	255
Література	264

ПЕРЕДМОВА

Вітчизняний аграрний сектор за будь-яких умов був та залишатиметься одним із основних і стратегічних у національній економіці, виступаючи гарантом продовольчої безпеки держави. Роль агроінженерів в цій галузі останнім часом зростає. Їх діяльність спрямована на вирішення такого важливого питання, як забезпечення населення країни якісними харчовими ресурсами.

Підготовка магістрів зі спеціальності «Агроінженерія» націлена на розроблення, дослідження і упровадження відповідних технічних, управлінських, організаційних та інших рішень, спрямованих на оптимізацію агровиробництва.

Задля цього підготовленому фахівцю з агроінженерії необхідно володіти низкою компетенцій. До останніх, зокрема, належить здатність вирішувати оптимізаційні задачі для ефективного машиновикористання в рослинництві. Нині потрібно уміти обґрунтувати ефективне застосування кожного агрегату, щоб з мінімальними витратами реалізовувати технологічні процеси за певних агровимог. При цьому повинна бути отримана максимально можлива продуктивність праці, мінімально знижені витрати ресурсів на одиницю продукції. А це багато в чому залежить від певних знань з агрегування сільськогосподарської техніки, основу якого закладає дисципліна «Використання техніки в АПК».

Метою курсу є засвоєння майбутніми магістрами зі спеціальності «Агроінженерія» наукових основ забезпечення функціонування сільськогосподарських агрегатів з максимальною ефективністю.

Основою дисципліни є розкриття сутності і методики розробки сукупності правил повного використання потенційних можливостей сільськогосподарських та машинно-тракторних агрегатів за конкретних природно-виробничих умов з метою досягнення запрограмованих кінцевих результатів і дотримання агротехнічних вимог.

Підручник розроблений у відповідності до робочої програми курсу та відповідно до галузевого стандарту вищої освіти.

РОЗДІЛ 1

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ В АПК

1.1. Основні поняття і визначення

Для виробництва зерна, овочів та інших продуктів рослинництва потрібно підготувати землю до посіву, посіяти, доглядати за посівами, проводити збирання та післязбиральну обробку продуктів врожаю. Більшість з цих робіт виконується сільськогосподарськими машинно-тракторними агрегатами (рис. 1.1).

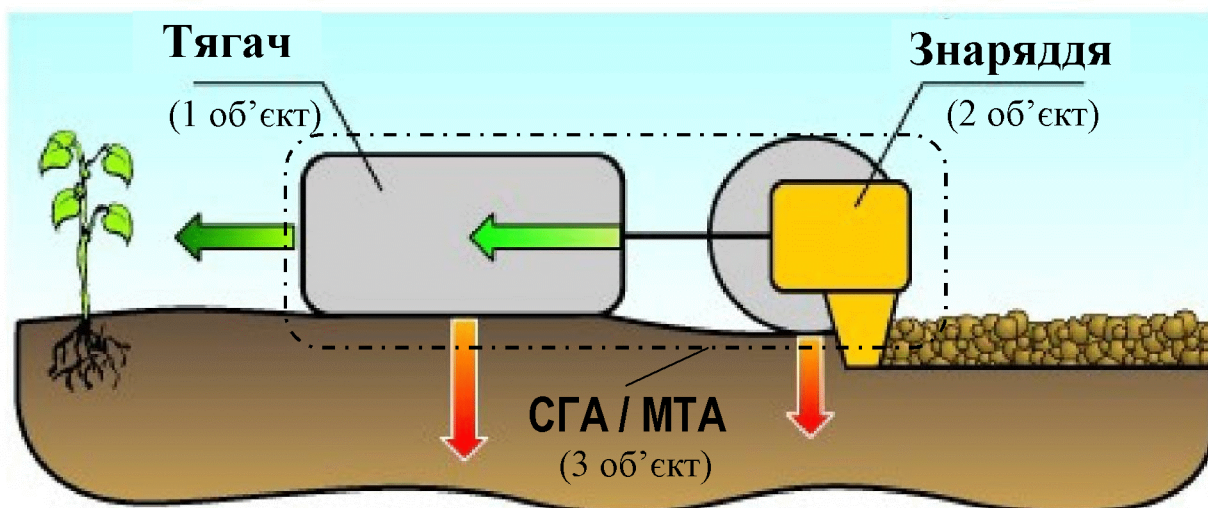


Рисунок 1.1. Фізична модель сільськогосподарського (або машинно-тракторного) агрегату

На перший погляд сільськогосподарський машинно-тракторний агрегат – це «сполучення» тягача і с.-г. знаряддя (рис. 1.1).

