

Міністерство аграрної політики та продовольства України

Миколаївський національний аграрний університет



Кафедра тракторів та сільськогосподарських
машин

Бондаренко О. В., Грубань В. А.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни: «Технологія наукових
досліджень»

Миколаїв

2014

ВСТУПНА ЛЕКЦІЯ

ТЕМА: ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПЕРЕДУМОВИ ВИНИКНЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

В основі сільськогосподарського виробництва знаходиться його головна базова галузь - землеробство (рослинництво), мета якого за допомогою сучасних технічних засобів, тракторів, сільськогосподарських знарядь, машин і використанням досягнень хімічної промисловості по виробництву мінеральних добрив, пестицидів, також із застосуванням накопичених в тваринництві органічних добрив, отримати якомога більший врожай при найменших витратах і при мінімальному впливу на довкілля.

При цьому необхідно досягти максимального рівня реалізації біопотенціалу, сільськогосподарських культур, їх сортів, тобто тієї величини врожайності, які були отримані при сортовипробуванні за певних ґрунтово-кліматичних умов на високому агрофоні з використанням сільськогосподарської техніки та якісного виконання технологічних процесів.

Тому завдання інженера, інженерної служби, господаря, фермера відносно сільськогосподарської техніки полягає; в першу чергу, в тому, щоб забезпечити високу якість роботи машини, тому що в сучасному індустріально-розвинутому рослинництві майже всі технологічні операції виконуються технікою - машинно-тракторними агрегатами з набором машин і знарядь та окремими самохідними машинами. Тільки через певний, рівень якості реалізуються можливості техніки для забезпечення виконання операцій вирощування та збирання врожаю сільськогосподарських культур.

Але для забезпечення певного рівня якості роботи сільськогосподарських машин необхідна оптимізація їх комплектування, тобто вибір машин певного рівня досконалості, ширини захвату, певної продуктивності і вартості, тощо. А це залежить від можливостей господарства від умов і особливостей використання машин, від енергетичних

засобів, від раціональних варіантів придбання, агрегування і застосування та функціонування сільськогосподарської техніки. Особливу актуальність мають ці питання для сучасних різнотипних підприємств в сільському господарстві, з різними величинами посівних площ, з різними формами господарювання, коли часто фермер в одній особі повинен бути і інженером, і агрономом, і менеджером, і маркетологом. Від оптимізації машинно-тракторного парку залежить врожайність культур, енергоємність і екологічна безпека техніки. Власнику землі не байдуже, наскільки він втручається в екологічний баланс природи свого регіону, наскільки це може в майбутньому вплинути на його діяльність, на його життя і життя його нащадків. Від ефективності використання машинно-тракторних агрегатів і в цілому машинно-тракторного парку залежить і кількість, і якість продукції, яка виробляється в господарстві, затрати ресурсів і коштів і, як кінцевий результат, економічне благополуччя підприємства і достаток його працівників.

ТЕМА: ОСНОВНІ ПОНЯТЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Під поняттям землеробство (рослинництво) розуміють провідну галузь сільськогосподарського виробництва, яка вирощує культурні рослини, постачає населенню продукти харчування рослинного походження, корми для Сільськогосподарських тварин, а також сировину для харчової, легкої, фармацевтичної промисловості та ін. Під цим поняттям також розуміють науку про використання і обробіток землі, про підвищення її родючості, про сільськогосподарські рослини та технології їх вирощування.

Технологія взагалі (від грецького *techne* - мистецтво, ремесло, *logos* - вчення) це сукупність знань про способи і засоби виконання виробничих процесів. *Технологія сільськогосподарського виробництва* - це сукупність послідовних технологічних операцій у виробництві сільськогосподарської продукції певної кількості і якості.

Технологія виробництва сільськогосподарських культур включає перелік і послідовність робіт, які необхідно виконувати при вирощуванні данної культури, агротехнічні вимоги, перелік технічних засобів для виконання таких робіт і т. ін.

Технологічні процеси в рослинництві, при виробництві сільськогосподарських культур - це, частина сільськогосподарського виробництва, пов'язана з послідовним виконанням технологічних операцій на вирощуванні і збиранні врожаю культурних рослин (обробіток ґрунту, сівба посадка, внесення добрив, збирання сільськогосподарських культур і т. ін.)

Часто технологічний процес теж називають скорочено "технологія". Під цим терміном також розуміють "технологічну карту" для виробництва тієї чи іншої сільськогосподарської культури.

Технологічна карта виробництва сільськогосподарських культур - це планові розрахунки, в яких в чіткій послідовності визначені порядок, обсяг,

строки і вартість проведення технологічних операцій, які потрібно виконати, щоб одержати врожай цієї культури. В цій карті також надають основні вихідні дані найбільш вагомих показників якості (агровимоги), технічні засоби виконання (трактори, машини, знаряддя), кількість необхідних людських ресурсів і технологічних матеріалів (добрив, насіння, пестицидів, паливно-мастильних і т. ін.).

Технологічна операція в рослинництві - це частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці (на одному полі) в певний час (агротехнічний строк).

Технологічними засобами виконання технологічної операції в рослинництві є відповідні сільськогосподарські знаряддя, машини, трактори сільськогосподарського призначення, які агрегатуються з певними знаряддями, машинами, а також самохідна сільськогосподарська техніка. За допомогою технічних засобів проводяться роботи для здійснення технологічних операцій. Ці технологічні засоби називають єдиним терміном - сільськогосподарські машинні агрегати.

Якість виконання технологічних операцій характеризується окремими показниками чи їх сукупністю, які вказують на рівень відповідності виконаної роботи певним вимогам в залежності від технологічних умов.

Технологічні умови роботи сільськогосподарських машин, знарядь включають технологічні, показники (грунту, рослин тощо), у відповідність до яких проводиться вибір, комплектування і технологічна наладка технічних засобів, їх робочих органів.

Визначення технологічних умов та якості роботи сільськогосподарської техніки ще називають агрооцінкою. Агрооцінку проводять в порівнянні з агровимогами до машин, до технологічних операцій, які виконують ці машини.

Найбільш досконалим, інтегрованим показником якості роботи сільськогосподарських машин являється **коефіцієнт реалізації біопотенціалу** культурних рослин, який визначається, як відношення фактичної врожайності певного сорту певної культури до найвищої

можливої, яку визначено при сортовипробуванні. Для визначення таких величин по якості необхідно мати перевідні коефіцієнти абсолютних показників якості (глибина, рівномірність, збереженість тощо) до величин реалізації біопотенціалу в залежності від абсолютних показників.

Ще є таке поняття, як *технологічна ситуація при виробництві рослинної продукції* - це комплекс організаційно-технічних умов, від яких залежить вибір технології і техніки для виконання технологічної операції, технологічного процесу.

Далі розглянемо основні поняття відносно технічних засобів, які вживаються в механізованому рослинництві. Механізація робіт при виробництві сільськогосподарських культур здійснюється машинними агрегатами (МА), які за призначенням виконують одну або кілька технологічних операцій.

Машинний сільськогосподарський агрегат (МА) - це агрегат з механічним або електричним джерелом енергії, призначений для виконання технологічних операцій в рослинництві.

Агрегати розподіляють за експлуатаційними ознаками на кілька груп:

- а) за призначенням по виконанню технологічної операції - для оранки, сівби, збирання, транспортування і т. ін.;
- б) за способом виконання робіт - стаціонарні і мобільні (машинно-тракторні та самохідні);
- в) за характером джерела енергії - з ДВЗ та електричним;
- г) за розміщенням робочих органів відносно поздовжньої осі - симетричні та асиметричні;
- д) за кількістю машинних знарядь в агрегаті - одномашинні і багатомашинні;
- є) за кількістю одночасно виконуваних операцій - прості, складні, комбіновані;
- ж) за способом з'єднання з трактором - причіпні, начіпні та напівначіпні;

з) за способом приведення в дію робочих органів машин - з приводом від ВВП трактора, від опорно-ходових коліс і від власного двигуна;

і) за способом розвантаження зібраного врожаю - бункерні, кузовні з причепом чи з супроводжувальним транспортним засобом.

ТЕМА: ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ МАШИНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА УМОВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

План заняття:

1. Особливості роботи техніки в рослинництві

2. Кліматичні зони і ґрунти України

1. Розглядаючи технологічний процес як технологічну систему, метою якої є ефективне функціонування за певних критеріїв, необхідно враховувати, що на цю систему впливає ряд факторів, які можна об'єднати в кілька груп (рис. 1).

Природно-кліматичні фактори - це кількість фотосинтетичної активної радіації (ФАР) і опадів, природні різновиди ґрунту за механічним складом і щільністю, кількість в ньому гумусу, рельєфу місцевості, засміченість кущами, камінням та іншими перешкодами.

Біологічні фактори - це біологічні властивості сільськогосподарських рослин і тривалість фаз розвитку, вегетаційного періоду в цілому, співвідношення основної і побічної продукції, фізіологічні особливості рослин (озимі, ярі і т. ін.).

Технологічні фактори: якість виконання попередньої операції, вологість щільність, питомий опір, забур'яненість ґрунту, його структурний і механічний склад, розмірні характеристики культурних рослин, їх опір на зношування, зрізування, і на відрив, полеглість, дози внесення дорив, пестицидів, висота зрізування і т. ін.

Технічні фактори складають: експлуатаційну надійність, потужність, тягове зусилля, габаритні розміри, ширину захвату, радіус повороту, колію, масу, годинні та питомі витрати палива, кількість передач і інтервал швидкостей, маневреність, тип робочих органів, місткість баків, висоту зрізування, ступінь подрібнення і очищення, втрати зерна.

Енергетичні фактори включають енергетичні еквіваленти тракторів, с/г машин додаткового обладнання, с/г продукції, паливно-мастильних і інших матеріалів.

Економічні фактори: це відрахування на податки, на амортизацію, оплата за кредит, страхування, зберігання, зарплата, вартість технологічних матеріалів, ремонту, технічного і технологічного обслуговування, ринкова вартість (ціна) виробленої продукції тощо.

Людські і соціальні фактори характеризуються рівнем кваліфікації і виконавчої дисципліни працівників, фірмами власності підприємства, кредитування, договірними відношеннями, інфраструктурою технологічного, технічного, побутового обслуговування, загальножиттєвим рівнем, тощо.

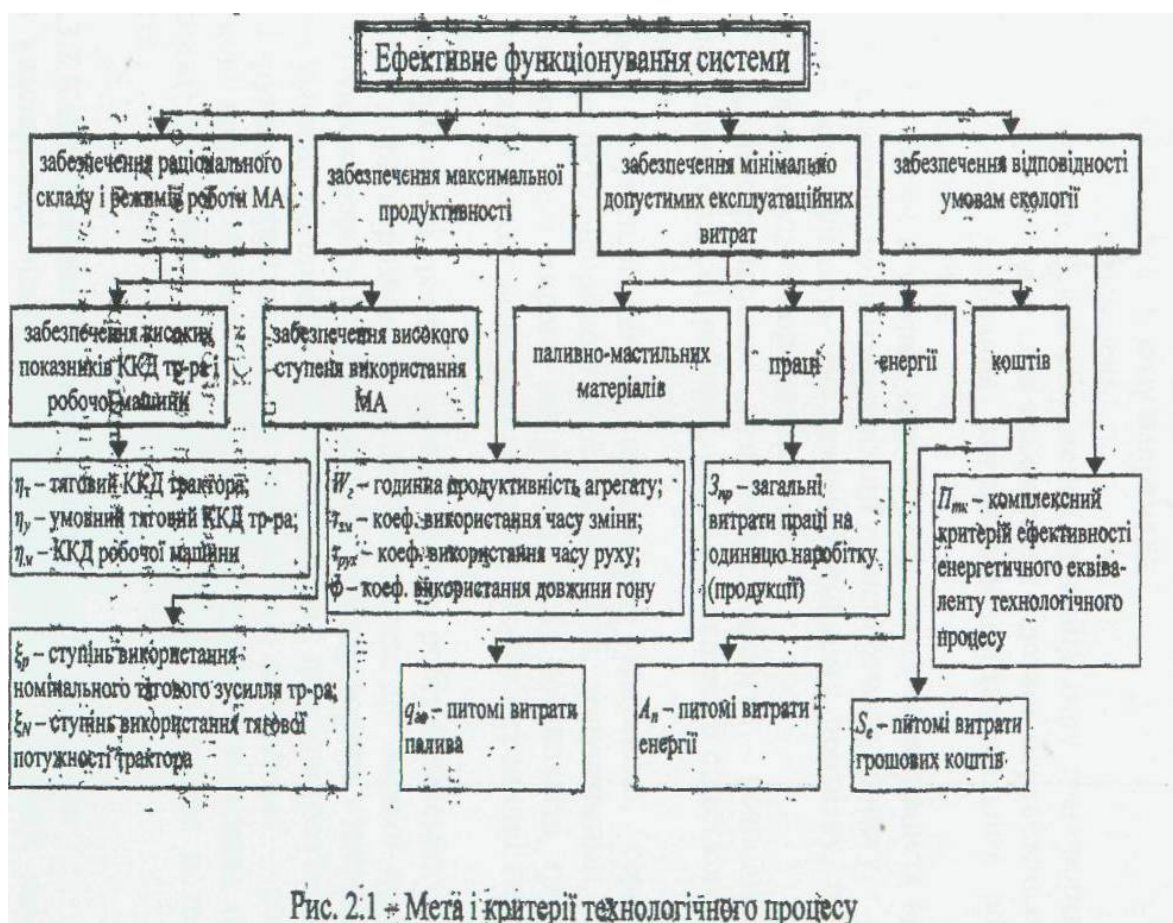


Рис. 2.1 – Мета і критерії технологічного процесу

Машинні сільськогосподарські агрегати на відміну від техніки, яка працює в приміщенні на стаціонарі, обумовлюються рядом особливостей, їх застосування.

