

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА
УКРАЇНИ**

МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра “Тракторів та
сільськогосподарських машин”

Ракул О. І.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни “Механізація технологічних процесів”
для студентів денної форми навчання напрямку підготовки 7.091901
"Енергетика сільськогосподарського виробництва"

Миколаїв

2014

Вступ. Лекція № 1

Тема: Механізовані технологічні процеси в землеробстві

План лекції

- 1.1. Основні поняття технології механізованого землеробства
- 1.2. Особливості роботи техніки в рослинництві

Зміст лекції

1.1. Основні поняття 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 *techno* – 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 даної 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 агрегуються 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 (ґрунту, 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.

1.2. Особливості роботи техніки в рослинництві

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.).

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.).

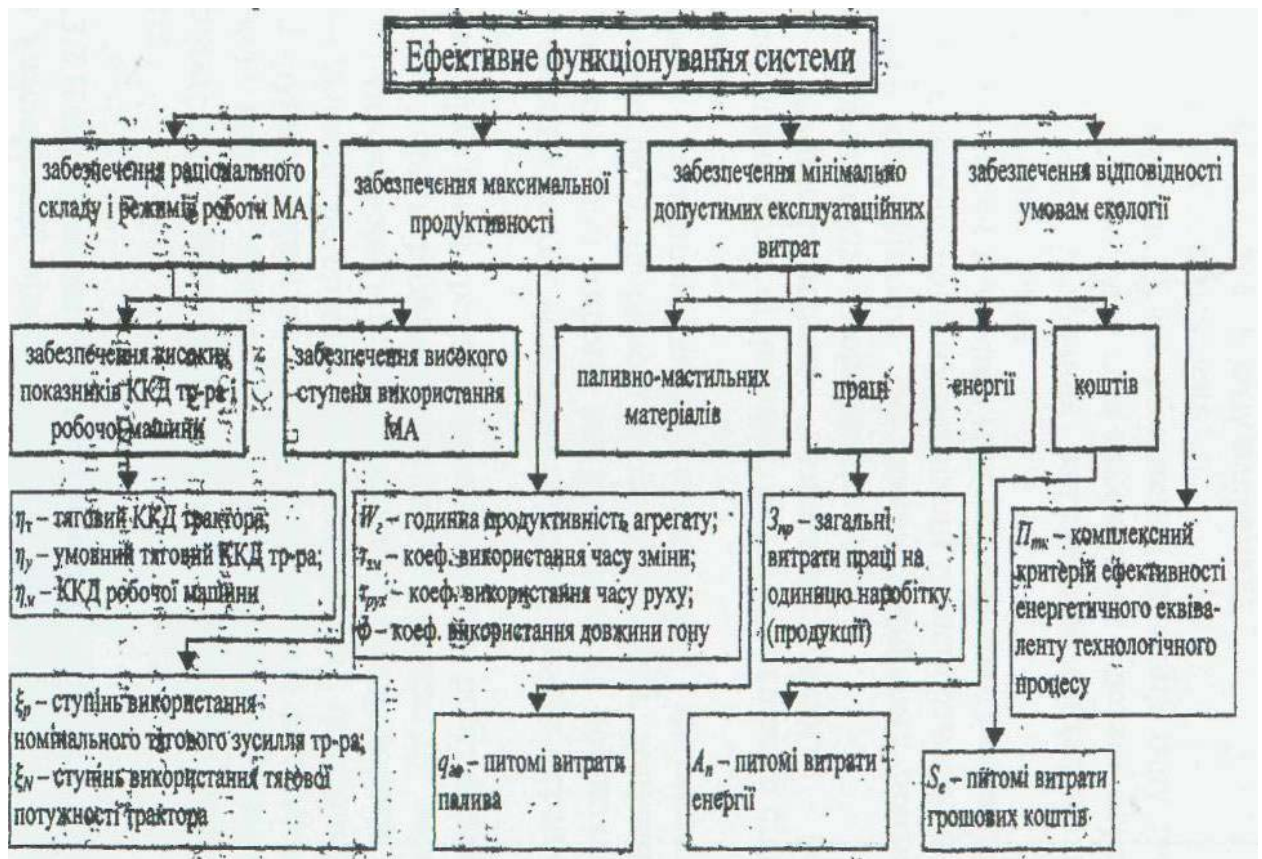


Рис. Мета та критерії технологічного процесу

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, формами власності підприємства, кредитування, договірними відношеннями, інфраструктурою технологічного, технічного, побутового обслуговування, загальножиттєвим рівнем, тощо.

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 виконуються 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 фонді часу в кілька тисяч годин. Якість роботи машин залежить від складу агрегату, від стану ґрунтів, опадів, стану рослинності.

Лекція № 2

Тема: Умови використання транспортних засобів

План лекції

- 2.1. Кліматичні зони та ґрунти України
- 2.2. Особливості доріг і їх класифікація
- 2.3. Класифікація сільськогосподарських вантажів

Зміст лекції

2.1. Кліматичні зони та ґрунти України

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 560-650 мм 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 450 мм (південно-східна зона) до 550-700 мм (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 350 мм на півдні до 500 мм на півночі (близько 70 %) угідь зайнято культурною рослинністю. Вегетаційний період 218-245 днів.

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 0,01 мм) і "фізичного піску" (часточки більше 0,01 мм) – пісок, супісок: суглинок, глина.

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

(тип) (підтип) (вид) (різновид)

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

А – цілина, ущільнена стерня і пласт багаторічних трав;

Б – стерня зернових колосових і однорічних трав, поле після кукурудзи і соняшника;

В – пар, поле після оранки, поле після коренебульбоплодів;

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.

2.2. Особливості доріг та їх класифікація

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 пропускною 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.

2.3. Класифікація сільськогосподарських вантажів

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 – 2,5 м; по висоті – 4 м (разом з автомобілем); по довжині дорівнюють довжині автомобіля плюс 2 м 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 250 кг), підвищеної маси (понад 250 кг) і тучні великовагові з неподільною масою 30 т 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 – $a = 0,50 \dots 0,41$. 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.

Лекція № 3

Тема: Оптимізація функціонування системи (трактор + робоча машина)

План лекції

- 3.1. Показники енергетичних властивостей тракторів та методи їх визначення
- 3.2. Поліпшення тягових властивостей тракторів
- 3.3. Фактори, які впливають на опір машин
- 3.4. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємності технологічних операцій та процесів

Зміст лекції

3.1. Показники енергетичних властивостей тракторів та методи їх визначення

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	ДТ-75М T-150 T-150К	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 (4×2), 16% – (4×4) 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 ($\eta_{t.max} = N_{t.max} / N_{ен}$), а для тракторів які використовуються в промисловості – в зоні максимальних тягових зусиль $P_{t.max}$.

3.2. Поліпшення тягових властивостей тракторів

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

трансмсії, 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;
 - застосування довантажувачів ведучих коліс (ДВК) – механічних і гідравлічних (ГЗВ).

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

3.3. 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 пропускну здатності).

Вплив *третьої групи факторів* враховують при:

- виборі режимів роботи;
- встановленні норм виробітку.

3.4. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємності технологічних операцій та 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;
- культивуація захарашчених і засмічених ділянок;
- поліпшення структури ґрунтів.

Конструкційні:

- зменшення ваги машини;
- використання начіпних 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.

Лекція № 4 (Частина 1)

Тема: Забезпечення раціонального складу та режиму роботи машинного агрегату

План лекції

- 4.1. Вимоги та завдання оптимального агрегування
- 4.2. Продуктивність машинного агрегату. Основні поняття та визначення

Зміст лекції

4.1. Вимоги та завдання оптимального агрегування

Комплектування МА – науково обґрунтований процес вибору складу агрегату і робочої швидкості згідно з вимогами, які пред'являються до виконання технологічної операції.