Першим об'єктом в агрегаті є тягач. В якості тягача виступає мобільний енергетичний засіб (як правило це трактор). Головна

функція енергозасобу – переміщувати знаряддя по полю. Теорія і технологічні властивості мобільних енергетичних засобів описано в теорії трактора.

Другим об'єктом в агрегаті є с.-г. машина та знаряддя. Головною функцією с.-г. знаряддя є обробіток ґрунту та рослин. Конструкція та теорія сільськогосподарських машин та знарядь описано в курсі сільськогосподарських машин.

Сполучення трактора і с.-г. знаряддя породжує новий третій об'єкт – сільськогосподарський машинно-тракторний агрегат. Він має власні технічні, технологічні та експлуатаційні властивості, які і вивчають дисципліни з експлуатації машин. Саме йому притаманні ті важливі характеристики, які у кінцевому рахунку цікавлять споживача техніки: продуктивність праці, питомі витрати пального, якість роботи, експлуатаційні і сукупні витрати тощо. Через це механічним об'єктом, який визначає ефективність с.-г. виробництва, є не трактори або окремо узяті машини чи знаряддя, а їх взаємообумовлене поєднання у вигляді конструкцій, які прийнято називати машинно-тракторними агрегатами (МТА).

Пояснимо далі поняття терміну «агрегування». Практично в усіх енциклопедичних словниках поняття «агрегування» коментується як «множина (сукупність) прийомів, що дозволяють функціонально об'єднувати складові частини виробу в єдині елементи (агрегати)». У загально технічному плані таке тлумачення формально правильне. Проте, стосовно сільськогосподарського виробництва, у ньому не вистачає конкретики: які саме прийоми, у чому полягає їх сутність, що за вироби об'єднуються тощо.

Першу цілеспрямовану спробу сформулювати визначення поняття зробив проф. В.Т. Надикто: «агрегатирование – обеспечение работоспособности СХА». А СХА

(«сільськогосподарський агрегат»), за його визначенням, – це складна машина з двигуном, трансмісією і робочими органами, призначена для механізації технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

Натомість, російський стандарт Асоціації випробувачів сільськогосподарської техніки і технологій СТО АИСТ 1.11:2010 визначає, що «агрегатирование: соединение трактора с сельскохозяйственной машиной или транспортным средством при помощи соединительных устройств с целью создания машинно-тракторного агрегата для выполнения технологических операций в растениеводстве».

Ці два формулювання принципово відрізняються, оскільки в них фігурують різні об'єкти у першому – сільськогосподарський (СГА) агрегат, а в другому – машинно-тракторний (МТА).

Якщо СГА – це складна машина, то які визначення існують стосовно МТА?

На думку проф. В.Т. Надикто, машинно-тракторний агрегат (МТА) – це сполучення мобільних машин із джерелом енергії, передавальними та іншими пристроями, призначеними для виконання однієї або кількох технологічних операцій.

Це формулювання відрізняється від наданого СТО АИСТ 1.11–2010 тим, що трактор – це мобільна машина із джерелом енергії. Але ж зернозбиральний комбайн, скажімо, також підпадає під це визначення.

За формулюванням С. Іофінова, «совокупность (сочетание) мобильных машин с источником энергии (энергетическими средствами), передаточными и вспомогательными устройствами называется сельскохозяйственным агрегатом, а при использовании механического (или электрического) источника энергии (двигателя) –

називається машинно-тракторним агрегатом». Окрім того, учений стверджує, що «понятіе «машинно-тракторный агрегат» происходит от слова traction – тянуть, перемещать, а не от слова «трактор», который не обязателен в составе такого агрегата».

З цього постулату напрошується висновок, що енергетичний засіб в агрегаті виконує виключно тягову функцію. Але ж енергозасіб, призначений для виконання тягового процесу, за визначенням відомого фахівця Г.М. Кутькова, має називатися саме трактором. В його конструкції немає вбудованих робочих органів для здійснення сільськогосподарських технологічних операцій, саме цим він і відрізняється від інших мобільних енергетичних засобів.

