

## ЧАСТИНА IV. ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТЕХНІКИ

УДК 631.3–182.7

### НАУКОВІ ОСНОВИ АГРЕГАТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

**В.Т. Надикто, член-кореспондент НААН, д.т.н.**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В даний час в учбовій та навіть науковій літературі зустрічаються неоднозначні тлумачення, які стосуються багатьох фундаментальних понять машиновикористання, тому правильне формулювання визначення таких понять, як агрегування і сільськогосподарський та машинно-тракторний агрегати є актуальною необхідністю. Виникає також гостра необхідність розкрити внутрішню природу предмету і змісту методів агрегування, як окремого розділу дисципліни «землеробська механіка». Виконаний глибокий аналітичний аналіз літературних джерел, з досліджуваного питання, надав можливість визначити поняття «сільськогосподарський агрегат», «машинно-тракторний агрегат», «агрегування». Розкрито зміст предмету «агрегування» як розділу дисципліни «землеробська механіка». Доведено, що «агрегування» – це цілком сформований самостійний розділ землеробської механіки, який може бути відокремлений у спеціальну дисципліну підготовки фахівців в аграрних вищих навчальних закладах.*

**Ключові слова:** агрегування, енергетичний засіб, сільськогосподарський агрегат (СГА), машинно-тракторний агрегат (МТА), предмет, методи, аналіз.

**Постановка проблеми.** Питанням визначення змісту та основних тлумачень в галузі експлуатації машинно-тракторних агрегатів, зокрема таких як агрегування, сільськогосподарський та машинно-тракторний агрегати в учбовій та науковій літературі приділялась багато уваги. Так, ще в 70-і роки минулого століття вчені намагалися представити «агрегування» як окремий розділ землеробської механіки [1]. Попри все, на жаль ця задача, на нашу думку, і нині залишається ще невіршеною.

Здається, що головна причина полягає у відсутності чіткого розуміння науковцями і тоді і нині природи самого поняття «агрегування». Практично в усіх енциклопедичних словниках воно подається як «множина (сукупність) прийомів, що дозволяють функціонально об'єднувати складові частини виробу в єдині елементи (агрегати). У загально-технічному плані, формально ніби то правильно, а по відношенню до сільськогосподарського виробництва – абсолютно не конкретно: які при-

йоми, у чому їх суть тощо.

Першу цілеспрямовану спробу здійснив автор наукової дискусійної роботи [1], задекларувавши, що «агрегатирование – обеспечение работоспособности СХА». А СХА («сельскохозяйственный 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 машино-тракторного агрегата для выполнения технологических операций в растениеводстве».

Важко не помітити, що обидва визначення принципово відрізняються, оскільки в них фігурують різні об'єкти: у першому – сільськогосподарський (СГА), а у другому – машинно-тракторний (МТА) агрегати.

Якщо, згідно з [1], СГА – це складна машина, то які визначення існують стосовно МТА?

На думку автора роботи [2] машинно-тракторний агрегат (МТА) – це сполучення мобільних машин із джерелом енергії, передавальними та їм іншими пристроями, призначеними для виконання однієї або кількох технологічних операцій.

Це формулювання відрізняється від наданого СТО АИСТ 1.11-2010 (див. вище) тим, що трактор – це мобільна машина із джерелом енергії. Але ж зернозбиральний комбайн, наприклад, теж підпадає під це визначення, та він все-таки не трактор.

За своєю думкою С.А. 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) – машинно-тракторным агрегатом». Більше того, цей учений стверджує, що «понятие «машинно-тракторный агрегат» происходит от слова *traction* – тянуть, перемещать, а не от слова «трактор», который не обязателен в составе такого агрегата» [3].

З цього постулату напрошується висновок, що енергетичний засіб МТА виконує виключно тягову функцію. Але ж енергетичний засіб, який призначений для виконання тягового процесу, за визначенням відомого фахівця Г.М. Кутькова має називатися саме трактором [4]. В його конструкції немає вбудованих робочих органів для здійснення сільськогосподарських технологічних операцій, чим він і відрізняється від інших мобі-

льних енергетичних засобів.

З огляду на це значна частина науковців одноставно пропонує енергетичним засобом МТА вважати виключно трактор [5-7]. Натомість, ще в 30-і роки минулого століття існували визначення, які повністю виключали такі об'єкти, як «трактор» і «машинно-тракторний агрегат». Так, відомий учений-експлуатаційник Б.С. Свіршевський вважав, що «агрегат представляет соединение рабочих машин-орудий с источником энергии, предназначенное для выполнения какой-либо одной сельскохозяйственной операции и одновременно нескольких в комбинации» [8].

