

Автори: професор Надикто В.Т., доцент Мітков В.Б.,  
доцент Кувачов В.П., доцент Чорна Т.С.,  
ст. викладач Ігнат'єв Є.І.

Рекомендовано методичною радою механіко-технологічного  
факультету Таврійського державного агротехнологічного універси-  
тету імені Дмитра Моторного  
(Протокол №6 від 27.02.2020 року)

Рецензент:

В.А. Дідур - д.т.н., професор кафедри технічного сервісу та  
систем в АПК, ТДАТУ;

О.Г. Караєв – д.т.н., доцент кафедри сільськогосподарські  
машини, ТДАТУ;

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ БЛОКОВО-МОДУЛЬНИХ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Посібник-практикум для виконання лабораторних робіт  
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
зі спеціальності 208 – Агроінженерія

**Е 45** **Експлуатація блоково-модульних машино-тракторних агрегатів:** посібник-практикум для виконання лабораторних робіт / В.Т. Надикто [та ін.]. – Мелітополь: Люкс, 2020. – 120 с.

Посібник-практикум призначено для вивчення та практичного засвоєння знань по курсу “Експлуатація блоково-модульних МТА”. Методична особливість цієї дисципліни полягає в тому, що новий енергетичний засіб розглядається як елемент енерготехнологічного комплексу, складовими частинами якого виступають технологія та МТА для її реалізації. Такий підхід дозволяє оцінити роль енергозасобу в технологічному процесі, визначити його відповідність функційному призначенню та експлуатаційним вимогам до конструкції.

УДК 631.3.07.004.15 (076)  
© ТДАТУ, 2020

© Люкс, 2020



## ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	
<b>Загальні вказівки</b>	7
<b>Лабораторна робота №1</b> Вивчення конструкції МЕЗ	8
<b>Лабораторна робота №2</b> Визначення оптимальної енергонасиченості модульних енергетичних засобів (МЕЗ) універсально-присапного призначення	26
<b>Лабораторна робота №3</b> Визначення оптимальної енергонасиченості модульних енергетичних засобів (МЕЗ) загального призначення	38
<b>Лабораторна робота №4</b> Визначення коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі коліс технологічного модуля МЕЗ	47
<b>Лабораторна робота №5</b> Визначення потужності для приводу технологічного модуля МЕЗ	55
<b>Лабораторна робота №6</b> Визначення впливу тягового опору агрегатованого с.-г. знаряддя на розподіл маси МЕЗ по мостах	59
<b>Лабораторна робота №7</b> Агрегативання МЕЗ із передньоनावісними знаряддями	70
<b>Лабораторна робота №8</b> Визначення кроку постійної технологічної колії (ПТК) і площі поля для її слідів	77
<b>Лабораторна робота №9</b> Вплив конструктивних параметрів енергетичного засобу та фізико-механічних властивостей ґрунту на формування слідів постійної технологічної колії	95
<b>Лабораторна робота №10</b> Вибір шин для сільськогосподарської техніки по її впливу (тиску) на ґрунт	98

<b>Лабораторна робота №11</b> Розрахунок деяких параметрів орного МТА на основі модульного енергетичного засобу	105
<b>Лабораторна робота №12</b> Оптимізація вибору модуля сільськогосподарського знаряддя	113
<b>Правила охорони праці при виконанні лабораторних робіт</b>	118

## ВСТУП

Значну частину матеріально-технічної бази агропромислового комплексу складають енергетичні засоби. За останні роки як вітчизняна, так і світова теорія та практика поповнились принципово новими розробками. Проте в підручниках і учбових посібниках для студентів відповідної інформації про них немає, або вона вкрай недостатня. В той же час потреба в цьому назріла як внаслідок закінченості, так і актуальності багатьох нових теоретичних положень, які далеко не у всьому вкладаються в існуючі теорії трактора чи самохідної машини.

**Мета дисципліни** - освоєння багаторічного досвіду технологічного удосконалення конструкцій сільськогосподарських енергетичних засобів, вивчення принципів конструювання та агрегування нових компоновальних схем як основи для ефективного їх використання у сільськогосподарському виробництві.

**Методична особливість дисципліни** полягає в тому, що новий енергетичний засіб розглядається як елемент енерготехнологічного комплексу, складовими частинами якого виступають технологія та МТА для її реалізації. Такий підхід дозволяє оцінити роль енергозасобу в технологічному процесі, визначити його відповідність функційному призначенню та експлуатаційним вимогам до конструкції.