Це, по-перше, переважна більшість сільськогосподарської техніки потребує переміщення, під відкритим небом, контактуючи з ґрунтом і рослинами, які змінюються в залежності від погодних умов, тощо.

По-друге, виробничі процеси, операції в рослинництві виконаться у певні, агростроки, які пов'язані з природно-кліматичними умовами, фазами розвитку рослин і їх біологічними, особливостями. В результаті машинні сільськогосподарські агрегати використовують у різних природно-кліматичних умовах - від засушливих Степів до вологого Полісся, а також при зрошенні, при досить широкому діапазоні, температур - від 30...40 С влітку до - 30 С взимку.

Строки використання більшості сільськогосподарських машин від кількох десятків до кількох сотень годин на рік при річному фонду часу в кілька тисяч годин. Якість роботи машин залежить від Складу агрегату, від стану ґрунтів, опадів, стану рослинності.

2. На рівнинній частині території України, де здебільшого розміщені посівні площі основних сільськогосподарських культур, виділяють три основні природні зони: Полісся, Лісостеп і Степ, також в Україні виділяють гірські та передгірські регіони Криму та Карпат.

Полісся України - зона змішаних лісів, найпівнічніша з природно-економічних зон країни, її південна межа проходить по лінії Володимир-Волинський - Луцьк - Корець - Березів - Шепетівка - Плоння - Чугуїв - Троянів - Житомир - Коржин - Київ - Ніжив - Комарівка - Батурин - Кролевець - Глухів. Це найменш розорана частина України (33% всієї площі проти 55% по всій Україні). Сільськогосподарських угідь 6 млн. га, в т. ч. орних земель - понад 4 млн. га. Вегетаційний період триває 95-125 днів, з другої декади квітня по кінець жовтня. За рік в цій зоні випадає в середньому 560-650мм опадів.

Лісостепова зона лежить між Поліссям та степовою зоною по лінії Фрунзівка - Ананьїв - Вільшана - північніше Кіровограда - Знам'янка - Кременчук - Красноград - Зміїв, тут розміщено 70% сільгоспугідь, в т. ч. 60%

всієї української ріллі. Вегетаційний період триває 200-210 днів, а кількість опадів складає від 450мм (південно-східна зона) до 550-700мм (на заході зони).

Степова зона охоплює південну частину України і межу на півночі з Лісостепом, а на півдні прилягає до Чорного і Азовського морів. Займає територію Миколаївської, Херсонської, Запорізької, Дніпропетровської, Донецької, Луганської областей, більшу частину Кримського півострова, Одеської області та південні райони Кіровоградської, Полтавської і Харківської областей. Річна кількість опадів від 350мм на півдні до 500мм на півночі (близько 70%) угідь зайнято культурною рослинністю. Вегетаційний період 218-245 днів.

Як видно, деякі адміністративні регіони можуть мати в своєму складі кілька кліматичних зон.

Так наприклад, Харківська область знаходиться в Лісостеповій зоні, зокрема в кліматичних підрайонах Північно-Західному (Богодухівський, Краснокутський, Валківський і Ново-Водолазький райони) і Північно-Східному (Золочівський, Дергачівський, Харківський, Зміївський, Чугуївський і Вовчанський р-ни) та Степовій Східній зоні, зокрема в її підрайонах Північно-Східному (Великобурлуцький та Шевченківський райони), Східному (Балакліївський, Ізюмський і Барвінківський р-н) і Південному (Красноградський, Кегичівський, Первомайський, Зачепилівський, Сахновщинський, Лозівський і Близнюківський райони).

Грунтові умови характеризуються типом, різновидом і станом ґрунтів.

Згідно з класифікацією, ґрунти можна розподілити на: тип, підтип, вид і різновид.

Тип - об'єднує ґрунти, які формувалися в однакових (природних умовах і мають загальні найбільш характерні властивості.

Основні типи ґрунтів: дерново-підзолисті; сірі лісові; чорноземи; каштанові; сіроземи; бурі лісові.

Підтип - об'єднує групу ґрунтів в межах типу, які відрізняються зовнішнім виглядом і властивостями, наприклад, серед чорноземів виділяють наступні підтипи: чорноземи опідзолені; чорноземи лужні; чорноземи звичайні чорноземи південні; чорноземи типові.

Вид - об'єднує групу ґрунтів в межах підтипу по мірі розвитку ґрунтоутворюючого процесу, опідзоленості, засоленості, потужності гумусового шару і т. ін.

Різновид ґрунту відображає його механічний склад по вмісту "фізичної глини" (часточки розміром менше 0,01мм) і "фізичного піску" (часточки ■ більше 0,01мм) - пісок, супісок: суглинок, глина.

Повна назва ґрунту повинна відображати всі класифікаційні одиниці. Наприклад: чорнозем звичайний опідзолений легко глинистий

(тип) (підтип) (вид) (різновид)

Агрофони по міцності поверхневого шару розподілені на чотири групи (по ступеню їх впливу на тягові властивості тракторів):

А - цілина, переліг, ущільнена стерня і пласт багаторічних трав;

Б - стерня зернових колосових і однорічну трав, поле після кукурудзи і соняшника;

В - пар, поле після оранки, поле після коренебульбоплодів та міжряддя просапних культур;

Г - поле підготовлене під сівбу, свіжозоране поле.

В залежності від типу ґрунту і агрофону зміна тягової потужності може досягти до 20% для гусеничних і 40% для колісних тракторів. Наскільки на сьогоднішній день не існує жодного способу, який дозволив би оцінити вплив ґрунтових умов на тягово-зчіпні властивості тракторів, то тягові випробування проводять окремо на кожному ґрунтовому фоні.

ТЕМА: ТРАНСПОРТНІ ОПЕРАЦІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План заняття:

1. Особливості доріг та їх класифікацій

2. Класифікація сільськогосподарських вантажів

1. Транспортні операції в сільському господарстві виконують автомобілями, тракторами, самохідними шасі і живою тяговою силою.

Умови роботи транспортних засобів у сільськогосподарському виробництві, характеризують такі особливості:

- розосередження вантажів і місць їх доставки на значній території;
- сезонна нерівномірність перевезень;
- різнодоріжжя - від асфальту до бездоріжжя;
- різноманітність вантажів за об'ємною масою, габаритними розмірами, станом; властивостями тощо;
- складність організації раціональних перевезень (випадки перевезення вантажу тільки в одному напрямку);
- терміновість перевезень.

Все це накладає певне обмеження на вибір типу транспортного засобу, Вибираючи тип транспорту слід враховувати відстань перевезень, об'ємну масу вантажів, зручність виконання вантажно-розвантажувальних робіт, строки перевезень, стан доріг тощо.

Дорожні умови в значній мірі обумовлюють ефективність використання транспортних засобів, повноту реалізації транспортного процесу.

Дороги класифікують: по адміністративним ознакам, по пропускній здатності та ознакам для нормування робіт.

За адміністративною ознакою дороги розподіляються на загальнодержавні, обласні, районні, сільські, місцевого сільськогосподарського призначення.

Дороги характеризуються пропускнуою здатністю, середньодобовою інтенсивністю руху, шириною проїжджої частини, допустимими швидкостями руху. Для того щоб дороги не руйнувались, встановлені граничні норми навантаження на кожен вісь транспортного засобу і граничні норми загальної його ваги.

При нормуванні тракторно-транспортних робіт в сільськогосподарському виробництві дороги розподіляють на три групи. *До першої групи* віднесено звичайні ґрунтові дороги в хорошому стані (сухі), дороги з твердим покриттям та снігові укочені; *до другої* - гравійні (розбиті), ґрунтові (роз'їжджені, вологі), задернілі ґрунти, стерня зернових в суху погоду; *до третьої* — розбиті дороги з глибокою колією, бездоріжжя у весняну відлигу, засніжена цілина, сипкі піски, вогкі луки, поле після коренебульбоплодів, зоране поле нормальної вологості.

2. В класифікації відображені такі властивості вантажу, які враховують особливості його перевезення, і зберігання.

Вантажі класифікують за фізико-механічними властивостями, способами застосування механізмів для завантаження-розвантаження, умовами перевезення і використання номінальної вантажності транспортних засобів.

За фізико-механічними властивостями вантажі поділяються на тверді, рідкі і газоподібні.

За ступенем небезпечності вантажі поділяють на сім груп:

- малонебезпечні будматеріали, харчові продукти, промислові товари;
- небезпечні за своїми розмірами;
- небезпечні пекучі (асфальт, бітум);
- небезпечні, які утворюють пил (цемент, вапно т. ін.);
- небезпечні горючі (бензин, керосин, кислоти, хімікати);

- особливо небезпечні (отруйні, вибухові);
- балони із стисненим газом.

За розмірами вантажі, можуть бути великогабаритними і такими що по своїм габаритам можуть бути допущені для вивезення по дорогах загального користування. Допустимі максимальні габарити наступні: по ширині - 2,5м; по висоті - 4м (разом з автомобілем); по довжині дорівнюють довжині автомобіля плюс 2м провису за межі заднього борту кузова.

По масі одного штучного місця вантажі розподіляють на легковагові (з малою масою при значному об'ємі), на штучні нормальної маси (до 250кг), підвищеної маси (понад 259кг) і тучні великовагові з неподільною масою 30т і більше.

За способами застосування механізмів для завантаження і розвантаження вантажі поділяють на штучні, насипні, навалочні, наливні і т. ін.

По виду тари вантажі ділять на тарні і безтарні. При перевезенні затареного вантажу користуються двома визначеннями маси: нетто (чиста маса самого вантажу) і брутто (маса вантажу разом з тарою). Сільськогосподарські вантажоперевезення різняться між собою також і по специфічним властивостям:

- сезонність перевезень, яка залежить від агротехнічних строків збирання врожаю;
- нерівномірність вантажопотоків у зв'язку із розташуванням культур по зонам сприятливого їх вирощування;
- нерівномірність вантажопотоків навіть одного виду сільськогосподарської продукції по причині залежності від, природно-кліматичних умов;
- терміновість перевезень таких вантажів, які швидко псуються;
- необхідність використання спеціалізованого транспорту для живих тварин і антисанітарних вантажів (нечистоти, сміття).

Найбільший вантажообіг у господарствах Степу припадає на першу половину липня (зерно) та на середину серпня (кукурудза на силос); у

Лісостепу - на другу половину серпня (кукурудза на силос) та на вересень і першу половину жовтня (цукровий буряк); у господарствах Полісся - на другу половину серпня (кукурудза на силос) та на другу половину вересня (картопля).

Для всіх сільськогосподарських вантажів основною фізичною властивістю являється об'ємна маса, від якої залежить використання вантажності транспортного засобу, а для сипких вантажів - кут природного відкосу, який зумовлює конструкцію кузова і способи механізації процесу завантаження-розвантаження.

По умовам використання вантажності автомобіля вантажі розподіляються на чотири класи по ступеню використання вантажності. До першого класу відносяться вантажі з коефіцієнтом можливого використання вантажності $a = 1$; до другого - $a = 0,99...0,71$; до третього - $a = 0,70...0,51$; до четвертого - $a = 0,50...0,41$. Таким чином, коефіцієнт використання вантажності залежить від класу вантажу, його затареності (упаковки), розмірів кузова і вантажності автомобіля. Для повнішого використання вантажності транспортних засобів на перевезенні матеріалів з малою об'ємною масою обладнують борти платформи надставними бортами.

Питома вага тракторного транспорту на внутрішньогосподарських перевезеннях становить 50...60%, автомобільного - 40...45% і гужового - до 5%. Позагосподарські перевезення в основному виконуються автомобілями (понад 70%), а решта - тракторним транспортом.

**ТЕМА: ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ
(ТРАКТОР + РОБОЧА МАШИНА)****План заняття:**

1. Показники енергетичних властивостей тракторів, методи їх визначення та шляхи поліпшення

2. Розрахунковий метод визначення тягових параметрів тракторів

1. Тягові показники тракторів являються одним із важливіших нормоутворюючих факторів, які є визначальними енергетичної спроможності використання тракторів в конкретних ґрунтових умовах.