При комплектуванні МА повинні враховуватись наступні вимоги: висока якість виконання технологічного процесу, максимальна продуктивність при мінімальних питомих витратах ресурсів (трудових, паливно-енергетичних матеріальних, фінансових) в розрахунку на одиницю роботи або врожаю; як найменший негативний вплив на навколишнє середовище; створення умов для довгострокової високопродуктивної праці персоналу по обслуговуванню і т. ін.

Виконання всіх вищеприведених вимог, можливе тільки при комплексному вирішенні задач комплектувань МА як на стадії конструювання, так і безпосередньо у виробничих умовах експлуатації.

Основні задачі комплектування МА зводяться до вибору складу та швидкісного режиму і відповідно вирішуються в два етапи. На першому етапі в залежності від природно-виробничих умов виконання операції (довжина гону, розмір поля, питомий опір робочих органів машин і т. ін.) вибирають трактор і робочу машину, які задовольняють вимогам

ресурсозбереження, охорони навколишнього середовища, високій продуктивності і т. ін.

На другому етапі для вибраного агрегату по відповідному критерію ресурсозбереження розраховують оптимальні значення робочої швидкості, ширини захвату агрегату з подальшим вибором числа машин та зчіпки.

Ефективність роботи МА визначається агротехнічними, енергетичними та екологічними показниками трактора та с/г машин, правильністю їх вибору, правильним з'єднанням їх та вибором раціональних режимів роботи.

Режими роботи характеризується:

- швидкістю руху;
- величиною завантаження двигуна.

На *швидкісний режим роботи* впливають такі фактори:

- агротехнічні вимоги до технологічної операції;
- пропускна здатність основного робочого органу;
- потужність двигуна.

Задача агрегування зводиться, до встановлення оптимального швидкісного режиму роботи, з урахуванням вищенаведених факторів. Існують дослідний та розрахунковий методи визначення кількості робочих машин в агрегаті.

Дослідний метод (на основі практичного досвіду). Користуючись інструкціями заводів-виробників, спеціальною літературою, і досвідом роботи, складають агрегат, а потім перевіряють його в роботі на дотримання швидкісного режиму, використання потужності двигуна, забезпечення продуктивності та мінімальних витрат палива.

У випадку відхилення від оптимальних режимів, кількість машин в агрегаті уточнюють.

У виробничих умовах агрегування здійснюється тяговими етапами. Під *тяговим етапом* розуміють тяговий опір неподільного елемента:

- для оранки – корпус плуга (0,35 м);

- для боронування – ланка борін (1,0 м);
- для дискового лушення – батарея луцильника (1,5...2,0 м);
- для вирівнювання – брус (2,0 м);
- для сівби, обробітку міжряддя, збирання і т. ін. – окрема машина (3,6...6,0 м).

Розрахунковий метод має місце у двох варіантах:

I варіант – за заздалегідь вибраною швидкістю (згідно вимог агротехніки) визначають ширину захвату агрегату (розрахунок складу агрегату).

II варіант – визначається швидкість руху агрегату при заздалегідь заданій пропускній здатності основного робочого органу, яка в свою чергу, є визначальною для ширини захвату агрегату (вибирається раціональний режим роботи агрегату).

Вибір варіанта розрахунку залежить від особливостей конструкції агрегату та умов використання його при виконанні технологічної операції.

Оптимальне агрегування – це раціональне поєднання робочої швидкості й ширини захвату МА, при якому забезпечується економний режим роботи трактора в зоні максимального значення тягового ККД з використанням потужності біля 90 %.

4.2. Продуктивність машинного агрегату. Основні поняття та визначення

Продуктивність – один з найважливіших технологічних показників використання машинних агрегатів, від якого в значній мірі залежить і активність всього сільськогосподарського виробництва.

Продуктивність МА залежить від безлічі факторів, які визначаються як параметрами і режимами роботи самого агрегату (потужність, ширина захвату, швидкість руху і т. ін), так і природно-виробничими умовами (розміри поля, довжина гону, рельєф, тип ґрунтів, урожайність, рівень організації праці та ін).

Продуктивність агрегату – це об'єм роботи, виконаної агрегатом за певний час з дотриманням якості.

За одиницю часу приймається, як правило, година.

Обсяг роботи може вимірюватися в наступних одиницях:

- гектарах обробленої площі (оранка, сівба, збирання та ін.);
- тоннах виробленої продукції (зерноочистка, силосування та ін.);
- тонно-кілометрах (транспортні роботи);
- кубічних метрах чи тоннах (навантажувально-розвантажувальні роботи);
- умовних одиницях (для економічних розрахунків сумарного виробітку тракторів; для оцінки та аналізу рівня використання МТП; для планових розрахунків витрат палива, розрахунків на ремонт та ТО, визначення міжремонтних строків; для оцінки собівартості умовної одиниці роботи).

За одиницю обліку сумарного виробітку тракторів прийнято *умовний еталонний гектар* – це обсяг роботи, який рівноцінний оранці одного гектара розораних ґрунтів при еталонних умовах:

- питомий опір ґрунтів – $k_0 = 50$ кН/м;
- швидкість руху агрегату – $V_0 = 5$ км/год;
- глибина оранки – $a = 0,20...0,22$ м;
- агрофон – стерня зернових;
- вологість ґрунту – 20...22 %;
- рельєф – рівний;
- кут нахилу місцевості – до 1° ;
- конфігурація поля – правильний прямокутник;
- довжина гону – 800 м;
- висота над рівнем моря – 200 м;
- перешкоди та каміння – відсутні.

Еталонний трактор – трактор, який виконує обсяг роботи в один умовний еталонний гектар за одну годину змінного часу. Це трактор з

ефективною потужністю двигуна 55 кВт та гаковою потужністю 35 кВт. Таким умовам приблизно задовольняють трактори ДТ-75 і Т-74, що мають виробіток в еталонних умовах, який дорівнює – 1 у.е.га за 1 год змінного часу. Коефіцієнт переведу інших основних марок фізичних тракторів в еталонні по своїй суті відповідає годинній продуктивності конкретного трактора в умовних еталонних гектарах, тобто $\kappa_{mp} = W_{y.e.ga}$.

З 1972 року введена система коефіцієнтів (табл) переведення фізичних тракторів в еталонні і методика перерахунку об'єму механізованих робіт із фізичних одиниць вимірювання в умовні.

Таблиця

Годинний еталонний виробіток

Марка трактора	$\kappa_{mp} = W_{y.e.ga}$	Марка трактора	$\kappa_{mp} = W_{y.e.ga}$	Марка трактора	$\kappa_{mp} = W_{y.e.ga}$
К-701	2,70	МТЗ- 102	1,02	МТЗ - 50, МТЗ - 50Л	0,55
К-700А	2,20	ДТ-75,Т-74	1,00	Т - 40АМ	0,54
К-700	2,10	МТЗ-100	0,98	Т-40М	0,53
ДТ-175С	1,80	ДТ-54А, ДТ-55А	0,86	Т - 40А, Т - 40АН	0,50
Т-130	1,76	Т-70С	0,78	Т-40, Т - 28ХЧ	0,48
Т- 150, Т-150К	1,65	МТЗ – 82	0,73	Т-30	0,35
Т-130Б	1,54	МТЗ – 80	0,70	Т-25А	0,30
Т-4А	1,45	Т-54А, Т-54В, Т-54С	0,69	Т-16М	0,22
Т-100 Т- 100М	1,34	Т-50В	0,64	Екскаватори на базі:	
Т-4	1,33	Т-38, ЮМЗ-6л/м	0,60	ДТ-75	7,00
ДТ-75М	1,10	МТЗ - 52, МТЗ - 52Л	0,58	МТЗ	3,90

Зручність у користуванні цими одиницями обліку сумарного виробітку тракторних робіт полягає в тому, що облік ведеться в нормо-змінах і достатньо його перемножити на змінний виробіток в умовних еталонних гектарах, щоб одержати загальний обсяг роботи в умовних одиницях.