Найбільш лаконічні визначення основних об'єктів агрегування сформульовані нині вітчизняними науковцями. На думку авторів підручників [9, 10] «машинний агрегат – це сільськогосподарський агрегат з механічним або електричним джерелом енергії».

Як бачимо, із приведеного вище розмаїття думок важко визначитися із поняттям «агрегування». Тим більше, що спочатку це потрібно зробити стосовно двох його головних об'єктів – сільськогосподарського (СГА) і машинно-тракторного (МТА) агрегатів.

**Мета дослідження.** Розкрити суть і визначення основних тлумачень сучасних понять агрегування сільськогосподарських машин.

**Результати досліджень і їх обговорення.** В першу чергу слід прийняти до уваги, що за природою своєю СГА і МТА – це не просто механічне поєднання джерел енергії і робочих машин/знарядь, а досить складні сукупності функціонально взаємозв'язаних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних операцій або процесів. Згідно із більшістю енциклопедичних тлумачень під таке визначення підпадають комплекси.

Враховуючи сучасні вимогами аграрного виробництва, вони мають бути автономними і мобільними. Деякі із них можуть базуватися на модульному принципі побудови, за яким енергетична частина (або джерело енергії) агрегату – це енергетичний модуль, а технологічна частина (тобто машини/знаряддя) – технологічний модуль/модулі [4, 11]. Технічна здійсненність цього принципу уже доведена сучасною практикою конструювання сільськогосподарських машин/знарядь [12].

На основі вищевикладеного пропонуємо наступні базові визначення, які в подальшому аналізі приймемо 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 (модулем) цього комплексу є трактор, то він (комплекс) називається машинно-тракторним агре-*

затом (МТА).

Важко не погодитись, що для забезпечення ефективного функціонування таких комплексів потрібно володіти відповідною системою знань, умінь і навичок. І здобувати їх не можна інакше, як шляхом вивчення спеціальної дисципліни, назва якій – «агрегативання».

Предмет агрегативання, на нашу думку, – це методи аналізу і оцінки комплексної відповідності параметрів та характеристик СГА/МТА вимогам технологій сільськогосподарського виробництва.

Вказаними методами для СГА/МТА можуть бути:

- аналіз конструктивно-технологічних властивостей;
- оцінка тягово-енергетичних показників;
- агроекологічний аналіз;
- експлуатаційно-технологічна оцінка роботи;
- техніко-економічна ефективність.

Спробуємо більш детально розглянути кожен із цих методів.

1) Аналіз конструктивно-технологічних властивостей СГА/МТА включає оцінку можливості забезпечення механічного поєднання енергетичної і технологічної частин агрегатів у один технологічний комплекс із взаємообумовленим їх розміщенням відносно один одного. Особливо це стосується таких перспективних комбінованих МТА, які побудовані за схемою «push-pull» [12]. Наявність фронтальних машин/знарядь потребує розробки системи погодження їх конструктивних параметрів з параметрами переднього навісного механізму енергетичного засобу. Якщо ж цього не зробити, то можна отримати проблеми в керованості, стійкості і плавності руху нових агрегатів.

Так як останнім часом все більше використовується машин з активним приводом робочих органів, то енергетичні засоби СГА/МТА повинні мати обґрунтовано достатню кількість гідрофікованих ліній або валів відбору потужності (ВВП) двигуна. І дуже важливо, щоб характеристики цих ліній і ВВП відповідали вимогам агрегованих машин/знарядь.

Повнота використання тракторів сімейства ХТЗ-160, наприклад, обмежена відсутністю в їх конструкції фронтальних ВВП з режимом обертання  $540 \text{ хв}^{-1}$ . А відсутність в цих і інших енергетичних засобах Харківського тракторного заводу синхронних ВВП лишає можливості створити на їх базі дуже потрібні сільськогосподарському виробництву України вітчизняні модульні енергетичні засоби перемінного тягового класу 3-5 [11, 12].

Аналіз конструктивно-технологічних властивостей СГА/МТА передбачає оцінку технологічних просторів для розміщення на енергетичних або технологічних їх частинах обладнання у вигляді вмістищ мінера-

льних добрив, пестицидів, води. До таких просторів відносяться передній, задній і бокові навесні механізми енергетичного засобу, монтажні майданчики спереду або позаду його кабіни, а також міжколісна (як у самохідного шасі) технологічна зона.