Показники енергетичних властивостей визначають як дослідним шляхом, так і розрахунковим.

Дослідний шлях полягає у проведенні тягових випробувань згідно з ГОСТом 7057-81. Для того, щоб можна було використовувати результати тягових випробувань при нормуванні механізованих робіт, необхідно встановити зв'язок між тяговими властивостями МА і умовами роботи.

По даним випробувань будують **тягову характеристику**. Тягова характеристика - це залежність тягової потужності (N_m) робочої швидкості (V_p), годинної витрати палива (G_m), питомої витрати палива (q_e) і буксування (δ) від зміни тягового зусилля (P_m).

Теоретичні тягові характеристики доцільно будувати лише для перспективних тракторів, які тільки проектується. Вони являються прогнозними.

Раціональною вважається така тягова характеристика, у якої максимум тягової потужності знаходиться посередині між існуючими передачами. Лінія, яка з'єднує максимальні значення тягової потужності на різних передачах, утворює *потенційну характеристику*.

Аналіз великої кількості тягових характеристик показує, що трактори різної потужності мають свої конкретні потенційні характеристики і відповідні їм діапазони тягових зусиль (P_m).

Таким чином, для кожного трактора і конкретних умов роботи існує тільки одне значення P_m при якому він зможе працювати з максимальною ефективністю (з мінімальними непродуктивними затратами потужності).

Принцип тягових класів, закладений в основу побудови типорозмірного ряду тракторів (табл. 1...3). Кожному тяговому класу відповідає певне номінальне тягове зусилля (табл. 1).

Оскільки робочі швидкості МА на найбільш енергоємких технологічних операціях співпадають за своїм рівнем як у нас, так і у інших країнах, то їх класифікації можна порівняти між собою (табл. 3).

Таблиця 1

Класифікація сільськогосподарських тракторів по тяговому зусиллю ГОСТ 27021-86

Тяговий клас	0,2	0,6	0,9	1,4	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
Номінальне тягове зусилля, кН	2	6	9	14	20	30	40	50	60	80
Діапазон тягових зусиль P_{gn} , кН	1,8-5,4	5,4-8,1	8,1-12,6	12,6-18	18-27	27-36	36-45	45-54	54-72	72-108

Таблиця 2

Міжнародна класифікація до тяговій потужності (ІСО 730/1-77; 730/2-79; 730/3-82)

Категорія трактора	1	2	3	4
Максимальна тягова потужність $N_{m \max}$, кВт	35	30-75	70-135	135-300

Таблиця 3

Співвідношення між тяговими класами по ГОСТ і категоріями тракторів, які встановлені міжнародними стандартами ІСО

Тяговий клас по ГОСТ	0,2-0,6	0,6-0,9	0,9-2,0	2,0-4,0	5,0-8,0
Категорія по ІСО	1		2	3	4

Кожен тяговий клас складається з одної основної (базової) моделі трактора і декількох її різновидів (модифікацій). Модифікації в основному використовуються для виконання спеціальних с.-г. операцій (табл. 4)

Таблиця 4

Відповідність моделей тракторів тяговим класам

Тяговий клас	0,2	0,6	0,9	1,4	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Модель трактора	T-08 T-10	T-25A T-16M	T-40A T-40M	MT3-80 MT3-82 ЮМЗ-6	T-70C	DT-75M T-150 T-150K	T-4A	K-701	T-100M T-130B

На тяговій характеристиці тягова потужність N_m являється основним параметром, по максимальному значенню якого визначають нормальну силу тяги $P_{m.норм}$, яка може співпадати (лише при роботі на щільних ґрунтах), але не обов'язково, з номінальною силою тяги $P_{m.н.}$, яка відповідає номінальній частоті обертання колінчастого вала.

Номінальне тягове зусилля сільськогосподарського трактора - це зусилля яке трактор розвиває на стерні середньої щільності і нормальної вологості ґрунту (від 8 до 18%) в зоні максимального значення тягового ККД, маючи експлуатаційну масу, яка встановлена в технічній характеристиці, при цьому коефіцієнт буксування не перевищує 18% - для колісних тракторів (4x2), 16% - (4x4) і для гусеничних тракторів.

Для тракторів, які використовуються в промисловості, номінальне тягове зусилля визначається як граничне максимальне тягове зусилля по умовам зчеплення з ґрунтом.

Таким чином, номінальне тягове зусилля для с/г. тракторів встановлюють в зоні максимальних значень тягового ККД ($\eta_{m.max} = N_{m.max} / N_{ен}$), а для тракторів які використовуються в промисловості - в зоні *максимальних тягових зусиль* $P_{m.max}$.

2. Розрахунковий метод визначення тягових параметрів тракторів

Методика визначення сили тяги

Для розрахунку необхідно мати такі вихідні дані:

Марка трактора.

Передачі, на яких він рухається.

Схил місцевості (α^0).

Агрофон, по якому рухається МА.

Порядок виконання роботи

Сила тяги (P_m) визначається з рівняння силового балансу для рівномірного руху:

$$P_{руш} - P_m - P_f \pm P_a = 0, \quad (1)$$

Розрахунок складових балансу сил виконується в наступному порядку:

1. Рушійна сила має подвійну природу виникнення, з одної сторони (вона обмежується дотичною силою тяги (P_δ), яка утворюється двигуном, а з другої сторони - силою зчеплення (F_3) рушіїв трактора з ґрунтом.

Визначитися з тим, яка з двох сил P_δ чи F_3 є рушійною в конкретних дорожніх умовах, допоможе графік балансу сил.

1.1 Визначається номінальна дотична сила тяги, яка прикладена до ведучих коліс (зірочок) трактора:

$$P_\delta = 0,159 \cdot \frac{N_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k \cdot n_n}, \quad (2)$$

де N_e - номінальна ефективна потужність двигуна, кВт (табл. 8.);

i_{mp} - передаточне число трансмісії на заданих передачах (табл. 8.);

n_n - номінальна частота обертання колінчастого валу, s^{-1} (табл. 8);

r_k - радіус кочення, м;

η_{mp} - ККД трансмісії;

$$\eta_{mp} = \eta_m \cdot \eta_z, \quad (3)$$

η_z - ККД гусеничного ланцюга ($\eta_z = 0,95 \dots 0,97$);

η_m - ККД механічної передачі (табл. 3.5).

Таблиця 5

ККД механічних передач		
Передача		η_m
Плоскопасова:	- звичайна	0,94...0,98
	- з натяжним пристроєм	0,95...0,98
Клинопасова		0,90... 0,98

Ланцюгова	0,70... 0,80
Червячна	0,83... 0,87
Зубчаста циліндрична	0,95...0,98
Зубчаста конічна	0,94... 0,96

Довідка: ККД механічних зубчастих передач трансмісії залежить від багатьох факторів типу шестерен і способу їх взаємодії; числа пар зубчастих передач, які знаходяться в зачепленні; типу, конструкції та числа опор валів, частоти обертання валів; кількості та рівня мастила, його в'язкості в залежності від температури і т. ін. (табл. 6).

Таблиця 6

Значення ККД трансмісії залежно від температури навколишнього середовища

Температура, °С	ККД трансмісії		
	мінімальний	осереднений	максимальний
-22	0,31	0,760	0,905
-14	0,54	0,828	0,905
-7	0,70	0,860	0,905
0	0,75	0,869	0,910
9	0,83	0,892	0,910
20	0,89	0,90	0,915
30	0,90	0,912	0,915

$$\eta_m = \eta_{цил}^a \cdot \eta_{кон}^\beta, \quad (4)$$

де $\eta_{цил}$ - ККД циліндричних зубчастих передач (табл. 5);

$\eta_{кон}$ - ККД конічних зубчастих передач (табл. 5);

a - число циліндричних зубчастих пар в зачепленні (табл. 8.);

β - число конічних зубчастих пар в зачепленні (табл. 8.);

Радіус кочення для гусеничних і колісних тракторів розраховується окремо:

- для гусеничних тракторів він дорівнює радіусу початкового кола (r_0) ведучої зірочки (табл. 8):

$$r_k = r_0. \quad (5)$$

- для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_0 + h_{ш} \cdot k_{ш}. \quad (6)$$

де r_0 - радіус посадочного кола сталюго обода (табл. 8);

$h_{ш}$ - висота поперечного профілю шини, м (табл. 8);

$k_{ш}$ - коефіцієнт прогинання шини (табл. 7).

Таблиця 7

Коефіцієнт прогинання шини ($k_{ш}$) для різних дорожніх умов

Дорожні умови (агрофон)	$k_{ш}$
Ґрунтова дорога	0,7
Цілина переліг	0,72
Стерня	0,75
Поле підготовлене під сівбу	0,8
Культивоване поле ,	0,82
Оране поле	0,84
Глибокий сніг	0,85
Болото	0,86
Пісок	0,83

1.2. Визначається максимальна сила зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом:

$$F_{з.мах} = G_з \cdot \mu, \quad (7)$$

де μ - коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом;

$G_з$ - зчїпна вага трактора (навантаження на рушїї), кН:

- для гусеничних тракторів або колїсних з двома ведучими осями:

$$G_з = G_{mp} \cdot \cos \alpha^0, \quad (8)$$

- для колїсних тракторів з однією ведучою віссю;

$$G_з = \frac{G_{mp} \cdot \cos \alpha^0 \cdot (L_{mp} - a) + M_0}{L_{mp}}, \quad (9)$$

де G_{mp} - експлуатаційна вага трактора, кН (табл. 8);

L_{mp} - поздовжня база трактора, м (табл. 8);

a - відстань від центру ваги трактора до вертикальної площини, яка проходить через геометричну вісь кочення ведучих колїс, м (табл. 8);

M_0 - крутний момент на ведучих колесах трактора, кН м:

$$M_0 = P_{д.н} \cdot r_к. \quad (10)$$

Для побудови графіка максимальна сила зчеплення ($F_{з.мах}$) визначається для двох крайніх станів дорожніх умов:

I - пісок, глибока грязюка	$\mu_k=0,4$ (колісний трактор); $\mu_z=0,3$ (гусеничний трактор);
II - асфальт, гравій	$\mu_k=0,9$ (колісний трактор); $\mu_z=1,0$ (гусеничний трактор).

2. Сила опору, яка виникає при подоланні підйому, кН:

$$P_a = G_{mp} \cdot \sin \alpha^{\circ}, \quad (11)$$

3. Сила опору кочення трактора на різних агрофонах (дорожніх умовах); кН:

$$P_f = f \cdot G_{mp} \cdot \cos \alpha^{\circ}, \quad (12)$$

де f - коефіцієнт опору кочення трактора.

Для побудови графіка сила опору кочення визначається для двох крайніх станів дорожніх умов:

I - пісок, глибока грязюка	$f_k=0,2$ (колісний трактор); $f_z=0,118$ (гусеничний трактор);
II - асфальт, гравій	$f_k=0,02$ (колісний трактор); $f_z=0,06$ (гусеничний трактор).

Як видно із рівняння силового балансу, для визначення тягового зусилля необхідно від рушійних сил відняти сили опору:

$$P_m = P_{руш} - (P_f \pm P_a), \quad (13)$$

4. Побудова графіка рівняння силового балансу (див. рис. 1).

4.1. По осі абсцис будуються дві шкали для коефіцієнтів зчеплення (μ) в межах значень від 0,3 до 1,0 і відповідних їм значень коефіцієнтів опору кочення (f) трактора (гусеничного або колісного).

4.2. По осі ординат відкладаються у вибраному масштабі, раніше розраховані зусилля $P_{д.н.}$, $F_{z \max}$, P_f для двох крайніх станів дорожніх умов. Відмічені точки з'єднуємо лініями.

4.3. Сила опору на подолання підйому відкладається зверху над силою опору кочення - береться сума ($P_f + P_a$). А для умов "спуск" силу P_a відкладають вниз від сили P_f - береться різниця ($P_f - P_a$).

4.4. На побудованому графіку визначають агрофон, по якому рухається

агрегат, проводячи вертикальну лінію через значення коефіцієнт зчеплення (μ), який кількісно характеризує даний агрофон. Для цих умов знаходять силу тяги як для "підйому", так і для "спуску".

5. Визначення тягового зусилля в зоні недостатнього зчеплення (при $P_{\text{д.н}} > F_{z \text{ max}}$). Величина рушійної сили в даному випадку буде обмежуватися силою зчеплення, отже $P_{\text{руш}} = F_{z \text{ max}}$:

$$P_m = F_{z \text{ max}} - (P_f + P_a), \quad \text{- для умов "підйом"}, \quad (14)$$

$$P_m = F_{z \text{ max}} - (P_f - P_a), \quad \text{- для умов "спуск"}, \quad (15)$$

(числові значення складових рівняння визначаються з графіка).