Основні розділи дисципліни базуються на положеннях та теорії енергетичних засобів принципово нової тягово-енергетичної концепції. Зосередженні в них положення необхідні для вивчення і розуміння функційного призначення, шляхів вдосконалення і розвитку технологічних властивостей всіх інших мобільних енергетичних засобів.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні освоїти концептуальні основи та положення створення енергетичних засобів нових конструктивних схем і на основі цього **вміти**:

- використовувати принципи модульної побудови енергетичних засобів та сільськогосподарських машин в процесі розробки та конструюванні нових блоково-модульних агрегатів;
- ефективно використовувати агрегати на основі нових енергетичних засобів в перспективних технологічних процесах вирощування сільськогосподарських культур;
- правильно формулювати вимоги до технологічних властивостей енергетичних засобів і сільськогосподарських знарядь в процесі їх удосконалення або проектування.

Набуті в результаті вивчення нової дисципліни знання студенти можуть використовувати при вивченні розрахункових курсів базових дисциплін, якими є “Трактори і автомобілі”, “Сільськогосподарські машини” та “Використання техніки в АПК”

## ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Під час роботи над матеріалами по спеціальному курсу “Експлуатація блоково-модульних МТА” слід дотримуватись наступної послідовності виконання:

1) користуючись даними методичними вказівками та рекомендованою науково-методичною літературою, опрацювати відповідний розділ лекційного курсу;

2) виконати весь запланований об'єм практичних завдань по відповідній лабораторній роботі. В процесі проведення розрахунків по можливості слід якомога більше використовувати ЕОМ. Це дозволяє як звести нанівець помилки обчислень, так і значно збільшити їх (обчислень) об'єм;

3) особливу увагу звернути на аналіз отриманих результатів, їх наукову та практичну інтерпретацію тощо;

4) в процесі виконання того чи іншого завдання намагатися знайти принципову різницю між вивчаємими та вже загальновідомими явищами, процесами, об'єктами і т.д.;

5) в процесі творчого осмислення результатів, отриманих в процесі виконання Лабораторна робота, запропонувати конкретне удосконалення розглядуваного технічного рішення та захистити його по закінченні вивчення курсу;

6) при наявності труднощів у сприйнятті вивчаємого матеріалу слід додатково опрацювати літературу і вияснити незрозумілі питання на наступних заняттях чи консультаціях;

7) знання студента оцінюються викладачем при здачі іспиту.

При розробці нового технічного рішення вибраного проблемного питання на рівні винаходу, студент має право на автоматичне отримання позитивної екзаменаційної оцінки.

## Лабораторна робота № 1 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕЗ

### МЕТА РОБОТИ

На базі макетного зразка МЕЗ-200 засвоїти основні принципи конструювання модульних енергетичних засобів перемінного тягового класу

### 1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

#### 1.1 Рекомендована література

1 Соединение энергетического и транспортно- технологического модулей МЭС в пахотном агрегате / Г.М. Кутьков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1988. № 7. С. 5-7.

2 Выбор рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом / Г.М. Кутьков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. №3. С. 21-23.

3 Конструктивные параметры широкозахватных МТА на основе МЭС / Г.М. Кутьков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994. №4. С. 12-16.

4 Надыкто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994. №7. С. 21-23.

5 Євтенко В.Г., Лисенко А.М., Сидоренко О.М. Обґрунтування конструктивно-компонувальної схеми трактора перемінного тягового класу високої універсальності // Вісник аграрної науки, 1996. №5.

6 Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин [и др.]. Наука и техника, 1982. 272 с.

7 Перспективы создания высокопроизводительных самоходных машин для индустриального производства корнеклубнеплодов и овощей / Г.Д. Петров [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 1982. №4.

## 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

### 2.1 Програма роботи

2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:

- призначення, будову макетного зразка МЕЗ універсально - просапного призначення кл. 2-4 (МЕЗ-200) ;
- правила використання та агрегування якості енергетичного модуля.

2.1.2 Ознайомитись:

- з особливостями та характеристиками енергетичного модуля МЕЗ-200 у складі універсально - просапного трактора кл.2 МТЗ-142

*Скласти звіт та захистити роботу.*

### 2.2 Теоретичні відомості

За останні роки теорія і практика вітчизняного та світового тракторобудування поповнилася принципово новими розробками. Запропоновані та всебічно перевірені нові підходи до створення техніки найкращим чином відповідають сучасним вимогам, сприяючи вирішенню базових проблем механізації польових робіт.