2) Оцінка тягово-енергетичних показників СГА/МТА є вкрай важливою при вирішенні проблеми підвищення їх продуктивності роботи. У технічному плані здійснювати це можна, як відомо, двома шляхами: підвищенням робочої швидкості шляхом відповідного росту потужності двигуна і збільшенням робочої ширини захвату за рахунок зростання експлуатаційної маси енергетичного засобу.

Практична реалізація першого напрямку передбачає контроль ступеню завантаженості двигуна за потужністю. Цей фактор дуже важливий на сучасному етапі впровадження тягово-енергетичної концепції розвитку тракторів, згідно з якою їх енергонасиченість не може бути повністю реалізована в тяговому режимі [14]. А наявність «зайвої потужності» двигуна вимагає розробки і оцінки відповідної системи агрегування енергетичних засобів нового покоління.

Це ж саме можна стверджувати і відносно експлуатації у складі того чи іншого МТА тракторів з двигуном постійної потужності (ДПП). Як показує практика, ефективність ДПП має місце в режимі його роботи на коректорній гілці. А таке можливе для енергетичних засобів загального призначення і мало імовірно для універсально-просапних тракторів. Тому обладнання останніх двигунами постійної потужності без урахування законів агрегування може призвести до небажаних негативних результатів.

Підвищення ширини захвату СГА/МТА за рахунок зростання експлуатаційної маси енергетичних засобів органічно пов'язане з оцінкою їх буксування. А цей процес не тільки потребує витрат палива на свій прояв і обумовлює знос шин, але й руйнує структуру ґрунту. Останніми теоретичними дослідженнями встановлено, що для екологічно безпечного впливу на ґрунт у весняний період польових робіт максимально допустиме буксування ( $\delta_{\max}$ ) колісних рушіїв тракторів тягових класів 5, 3 і 1,4 повинно бути 15%, 12% і 9% відповідно. У осінньо-літній період значини  $\delta_{\max}$  можуть бути більшими і відповідно становити 20%, 16% і 13% [15]. Колісні трактори тягового класу 5, обладнані одинарними штатними шинами, можуть використовуватися на польових роботах тільки у осінньо-літній період. Для експлуатації навесні вони обов'язково мають бути обладнані подвоєними шинами. Застосування цього конструктивного рішення доцільне для усіх колісних енергетичних засобів [16].

Одним із шляхів зменшення буксування рушіїв енергетичних засобів є їх баластування. Водночас, принципи агрегування СГА/МТА вимагають виваженого підходу при впровадженні такого рішення. Поряд зі зменшенням буксування з'являються проблеми ущільнення ґрунту, підвищення питомої матеріалоемності агрегату тощо, які потребують свого

вирішення.

Важливим моментом при оцінюванні тягово-енергетичних показників СГА/МТА є правильний вибір коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі рушіїв колісного енергетичного засобу. За даними роботи [17] у трактора з однаковими передніми і задніми рушіями відношення тиску повітря в шинах задніх коліс до тиску повітря в передніх має бути таким же, як і відношення вертикального навантаження на задній міст до вертикального навантаження, яке припадає на передній міст енергетичного засобу. Практична реалізація цієї вимоги потребує попереднього розгляду умов рівноваги СГА/МТА у поздовжньо-вертикальній площині.

Врешті-решт, повноформатне оцінювання тягово-енергетичних показників СГА/МТА неможливе без визначення тягового опору їх технологічних частин, а також необхідних при цьому витрат пального. Знання цих показників дає можливість оцінити ступінь завантаження енергетичного засобу за тяговим зусиллям і економічність роботи усього агрегату.

3) Агроекологічний аналіз спрямований на оцінку можливості функціонування СГА/МТА з урахуванням обмежень агротехнічних і екологічних вимог. В першу чергу на вирощуванні просапних культур, де колеса чи гусениці енергетичних засобів повинні рухатись у міжряддях, не пошкоджуючи при цьому культурні рослини і не переуціплюючи ґрунт. Тобто, з одного боку рушій має бути досить вузьким, а з іншого – не створювати високий питомий тиск на опорну поверхню. Уся складність полягає в тому, що ці вимоги альтернативні [4] і обмежені нормами. До них, як відомо, відносяться ширина захисної зони, питомий тиск рушіїв на ґрунт, допустиме вертикальне навантаження на колісний рушій і, в кінцевому рахунку, максимальна експлуатаційна маса енергетичного засобу.