6. Визначення тягового зусилля в зоні достатнього зчеплення (при $P_{\text{д.н}} < F_{z \text{ max}}$). Величина рушійної сили в цьому випадку буде обмежуватися дотичною силою тяги $P_{\text{руш}} = P_{\text{д.н}}$:

$$P_m = P_{\text{д.н.}} - (P_f + P_a), \quad \text{- для умов "підйом"}, \quad (14)$$

$$P_m = P_{\text{д.н.}} - (P_f - P_a), \quad \text{- для умов "спуск"}, \quad (15)$$

(числові значення складових рівняння визначаються з графіка).

7. Складові рівняння силового балансу необхідно нанести на графік, як показано на рисунку 1.

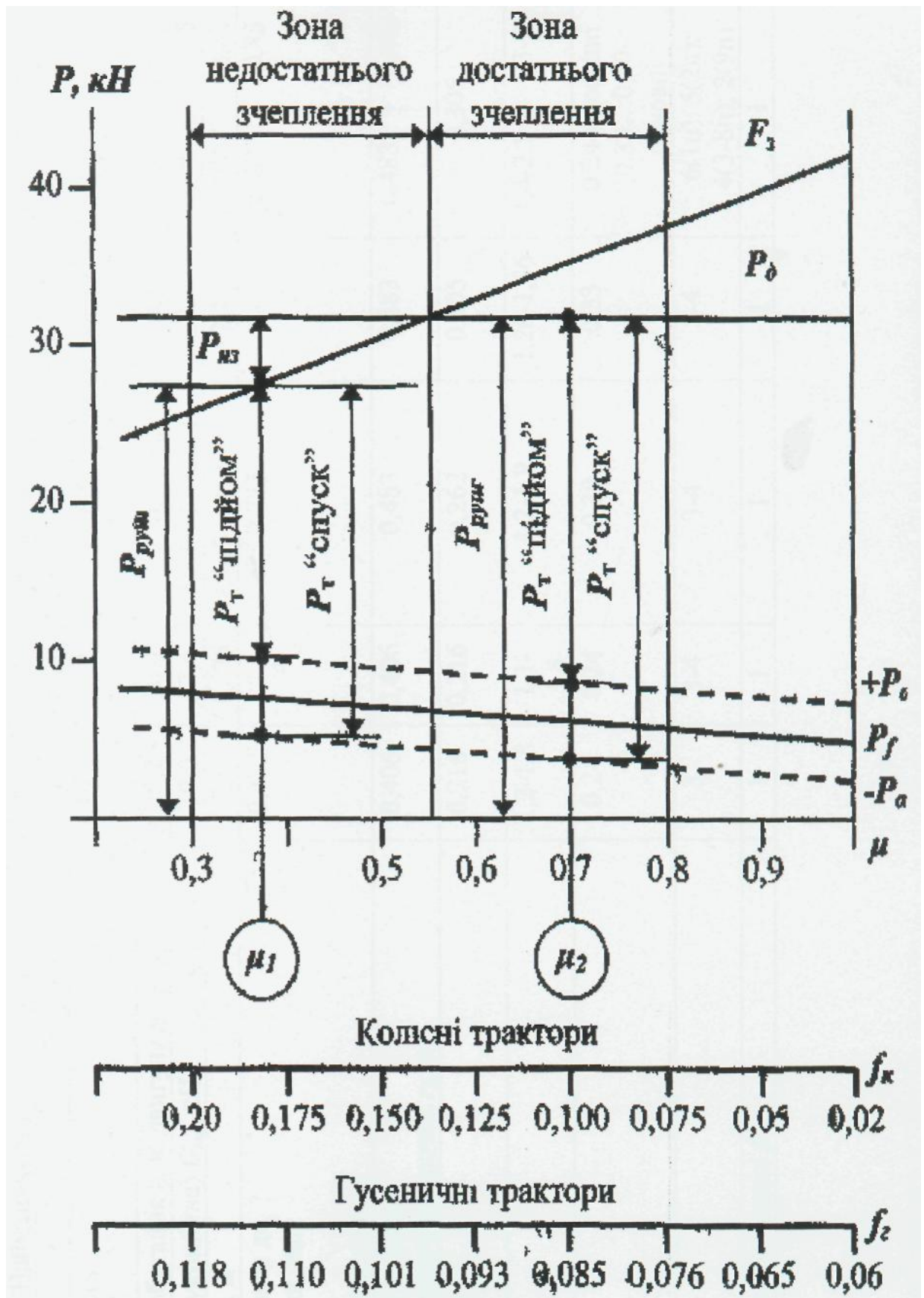


Рис. 1. Графік рівняння силового балансу

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРІВ

Найменування	Т-16М	Т-25А	Т-40М	Т-40АМ	ЮМЗ-6Л	МТЗ-80	МТЗ-82
1	2	3	4	5	6	7	8
Номінальна потужність двигуна $N_{ен}$, кВт	14,7	18,4	36,8		44,2	58,9	58,9
Номінальна частота обертання к. в. двигуна n , с ⁻¹	26,7	30,0	30,0		29,2	36,7	36,7
Вага трактора (експлуатаційна) $G_{тр}$, кН	19,0	17,6	26,3	28,2	33,3	31,5	33,5
Повздожня база $L_{мп}$, м	2,5	1,775	2,145	2,250	2,45	2,37	2,45
Відстань від центру ваги до вертикальної площини, що проходить через геометричну вісь задніх коліс a	0,472	-	0,723		-	0,82	0,85
Радіус сталюго ободу колеса чи початкового кола ведучих зірочок r_0 , м	0,406	0,406	0,483		0,483	0,483	0,483
Висота профілю шин ведучих коліс h_w , м	0,216	0,216	0,262		0,305	0,305	
Колія, м	1,2-1,8	1,1-1,5	1,2-1,9		1,26-1,86	1,4-2,1	1,3-2,1
Ширина колеса, м	0,24	0,24	0,30		0,33	0,24-просапні 0,33...0,40- основні	
Число циліндричних пар в зачепленні a	3	3-4	3-4		3-4	6(1п); 5(2п); 4(3-8п); 2(9п)	
Число конічних пар в зачепленні β	1	1	1		1	1	
Ширина колеса, м	0,24	0,24	0,30		0,33	0,24-просапні 0,33...0,40- основні	
Число циліндричних пар в зачепленні a	3	3-4	3-4		3-4	6(1п); 5(2п); 4(3-8п); 2(9п)	
Число конічних пар в зачепленні β	1	1	1		1	1	

Продовження табл. 3.8.

1	2	3	4	5	6	7	8
Передаточні числа трансмісії i_{mp} на передачах	1	97,0	63,6	260	62,0	249,0	
	2	78,0	50,3	68,7	52,3	142,0	
	3	64,0	48,4	57,6	42,6	83,5	
	4	54,0	34,2	49,0	25,2	68,0	
	5	27,0	27,3	41,8	19,0	57,4	
	6	19,0	18,2	22,6	-	49,0	
	7	-	-	15,8	-	39,9	
Швидкість руху на передачах V_T , км/год (теоретична)	1	4,89	6,40	1,82	7,06	2,50	
	2	6,25	8,10	6,90	9,00	4,26	
	3	7,62	9,40	8,93	11,10	7,24	
	4	9,02	11,90	9,74	19,02	8,90	
	5	14,57	14,90	11,35	24,50	10,54	
	6	20,60	21,90	20,96	-	12,33	
	7	-	-	30,10	-	15,15	
Тягові зусилля на передачах P_T , кН	1	7,00	7,74	11,00	13,2	14,00	
	2	5,89	5,76	10,45	11,00	12,50	
	3	4,49	4,70	8,45	9,60	9,60	
	4	3,49	3,38	6,45	7,20	4,30	
	5	2,35	2,36	-	-	2,65	
	6	1,41	1,06	-	-	-	
	7	-	-	-	-	-	

Найменування		Т-70С	ДТ-75М		Т-150		К-701				
1		2	3		4		5				
Номінальна потужність двигуна $N_{ен}$, кВт		51,5	74,3		110,4		221,0				
Номінальна частота обертання к. в. двигуна n , с ⁻¹		35,0	29,2		33,3		31,7				
Вага трактора (експлуатаційна) G_{mp} , кН		44,8	66,6		71,1		131,3				
Повздовжня база $L_{тр}$, м		1,895	1,7		1,8		3,2				
Радіус сталюого ободу колеса чи початкового кола ведучих зірочок r_0 , м		0,326	0,358		0,382		0,332				
Висота профілю шин ведучих коліс $h_{ш}$, м		-	-		-		0,523				
Колія, м		1,35	1,33		1,435		2,115				
Ширина гусениці (колеса), м		0,3									
Число циліндричних пар в зачепленні a			0,39		0,39 або 0,415		0,71				
Число конічних пар в зачепленні β		1	1		1		1				
Передаточні числа трансмісії i_{mp} на передачах			ПКМ		ХЗ		Ір	Ір	ІІр	ІІІр	ІІІІр
	1	154,6	52,72	44,6	107,	37,5	177,	72,6	65,3	26,7	
	2	90,6	49,95	39,8	3	32,1	9	60,2	54,2	22,2	
	3	56,4		35,8	95,0	29,7	147,	50,0	45,0	18,4	
	4	45,8		32,2	84,3	27,0	0	41,5	37,3	15,3	
	5	38,7		29,0	77,1	25,1	122,				
	6	33,1		26,0		22,2	0				
	7	26,9		21,0		19,7	101,				
	8	22,7				18,1	3				

ПКМ – підсилювач крутного моменту; ХЗ- ходозменшувач; Ір, Ір, ІІр, ІІІр – режими роботи трансмісії.

Продовження табл. 8

1	2	3	4	5						
Швидкість руху на передачах V_T , км/год (теоретична)		ПКМ		ХЗ		Ір	ІІр	ІІІр	ІVр	
	1	1,67	4,24		2,68	7,65	2,90	7,10	7,90	19,40
	2	2,85	4,73	5,30	3,03	8,62	3,51	8,57	9,51	23,26
	3	4,58		5,90	3,41	9,72	4,23	10,33	11,47	28,04
	4	5,63		6,58	3,73	10,62	5,09	12,44	13,81	33,75
	5	6,67		7,30		11,44				
	6	7,81		8,14		12,90				
	7	9,59		9,06		14,54				
	8	11,36		11,17		15,81				
Тягові зусилля на передачах P_T , кН		ПКМ		ХЗ		Ір	ІІр	ІІІр	ІVр	
	1	25,00	43,30	35,40	30,00	42,50	65,00	65,00	60,00	30,00
	2	25,00	38,30	31,20	30,00	37,00	65,00	62,80	55,96	19,04
	3	25,00		27,50	30,00	32,20	65,00	51,00	45,29	14,61
	4	25,00		24,30	30,00	29,10	65,00	41,25	36,51	11,10
	5	23,00		20,70		26,60				
	6	19,00		18,20		23,10				
	7	14,50		13,8		20,00				
	8	11,50				17,80				

ПКМ – підсилювач крутного моменту; ХЗ- ходозменшувач; Ір, ІІр, ІІІр, ІVр – режими роботи трансмісії.

Продовження табл. 8

Найменування	T-150K	T-150K-07	ХТЗ-120		ХТЗ-121	
1	2	3	4	5	6	7
Номінальна потужність двигуна $N_{ен},$ кВт	121,3		88,2	106,6	88,2	106,6
Номінальна частота обертання к. в. двигуна $n,$ с ⁻¹	35		30,83		30,83	
Вага трактора (експлуатаційна) $G_{тр},$ кН	76,0	92	80		80	
Повздовжня база $L_{тр},$ м	2,86					
Відстань від центру ваги до вертикальної площини, що проходить через геометричну вісь задніх коліс a	1,83					
Радіус сталюго ободу колеса чи початкового кола ведучих зірочок $r_0,$ м	0,305		0,483		0,483	
Висота профілю шин ведучих коліс $h_{ш},$ м	0,395		0,395		0,395	
Колія, м	1,68 або 1,86		1,435			
Ширина колеса, м	0,54		0,415			
Число циліндричних пар в зачепленні a	I діапазон – 5; II діапазон - 3; III діапазон – 3					
Число конічних пар в зачепленні β	1		1		1	

Продовження табл. 8.