З огляду на сказане, значна частина науковців одностайно пропонують енергетичним засобом в агрегаті вважати виключно трактор. Натомість, ще в 30–і роки минулого сторіччя існували визначення, які повністю виключали такі об'єкти, як «трактор» і «машинно-тракторний агрегат». Так, відомий учений-експлуатаційник Б. Свірщевський вважав, що «агрегат представляет соединение рабочих машин-орудий с источником энергии, предназначенное для выполнения какой-либо одной сельскохозяйственной операций и одновременно нескольких в комбинации».

Найбільш лаконічні визначення основних об'єктів агрегування сформульовані нині вітчизняними науковцями. На їх думку «машинний агрегат – це сільськогосподарський агрегат з механічним або електричним джерелом енергії».

Як бачимо, з наведеного вище розмаїття думок важко визначитися з поняттям «агрегування». Для початку слід дати визначення двом його основним об'єктам – це

сільськогосподарський (СГА) і машинно-тракторний (МТА) агрегати.

Найперше візьмемо до уваги, що за своєю природою СГА і МТА – це не просто механічне поєднання джерел енергії і робочих машин чи знарядь, а досить складні сукупності функціонально взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних операцій або процесів. Згідно з енциклопедичними тлумаченнями, під таке визначення підпадають комплекси.

На основі вищевикладеного пропонуємо базові визначення, які в подальшому аналізі візьмемо за основу. Отже, сільськогосподарський агрегат (СГА) – це автономний мобільний енерготехнологічний комплекс, призначений для виконання однієї чи одночасно кількох технологічних операцій сільськогосподарського виробництва із заданими агротехнічними вимогами. Якщо енергетичною базою цього комплексу є трактор, то він (комплекс) називається машинно-тракторним агрегатом (МТА).

Для забезпечення ефективного функціонування таких комплексів потрібно володіти відповідною системою знань, умінь і навичок. І здобувати їх слід не інакше, як вивченням такої спеціальної дисципліни, як «Використання техніки в АПК».

1.2. Сучасні концепції розвитку мобільних енергетичних засобів

Розглянемо спрощену структурну схему керування процесом розвитку с.-г. машинобудування (рис. 1.2). Важко не погодитися, що людство, як суб'єкт керування, здійснює керуючий вплив на розвиток с.-г. техніки, яка виступає об'єктом процесу. На цей процес впливає середовище (грунтово-кліматичні умови, технологія вирощування). Результат науково-практичної творчості людства оцінюється через зворотній зв'язок, який визначає корисний ефект в підвищенні ефективності. А сам вектор мети розвитку с.-г. машинобудування направлений на створення механізованих, автоматизованих та роботизованих систем, функціонування яких отримує найвищу ефективність.