Для забезпечення виконання того чи іншого технологічного процесу з рівномірною швидкістю руху, стабільними значинами глибини обробітку ґрунту і ширини захвату, мінімальним рівнем пошкодження культурних рослин тощо СГА/МТА повинні мати задовільну керованість і стійкість руху у горизонтальній площині, а також плавність – у поздовжньо-вертикальній. Методи обґрунтованого вибору оптимальних (раціональних) схем, конструктивних параметрів і режимів роботи СГА/МТА при вирішенні цих проблем є невід'ємною складовою процесу їх агрегування.

4) Експлуатаційно-технологічна оцінка функціонування СГА/МТА включає визначення трудоемкості його складання, перевезення із транспортного положення в робоче і навпаки. За недосконалої конструкції агрегат може характеризуватися значними невиробничими витратами часу, що відповідним чином відіб'ється на його попиту серед сільгоспвиробників.

Важливим етапом експлуатаційно-технологічної оцінки СГА/МТА є визначення їх поворотності. Серед виробничників і навіть науковців розповсюджена думка, що чим менший мінімальний радіус повороту має

енергетичний засіб, тим краще. При цьому поза їх увагою залишається те, що енергетичний засіб функціонує не самостійно, а у поєднанні з технологічною частиною агрегату. А остання, особливо причіпна, за певних умов може суттєво обмежувати власну поворотність енергетичного засобу [11, 12]. В цьому випадку тільки правильне комплектування агрегату може забезпечити йому задовільну поворотність. І навіть тоді, коли трактор має відносно велике значення мінімального радіусу повороту [12].

Насамкінець, експлуатаційно-технологічна оцінка СГА/МТА дає можливість визначити продуктивність їх роботи, питомі витрати палива і такі важливі експлуатаційно-технологічні коефіцієнти, як коефіцієнт робочих ходів, надійність технологічного процесу, наробіток на 1 технічну і технологічну відмови тощо.

5) Заключним етапом аналізу і оцінки комплексної відповідності параметрів та характеристик СГА/МТА вимогам технологій сільськогосподарського виробництва є визначення їх (агрегатів) техніко-економічної ефективності. Згідно з ДСТУ 4397:2005 її репрезентують питомі витрати праці, річне завантаження (год) енергетичного засобу і машин/знарядь і, насамкінець, сукупні витрати праці (з усіма їх складовими) та річний економічний ефект.

**Висновки.** Аналіз вищевикладеного показує, що за своєю суттю і внутрішнім змістом складові процесу агрегування відображають органічне поєднання методів, способів і стратегій дослідження. На підставі цього можна сформулювати визначення, що *агрегування – це методологія забезпечення функціонування СГА/МТА з максимальною ефективністю*.

В роботі [18] автором підкреслюється, що «на современном этапе развития земледельческой механики – это фундаментальная теоретическо-прикладная дисциплина, излагающая основы разработки, создания, испытания и использования сельскохозяйственных машин и средств их агрегатирования с целью получения сельскохозяйственной продукции».

З цим визначенням важко не погодитися. Як і з тим, що, з огляду на цей постулат та на вищевикладений аналіз, агрегування – це цілком сформований самостійний розділ землеробської механіки. І чим скоріше він буде відокремлений як спеціальна дисципліна у вищих навчальних аграрних закладах, тим більш підготовленими будуть ті фахівці, яким вирішувати поточні та майбутні проблеми ефективної експлуатації сільськогосподарської техніки.

#### **Список використаних джерел:**

1. Орлов Н.М. Развитие агрегатирования с.-х. техники / Н.М. Орлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1977, №10. – С. 22 – 25.
2. Луговська Е. М. Експлуатація машин і обладнання агропромислового виробництва Е. М. Луговська/. Електронний посібник. – Кам'янець-Подільський, 2013. – [Електронний ресурс: [http: / emiopv.ho.ua](http://emiopv.ho.ua)].