		1	2	3	4	5	6	7	
Передаточні числа трансмісії $i_{тр}$ на передачах	I діапазон (з редуктором)	1	263,6			373,5		373,5	
		2	222,0			326,4		326,4	
		3	196,0			276,2		276,2	
		4	168,0			195,2		195,2	
	II діапазон (з редуктором)	1	122,0	156,4			162,26		162,26
		2	104,0	133,4			141,84		141,84
		3	91,3	112,8			119,99		119,99
		4	78,0	99,4			84,82		90,51
	III діапазон	1	94,9	74,49			72,76		72,76
		2	55,4	63,5			63,61		63,61
		3	48,6	53,7			53,8		53,80
		4	41,4	47,34			38,03		40,58
	IV діапазон	1	29,8	32,4			31,61		31,61
		2	25,2	27,6			27,64		27,64
		3	22,2	23,4			23,38		23,38
		4	19,0	20,6			16,53		17,63
Швидкість руху на передачах V_T , км/год (теоретична)	I діапазон (з редуктором)	1	1,80			1,44		1,44	
		2	2,14			1,68		1,68	
		3	2,42			1,97		1,97	
		4	2,82			2,79		2,62	
	II діапазон (з редуктором)	1	3,88	3,72			3,35		3,35
		2	4,58	4,36			3,85		3,85
		3	5,20	5,16			4,53		4,53
		4	6,09	5,85			6,41		6,00

1		2	3	4	5	6	7	
Тягові зусилля на передачах P_T , кН	III діапазон	1	8,53	7,81	7,47		7,47	
		2	10,08	9,16	8,56		8,56	
		3	11,44	10,84	10,12		10,12	
		4	13,38	12,29	14,29		13,41	
	IV діапазон	1	18,65	17,96	17,2		17,2	
		2	22,00	21,08	19,67		19,67	
		3	24,90	24,87	23,26		23,26	
		4	30,10	29,6	32,93		30,85	
	I діапазон (з редуктором)	1	30,00		60		60	
		2	30,00		60		60	
		3	30,00		60		60	
		4	30,00		60		60	
II діапазон (з редуктором)	1	15,00	60	30		30		
	2	15,00	60	30		30		
	3	15,00	60	30		30		
	4	15,00	58,04	30		30		
III діапазон	1	35,00	43,59	32,33	40,41	32,33	40,41	
	2	33,25	36,04	27,46	34,52	27,46	34,52	
	3	28,45	29,34	22,21	28,20	22,21	28,20	
	4	23,60	25,02	13,85	18,08	15,22	19,73	
IV діапазон	1	19,05	19,4	14,44	17,94	14,44	17,94	
	2	15,80	16,12	12,29	15,36	12,29	15,36	
	3	13,60	13,25	10,06	12,64	10,06	12,64	
	4	10,25	11,33	8,41	8,26	6,99	8,95	

Найменування			ХТЗ-160-31	ХТЗ-161-31	ХТЗ-170-21	ХТЗ-171-21	ХТЗ-172-21	
1			2	3	4	5	6	7
Номінальна потужність двигуна $N_{ен}$, Вт			117,7		125,0	121,3	147,0	132,3
Номінальна частота обертання к. в. двигуна n , c^{-1}			33,33		36,66	35	33,33	35
Вага трактора (експлуатаційна) G_{mp} , кН			82		86,25		86,25	
Повздовжня база $L_{тр}$, м			2,860		2,860	2,860	2,860	2,860
Радіус сталюого ободу колеса чи початкового кола ведучих зірочок r_0 , м			0,483		0,332		0,332	
Висота профілю шин ведучих коліс $h_{ш}$, м			0,395		0,523		0,523	
Колія, м			1,435		1,68 або 1,86			
Ширина колеса, м			0,415		0,566			
Число циліндричних пар в зачепленні a			I діапазон – 5; II діапазон - 3; III діапазон - 3					
Число конічних пар в зачепленні β			1		1		1	
Передаточні числа трансмісії i_{mp} на передачах	I діапазон (з редуктором)	1	429,5					
		2	373,5					
		3	326,4					
		4	243,3					
	II діапазон (з редуктором)	1	186,7		156,4		152,75	
		2	162,26		133,4		133,55	
		3	141,84		112,8		112,99	
		4	105,8		99,4		85,23	
	III діапазон	1	83,66		74,49		72,76	
		2	72,76		63,5		63,61	
		3	63,61		53,7		53,80	
		4	47,5		47,34		40,58	

1		2	3	4	5	6	7
	IV діапазон	1	36,65	32,4	31,61		
		2	31,61	27,6	27,64		
		3	27,64	23,4	23,38		
		4	20,58	20,6	17,63		
Швидкість руху на передачах V_T , км/год (теоретична)	I діапазон (з редуктором)	1	1,37				
		2	1,57				
		3	1,80				
		4	2,42				
	II діапазон (з редуктором)	1	3,15	3,9	3,72	3,54	3,72
		2	3,63	4,57	4,36	4,15	4,36
		3	4,15	5,41	5,16	4,91	5,16
		4	5,52	6,13	5,85	5,57	5,85
	III діапазон	1	7,02	8,18	7,81	7,44	7,81
		2	8,08	9,60	9,16	8,72	9,16
		3	9,25	11,36	10,48	10,32	10,48
		4	12,38	12,88	12,29	11,70	12,29
	IV діапазон	1	16,18	18,82	17,96	17,10	17,96
		2	18,61	22,08	21,08	20,08	21,08
		3	21,30	26,05	24,87	23,7	24,87
		4	28,60	31,01	29,6	28,2	29,6

Продовження табл. 8

1		2	3	4	5	6	7
Тягові зусилля на передачах P_T , кН	I діапазон (з редуктором)	1	60				
		2	60				
		3	60				
		4	60				
	II діапазон (з редуктором)	1	30	60	60	60	60
		2	30	60	60	60	60
		3	30	60	60	60	60
		4	30	60	58,5	60	58,5
	III діапазон	1	51,75	43,2	44,05	49,9	44,05
		2	44,15	35,8	36,5	41,5	36,5
		3	37,78	29,2	29,8	34,0	29,8
		4	26,55	24,9	25,48	29,2	25,48
	IV діапазон	1	22,88	19,2	19,58	22,12	19,58
		2	19,57	16,02	16,3	18,42	16,3
		3	16,81	13,17	13,43	15,26	13,43
		4	11,23	11,28	11,51	3,12	11,51

ТЕМА: МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ

План заняття:

1. Визначення балансу потужності та його складових
2. Поліпшення тягових властивостей тракторів

1. Для розрахунку необхідно мати такі вихідні дані:

Марка трактора.

Передачі, на яких він рухається.

Ухил місцевості (α^0)

Агрофон, по якому рухається МА.

Порядок виконання роботи.

При визначенні фактичних витрат потужності ефективна потужність (N_e) яка виробляється двигуном, є результативною величиною ($N_e = f(N_m)$), і для даного випадку приймають номінальне її значення:

$$N_{e.n.} = N_m + \sum N_0, \quad (1)$$

де N_m - тягова потужність, кВт;

N_0 - сума втрат потужності на подолання різноманітних опорів, кВт.

Співвідношення (1) є балансом потужності трактора.

1. Розрахунок складових балансу потужності для умов "підйом" при достатньому зчепленні:

$$N_{e.n.} = N_m + N_f - N_a + N_\delta - N_{mp}, \quad (2)$$

де N_m - потужність, яка використовується на тягу робочих машин, кВт;

$$N_m = \frac{P_m \cdot V_p}{3,6}, \quad (3)$$

N_f - втрати потужності на перекочування, кВт;

$$N_f = \frac{P_f \cdot V_p}{3,6}, \quad (4)$$

N_a - втрати потужності на подолання підйому, кВт;

$$N_a = \frac{P_a \cdot V_p}{3,6}, \quad (5)$$

N_δ - втрати потужності при буксуванні, кВт;

$$N_\delta = \frac{P_{руш} \cdot (V_m - V_p)}{3,6}, \quad (6)$$

N_{mp} - втрати потужності в трансмісії, кВт;

$$N_{mp} = N_{ef} \cdot (1 - \eta_{mp}). \quad (7)$$

Чисельні значення сил P_m , P_f , P_a , $P_{руш}$ і ККД трансмісії (т/гр) приймається за результатами розрахунків сили тяги, так рушійна сила ($P_{руш}$) визначається згідно пункту 6; сила опору кочення (P_f) по графіку в зоні достатнього зчеплення для коефіцієнта μ_2 ; тягове зусилля (P_m) - по формулі 16.

Швидкості руху розраховуються по залежностям:

- теоретична швидкість руху, км/год:

$$V_m = \frac{22,6 \cdot r_k \cdot n_n}{i_{mp}}. \quad (8)$$

Всі чисельні значення складових цієї формули беруться з таблиці 8:

- робоча швидкість руху, км/год:

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (9)$$

де $1 - \frac{\delta}{100} = \eta_\delta$ - коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування.

Величина буксування (δ) в залежності від тягового навантаження (P_m), типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов визначається по графіку (рис. 1). Порядок користування поданою номограмою для трактора К-701 позначений стрілочками.

Наприклад розрахованого значення $P_m=63кН$ проводимо, вертикаль до перетину із кривою, яка відображає функціональну залежність буксування від тягового зусилля $\delta=f(P_m)$ для трактора К-701. Далі проводимо

горизонталь до перетину з умовною вертикальною лінією, яка проходить через кінці похилих залежностей буксування від коефіцієнта $\delta = \Psi(\mu)$; потім паралельно цим залежностям дістаємося до заданого значення μ_2 (наприклад $\mu_2=0,5$) і по горизонталі повертаємося до шкали буксування, де визначаємо, що для заданих умов величина буксування матиме значення $\delta=24\%$.

При визначенні втрат потужності в трансмісії (формула 7) необхідно користуватися фактичним значенням ефективної потужності двигуна (N_{ef}):

$$N_{ef} = \frac{P_{руш} \cdot V_p}{3,6 \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{\delta}}. \quad (10)$$

2. Розрахунок складових балансу потужності для умов "підйом" при недостатньому зчепленні:

$$N_{e.n.} = N_m + N_f - N_a + N_{\delta} - N_{тр}, \quad (11)$$

Для розрахунку складових користуємося формулами (3-7), але тягове зусилля (P_m) визначаємо за формулою 14; силу коченню (P_f) - по графіку в зоні недостатнього зчеплення; рушійну силу - із попередньої роботи (пункт 5), а робоча швидкість (V_p) залежить від буксування (δ), величину якого визначаємо по номограмі (рис. 2), але для умов недостатнього зчеплення і відповідного цим умовам тягового зусилля.

Потужність двигуна, яка не використовується за умовами зчеплення ($N_{нев}$) визначається із залежності:

$$N_{нев} = \frac{P_{нев} \cdot V_m}{3,6 \cdot \eta_{тр}}, \quad (12)$$

де $P_{нев}$ - зусилля, яке втрачається при подоланні ділянок із поганими ґрунтовими умовами (тобто рух при недостатньому зчепленні рушіїв трактора з ґрунтом).

Чисельне значення сили $P_{нев}$ визначаємо із графіка (рис. 1) в зоні недостатнього зчеплення (для коефіцієнту μ_1) за наступною залежністю:

$$P_{нев} = P_{дн} - F_{з.max}. \quad (13)$$

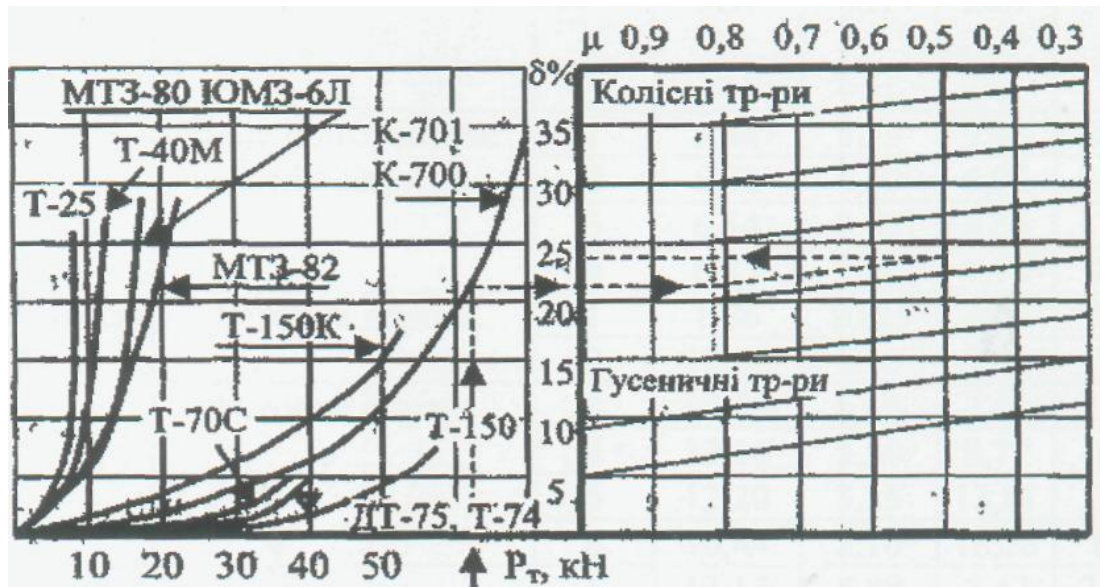


Рис. 2. Номограма для визначення буксування

3. Аналіз використання трактором потужності, яку розвиває його двигун.