В області технології - це значне підвищення продуктивності МТА, універсальності та зайнятості на протязі року енергетичних засобів і сільськогосподарських машин, а також зменшення ущільнюючого впливу на ґрунт.

У сфері підвищення технічного рівня техніки - зниження ма-

теріалоемності, питомих витрат палива і вартості машини на одиницю виконаної роботи, підвищення уніфікації тощо.

В напрямку задоволення цих вимог можливості МТА на базі сучасних тракторів практично вичерпані:

- ріст маси і потужності тракторів не визиває адекватного підвищення продуктивності праці;

- використання вузькоспеціалізованих самохідних машин та комбайнів знаходиться у глибокому протиріччі з ресурсозберігаючим напрямком розвитку технологій с.-г. виробництва із-за низького рівня універсальності та малого їх завантаження на протязі року.

Практичні шляхи розв'язку цих проблем викладені у багатьох монографіях, наукових статтях тощо. Проте в підручниках та навчальних посібниках для студентів таких матеріалів поки що немає. В той же час, як бачимо, необхідність у цьому назріла як внаслідок завершеності, так і актуальності багатьох нових розробок. Суттєва роль останніх у суспільному виробництві зобов'язує інженера сільськогосподарського профілю добре освоїти їх концептуальні, конструктивні, технологічні та інші основи. Тим більше, що теорія нових енергетичних засобів не завжди і не у всьому укладається в теорію трактора.

Першочерговою задачею при вивченні нового курсу є чітке розуміння концептуальних положень розвитку мобільної енергетики сільськогосподарського призначення.

Прогнозування шляхів їх зародження та удосконалення показало [1], що кожне з енергетичних засобів (ЕЗ) повинне пройти три стадії (рис.1).

Нині удосконалення та розвиток ЕЗ проходить у відповідності з тяговою концепцією по логістичній кривій. Маса (Мт) енергетичного засобу та потужність його двигуна (Ne) погоджені таким чином, що Ne може бути повністю реалізована через тягове зусилля ЕЗ.

Таким чином, потужність двигуна енергетичного засобу і його експлуатаційна маса пов'язані жорсткою параметричною залежністю, і їх відношення є практично сталим:

$$N_e/M_T = \text{const.} \quad (1)$$

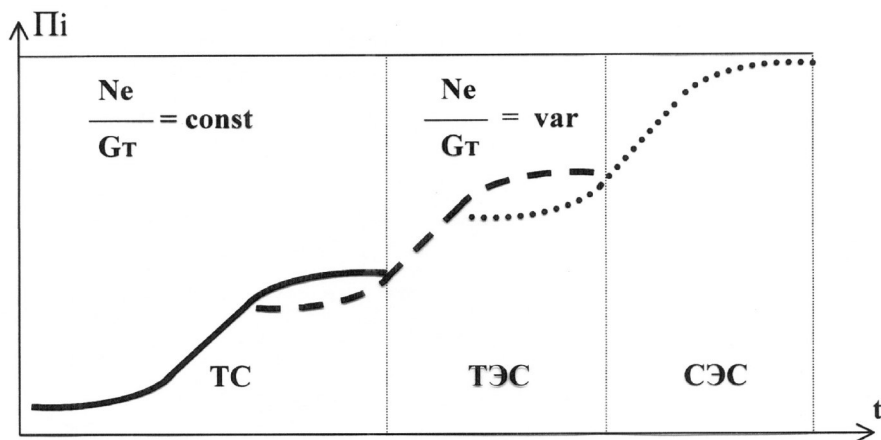


Рисунок 1 - Основні концепції розвитку енергетичних засобів:  
 (—) - тягова; ( - - - ) - тягово-енергетична;  
 (.....) - енергетична; ТС - тяговий засіб; ТЭС- тягово-енергетичний засіб; СЭС - стаціонарний енергетичний засіб.

Різні ділянки логісти відображають стан розвитку даної концепції енергетичного засобу. Відрізок часу, що відповідає останній ділянці першої логісти і першій ділянці другої логісти, характеризує завершення тягової і зародження нової тягово - енергетичної концепції ЕЗ, для якої:

$$N_e/M_T = \text{var.}$$

У цьому випадку кожна із частин енергетичного засобу (технологічна та енергетична) може розвиватися у відповідності з ви-

сунутими до неї вимогами, не вступаючи в протиріччя з іншою і не погіршуючи, а покращуючи загальні показники МТА.