Якщо на якусь роботу не встановлена норма виробітку, то переведення в умовні еталонні гектари здійснюють шляхом множення кількості відпрацьованих годин, при виконанні цієї роботи (без урахування простоїв), на годинний еталонний наробіток певного трактора:

$$U_{y.e.ga} = T_{год} \cdot W_{y.e.ga},$$

де $T_{год}$ – кількість відпрацьованих годин;

$W_{y.e.ga}$ – годинний еталонний виробіток трактора.

Лекція № 4 (Частина 2)

Тема: Забезпечення раціонального складу та режиму роботи машинного агрегату

План лекції

4.3. Фактори, які впливають на продуктивність машинного агрегату

4.4. Баланс часу зміни машинного агрегату

4.5. Способи збільшення продуктивності машинного агрегату

Зміст лекції

4.3. Фактори, які впливають на продуктивність машинного агрегату

I група – залежать від експлуатаційних показників агрегату: V_p , B_p , $N_{ен}$, N_m , P_m і визначають технологічні можливості агрегату;

II група – залежать від умов роботи: k_0 , L_0 , C_0 , α^0 і визначають способи руху агрегату, розміри загінок;

III група – залежать від рівня організації машиновикористання, форм організації праці, кваліфікації механізаторів.

Виробничий досвід показує, що чим стабільніші якісні параметри ґрунту, капи технологічних матеріалів і т. ін., тим вища експлуатаційна надійність машин, а відповідно, і можливості ефективного застосування широкозахватних агрегатів. Швидкість агрегату повинна встановлюватись відповідно якісним показникам роботи.

Науково обґрунтований режим робочого дня, який враховує фактор втоми водія – один із резервів приросту продуктивності праці, який часто недооцінюють.

З наведеного видно, що шляхи підвищення продуктивності МТА і транспортних засобів визначаються багатьма факторами, які тісно пов'язані

між собою. Тому виникає виробнича необхідність у проведенні науково-аналітичних досліджень стану цих зв'язків, їх взаємодії. Це успішніше всього можна вирішити, використовуючи методологічні основи системного підходу до підвищення продуктивності машинних агрегатів.

Продуктивність машинного агрегату суттєво залежить від повноти використання часу зміни.

Для характеристики абсолютного використання часу розглянемо у загальному вигляді баланс часу зміни.

4.4. Баланс часу зміни машинного агрегату

Баланс часу зміни характеризує розподілення загального часу зміни на окремі складові елементи. Доцільність такого розподілення виходить із прийнятого в сільському господарстві по-елементного методу нормування праці, при якому увесь процес працевитрат розподіляється на найпростіші складові елементи з подальшим вивченням кожного окремого елемента.

Нормативний час зміни майже на всіх с/г операціях дорівнює – 7 годин, а при роботі з ядохімікатами – 6 годин. Час зміни складається із наступних елементів:

- час чистої роботи на протязі зміни;
- час на холості повороти, заїзди, переїзди;
- тривалість технологічного обслуговування агрегату (заправка сівалок, очищення робочих органів та ін.);
- тривалість технічного обслуговування трактора;
- час регламентованих перерв на особисті потреби, відпочинок, та ін.

Приведений баланс можна назвати нормативним балансом часу зміни тому, що складові балансу використовують при нормуванні польових механізованих робіт (визначення норм виробітку за годину, або зміну). При технічному нормуванні не враховуються витрати часу, що пов'язані з простоями агрегату із-за технологічних порушень, технічних несправностей машин, організаційних непорозумінь та погодних умов.

Аналіз складових часу зміни виконується згідно з коефіцієнтами:

- використання часу зміни, τ ;
- використання часу руху $\tau_{рух}$.

Вагомо впливає на значення коефіцієнта використання часу зміни швидкість руху агрегату. З підвищенням швидкості (при решті однакових умов) коефіцієнт τ зменшується. Це пояснюється тим, що на підвищених швидкостях кількість робочих проходів, а отже, і поворотів за зміну зростає пропорційно збільшенню швидкості, а час на кожен поворот агрегату залишається практично майже однаковим. Кількість технологічних зупинок агрегату збільшується пропорційно швидкості руху агрегату. Зниження коефіцієнта τ із підвищенням швидкості руху буде тим більше, чим коротша довжина гону. Тому при роботі на підвищених швидкостях слід звертати більшу увагу вибору способу руху і механізації допоміжних операцій; (засипка насіння, добрив, вивантаження і т. ін.).

Велике значення для зниження часу холостих заїздів скорочення їх довжини шляхом правильного вибору виду повороту, ширини поворотних смуг і швидкості пересування агрегату на повороті.

Із збільшенням довжини гонів коефіцієнт використання часу зміни зростає.

У реальних умовах машиновикористання на коефіцієнт τ впливає окрім приведених факторів ще значно більша їх кількість. Тому у імовірностатистичному розумінні коефіцієнт використання робочого часу зміни є випадковою величиною, які підкоряються певним законам розподілу.

4.5. Способи збільшення продуктивності машинного агрегату

Із аналізу формули продуктивності виходить, що існує два способи її підвищення:

- збільшення ширини захвату;
- збільшення швидкості руху.

При збільшенні ширини захвату значно зростає тяговий опір машин ($R_a = k_v \cdot b$), для подолання якого необхідно збільшити тягове зусилля трактора, що в свою чергу призведе до збільшення маси трактора ($P_m = k \cdot m_e$). Загальновідомо, що при сучасному рівні розвитку техніки неможливо різко покращити зчіпні властивості рушіїв, також не змінюючи при цьому вагу трактора.

Тому то, підвищення продуктивності агрегату краще було б шляхом збільшення швидкості руху, яка залежить від потужності двигуна, що встановлено на трактор.

Очевидно, другий спосіб по збільшенню продуктивності більш прийнятний тільки завдяки тому, що не призводить до збільшення матеріалоемності.

Наукові основи підвищення робочих швидкостей тракторів з метою збільшення продуктивності МА опрацьовані академіком В.Н. Болтинським.

Принциповою основою підвищення швидкостей МА являється збереження системи агрегування тракторів з існуючими робочими машинами, що, в свою чергу, призведе до збереження тягового класу.

Тяговий ККД трактора може залишатися постійним, якщо пропорційно підвищенню швидкості буде збільшено потужність двигуна, при незмінному тяговому зусиллю ($P_m \approx const$):

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e}, \quad \eta_T = \frac{P_T \cdot V_{p1}}{3,6 N_{e1}} = \frac{P_T \cdot V_{p2}}{3,6 N_{e2}}.$$

Однотипні трактори одного тягового класу з приблизно однаковою вагою в будь-якому випадку мають приблизно однакове тягове зусилля, а оптимальну швидкість тим вищу, чим більшу потужність матиме двигун. Це означає, що трактори МТЗ-52, МТЗ-82, МТЗ-102 можуть працювати з одним і тим же плугом, але на різних швидкостях. Більш висока швидкість буде у трактора з більш енергонасиченим двигуном.

Але підвищення швидкості може бути ефективним (по Болтинському) в тому випадку, коли залишаться незмінними або покращаться наступні фактори:

- якість виконання робіт;
- тяговий опір робочих машин;
- витрата палива на 1 га;
- тяговий ККД трактора;
- вартість машини;
- умови роботи механізаторів.

В тому, випадку, коли хоч би один із показників погіршиться, то такий шлях підвищення продуктивності може виявитись безперспективним.

Підвищення робочих швидкостей МА обмежується не лише природними факторами, а в більшій мірі рівнем розвитку техніки і її експлуатації.

Шляхи підвищення енергонасиченості і підвищення робочих швидкостей:

1. створення форсованих двигунів;
2. застосування безступеневих трансмісій;
3. опрацювання нових ходових систем.