Оцінка роботи трактора визначається:

- тяговим ККД:

$$\eta_m = \frac{N_m}{N_{ef}}, \quad (14)$$

- умовним тяговим ККД:

$$\eta_y = \frac{N_m}{N_{en}}. \quad (15)$$

Довідка: значення тягового ККД залежать від конструктивних параметрів трактора і ґрунтових умов. Для використання в практичних цілях користуються осередненими значеннями ККД (табл. 10)

Таблиця 10

Залежність тягового ККД тракторів від ґрунтових умов

Трактори	Робота на стерні	Робота на полі підготовленому для сівби
Гусеничні	0,78	0,68
Колісні (4x4)	0,70	0,62
Колісні (4x2)	0,62	0,52

Таблиця 11

Тягові показники енергетичних властивостей тракторів
(в режимі експлуатації $N_m = N_{m \max}$)

Марка трактора	Агрофон	Передача	Показники			
			$N_{m \max}$ кВт	P_{TH} кН	V_p км/год	δ , %
1	2	3	4	5	6	7
Самохідне шасі Т-16М	Поле підготовлене під сівбу	1	5,44	5,75	3,48	49,0
		2	6,32	4,60	5,05	24,0
		3	6,54	3,63	6,66	13,5
		4	6,47	3,05	7,78	9,9
	Бетонна дорога	1	1,86	10,25	4,60	9,0
		2	13,08	8,15	5,88	6,8
	Бетонна дорога	3	13,38	6,65	7,40	5,0
		4	13,16	5,50	8,77	4,0
		5	12,20	3,25	13,81	2,0
		6	10,44	2,10	18,28	1,7
Т-25А	Стерня	1	13,13	8,80	5,47	26,0
		2	12,64	7,40	6,27	18,0
		3	12,90	6,00	7,90	15,8
		4	12,50	4,88	9,40	15,2
Т-25А	Поле підготовлене під сівбу	1	9,11	7,28	4,60	34,0
		2	10,58	6,32	6,15	26,0
		3	9,70	5,00	7,12	22,0
	Асвалът	4	17,12	5,52	11,39	6,2
		5	16,90	4,48	13,86	6,0
Т-40М	Стерня	1	16,24	11,70	9,10	26,0
		2	21,68	11,50	6,92	24,0
		3	23,90	10,50	8,35	19,0
		4	25,00	9,00	10,20	12,0
	Поле підготовлене під сівбу	1	16,54	11,68	5,20	29,0
		2	18,74	10,12	6,80	19,0
		3	20,06	9,00	8,18	12,0
		4	20,87	8,00	9,58	11,0
	Бетонна дорога	1	29,18	16,51	6,50	3,0
		2	32,19	15,55	7,60	2,5
		3	32,71	18,50	8,90	2,0
		4	32,49	11,26	10,60	1,6
Т-40АМ	Стерня	1	23,20	15,80	5,30	11,0
		2	26,00	14,00	6,70	15,6
		3	27,10	11,70	8,35	12,3
		4	27,50	10,00	9,90	11,1

Продовження таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7
Т-40АМ	Поле підготовлене під сівбу	1	22,60	13,30	6,10	8,2
		2	23,00	12,20	6,80	7,5
		3	23,30	9,70	8,65	6,0
		4	23,00	8,10	10,25	5,0
	Бетонна дорога	1	30,06	16,50	6,70	7,0
		2	30,65	15,24	7,40	6,0
		3	31,60	13,00	8,93	4,5
		4	30,94	11,25	10,10	3,0
ЮМЗ-6М	Стерня	5р	25,60	16,50	5,60	22,0
		1	27,20	16,10	6,10	21,0
		2	29,00	13,90	7,50	16,5
		3	28,60	11,20	9,20	13,0
	Поле підготовлене під сівбу	5Р	29,5	17,30	5,30	23,0
		1	26,50	15,70	6,20	18,5
		2	27,30	12,80	7,65	12,6
		3	26,40	9,90	9,60	9,6
	Бетонна дорога	5р	35,87	20,60	6,40	6,5
		1	37,78	19,5	7,12	6,0
		2	37,65	16,20	8,53	5,0
		3	36,90	13,0	10,42	4,0
МТЗ-80	Стерня	4	28,80	14,70	7,05	24,0
		5	32,00	13,30	8,75	18,0
		7р	32,10	12,20	9,60	19,0
		6	32,30	11,00	10,60	12,0
		8р	31,90	9,90	11,60	11,0
		7	27,75	7,40	13,50	9,0
		Поле підготовлене під сівбу	3	22,80	14,80	5,70
	4		28,60	14,70	7,00	24,5
	5		31,00	12,20	9,20	16,0
	7р		31,30	11,30	9,90	12,0
	6		31,10	10,30	10,90	10,8
	8р		29,10	8,80	11,90	9,2
	Бетонна дорога	3	40,42	22,50	6,60	6,5
		4	46,01	20,00	8,45	3,8
		5	48,22	17,50	10,12	3,5
		7р	48,51	16,50	10,80	3,2
		6	48,80	15,35	11,68	3,0
		7	46,75	11,65	14,74	2,5

Продовження таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7	
MT3-82	Стерня	2	29,80	21,10	3,40	29,5	
		3	30,80	17,90	6,20	20,5	
		4	33,30	15,00	8,00	14,5	
		5	33,80	13,10	9,30	12,6	
		6	34,00	11,00	11,20	10,4	
		7	33,40	9,70	12,40	9,2	
		8	32,20	7,75	19,00	7,4	
		Поле підготовлене під сівбу	2	16,30	19,60	3,00	35,0
	3		28,10	18,10	5,60	28,5	
	4		31,20	15,40	7,30	19,5	
	5		31,60	13,70	8,30	15,1	
	6		30,00	11,25	9,60	12,4	
	7		27,00	9,00	10,80	10,3	
	Бетонна дорога		2	25,95	26,50	3,60	9,0
		3	45,86	24,10	7,00	7,0	
		4	48,07	20,10	8,80	5,5	
		5	48,95	17,10	10,51	4,5	
		6	49,39	14,60	12,42	4,0	
		7	48,36	12,15	14,60	3,0	
		8	50,53	9,80	17,56	3,0	
		T-70C	Стерня	3	36,7	32,7	4,05
	4			40,3	27,8	5,25	2,4
	5			42,1	23,7	6,38	2,2
	6			41,6	20,4	7,35	1,9
7	37,5			14,5	9,30	1,4	
8	33,9			11,1	11,00	1,1	
Поле підготовлене під сівбу	3			28,27	28,0	3,93	9,8
	4			32,04	22,6	5,10	3,6
	5		33,17	19,4	6,15	2,8	
	6		32,39	15,9	7,33	2,2	
	7		30,01	11,8	9,15	1,6	
	8		29,57	9,8	10,86	1,4	
DT-75M	Стерня		1пкм	46,75	42,2	4,04	5,5
			2пкм	48,50	40,0	4,47	3,5
		1	50,00	36,0	5,10	2,2	
		2	50,60	32,0	5,80	1,4	
		3	50,20	29,5	6,30	1,2	
		4	49,60	26,0	7,00	1,0	
		5	48,10	23,0	7,70	0,95	
		6	46,30	20,0	8,50	0,9	

1	2	3	4	5	6	7	
ДТ-75М	Стерня	7	40,08	13,7	10,75	0,8	
	Поле підготовлене під сівбу	1	46,70	35,0	4,90	8,2	
		2	47,20	33,0	5,25	7,0	
		3	47,40	28,5	6,10	4,8	
		4	47,00	36,0	6,65	4,0	
		5	46,00	22,5	7,50	3,0	
		6	44,70	19,5	8,40	2,4	
		7	35,50	12,2	10,40	1,5	
	Ущільнена глиниста дорога	1	56,20	40,34	5,01	1,8	
		2	58,89	36,30	5,41	1,4	
		3	56,10	32,13	6,03	1,0	
		4	55,15	28,32	6,73	0,9	
		5	54,00	24,40	7,64	0,8	
		6	53,00	22,25	8,23	0,7	
		7	51,60	17,50	10,18	0,6	
	Т-150	Стерня	1	83,80	42,80	7,20	2,0
			2	84,42	38,00	8,20	1,5
3			82,70	33,00	9,20	1,0	
4			80,48	29,60	10,00	0,9	
5			77,91	26,50	10,80	0,9	
6			73,06	22,20	12,10	0,7	
7			67,62	18,40	13,50	0,6	
8			63,21	15,80	14,70	0,5	
Поле підготовлене під сівбу		1	68,50	37,00	6,80	4,5	
		2	73,58	34,40	7,70	3,5	
		3	71,30	30,40	8,60	2,8	
		4	69,10	27,00	9,40	2,2	
		5	66,15	23,80	10,20	1,8	
		6	60,78	19,60	11,40	1,4	
		7	55,12	15,80	12,80	ІД	
		8	50,00	13,20	13,90	0,9	
Ущільнена глиниста дорога		1	89,96	45,00	7,35	1,0	
		2	90,26	39,50	8,40	0,8	
		3	88,35	34,40	9,45	0,7	
		4	86,00	30,70	10,30	0,6	
		5	83,30	27,70	11,10	0,5	
		6	79,35	23,50	12,40	0,4	
		7	74,23	19,70	13,85	0,3	
		8	69,82	17,00	15,10	0,2	

Продовження таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7
Т-150К	Стерня	1	79,60	41,60	7,75	13,0
		2	92,50	35,80	9,30	9,5
		3	92,00	31,40	10,55	8,2
		4	88,10	26,90	11,75	7,0
	Поле підготовлене під сівбу	1	72,30	37,20	7,00	23,1
		2	77,00	30,90	9,00	14,0
		3	77,80	25,50	11,00	8,8
		4	75,60	21,10	12,90	6,0
		5	73,50	19,00	14,20	5,0
	Бетонна дорога	1	95,55	55,00	6,40	4,5
		2	100,70	47,00	7,87	4,0
		3	95,55	38,00	9,20	3,5
		4	95,55	29,00	12,10	2,5
		5	94,82	25,00	13,90	2,0
		6	94,45	21,00	16,50	1,7
		7	94,08	17,20	20,00	1,5
8		87,46	12,50	25,70	1,1	
К-701	Стерня	II р 1	114,8	71,00	5,95	23,9
		2	130,0	64,50	7,40	16,6
		3	139,7	55,25	9,30	10,0
		III р 1	122,0	66,50	6,75	18,6
		2	138,8	60,00	8,50	13,2
		3	138,0	48,50	10,45	7,0
Т-150-07	Стерня	1	81,20	42,3	6,94	13,5
		2	80,80	34,71	8,35	8,5
		3	80,18	28,02	10,24	5,5
		4	78,54	23,96	11,80	4,0
	Поле підготовлене під сівбу	1	39,40	33,00	6,48	17,0
		2	63,88	28,71	8,01	12,5
		3	62,48	22,19	10,14	6,5
		4	58,57	17,96	11,74	4,5
	Асфальт	1	80,40	48,03	7,11	9,0
		2	97,93	40,71	8,66	5,5
		3	101,61	35,14	10,41	4,0
		4	99,20	22,96	11,92	3,0
Т-160-31	Стерня	1	81,93	45,80	6,44	17,5
		2	87,63	38,90	8,11	11,5
		3	92,11	33,06	10,03	7,5
		4	74,70	22,79	11,80	4,0

1	2	3	4	5	6	7
Т-160-31	Поле підготовлене під сівбу	1	54,39	28,50	6,87	12,0
		2	63,81	28,50	8,06	12,0
		3	72,91	27,06	9,70	10,5
		4	54,75	16,79	11,74	4,5
	Асфальт	1	80,4	48,03	7,11	9,0
		2	97,93	40,71	8,66	5,5
		3	101,61	35,14	10,41	4,0
		4	99,20	29,96	11,92	3,0
ХТЗ-121 (88,2 кВт)	Стерня	1	59,10	30,56	6,95	7,0
		2	62,56	27,84	8,09	5,5
		3	56,66	20,77	9,82	3,0
		4	46,10	12,63	13,14	2,0
	Поле підготовлене під сівбу	1	48,20	25,56	6,80	9,0
		2	47,06	30,84	8,13	5,0
		3	43,24	15,77	9,87	2,5
		4	28,00	7,63	13,21	1,5
	Асфальт	1	72,25	36,28	7,14	4,0
		2	75,04	31,56	8,26	3,5
		3	72,63	26,49	9,87	2,5
		4	66,98	18,35	13,14	2,0
ХТЗ-121 (106,6 кВт)	Стерня	1	69,82	38,49	6,53	12,5
		2	71,64	32,77	7,87	8,0
		3	73,37	27,63	9,56	5,5
		4	64,55	17,78	13,07	2,5
	Поле підготовлене під сівбу	1	51,1	28,00	6,57	12,0
		2	58,78	27,77	7,62	11,0
		3	57,14	21,63	9,51	6,0
		4	43,00	11,78	13,14	2,0
	Асфальт	1	85,35	44,21	6,95	7,0
		2	86,92	38,49	8,13	5,0
		3	87,35	32,35	9,72	4,0
		4	81,69	22,5	13,07	2,5
ХТЗ-171-21	Стерня	1	79,35	42,51	6,72	14,0
		2	81,08	35,21	8,29	9,5
		3	81,21	28,69	10,19	6,0
		4	80,17	24,46	11,80	4,5
	Поле підготовлене під сівбу	1	59,43	31,51	6,79	14,0
		2	64,66	29,21	7,97	13,0
		3	62,84	22,69	9,97	8,0
		4	60,20	18,46	11,74	4,5

1	2	3	4	5	6	7
ХТЗ-171-21	Асфальт	1	95,06	48,13	7,11	9,0
		2	98,00	40,83	8,64	5,5
		3	94,64	34,31	9,93	4,0
		4	99,10	30,08	11,86	3,5
ХТЗ-172-21	Стерня	1	82,11	49,68	5,95	20,0
		2	88,65	42,55	7,50	14,0
		3	91,54	34,91	9,44	8,5
		4	76,77	24,61	11,23	4,0
	Поле підготовлене під сівбу	1	55,71	31,00	6,47	13,0
		2	65,36	31,00	7,59	13,0
		3	72,52	28,91	9,03	12,5
		4	57,48	18,61	11,12	5,0
	Асфальт	1	97,08	55,30	6,32	15,0
		2	106,24	48,17	7,94	9,0
		3	109,77	40,53	9,75	5,5
		4	94,80	30,32	11,29	3,5

2. Основна мета поліпшення енергетичних властивостей тракторів - це отримання таких параметрів і режимів роботи, при яких забезпечується максимальне корисне використання потужності двигуна при мінімальних питомих витратах палива і найменшій негативній їх дії на навколишнє середовище.