Теоретично можна необмежено збільшувати масу технологічної частини енергетичного засобу (або агрегату) і зменшувати масу енергетичної частини при одночасному підвищенні потужності двигуна. В створенні тягового зусилля буде приймати участь маса всього агрегату, включаючи технологічну частину, обладнану необхідною кількістю коліс з приводом від “легкого”, але потужного енергетичного модуля.

Таким чином, у відповідності з тягово-енергетичною концепцією розвитку (друга логіста, див. рис.1) маса останнього повинна зменшуватися, а його енергонасиченість - збільшуватися. Але таку тенденцію неможливо реалізувати в рамках існуючої тягової концепції ЕЗ, оскільки для цього потрібно було б порушити співвідношення (1).

Потужність двигуна ЕЗ тягово-енергетичної концепції ніколи, навіть при повному баластуванні, не може бути реалізоване через його тягове зусилля. Такий енергетичний засіб завжди буде мати “надлишкову” потужність, а тому суть його створення полягає у розробці способу ефективного використання  $N_e$  у технологічному варіанті.

Розвиток конструкції ЕЗ по другій логісті в заключній фазі буде характеризуватися значною перевагою енергетичних функцій, тобто він буде перетворюватися в мобільну енергетичну станцію.

Подальший розвиток енергетичних функцій ЕЗ приведе в кінцевому рахунку до поступової втрати його мобільності. Тому на кінцевій ділянці другої логісти буде здійснюватися згасання мобільності ЕЗ і поступове перетворення його в стаціонарний енергетичний засіб (СЕС). Процес появи і створення СЕС буде характеризуватися третьою логістою (рис.1).

Кожна із розглянутих концепцій потребує розробки своєї системи агрегування, для того щоб найефективніше використовувати потужність двигуна у технологічному варіанті. Тому при формуванні концепції енергетичного засобу майбутнього доцільно мати на увазі не тільки черговий етап його розвитку, але і наступний за ним. Наприклад, принципову прийнятність СЕС слід намагатися забезпечити уже на стадії створення ЕЗ тягово - енергетичної концепції.

Слід відзначити, що новим енергозасобам притаманні більш широкі функціональні властивості, які, в свою чергу, повністю визначаються вимогами технологічного процесу, що здійснюється тим або іншим МТА. Основними такими вимогами є висока продуктивність і агротехнічна якість виконуємої операції при низькій питомій собівартості роботи.

Продуктивність залежить від номінального тягового зусилля енергетичного засобу, потужності двигуна, агрегуємості ЕЗ з сільськогосподарськими машинами і знаряддями, спроможність нести деякий запас технологічного матеріалу. Важливу роль відіграють керованість і стійкість руху, маневреність тощо.

Агротехнічні властивості енергетичних засобів визначаються мірою шкідливого впливу їх рушіїв на ґрунт і пошкодження культурних рослин, особливо при міжрядному обробітку.

Зазначені вимоги регламентують такі основні показники мобільних енергетичних засобів, як:

- основні параметри (маса ЕЗ і потужність двигуна);
- компоновочна схема та розподіл маси по мостах ЕЗ;
- відповідність основних агрегатів ЕЗ (трансмсія, шасі тощо) його технологічному призначенню;
- оснащеність енергетичного засобу технологічним обладнанням.

### **Класифікація і технологічні властивості енергетичних засобів.**

Уся множина енергетичних засобів піддається чіткій класифікації за двома ознаками: функціональному призначенню та тяговому класу. Згідно першої ознаки вони (як і серійні трактори) поділяються на енергетичні засоби загального призначення, універсально - просапні та спеціалізовані. При цьому слід відмітити, що така класифікація носить умовний характер, оскільки потенційні можливості конструктивних схем нових енергетичних засобів забезпечують їм досить високу універсальність. У цьому плані по даним ІМЕСГ [5] навіть кращі зарубіжні моделі тракторів тягової концепції поступаються ЕЗ нової модульної компоновки. Так, якщо у перших (Ford, Fendt, Dohn Deere) максимальне значення коефіцієнта універсальності не перевищує 50%, то у енергетичних засобів на базі СШ-28 і Т-16МГ даний показник дорівнює 70 і 63% відповідно.