Лекція № 5

Тема: Кінематика машинного агрегату

План лекції

- 5.1. Основні поняття і визначення
- 5.2. Основні показники, якими оцінюється холостий хід агрегатів
- 5.3. Вибір ресурсощадних способів руху МА
- 5.4. Види поворотів МА
- 5.5. Способи руху МА

Зміст лекції

5.1. Основні поняття і визначення

Кінематика агрегату – це траєкторія руху агрегату при виконанні с/г робіт з точки зору геометричних форм. Основні елементи кінематики:

- робочий хід (переважно близький до прямолінійного);
- холостий хід – в основному це повороти, заїзди, переїзди.

При виконанні технологічної операції агрегати на полях проходять значні відстані. Так, наприклад, при виконанні оранки на полі площею 100 га агрегат ДТ-75+ПН-4-35 подолає 700-800 км. Із загального шляху приблизно 8-12 % відноситься на холостий хід (а на коротких ділянках – до 40 %).

В свою чергу, для умови раціонального використання МА бажано, щоб холостий рух і відповідні йому втрати часу зміни, а також непродуктивні витрати палива були якомога меншими.

Успішне вирішення цієї актуальної задачі залежить від конструктивних особливостей МА, його маневрованості, вибраного способу руху і відповідної підготовки поля до виконання роботи.

Закономірність переміщення агрегату по полю в основному визначається геометричними характеристиками агрегату, формою траєкторії, радіусом повороту, видом повороту і т. ін.

Основною задачею кінематики агрегату являється обґрунтування методів вибору ефективних способів руху МА і підготовки поля до роботи з обов'язковим забезпеченням якості виконаної технологічної операції.

При успішному вирішенні задач кінематики агрегатів буде мати місце ефект примноження показників ресурсозбереження, які закладаються як при комплектуванні МА, так і при виборі способу його руху. В протилежному випадку, переваги оптимального складу агрегату і режимів його роботи будуть втрачені частково, або повністю, як по продуктивності, так і по ресурсозбереженню. Для того щоб оцінити кінематичну досконалість скомплектованого агрегату, який має свої розміри, і виконує технологічну операцію на конкретній робочій ділянці, необхідно знати деякі кінематичні параметри агрегату і геометричні параметри ділянки.

Вибір способу руху визначається:

–якістю виконання робіт і залежить від розміру ділянок та їх особливостей;

–зручністю технологічного обслуговування агрегату.

При однаковій якості виконаної роботи та інших рівних умовах перевага віддається способу руху, який забезпечує найменші втрати часу зміни, палива і інших ресурсів на холості повороти агрегату.

5.2. Основні показники, якими оцінюється холостий хід агрегатів

При кількісній оцінці різних способів руху використовують такі основні показники холостого ходу МА:

- довжина холостого ходу агрегату (L_x);
- витрата часу зміни на холості ходи (T_x);
- витрата палива при виконанні холостих ходів (Q_x);
- коефіцієнт робочих ходів (φ);

– коефіцієнт використання часу руху ($\tau_{рух}$).

В фізичному розумінні коефіцієнт робочих ходів являє собою кінематичний ККД, оскільки він характеризує ступінь корисного використання агрегатом пройденого шляху в процесі виконання роботи.

Коефіцієнт робочих ходів зростає при збільшенні довжини гону і зменшується при зменшенні радіуса повороту і довжини виїзду агрегату.

Найбільший вплив на розмір коефіцієнта φ має розмір довжини гону (L).

Ступінь корисного використання часу руху МА характеризується коефіцієнтом використання часу руху.

5.3. Вибір ресурсощадних способів руху МА

Для об'єктивного вибору способу руху необхідно враховувати також і додаткові витрати часу зміни і палива, які виникають при виконанні допоміжних операцій.

Способи руху вибирають в процесі кількісного порівняння основних показників холостих ходів агрегатів. Порівняльний аналіз можливих способів руху виконують по екстремальним (максимальним або мінімальним) значенням вище приведених показників, які рекомендуються як критерії оптимальності.

Основні критерії оптимальності:

- мінімум холостих ходів агрегату: $S_x \rightarrow \min$

- мінімум сумарних витрат часу на холостий хід агрегату з урахуванням додаткових витрат часу зміни на виконання допоміжних операцій: $T_x \rightarrow \min$

- мінімум витрат палива на холостий хід агрегату з урахуванням допоміжних операцій: $Q_x \rightarrow \min$

Вирішення задачі заключається у визначенні оптимальної ширини заїмки (C_{onm}), яка відповідала б критеріям оптимальності, і в подальшому виборі відповідного способу руху агрегату.

А для цього попередньо необхідно виразити критерії оптимальності в функції: ширини заїмки; кінематичних і режимних параметрів МА і відповідних зовнішніх факторів.











5.4. Види поворотів МА

Кут повороту агрегату може дорівнювати 90° і 180° . Повороти на 90° застосовуються при круговому, фігурному способі руху агрегату, на 180° – при неодружених заїздах на кінцях гонов під час роботи агрегату гоновим або діагональним способами.

У практиці зустрічаються різні види поворотів (табл. 1) – це безпетльовий 1, петльовий 2, перехресно-петльовий 3; повороти на 180° – безпетлевий 4, петльовий 5, перехресно-петльовий 6, однобічно-петльовий 7, зігнуто-петльовий 8, здвоєний петльовий 9 і поворотно-петльовий 10.

Таблиця 1

Види повороту і шлях руху агрегатів

Види	На 90°			На 180°						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схеми										

При відстані між робочими ходами X (рис. 1), менше двох мінімальних радіусів ($X < R_{min}$), при гоновому способі руху необхідно виконувати петльовий (грушовидний) поворот.

Довжина такого повороту, як правило, більше довжини безпетльового. При роботі на ділянці агрегат здійснює петльові і безпетльові повороти.

Наприклад, при оранці загону всвал спочатку, коли відстань між суміжними ходами менше $2R_{min}$, доводиться робити петльові повороти. При подальших проходах агрегату ця відстань збільшується, і можна здійснювати безпетльові повороти.

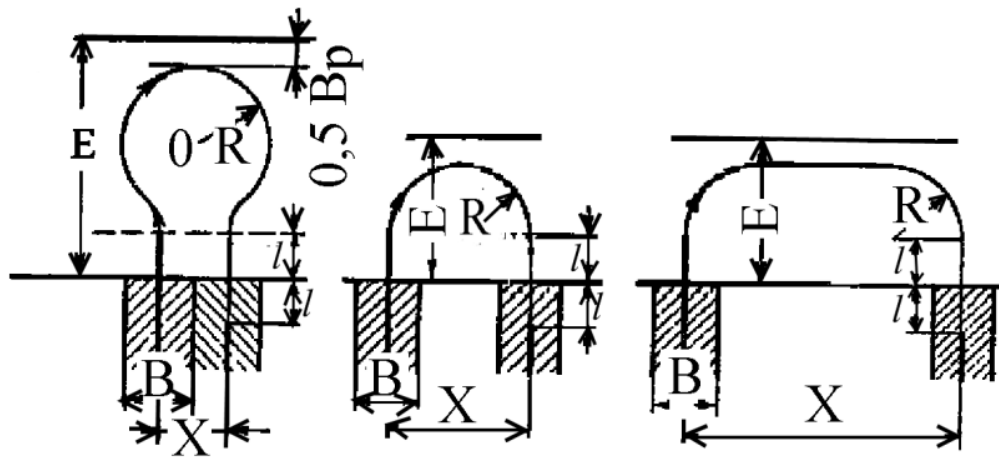


Рис. 1. Схеми повороту агрегатів

Зі збільшенням ширини оброблюваної смуги в подальшому безпетльовий поворот складатиметься з двох поворотів на 90° і прямолінійного ходу, довжина якого залежить від відстані між робочими ходами і шириною загну.

Довжина холостого заїзду при поворотах залежить від відстані між ходами X , радіусу повороту агрегату R і довжини виїзду агрегату l .

Петльові повороти за формою траєкторії можуть бути різними, середня довжина петльового заїзду дорівнює $6R$ (від $4,4R$ до $7,1R$).