Один із напрямків поліпшення властивостей енергомашин - це створення двигунів з оптимальною для сільськогосподарських робіт регулярною характеристикою (двигун постійної потужності). Такі двигуни мають високий коефіцієнт пристосованості за крутним моментом в широкому діапазоні зміни частоти обертів к. в. при майже постійній потужності.

Другим напрямком можна вважати забезпечення оптимального ступеня використання номінальної потужності двигуна. Суттєвого ефекту в цьому напрямку можна досягти за рахунок:

- створення більш досконалих трансмісій, які забезпечують згладжування (вирівнювання) коливань сил опору;
- вирівнювання поверхні поля;
- усунення перешкод, збирання каміння;

- підвищення загальної культури землеробства;
- забезпечення високоякісного технічного обслуговування.

Підвищення показників експлуатаційних властивостей тракторів зводиться в основному до мінімізації непродуктивних втрат потужності в трансмісії, на буксування і на самопересування. Досягнення вказаної мети можливо, якщо:

- зменшувати втрати потужності в трансмісії;
- зменшувати втрати потужності правильним з'єднанням с./г. машин в агрегаті;
- застосовувати машини з активними робочими органами;
- поліпшувати зчіпні властивості трактора шляхом:
 - застосування раціональних розмірів шин рисунка протектора;
 - встановлення оптимального тиску в шинах;
 - збільшення опорної поверхні ходової частини;
 - блокування диференціала ведучих коліс;
 - збільшення зчіпної ваги;
 - навішуванням додаткових вантажів;
 - заповненням шин рідиною;
 - застосуванням довантажувачів ведучих коліс (ДВК) - механічних і гідравлічних (ГЗВ).

Важливо також систематично підвищувати рівень підготовки механізаторів з метою ефективного використання нової техніки.

**ТЕМА: ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ С.-Г.
МАШИН**

План заняття:

- 1. Фактори, які впливають на опір машин**
- 2. Тяговий опір робочих органів машин (R)**

Показники енергетичних властивостей характеризують питомі витрати енергії в розрахунку на одиницю об'єму виконаної роботи, яка в повній мірі залежить від сил опору робочих органів при їх взаємодії з середовищем, яке підлягає обробітку.

Фактори, які впливають на опір машин.

Природно-кліматичні:

- тип ґрунту, його структура;
- властивості матеріалу, який обробляється;
- метеорологічні умови.

Вплив *першої групи факторів* враховують при:

- визначенні нормативних показників;
- виборі технології вирощування с.-г. культур;
- аналізі показників роботи в даних умовах.

Конструкційні:

- тип робочих органів, їх форма, число, матеріал виготовлення;
- технологія виготовлення;
- вага машини;
- наявність допоміжних пристроїв;
- тип та конструкція ходового апарату.

Вплив *другої групи факторів* враховують при:

- виборі конструкції машини для конкретної технологічної операції;
- визначенні експлуатаційних вимог до конструкції;
- розробці технічних завдань для вдосконалення конструкції робочих

машин.

Експлуатаційні:

- технічний стан машин (ступінь спрацьованості, якість проведення ТО, правильність виконання регулювальних робіт);
- режим роботи (швидкість руху, глибина обробки, ступень використання пропускної здатності).

Вплив *третьої групи факторів* враховують при:

- виборі режимів роботи;
- встановленні норм виробітку.

2. *Дослідний шлях* визначення тягового опору полягає у проведенні тягових випробувань.

Випробування проводять при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год.

В процесі роботи с/г агрегату має місце значна нерівномірність опору машин у зв'язку із змінними факторами, що впливають на тяговий опір, це:

- фізико-механічні властивості ґрунту;
- мікрорельєф поля;
- режими роботи (V, P_m, B).

Тому тяговий опір машин має випадковий характер в імовірностатистичному розумінні.

Випадковий характер опору машин призводить до наявності великої кількості значень тягових опорів (R).

Для упорядкування випадкових величин тягових опорів (R) ввели поняття *питомий опір* (k) - це тяговий опір, який припадає на одиницю ширини захвату машини. Цей показник характеризує групи машин з однотипними робочими органами.

Для однотипних машин, які відрізняються тільки шириною захвату, (борони, культиватори, сівалки та ін.) він визначається за виразом:

$$k = \frac{R}{B}, \quad (1)$$

де R - тяговий опір машини, кН;

B - ширина захвату машини, м.

Для машин, які відрізняються як шириною захвату (B), так і глибиною обробітку (a), наприклад плуги:

$$k = \frac{R_{nl}}{a \cdot B}, \text{кН} / \text{м}^2, \quad (2)$$

де a - глибина оранки, м.

Таблиця 12

Питомий тяговий опір плугів (k_{nl} , кН/м) при швидкості $V_0=5$ км/год в залежності від різновиду ґрунтів

Ґрунти	Агрофон	Різнovid ґрунтів				
		глинисті	суглинки			супісок
			важкі	середні	легкі	
1	2	3	4	5	6	7
Чорноземи	Стерня озимих	68	49	35	25	25
	Трави	86	57	45	31	31
	Цілина	90	71	52	39	39
Дерново-Підзолисті	Стерня озимих	66	47	34	26	26
	Трави	74	56	43	30	30
	Цілина	92	71	50	40	40
Каштанові	Стерня озимих	69	47	36	22	22
	Трави	-	-	-	-	-
	Цілина	98	68	55	29	29
Засолені	Стерня озимих	-	82	73	65	65

Для машин у яких опір пропорційно пов'язаний з їх вагою (зчіпки):

$$k_{nl} = \frac{R_{nl}}{G_m} = f_m, \quad (3)$$

де f_m - коефіцієнт кочення машин;

G_m - вага машини, кН.

Для машин, у яких робочі органи приводяться в дію від ВВП:

$$k_{nl} = \frac{N_{ВВП}}{V \cdot B}, \text{кН} / \text{м}, \quad (4)$$

$N_{ВВП}$ - потужність, витрачається на привід робочих органів від ВВП, кВт;

V - швидкість руху машини, км/год.

Осередненні значення питомого опору, які розраховані на основі тягових опорів і які, в свою чергу, одержані проведенням дослідних випробувань при швидкості руху $V_0=5$ км/год приведені в довідниках і позначаються k_0 .

Таблиця 13

Питомий тяговий опір сільськогосподарських машин (k_0)
при швидкості $V_0=5$ км/год

Технологічна робота	Сільськогосподарські машини	k_0 , кН/м
1	2	3
Оранка на глибину 25 см: легких ґрунтів; середніх ґрунтів; важких ґрунтів	Плуги безполицеві	3,0...8,0 12,0...15,0 19,0...25,0
Боронування	Борони зубові: важкі середні легкі, або посівні сітчасті та шлейф-борони пружинні та лапчасті голчасті (мотики) Борони дискові: на дискуванні стерні на дискуванні оранки на дискуванні луків	0,4...0,7 0,3...0,6 0,25...0,45 0,45...0,65 1,0...1,8 0,45...0,65 1,6...2,2 3,0...6,0 4,0...6,0
Культивація суцільна	Культиватори: паровий - глибина обробітку 6-8 см паровий - глибина обробітку 10-12 см штанговий - глибина обробітку 10-12 см	1,2...2,6 1,6...3,0
Глибоке рихлення	Глибокородзпושувачі	8,0...13,0
Обробіток плоскорізами	Плоскорізи	4,0...6,0

1	2	3
Лущення стерні	Лущильники: дисковий - глибина обробітку 8-10см лемішний - глибина обробітку 10-14см лемішний - глибина обробітку 14-18см	1,2...2,6 2,5...6,0
Рядковий посів зернових	Сівалки: дискова з міжряддям 0,15м вузькорядна зернопресова сівалка-лущильник	1,1...1,6 1,5...2,5 1,2...1,8 1,2...2,8
Сівба буряків		0,6...1,0
Сівба кукурудзи		1,0...1,4
Коткування:	Котки: гладкі водоналивні кільцево-шпорові	0,55...1,2 0,6...1,0
Обробіток міжряддя цукрових буряків: - з підкормкою - з окучуванням	Культиватори із стрілчастими лапами: - проріджувач - підживлювач - окучник	1,2...1,8 1,2...2,0 1,4...1,8 1,5...2,5
Збирання трав і зернових (соломи)	Косарки брусові Косарки подрібнювачі Жатки валкові Граблі: поперечні колісно-пальцеві	0,7...1,1 0,8...1,3 1,2...1,5 0,50...0,75 0,7...0,9
Збирання технічних культур	Комбайни: силосозбиральні кукурудзозбиральні бурякозбиральні картоплезбиральні льонозбиральні Бурякокопачі Картоплекопачі Гичкозбиральні	1,2...1,6 1,5...1,7 8,0...12,0 10,0...12,0 4,0...6,0 3,0...4,0 5,8...6,5 2,0...3,5 *
Снігозатримання	Валкувачі	1,0...1,5

Основною конструктивною особливістю являється той факт, що різноманітні робочі органи сільськогосподарських машин мають здатність

якісно виконувати конкретну технологічну операцію тільки в деякому діапазоні агротехнічно-допустимих швидкостей.

Таблиця 14

Агротехнічно-допустимі робочі швидкості руху МТА

Технологічні операції	V_{lim} , км/год
1	2
Оранка	4...7; 8...
Снігозатримання	5...10
Обробіток ґрунту: плоскорізами-глибокорозпушувачами культиваторами-плоскорізами	7...10 8...12
Лущення стерні луцильниками: дисковими лемішними	
Обробіток ґрунту боронами: дисковими Зубовими сітчастими	5...10 6...8; 7...12* 3,5...6,5
шлейф-боронами	6...7
Коткування ґрунту котками: кільчасто-шпоровими	6...12 4...9
кільчасто-зубчастими	4...8
гладкими водоналивними	
Обробіток ґрунту культиваторами: паровими з пружинними лапами	5...8; 9...15* 5...7
Внесення добрив:	7...12
органічних	5...10
мінеральних рідких	6...8; 9...12*
туковою сівалкою	6...10; 8...12*
Сівба сівалками: рядковими	7...9; 10...15*
стерньовими	5...10
кукурудзи, соняшнику, буряків	6...7,5 5...7 5...9
льону овочевих культур	
Садіння картоплі	4...7; 7...9*
Обробіток міжряддя просапних культур:	4...7"
перший другий і наступні	7...10
Догляд за посівами цукрових буряків:	4...6
розпушування букетування	4...5
проріджування	4...5; 6...8*
обприскування та обпилювання	4,5...9,5
підгортання рядків посівів	4...7
Скошування: трав на	5...7; 8...12*
сіно з подрібненням	4...8 7...10;
рядковими жатками	8...15*
Загрібання та ворущіння сіна граблями:	5...9
поперечними кільцево-пальцевими	8...10

Пресування сіна	6...8
-----------------	-------

Продовження табл. 14

1	2
Копнування і стогуутворення	5...9
Збирання врожаю: зернових	3...8
кукурудзи на силос	4...8; 8...12*
кукурудзи на зерно	3...7; 6...10*
гички цукрових буряків	3...6; 6...9*
коренеплодів	4,5...8
льону і коноплі	4...6
капусти	до 2,8
помідорів	0,7...3
огірків	1,6...3,4
Збирання картоплі комбайном	1,8...4
Копання бульб копачем	2,5...5

* Для машин з робочими органами, які працюють з підвищеними швидкостями руху.