Як і трактори старої тягової концепції, нові ЕЗ у відповідності з ГОСТ 27021-86 можна розподілити по тяговим класам. Проте, з появою так званої модульної побудови мобільної енергетики, з'явилися енергетичні засоби *перемінного тягового класу*. Так, наприклад, Мінським тракторним заводом розроблені зразки ЕЗ на основі трактора тягового класу 2, який у поєднанні з додатковим активно привідним мостом розвиває тягове зусилля, що дозволяє віднести даний енергетичний засіб до тракторів класу 3. ВАТ ХТЗ створений зразок ЕЗ на основі трактора класу 3, який у сполученні з аналогічним додатковим мостом відповідає трактору класу 5.

Серед розробок подібного типу слід відмітити створений ВІМом зразок трьохвісного мобільного енергетичного засобу [6]. Потужність двигуна даного ЕЗ, виконаного на базі вузлів і агрегатів трактора Т-150К, доведена до 184 кВт. Рама - жорстка і не має ша-

рнірних зчленувань. Керування енергозасобом здійснюється поворотом передніх і задніх коліс з допомогою гідروприводу. З метою копіювання нерівностей шляху на всіх мостах встановлена гідромеханічна підвіска, причому пружні елементи другого і третього мостів з'єднані гідравлічним балансиром. Задній механічний незалежний одношвидкісний ВВП дозволяє відбирати до 80% потужності. Приблизно 81% її може бути передано технологічній частині МТА при допомозі спеціальної насосної станції. Конструкцією даного ЕЗ передбачена можливість установлювання технологічних вмістищ об'ємом 6-8 м<sup>3</sup> для насіння та добрив.

Трьохвісний ЕЗ аналогічно призначення було розроблене і на базі трактора К-701. Потужність його двигуна становила 330 кВт, поздовжня база - 6 м, а мінімальний радіус повороту - 11 м.

Фінською фірмою Valmet створена модель трьохвісного трактора формули 6К4, у якого передні рушії керовані, а задні можуть підійматися в транспортне положення. З метою розширення діапазону використання даного ЕЗ його конструкцією передбачена установка ачорних шин напівгусеничного ходу. Американською фірмою Versatile розроблений та випробуваний трактор BigRoy з двигуном потужністю 442 кВт, обладнаний чотирма підресореними вісьми з вісьмома ведучими колесами.

Останнім часом в нашій країні і за кордоном з'явилися принципово нові розробки енергетичних засобів з колісною формулою 2К2, на основі яких можна отримати трактор формули 4К4, самохідне шасі, кормороздавальний та навантажувальний агрегати, самохідний комбайн, трактор - тандем тощо. Зниження питомої ваги ЕЗ в цих конструкціях доходить по масі до 50%, а по вартості - до 60%. МТА на основі ЕЗ формули 2К2 призначені в основному для механізації робіт на малих тваринницьких фермах, малоконтурних полях, в агроцехах промислових підприємств, селекційних та

дослідних ділянках тощо. Разом з тим є зразки, де в якості основи передбачається використання передніх частин шарнірно - зчленованих тракторів загального призначення класу 3 та 5.

Найширша гама нових конструктивних рішень представлена енергетичними засобами з колісною формулою 4К4. Германською фірмою Мерседес-Бенц розроблений ЕЗ універсально-просапного призначення під назвою МВ-Трак. Його схема (центральне розміщення кабіни, реверсивний пост керування, колеса однакового розміру, рівноцінні передня та задня начіпні системи і т.д.) була прийнята за основу у багатьох країнах при створенні енергозасобів загального призначення.

Прагнення суттєво підвищити універсальність сільськогосподарських енергетичних засобів привело до створення моделей оригінальної компоновочної схеми фірмами Fendt, Schluter (ФРГ) тощо. Характерною особливістю цих ЕЗ є наявність на місці двигуна вільної зони для розміщення знарядь, машин технологічних вмістищ і т.д. Інтегральні трактори Euro Trak фірми Schluter, енергонасиченість яких досягає 20 кВт/т, мають 4 зони для навішування технологічного обладнання: передня і задня начіпні системи, а також простори спереду і ззаду кабіни.

На Україні зроблена спроба відтворити подібну модель ЕЗ. ВАТ ХТЗ розроблений трактор ХТЗ-120 (ХТЗ-121), конструктивні параметри якого створюють передумови його ефективного використання як в існуючих, так і в принципово нових технологіях вирощування с.-г. культур.