При експлуатації МТА необхідно прагнути до скорочення кількості холостих переїздів, так як інша частина часу витратиться на виконання корисної роботи.

5.5. Способи руху МА

Існують різні способи руху МТА: гонові, кругові, діагональні. Найбільше поширення з усіх отримали гонові способи (рис. 2), які залежно від типу використовуваного повороту мають свої різновиди.

При розчищенні площ, а також скошуванні порості деревно-чагарникових порід і стрижці газонів існує декілька способів руху – обхід і човниковий (рис. 3). Для вибору раціонального способу руху уважно оглядається поверхня ділянки, прибираються предмети, що представляють

небезпеку. Якщо ділянка має складну конфігурацію з численними включеннями, слід намалювати його план і нанести на нього траєкторію руху, вибравши її так, щоб число маневрів і холостих проходів або проїздів було найменшим.

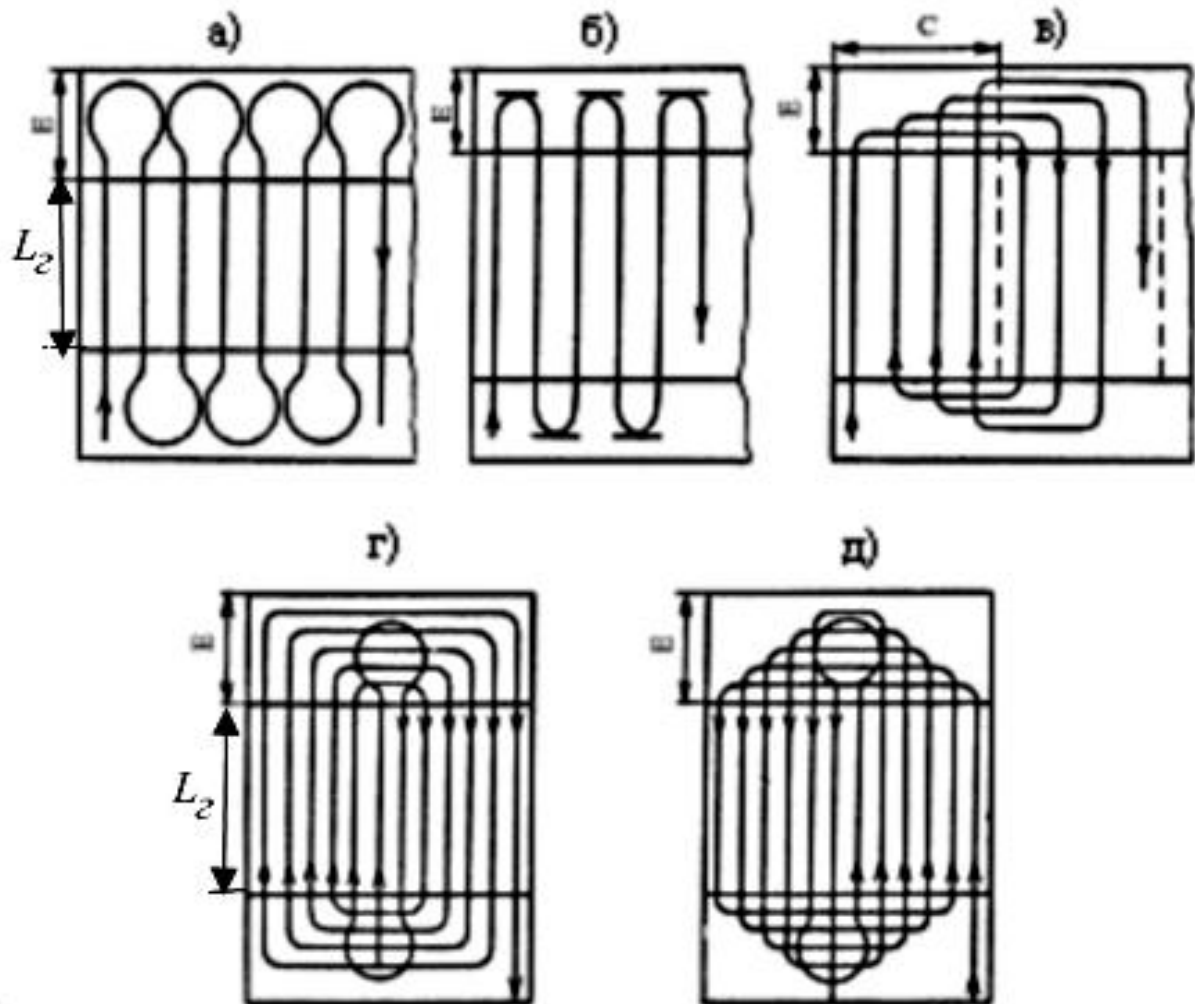


Рис. 2. Способи руху агрегатів:

а – човниковий з грушовидним поворотом; б – човниковий з безпетльовим поворотом; в – рух із заїздом на суміжний загон (з чергуванням загонів); г, і д – з одним петльовим поворотом на початку руху всвал (г) і в розвал (д), для плугового агрегату, відповідно; Е – поворотна смуга; С – ширина загону

На ділянці, вільній від перешкод, з двох способів – обходу і човникового – застосовується схема а (рис. 3).

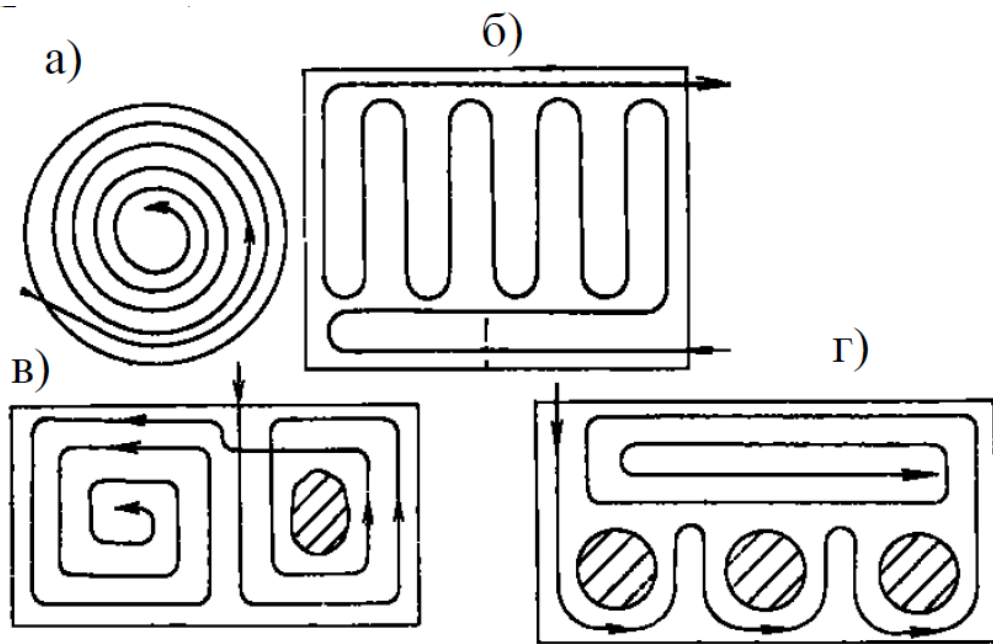


Рис. 3. Схеми руху агрегатів при суцільному розчищенні або косінні газонів:
 а – круговий спіралеподібний спосіб (спосіб обходу); б – човниковий складний; в або г – комбінований, з об'їздом перешкод

Для виконання робіт необхідно вибрати найбільш економічний спосіб руху машинно-тракторного агрегату.

По кінематиці вживаних агрегатів усі сільськогосподарські роботи можна підрозділити на наступні групи.

I група – роботи, що виконуються симетричними агрегатами при гоновому або діагональному русі: посів, культивація, міжрядна обробка та ін. найчастіше на цих роботах користуються човниковим способом руху, а у разі агротехнічної доцільності – перехресним.