Вплив швидкості руху на питомий опір в переважній більшості випадків характеризується параболічною залежністю. Ця залежність в межах реального діапазону робочих швидкостей від V_0 до V_p описується формулою

$$k_v = k_0 \left[1 + \frac{\Delta C}{100} \cdot (V_p^c - V_0^c) \right], \quad (5)$$

де ΔC - темп приросту опору на 1 км/год приросту швидкості;

c - показник степені, величина якої залежить від особливостей конструкції машини і від умов роботи.

Для практичних розрахунків частіше всього користуються наступними показниками $c = 1$ або $c = 2$.

Академік В.П. Горячкін запропонував квадратичну залежність зміни опору машин від швидкості руху:

для плугів з культурними корпусами:

$$k_{v.nl} = k_{0.nl} \left[1 + 0,006 \cdot (V_p^2 - V_0^2) \right] \quad (6)$$

для плугів з швидкісними корпусами:

$$k_{v.nl} = k_{0.nl} \left\{ 1 + 0,004 \cdot [(V_p - 2)^2 - V_0^2] \right\} \quad (7)$$

Для приросту $\frac{\Delta C}{100}$ тягового опору і показник степені c залежно від виду

роботи

Вид роботи	$\frac{\Delta C}{100}$		c	
	ЗВ	ШВ	ЗВ	ШВ
Оранка на глибину 20..22см	0,006	0,005	5,0	1,50
Культивация	0,005	0,004	1,8	1,30
Боронування	0,005	0,004	1,9	1,40
Сівба	0,004	0,003	1,6	1,20
Дискування (луцення)	0,002	-	1,5	-
Коткування	0,002	-	0,9	-
Скошування у валки	-	0,003	-	1,25

ЗВ - звичайні машини (знаряддя); ШВ - швидкісні.

Криволінійну залежність в робочому діапазоні швидкостей ($V_0...V_P$) наближено можна замінити лінійною. Таке спрощення цілком прийнятне для експлуатаційних розрахунків.

Для плугів в даному випадку формула 7 прийме вигляд:

$$k_{v,пл} = a \cdot k_{0,пл} \cdot \left[1 + \frac{\Delta C}{100} \cdot (V_P - V_0) \right], \quad (8)$$

Для машин інших типів:

$$k_v = a \cdot k_0 \cdot \left[1 + \frac{\Delta C}{100} \cdot (V_P - V_0) \right], \quad (9)$$

Приріст тягового опору машин (ΔC) в %, при збільшенні швидкості руху на 1 км/год

Робота	Машини	Швидкість, км/год	
		5..9	9..15
1	2	3	4
Оранка	плуги:		
	серійні	4...5	5...8
	швидкісні	2...4	4...5
Луцення, дискування	дисккові луцильники	2...3	3...4
	дисккові борони	2...3	3...4
Культивация	культиватори:		
	серійні	4...5	5...8
	швидкісні	2...4	4...6

Боронування	борони зубові: серійні швидкісні	2...4 1,5...3	4...6 3...4
Сівба	сівалки: серійні швидкісні	1,5...3 1...2	3...4 2...3
Збирання силосних культур	силосні комбайни	1...2	2...4
Збирання кукурудзи на зерно	кукурудзозбиральні комбайни	1,5...3	3...6
Скошування колосових	жатки: рядкові швидкісні	1,5...3 0,8...1,4	3...5 1,4...2

ТЕМА: МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЯГОВОГО ОПОРУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН

План заняття:

1. Розрахунок тягового опору робочих органів машин
2. Потужність, яка споживається машиною (енергомісткість сільськогосподарської операції)
3. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємкості технологічних операцій, процесів

Для розрахунку використовують осередненні значення питомого опору (k_0) з ураженням впливу на нього робочих швидкостей руху, конструктивні параметри робочих машин (B , G) і параметри умов роботи (f).

Тяговий опір робочих органів, кН:

Для борін, культиваторів, сівалок:

$$R_m = k_v \cdot B. \quad (1)$$

Для плугів:

$$R_{nl} = k_{v.nl} \cdot B \cdot a. \quad (2)$$

Для зчіпок:

$$R_{зч} = f_{зч} \cdot G_{зч}. \quad (3)$$

Додатковий опір, який виникає при подоланні підйому:

$$R_m = G_m \cdot \sin \alpha. \quad (4)$$

З урахуванням додаткового опору формули, які приведені вище, матимуть вигляд:

$$R_m = k_v \cdot B \pm G_m \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

$$R_{nl} = k_{v.nl} \cdot B \cdot a \pm G_{nl} \cdot \sin \alpha. \quad (6)$$

$$R_{зч} = G_{зч} \cdot (f_{зч} \pm \sin \alpha). \quad (7)$$

Тяговий опір агрегату, який складено з причіпних машин:

$$R_a = R_m + R_{зч}, \quad (8)$$

де

$$R_m = (k_v \cdot B \pm G_m \cdot \sin \alpha) \cdot n_m + G_{зч} \cdot (f_{зч} \pm \sin \alpha). \quad (9)$$

Тяговий опір агрегату з начіпною машиною:

$$R_m = k_v \cdot B + G_m \cdot (\lambda_\delta \cdot f_{mp} \pm \sin \alpha). \quad (10)$$

де f_{mp} - коефіцієнт опору кочення трактора;

λ_δ - коефіцієнт довантаження, який враховує частину ваги начіпної машини та вертикальні складові сили тягового опору, які додатково навантажують ходову систему трактора (на оранці $\lambda_\delta = 5...1,0$; на сівбі, культивуванні - $\lambda_\delta = 0,10...0,15$; на глибокому рихленні - $\lambda_\delta = 1,5...2,0$). Оскільки начіпні машини мають меншу вагу, ніж відповідні їм по ширині причіпні машини, то і опір їх буде меншим на 10-15%.

Тяговий опір агрегату з тягово-привідними машинами:

$$R_{m-пр} = R_m + P_{пр}, \quad (11)$$

де $P_{пр}$ - зусилля, яке витрачається на привід робочих органів від ВВП, кН.

$$P_{пр} = 0,159 \frac{N_{ВВП} \cdot \eta_{mp}}{V_p \cdot \eta_{ВВП}}, \quad (12)$$

де $\eta_{ВВП}$ - коефіцієнт корисної дії валу відбору потужності ($\eta_{ВВП} \approx 0,93$).

Зусилля $P_{пр}$ не створює додаткового буксування.

Наведені формули для визначення опору машин (1...10) дійсні тільки для рівномірного руху, коли прискорення дорівнює нулю.

При зрушенні з місця опір агрегату збільшується за рахунок сил інерції, які необхідно переробити на початку руху.

2. Потужність, яка споживається машиною (енергомісткість сільськогосподарської операції)

Визначення споживаної енергії проводиться при виборі енергозберігаючих машин і агрегатів, а також технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Енергомiсткiсть технологiчної операцiї з урахуванням швидкостi руху можна подати так:

$$k = \frac{R_{nl} \cdot V}{a \cdot B \cdot V}. \quad (13)$$

Питомий опiр машини можна розглядати не тiльки, як зусилля, а по фiзичному явищу i як витрати механiчної енергiї площi, Дж/м², або витрати потужностi на одиницю виробiтку, кВт/(м² с⁻¹):

$$k_{nl} = \frac{R_{nl} \cdot V}{a \cdot B \cdot V}. \quad (14)$$

Питомий опiр плуга можна розглядати, як - витрати механiчної енергiї на обробiток об'єму ґрунту, який перемiщується по полицi плуга, Дж/м³, або витрати потужностi на обробiток об'єму ґрунту, який перемiщується по полицi плуга за одиницю часу (продуктивнiсть), кВт/(м²·с⁻¹).

Таке тлумачення питомого опору знаходить, мiсце при оцiнюваннi енергетичної сутi с/г операцiї, енерговитрат на виконання с/г операцiї. Іншими словами, це - *енергетична характеристика питомого опору*.

Таким чином, *питомий опiр* - це показник, який дозволяє дати оцiнку технологiчних енерговитрат на одиницю виконаної роботи.

Складовi опору сiльськогосподарських машин можуть бути розподiленi на кориснi i некориснi (табл. 17). Такi, що витрачаються на деформацiю матерiалу i на надання кiнетичної енергiї часточкам ґрунту, який пiдлягає обробiтку, будуть корисними. А складовi, якi, йдуть на перекочування (пересування) машини i на подолання сил тертя - некориснi.

Таблиця 17

Складовi опору сiльськогосподарських машин

Машини	Складовi опору машин	
	Кориснi	Некориснi
1	2	3
Плуги	пiдрiзання скиби ґрунту, розкришення ґрунту, оборот скиби	пересування, тертя по ґрунту
Культиватори	пiдрiзування бур'янів, розпушення ґрунту	пересування, тертя по ґрунту, перемiщення часточок ґрунту
Борони	розпушення ґрунту	тертя по ґрунту

Сівалки	утворення боріздок, ущільнення і їх загортання, переміщення по полю насіннєвого матеріалу	тертя сошника по ґрунту, внутрішнє тертя в масі насіння і добрив, тертя насіння і добрив по деталях висівного апарату, тертя в механізмах приводу, переміщення часточок ґрунту
Розкидачі	подрібнений матеріалу, розкидання його по ширині захвату, переміщення по полю маси матеріалу	внутрішнє тертя в масі матеріалу, тертя матеріалу по деталях розкидача; тертя в механізмах приводу
Косарки	зрізування стебел в прокіс	пересування, тертя деталей косарки по ґрунту і стеблах рослин, терті й механізмах приводу
Жатки	зрізуванні стебел, перенесення і складування стебел у валок	пересування, тертя деталей жатки по стеблах рослин, тертя в механізмах приводу

При виконанні технологічної операції, тобто при подоланні сил опору, витрачається повна енергія (потужність). Приблизні значення втрат потужності на виконання окремих елементів технологічної операції різними машинами приведені в таблиці 18.

Таблиця 18

Втрати потужності на виконання елементів робіт
сільськогосподарськими машинами

Машини (знаряддя)	Складові балансу потужностей, %				
	Пересування	Тертя об середовище	Переміщення матеріалу	Тертя механізма	Деформація матеріалу
1	2	3	4	5	6
Плуг 5-корпусний причіпний	11	15	16	-	58
Плуг 4-корпусний начіпний	5	20	15	-	60
Культиватор причіпний	20	28	8	-	44
Культиватор начіпний	13	30	11	-	46
Борона зубова	-	34	10	-	56
Лушчильник дисковий	13	13	5	-	69

Сівалка зернова причіпна	50	4	7	8	31
Сівалка зернова начіпна	31	7	10	12	40
Косарка начіпна	-	35	4	16	44
Жатка рядова причіпна	32	11	5+4	19	29
Комбайн силосозбиральний	18	6	10	12	54
Комбайн бурякозбиральний	14	15	19	24	28
Комбайн картоплезбиральний	16	16	17	23	28

** Транспортування стебел та складання їх у валок*

Відношення агротехнічної корисної роботи до загальних втрат механічної енергії являє собою **коефіцієнт корисної дії сільськогосподарських машин**.

Користуючись складовими опору с/г машин (табл. 17) і балансу потужностей (табл. 18) можна легко визначити ККД сільськогосподарської машини.

ККД робочих машин - величина постійна, яка залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів, характеру технологічного процесу режимів роботи агрегату і режимів обробітку, маси машини і маси матеріалу, які вона переміщує.

Найбільші значення ККД у плугів і лушчильників - 0,7...0,8; у культиваторів і борін 0,4...0,6. Для сівалок ККД нижчий - 0,3...0,4; для косарок-і жаток - 0,3...0,45. Для складних збиральних машин - 0,2...0,3.

Такі порівняно низькі значення ККД машин потребують впровадження заходів, які дозволять підвищити ККД.

3. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємкості технологічних операцій, процесів

Технологічні:

- удосконалення конструкції робочих органів у відповідності з вимогами технології;

- використання комбайнових агрегатів;
- суміщення технологічних операцій.

Експлуатаційні:

- своєчасне проведення ТО;
- правильне регулювання механізмів;
- правильна причіпка (начіпка);
- вибір раціональних напрямків руху;
- підбір машин згідно з умовами роботи;
- робота на ґрунтах з оптимальним станом.

Покращення природних умов:

- вирівнювання поверхні поля;
- культивування захищених і засмічених ділянок;
- поліпшення структури ґрунтів.

Конструкційні:

- зменшення ваги машини;
- використання дачіпних машин;
- використання пневматичних шин низького тиску;
- використання еластичної підвіски;
- заміна тертя ковзання - коченням;
- покращення якості робочих органів за рахунок:
- спеціального покриття поверхні робочих органів;
- зміни форми робочих органів;
- спеціальної обробки при виготовленні робочих органів;
- використання позиційно-силового регулювання глибини обробки ґрунту начіпними машинами;
- використання довантажувачів (ДВК) ведучих коліс (механічних, гідравлічних) (ГЗВ).

При використанні ДВК опір машин зменшується за рахунок утримання їх у зваженому (плаваючому) стані.