3. *Иофинов С.А.* Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов. – М.: Колос, 1974. – 480 с.
4. *Кутьков Г.М.* Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства/ Г.М. Кутьков. – М.: КолосС, 2004. – 504 с.
5. *Фере Н.Э.* Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / Н.Э. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Эленев и др. – М.: Колос, 1971. – 245 с.
6. *Бубнов В.З.* Эксплуатация машинно-тракторного парка /В.З.Бубнов, М.В.Кузьмин. – М.: Колос, 1980. – 231 с.
7. *Корсун Н.А.* Агрегатирование тракторов Т-150 и Т-150К с сельскохозяйственными машинами / Н. А. Корсун. – М.: Машиностроение, 1975. – 276 с.
8. *Свищевский Б.С.* Эксплуатация машинотракторного парка / Б.С. Свищевский. – М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1937. – 324 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. *Експлуатація машин та обладнання* /І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін.; За ред. І.М. Бендери, В.П. Грубого, П.І. Роздорожнюка. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576 с.
11. *Надыкто В.Т.* Основы агрегатирования модульных энергетических средств/ В.Т. Надыкто. – Мелитополь: КП «ММД», 2003. – 240 с.
12. *Надыкто В.Т.* Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві /В. Т. Надыкто, М. Л. Крижачківський, В. М. Кюрчев і ін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2005. – 337 с.
13. *Лебедев А.Т.* Основы анализа и синтеза энерготехнологических агрегатов блочно-модульного построения / А.Т. Лебедев, А.Е. Писаренко // Сб. научных трудов ХГТУСХ: Тракторная энергетика в растениеводстве. – 1999. – С. 248 – 256.
14. *Надыкто В.* Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації / В. Надыкто // Техніка і технології АПК, 2011, №9.– С.8 – 11.
15. *Надыкто В.* Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт /В. Надыкто // Техніка і технології АПК, 2014, №7. – С. 34 – 38.
16. *Надыкто В.* Проблеми баластування колісних тракторів / В. Надыкто // Техніка і технології АПК, 2013, №2. – С. 7 – 9.
17. *Кюрчев В.Н.* Проблема кинематического несоответствия в приводе ходовой системы пахотно-пропашного трактора / В.Н. Кюрчев // Агропанорама (Беларусь). – 2014. – №6. – С. 8 – 11.
18. *Жалнин Э.В.* Современные научные проблемы земледельческой механики. – [Электронный ресурс: [www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=b6f8e122-2168-4e06-988f-ce65ffc48193](http://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=b6f8e122-2168-4e06-988f-ce65ffc48193)].



## Аннотация

# НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АГРЕГАТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Надыкто В.Т.

*В настоящее время в учебной и даже научной литературе встречаются неоднозначные толкования, которые касаются фундаментальных понятий машиноиспользования, поэтому правильное формулирование определений таких понятий как агрегатирование, сельскохозяйственный и машинно-тракторный агрегат является актуальной необходимостью. Возникает также острая необходимость раскрытия внутренней природы предмета и содержания методов агрегатирования, как отдельного раздела дисциплины «земледельческая механика». Выполненный глубокий анализ литературных источников по данному вопросу дал возможность определить понятия «сельскохозяйственный агрегат», «машинно-тракторный агрегат», «агрегатирование». Раскрыто содержание предмета «агрегатирование» как раздела дисциплины «земледельческая механика». Доказано, что «агрегатирование» – это целиком сформированный раздел «земледельческой механики», который может быть представлен в отдельную специальную дисциплину для подготовки специалистов в аграрных высших учебных заведениях.*

**Ключевые слова:** агрегатирование, энергетическое средство, сельскохозяйственный агрегат (СХА), машинно-тракторный агрегат (МТА), предмет, методы, анализ.

## Abstract

# SCIENTIFIC BASIS OF AGGREGATION AGRICULTURAL MACHINERY

Nadykto Volodymyr

*Currently, educational and even scientific literature there are ambiguous interpretations, which relate to the fundamental concepts mashinoispolzovaniya, so the correct formulation of the definitions of concepts such as aggregation, agricultural and tractor units is an urgent necessity. There is also an urgent need for disclosure of the inner nature of the subject and content aggregation methods as a separate section of the discipline "agricultural mechanics." Made a deep analysis of the literature on this subject made it possible to define the concept of "agricultural machine", "tractor units", "building-block". The content of the subject "building-block" as a section of the course "agricultural mechanics." Proved that the "building-block" - is entirely formed section "agricultural mechanics", which can be represented as a separate discipline for special training in agricultural universities.*

**Keywords:** unitization, power mean, agricultural aggregate, machine-tractors aggregate, object, methods, analysis.