II група – роботи, що виконуються асиметричними агрегатами при гоновому русі. Такі в першу чергу усі види орних робіт, а також збирання бурякозбиральним агрегатом, кукурудзяним агрегатом та ін. На цих роботах найчастіше застосовують способи руху всвал, безладно, з чергуванням загонів всвал і врозвал.

III група – роботи, що виконуються агрегатами при круговому способі руху, головним чином по збиранню зернових і інших культур.

Загони обробляють в двох, як правило, взаємно перпендикулярних (чи близьких до них) напрямках рух в межах одного загону до повного його обробітку.

Частину кожного загону обробляють спільними ходами з одним, двома або багатьма (усіма) іншими загонами.

Способи руху порівнюють і аналізують по продуктивності, якості виконання роботи, зручності обслуговування, безпеки роботи і т.д.

Показники якості виконання роботи і зручності обслуговування при різних способах руху залежать від технологічного процесу.

Показником, залежним від способу руху і впливаючим на продуктивність агрегату, є коефіцієнт робочих ходів (міра використання шляху).

Холості ходи на загоні складаються з основних (на поворотах) і додаткових, пов'язаних із закладенням поворотних смуг, проходами з неповною шириною захвату (коли з обох боків смуги оброблені) та ін.

При петльових гонових способах руху холості ходи (основні і додаткові) такі ж самі, що і при безпетльових способах. Тільки на кожному загоні на ділянках роблять петльові повороти, середня довжина яких при відкритій петлі з урахуванням виїзду агрегату дорівнює 5 м. Число проходів на цій ділянці рівне двом. Отже, загальна довжина петлевих поворотів на загороді дорівнює 8.

Таким чином, при петльовому способі руху загальна довжина холостих ходів на поворотах на одному загоні в порівнянні з безпетльовим способом більше.

Аналогічно можна розрахувати коефіцієнти робочих ходів; і для будь-яких інших способів руху.

Оптимальна (по продуктивності) ширина загону визначається з умови мінімальної сумарної довжини холостих ходів або максимального коефіцієнта робочих ходів на ділянці.

Сумарна довжина холостих ходів на ділянці є добуток сумарної довжини холостих ходів на загоні на число загонів.

Мінімальна ширина загону стосується лише безпетльових способів руху.

При виборі способу руху, як вже вказувалося, потрібно виходити в першу чергу з агротехнологічних вимог, якості роботи, зручності обслуговування, можливості зменшення допоміжних операцій і т. д. Якщо ці умови дозволяють застосовувати різні способи руху, слід вибирати той, який дає більш високе значення.

Наприклад, на оранці, де за умовами агротехнології можна застосовувати як петльові, так і безпетльові способи руху, порівняння їх по значеннях показує наступне. Для одного і того ж агрегату на коротких гонах коефіцієнт робочих ходів вище у безпетльових способів руху, а на довгих гонах – у петльових. За інших рівних умов серед безпетльових способів оранки найбільш високе значення характерне для комбінованого способу, серед петльових – для способу з чергуванням загонів всвал і розвал.

Лекція № 6

Тема: Експлуатаційні витрати на роботу агрегатів

План лекції

- 6.1. Основні види експлуатаційних витрат
- 6.2. Оптимізація експлуатаційних параметрів агрегатів за критеріями ресурсозбереження

Зміст лекції

6.1. Основні види експлуатаційних витрат

Для ефективного функціонування машинних агрегатів необхідно понести певні витрати різноманітних видів ресурсів, які називаються експлуатаційними. До них відносяться витрати паливно-мастильних матеріалів, енерговитрати, затрати праці і фінансових ресурсів.

Основними оціночними показниками ресурсозбереження агрегатів являються *питомі експлуатаційні витрати* в розрахунку на одиницю обсягу виконаної роботи (грн/м; кг/м; грн/га і т. ін.) або на одиницю кінцевої продукції (грн/т; кг/т і т. ін.).

Отже, важливо забезпечити функціонування агрегатів з найменшими в заданих умовах питомими експлуатаційними витратами відповідних ресурсів. Для досягнення цієї мети необхідно установити відповідні кількісні співвідношення між експлуатаційними витратами, параметрами агрегатів природно-виробничими факторами.

Питомі експлуатаційні витрати тих чи інших ресурсів в розрахунку на одиницю обсягу виконаної роботи в узагальненій формі визначаються відношенням витрат ресурсів на виробіток агрегатів за конкретний відрізок часу (годину, зміну).

Щоб кваліфіковано керувати механізованим аграрним виробництвом, треба вміти аналізувати відносні матеріально-енергетичні витрати на

одиницю продукції. Так, згідно з даними досліджень, для того щоб підвищити урожайність основних культур у 2...2,5 рази, необхідно витратити в 5...6 разів більше енергії. Витрати палива в сільському господарстві України складають 357 кг на 1 га ріллі, або близько 52 кг на 1 т с/г продукції в зерновому еквіваленті, а в більшості розвинених країн показник енергоємності виробництва с/г продукції складає 20...25 кг/т зернового еквівалента.

Пізнання закономірностей витрат палива дозволить спрямовано вести пошуки його економного використання.

6.2. Оптимізація експлуатаційних параметрів агрегатів за критеріями ресурсозбереження

Із великої кількості параметрів агрегату експлуатаційними умовно вважаються такі, від яких в найбільшій мірі залежать його основні техніко-економічні показники роботи: продуктивність, експлуатаційні витрати і інші.

Оптимальними (найкращими) називають такі параметри, при яких, заздалегідь вибраний, експлуатаційний показник (критерій) досягне максимуму (наприклад, продуктивність); або мінімуму (наприклад, експлуатаційні витрати).

Кінцева мета комплексної оптимізації – забезпечення найменших витрат відповідних ресурсів на одиницю обсягу виконаної роботи при високій продуктивності і необхідній якості технологічного процесу.

Комплексне вирішення задачі ресурсозбереження неможливе на базі будь-якої загальної математичної моделі з єдиним критерієм оптимальності. Найбільш ефективним науковим методом розв'язання подібних складних задач являється багаторівневий системний підхід. Основна проблема такого підходу заключається в науковому обґрунтуванні рівнів оптимізації і пов'язаними з ними критеріями, які в комплексі забезпечують найменші витрати всіх основних ресурсів, необхідних для роботи агрегату.

Перший рівень ресурсозбереження (оптимізації) передбачає вибір відповідної технології вирощування сільськогосподарської культури в заданих умовах. Із усіх можливих варіантів технологій вибирають ту, яка якомога повніше відповідає, вимогам економії ресурсів, пов'язаних з роботою МА. На початковому рівні, доки ще невідомий склад конкретних агрегатів, можуть бути вибрані лише енергоощадливі принципи впливу робочих органів на матеріал, який піддається обробітку.

Критерієм ресурсозбереження являється мінімум сумарних технологічних енерговитрат в розрахунку на одиницю, запланованого по даній технології, врожаю.

Основними результатами оптимізації являються число операцій по вибраній технології і запланована урожайність.

Другий рівень ресурсозбереження передбачає обґрунтування оптимального узагальненого параметру чистої продуктивності агрегату, або потужності, для кожної операції по мінімуму будь-яких експлуатаційних витрат (прямих, приведених, інтегральних і т. ін.), найбільш важливіших для заданих умов.

По одержаному, в результаті оптимізації, значенню потужності вибирають конкретну марку енергомашини.

Третій рівень ресурсозбереження передбачає обґрунтування енергоощадливого режиму робочого ходу агрегат в процесі оптимізації відповідних параметрів (робочої швидкості, ширини захвату, маси вантажу, який транспортується).

Основний критерій ресурсозбереження відповідає мінімуму питомих енерговитрат при робочому ході агрегату. Еквівалентним критерієм для агрегатів з двигуном внутрішнього згоряння являється мінімум питомих витрат палива при виконанні робочого ходу.