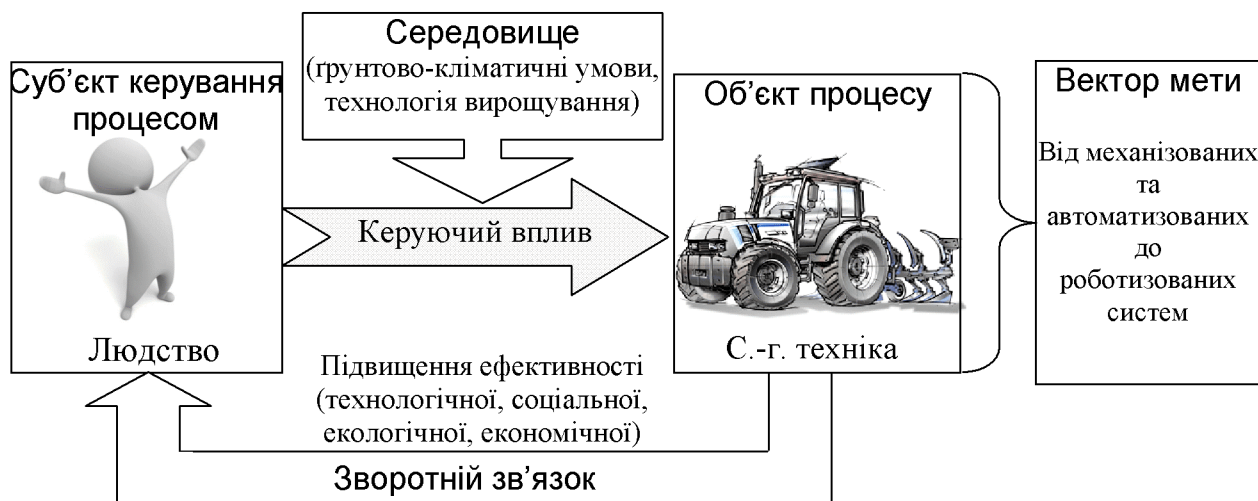


Рисунок 1.2. Структурна схема керування процесом розвитку с.-г. машинобудування

Будь-яка концепція розвитку мобільних енергетичних засобів має забезпечувати підвищення продуктивності праці, зниження

енергетичних витрат і матеріалів, екологічну безпеку використання, високу універсальність і зайнятість протягом року, необхідну надійність і рівень уніфікації тощо.

Серед відомих наукових концепції розвитку с.-г. машинобудування розглянемо наступну (рис. 1.3).

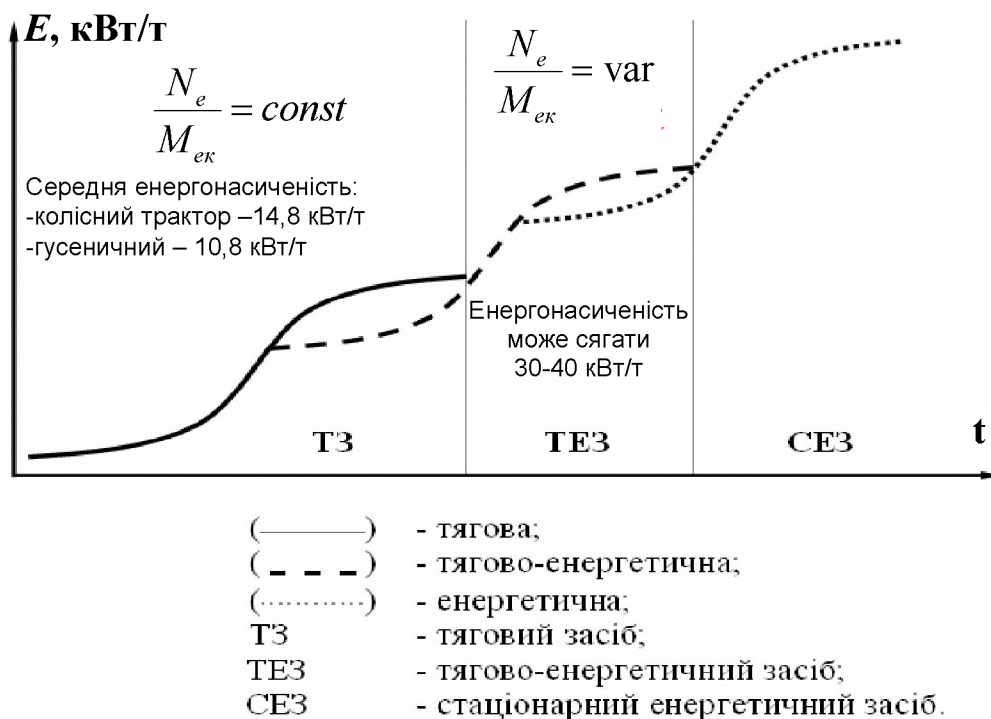


Рисунок 1.3. Наукова концепція розвитку енергетичних засобів

Проведене на початку 80-х років минулого століття в НАТІ прогнозування розвитку енергетичних засобів с.-г. виробництва показало, що в процесі своєї еволюції кожне з них повинно пройти три основних стадії (см. рис. 1.3).

На першому етапі розвиток конструкції трактора відбувається відповідно до тягової концепції, задовільно описуваної логістичною кривою ТЗ (см. рис. 1.3). Параметрична основа цієї концепції полягає у погодженості потужності двигуна (N_e) і маси енергетичного засобу (M_{ek}) таким чином, що перша може бути

цілком реалізована через тягове зусилля трактора, який в даному випадку є мобільним тяговим засобом (ТЗ).

Ріст потужності двигуна ТЗ неодмінно супроводжується відповідним збільшенням його експлуатаційної маси. Але енергонасиченість (E) тягового засобу (тобто відношення N_e до $M_{ек}$) варіює при цьому мало й в основному є величиною постійною.