Окрім обґрунтування оптимальних параметрів на третьому рівні вирішується також цілий ряд допоміжних задач. Основні із них такі: обґрунтування оптимальної маси і відповідної енергонасиченості мобільних

агрегатів; оптимальне баластування тракторів і других енергомашин; оптимальне використання довантажувачів (типу ГЗВ) на тракторах; оптимальне перерозподілення потужності по каналах ВВП і тяги для польових агрегатів; оптимальне узгодження комплексів машин по ширині захвату і по загальній технологічній колії; обґрунтування оптимальної ширини захвату робочих машин для агрегування з різними енергомашинами; розрахунок агрегатів з оперативно змінними параметрами та ін.

На третьому рівні завершується процес комплектування ресурсозберігаючих агрегатів з обґрунтуванням їх робочих швидкостей.

Четвертий рівень ресурсозбереження передбачає оптимізацію режимів функціонування складених агрегатів.

Основним критерієм оптимізації являється мінімум витрат палива при виконанні холостого ходу, при зупинках агрегату при виконання допоміжних операцій.

Додатковим критерієм ресурсозбереження може бути мінімум втрат часу, який витрачається на холостий хід МА і час на виконання допоміжних операцій.

Головні вихідні результати даному рівні – оптимальна ширина заїмки і швидкість руху при виконанні холостого ходу.

П'ятий рівень ресурсозбереження – узагальнюючий. Він передбачає обґрунтування оптимальних режимів технологічного і технічного обслуговування агрегатів в процесі роботи. При організації обслуговування основна задача ресурсозбереження полягає у визначенні оптимальних кількісних співвідношень між основними і агрегатами по обслуговуванню з метою мінімізації втрат від простою при обопільному очікуванні.

Критерій оптимальності – сумарні втрати від простою при обопільному очікуванні основних і допоміжних агрегатів по обслуговуванню.

Результат оптимізації – оптимальне число основних і агрегатів по обслуговуванню.

Таким чином, одержані на верхніх чотирьох рівнях результати ресурсозбереження, за рахунок оптимізації складу і режимів роботи окремих агрегатів, доповнюється на п'ятому рівні економією грошових коштів внаслідок оптимізації взаємопов'язаної роботи основних і обслуговуючих агрегатів.

Лекція № 7

Тема: Складання операційної та технологічної карт

План лекції

7.1. Операційна карта

7.2. Технологічна карта

Зміст лекції

7.1. Операційна карта

Типові операційні технології та правила виконання механізованих робіт розроблені на підставі досягнень науки та передового досвіду у галузі використання техніки. Операційні технології, як правило, містять в собі:

- агротехнічні вимоги до виконання даної операції;
- склад та підготовку агрегату до роботи;
- підготовку поля;
- роботу агрегату;
- контроль та оцінку якості роботи;
- рекомендації щодо заходів безпеки;
- схему агрегату;
- схему руху агрегату в загоні;
- техніко-економічні показники роботи агрегату.

Агротехнічні вимоги

Агротехнічні вимоги у вигляді нормативів встановлюють якість проведення сільськогосподарських робіт. При цьому визначальним має бути отримання максимальної кількості продукції і підвищення родючості ґрунту.

В типовій операційній технології агротехнічні вимоги представлені наступними показниками:

- строками та тривалістю роботи;

- технологічними параметрами, які характеризують якість сільськогосподарської операції;
- показниками, що визначають витрати матеріалів (насіння, палива, добрив і т.д.) та допустимі втрати продукту (ступінь травмування зерна, недомолот зерна і т.д.);
- агрофон;
- схил місцевості;
- фізико-механічні властивості матеріалу, який обробляють (питомий опір і т.д.);
- агротехнічні допустимі (експлуатаційні) режими роботи.

Склад та підготовка агрегату до роботи

Агрегати комплектують із числа машин, які є в господарстві. Склад агрегатів та режими їх роботи визначають на підставі розрахунків або вибирають із довідкової літератури.

Підготовка агрегату до роботи містить наступні операції:

- підготовку трактора, зчіпки і машин;
- перевірку технічного стану трактора, зчіпки і машин, що входять до складу агрегату, встановлення робочих органів машин;
- складання агрегату в натурі і при необхідності оснащення його додатковим обладнанням (маркерами, слідопоказчиками, візирними приборами та ін.);
- опробування агрегату на холостому ході і в роботі;
- перевірка співпадіння колії трактора з розміщенням робочих органів машин.

Підготовка поля

При підготовці поля до роботи його оглядають та усувають перешкоди, які можуть знизити якість роботи або створити несприятливі умови для роботи агрегату; вибирають спосіб та напрям руху, на підставі якого встановлюють розміщення загонів; відбивають поворотні смуги,

встановлюють вішки та нарізають контрольні борозни при тоновому русі; розбивають поле на загони і роблять прокоси на поворотних смугах або кутах загонів при збиранні урожаю та провішуванні ліній першого проходу агрегату.

При огляді складають заходи по очищенню поля від залишків соломи, полови, великого бур'яну, каміння та ін. Непереборні перешкоди, рви, яри, канави, заболочені місця, куші, камені-валуни, які можуть стати причинами аварій та призвести до поломки машин, необхідно відгородити та поставити біля них попереджувальні знаки.

Робота агрегату

Це детальний опис роботи агрегату від моменту виводу машинно-тракторного агрегату на лінію першого проходу до завершення останнього.

Послідовність роботи агрегату на робочій ділянці містить в собі наступні операції:

- виведення на лінію першого проходу;
- переведення із транспортного положення в робоче;
- перший прохід;
- переведення із робочого положення в транспортне;
- виконання повороту;
- вихід на лінію наступного робочого ходу;
- переведення в робочий стан і виконання наступного проходу.

Контроль та оцінка якості роботи

Цю операцію проводять тракторист-машиніст і приймальник (замовник) робіт в процесі виконання технологічної операції та по її закінченні. Для контролю якості робіт використовують спеціальні інструменти і пристосування, результат оцінювання записують в облікову картку виконавця. У випадку неякісного виконання роботи її бракують і робота підлягає переробленню.

Для перевірки якості роботи агрегату необхідно знати викладені в операційній технології показники та техніку контролю (методику,

обладнання, прибори та ін). Важливе значення при оцінюванні якісних показників має також обсяги вимірювання (кількість контрольних перевірок).

Основою контролю продуктивності агрегату має бути наробіток за зміну, який можна визначати різними способами. Позитивні результати дає розмітка у відповідності із нормою наробітку.

Рекомендації що до заходів безпеки

До роботи на машинах допускаються ті особи, які мають посвідчення на право керування машинами, знають їх будову та регулювання, правила технічного обслуговування, правила виробництва роботи, яка виконується та отримали інструктаж з безпечних методів роботи на машинах технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин має забезпечувати безпечну роботу персоналу та відповідати діючим типовим нормам і правилам.

Перед початком роботи тракторист повинен провести зовнішній огляд агрегату, перевірити кріплення і випробувати дію механізмів на холостому ході, перед пуском трактору або комбайну водій повинен дати встановлений сигнал.

Під час роботи та технічного обслуговування машин присутність сторонніх осіб на агрегаті забороняється. Не можна під час роботи агрегату знаходитися в причепі трактору або на сільськогосподарській машині. Замінювати робочі органи та підтягувати кріплення дозволяється тільки при зупиненому двигуні трактора або при від'єднаній машині, встановленій на рівній ділянці місцевості. При появі будь-якої несправності, яка може призвести до аварії або до нещасного випадку, агрегат необхідно терміново зупинити. Забороняється працювати при несправних або неправильно відрегульованих запобіжних пристроях, із розірваними або недбало закріпленими шлангами, а також при підтіканні масла із трубопроводів гідравлічної системи. Забороняється працювати на агрегатах, у яких пошкоджені або погано закріплені захисні та огорожувальні пристрої обертових частин, зчеплення та гальм. Монтувати, демонтувати агрегати дозволяється тільки в присутності і під керівництвом механіка або керівника

робіт. Застосовувати для демонтажу і монтажу несправні інструменти, хиткі засоби підйому та підставки забороняється.