Відношення потужності двигуна (N_e , кВт) до експлуатаційної маси трактора без баласту ($M_{ек}$, т) характеризує рівень його енергонасиченості (E_m , кВт/т):

$$E_m = N_e / M_{ек}. \quad (1.1)$$

Мінімально необхідну потужність двигуна трактора визначають за рівнянням балансу потужності. У спрощеному варіанті воно є таким:

$$N_e = N_{кр} + N_{тр} + N_d + N_f, \quad (1.2)$$

де $N_{кр}$ – тягова потужність трактора;

$N_{тр}$, N_d , N_f – потужності, які характеризують витрати енергії на тертя в трансмісії, буксування рушіїв та подолання опорів коченню трактора.

Експлуатаційна вага трактора $G_{ек}$ визначається за умови зчеплення його рушіїв з ґрунтом. Зчеплення повинно бути достатнім для того, щоб трактор на горизонтальній ділянці змог розвивати задане номінальне тягове зусилля при роботі на агрофоні нормальної вологості з буксуванням не більше допустимого:

$$G_{ек} = \frac{P_{кр.н}}{\lambda_k \varphi_k - f_k}, \quad (1.3)$$

де $P_{кр}$ – номінальне тягове зусилля трактора, кН;

λ_k – коефіцієнт навантаження тягових коліс трактора;

φ_k – коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора з опорною поверхнею;

f_k – коефіцієнт опору кочення трактора.

Енергонасиченість колісних тракторів тягової концепції, тяговий клас яких представлений середньою значиною даної величини, знаходиться на рівні приблизно 14,8 кВт/т. У гусеничних машин цей показник на 27% менший.

Оскільки на сучасному етапі розвитку суспільства перспективи задоволення вищезазначених вимог агрегатами на базі тракторів старої тягової концепції практично вичерпані, то науковцями запропоновано нову – тягово-енергетичну концепцію створення мобільних енергетичних засобів. Згідно з її положенням трактор є вже тягово-енергетичним засобом (ТЕЗ) (рис. 1.3). Ріст потужності двигуна останнього не супроводжується при цьому відповідним зміною його експлуатаційної маси, тобто

$$N_e / M_{ек} = \text{var.}$$

У той час, як значина N_e збільшується згідно технологічних вимог, величина $M_{ек}$ зростає з метою забезпечення відповідної міцності та безпеки конструкції енергетичного засобу.

Розвиток конструкції трактора у завершальній фазі другої логісти ТЕЗ (рис. 1.3) буде відрізнятися істотною перевагою енергетичних функцій. В результаті потужність двигуна тягово-

енергетичного засобу (тобто ТЕЗ) навіть при повному його баластуванні не може бути цілком реалізована через тягове зусилля. Розглянемо декілька прикладів розвитку енергетичних засобів в Україні. Трактор МТЗ-80.1.26 свого часу мав енергонасиченість 16,2 кВт/т. Потужність його двигуна цілком реалізувалася через тягове зусилля. А тому цей трактор був яскравим представником тягової концепції. Після нього популярністю користувався трактор КИЙ-14102. Але він вже мав енергонасиченість 19,4 кВт/т. Потужність його двигуна вже неможна було повінчаю реалізувати через тягове зусилля. І на той час в Україні розпочалася ера тракторів тягово-енергетичної концепції. Сьогодні за цією концепцією лінійка вітчизняних тракторів ХТЗ серії 240К тягового класу 3 вже мають енергонасиченість близько 21 кВт/т. На відміну від радянського трактора Т-150К такого ж тягового класу, який мав енергонасиченість 15,6 кВт/т. Тобто у сільськогосподарське виробництво сьогодні прийшли трактори нової тягово-енергетичної концепції. Їх ефективне використання буде залежати, насамперед, від розуміння нових принципів їх агрегування.

І третя стадія розвитку мобільної енергетики передбачає поступове перетворення тягово-енергетичних засобів у стаціонарні (СЕЗ) (рис. 1.3).

1.3. Нові принципи агрегування с.-г. техніки

У більшості підходів з розгляду проблем і перспектив розвитку сільського господарства говориться про створення принципово нових способів агрегування с.-г. техніки.