Агрегати, що працюють в нічну пору, мають бути обладнані необхідною кількістю освітлювальних приборів та надійним джерелом електроенергії.

Здійснювати заправку тракторів, комбайнів, самохідних машин, а також проводити технічне обслуговування агрегатів можна тільки при непрацюючому двигуні.

На транспортних роботах необхідно виконувати правила руху і вимоги ДАІ.

Агрегати, які не обладнані захисними протипожежними пристроями та засобами гасіння пожежі, до збиральних робіт не допускаються. Випускні труби двигунів тракторів, самохідних шасі, комбайнів та агрегатів, що обслуговують автомобілі, обладнують надійними та справними іскрогасниками. Використовувати сітчасті іскрогасники та щільові глушники заборонено.

Трактори та самохідні шасі із боковим розміщенням випускних труб можна допускати до збиральних робіт тільки після їх переобладнання, зробивши виведення випускної труби у вертикальне положення. Не пізніше ніж за день до початку скошування хлібів у кожному прокосі між загонами роблять протипожежні проорювання двома-трьома проходами трактора із п'ятикорпусним плугом.

На ділянках, де збирають хліб, залишають трактор з плугом для швидкого оборювання поля у випадку пожежі, а на польових станах і в бригадах створюють запас води, перевіряють та поновлюють вогнегасники та інший протипожежний інструмент.

Схема агрегату

Це викреслена схема трактора з відповідною робочою сільськогосподарською машиною, з обов'язковим винесенням габаритних розмірів машинно-тракторного агрегату.

Схему руху агрегату в загоні

Способи та напрям руху агрегату вибирають до розбивання поля на загони. При визначенні напрямлення руху агрегату необхідно враховувати напрям попередньої обробки, конфігурацію поля і машини, які використовуються, а також заходи по попередженню розвитку водної та вітрової ерозії на ділянці, яка оброблюється.

Спосіб руху вибирають із врахуванням вимог агротехніки, стану поля та агрегату, який використовується, для того, щоб він забезпечував найбільшу продуктивність та найкращі показники якості. При цьому прагнуть до зручності технічного та технологічного обслуговування агрегату, враховують розміри поворотних смуг, що вимагають додаткової обробки, та інші показники.

Поворотні смуги відбивають після визначення напрямку основного руху агрегату для роботи тоновими способами. Якщо в процесі виконання операції є можливість виїхати за межі поля, поворотні смуги не відбивають.

При загінних способах руху важливо ретельно розбити поле на загони. Робота в загонах, що розмічені без провішування перших проходів агрегату, супроводжується викривленням прямолінійності робочих ходів, що, в свою чергу, призводить до зниження виробітку та до підвищення витрат палива, зниження якості роботи.

Після вибору вище вказаних параметрів викреслюється схема, яка повинна містити:

- довжину гону та загону поля;
- спосіб та напрям руху агрегату;
- вид повороту агрегату;
- ширину поворотних смуг;

Техніко-економічні показники роботи агрегату

Наводяться чисельні значення годинної та змінної продуктивності, основних витрат на роботу МА та затрати праці на обробіток одного гектару площі, час зміни та коефіцієнт використання часу зміни, а також погектарну витрату палива.

ОПЕРАЦІЙНА КАРТА НА...
(вказується назва технологічної операції)

АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ	СКЛАД І ПІДГОТОВКА АГРЕГАТА						
СХЕМА АГРЕГАТУ	ПІДГОТОВКА ПОЛЯ						
СХЕМА РУХУ АГРЕГАТУ	РОБОТА АГРЕГАТА						
КОНТРОЛЬ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ	ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ						
	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ						
	$W_{год},$ <i>га/год</i>	$W_{зм},$ <i>га/зм</i>	$S_o,$ <i>грн./га</i>	$B_{пр},$ <i>люд.</i> <i>год/га</i>	$T_{зм},$ <i>год</i>	τ	$q,$ <i>кг/га</i>

7.2. Технологічна карта

Розробку технологічної карти на вирощування будь-якої сільськогосподарської культури починають із визначення попередників, уточнення стійкості ґрунту проти вітрової та водної ерозії, ступеня забур'яненості та переважних видів бур'янів.

Послідовність операцій єдина для всіх культур (графа 1). Перелік операцій (графа 2) повинен відповідати технології вирощування сільськогосподарської культури. Для складання технологічних карт доцільно користуватися літературними джерелами по інтенсивній технології вирощування визначених сільськогосподарських культур у степовій зоні України, також типовими технологічними картами або технологічними картами, що розроблені спеціалістами в господарствах.

У графі 3 вказують розмірність виконуваної технологічної операції (оранка, сівба догляд за посівами, збирання та ін) – га, т; транспортних робіт – т·км; допоміжних робіт (навантаження та розвантаження) – т. Погодинні механізовані роботи наводяться в годинах, землерийні роботи – в м³.

Обсяг тракторних робіт приводиться у фізичному (графа 4) та умовному (графа 5) значенні. Фізичний обсяг робіт приводиться у відповідності із запланованим та кратністю їх виконання (боронування в два сліди та ін, якщо операція виконується без розриву за часом та в межах агротехнічного строку).

Склад машинно-тракторного агрегату в який входить трактор визначеної марки (графа 6) та сільськогосподарська машина (графа 7), що потрібна для виконання даної технологічної операції, підбирають на підставі існуючої системи машин для даної природно-кліматичної зони за рекомендаціями таким чином, щоб забезпечити задану якість, максимальну продуктивність, повне використання потужності та мінімальні витрати коштів на одиницю роботи.

Агротехнічні строки початку робіт (графа 9) та їх закінчення (графа 10) приймають з урахуванням оптимальних строків виконання робіт та досвіду передових господарств.

Агротехнічний час виконання операцій (графа 11) встановлюють на основі агротехнічних вимог.

В графі 12 наводять виробіток агрегату за годину змінного часу (га/год, т/год, м³/год), а в графі 13 – добовий виробіток агрегату

В графі 14 представлена кількість агрегатів необхідних для виконання даного виду робіт

Витрати палива на одиницю роботи, кг/га наведені в графі 15, а в графі 16 – витрати палива на весь обсяг роботи

Графа 17 та 18 – це показники відповідно витрати праці на одиницю роботи та на весь обсяг робіт

Прямі та приведені грошові витрати на одиницю основної роботи агрегату наводяться в графі 19 та графі 20 відповідно.

Район: Миколаївський
 Базове господарство: ТОВ ім. Тельмана
 Група по нормах виробітку на
 механізованих роботах – 1

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА
 Культура: горох на зерно
 Площа посіву – 120га,
 Попередник – озима пшениця

Врожайність з 1га – 25ц,
 Валовий збір основної продукції – 250т,
 Побічної продукції – 250т.

Номер операції	Перелік операцій	Одиниця виміру	Обсяг робіт, га		Склад машинно-тракторного агрегату			Строки виконання робіт			Виробіток		Необхідна кількість агрегатів	Витрата палива		Витрата праці		Витрати грошових коштів	
			Фізичних	Умовних	Енерго-машина	С/г машина		Початок	Кінець	Тривалість	За годину	За добу		На одиницю роботи	На весь обсяг роботи	На одиницю роботи	На весь обсяг роботи	Прямі	Приведені
						Марка	Кількість												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Основна обробка ґрунту																			
1	Луцнення стерні	га	280	70	Т-150К	ЛДГ-15	1	11.09	16.09	5	14	92,4	1	2,3	644	0,15	42	9,18	9,62
...
	Разом по періоду																		
2. Передпосівна обробка ґрунту, посів																			
...
	Разом по періоду																		
3. Догляд за посівами																			
...
	Разом по періоду																		
4. Збирання врожаю																			
...
	Разом по періоду																		
	Усього																		