Слід підкреслити, що ешелоноване агрегування знарядь, а також задовільний огляд переднього начіпного механізму і нині залишається пріоритетним напрямком розвитку тракторної енергетики. У зв'язку з цим деякі фірми застосовують або нахилений капот двигуна, або кабіну розташовують над переднім мостом. Останній





редуктора.

Тримальна рама 1 виконана шарнірно - зчленованою за допомогою вертикального та поздовжнього горизонтального шарнірів. Поворотна передня частина 5 рами з'єднана з тягами заднього навісного механізму ЕМ. Вона включає передню опору 6 із закріпленими на ній кронштейнами 11 та балансир 8.

Як показали результати тягових випробувань, використання ТМ дозволяє підвищити тягове зусилля (при максимальному значенні умовного тягового ККД) з 28 (ЕМ - трактор МТЗ-142) до 45 кН (ЕМ+ТМ). При збільшенні зчіпної маси на 51% приріст тяги складає 60%. Такий результат забезпечується за рахунок суттєвого "multipass" ефекту.



Рисунок 2 - Модульний енергетичний засіб перемінного тягового класу 1,4-3

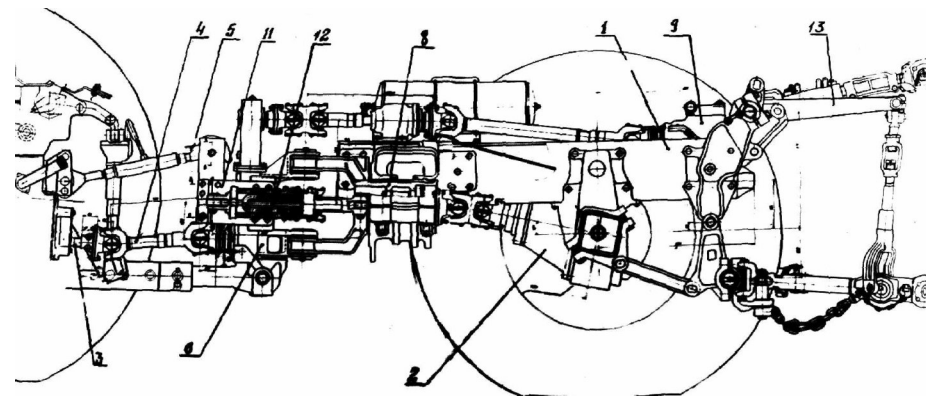


Рисунок 3 - Будова технологічного модуля ME3-200

Шарнірне зчленування рами забезпечує їй поворот відносно ЕМ на  $\pm 30^\circ$  в горизонтальній і на  $\pm 15^\circ$  - в поперечно - вертикальній площинах.

Гідроциліндри 12, розміщені між передньою опорою 6 вертикального шарніру і трубою балансиру 8 (горизонтального шарніру), забезпечують або вільний поворот ТМ в горизонтальній площині під час розворотів МТА, або блокування (за допомогою спеціального пристрою) вертикального шарніру при прямолінійному русі.

В якості ведучого моста ТМ 9 використаний задній ведучий міст трактора Т-150К. Привід колодкових гальм ТМ- пневматичний від пневмосистеми ЕМ. Навісний механізм 13 ТМ- важільний, гідропривідний. Передбачене переналагодження механізму з трьохточкової на двохточкову систему. В передній частині рами ТМ на лівому лонжероні встановлена висувна опора, яка запобігає його перекиданню при відчепленні від енергетичного модуля.

Технологічний модуль оснащений вантажною платформою для встановлення на ній технологічних ємностей загальним об'ємом до 3000 л. Для агрегування з різними сільськогосподарськи-

ми знаряддями та машинами додатково використовуються:

- вал відбору потужності, який може працювати в незалежному або синхронному режимах. В останньому випадку при швидкості руху 10,2 км/год забезпечується частота обертання ВВП 6,27 або 3,47 об/м шляху. Карданний привід ВВП ТМ має проміжну опору 10, що забезпечує його роботу при взаємному повороті енергетичного і технологічного модулів МЕЗ як в горизонтальній, так і вертикальній площинах;

- причіпний пристрій (поперечина зі скобою) - для роботи з причіпними знаряддями;

- тягово-зчіпний пристрій - при агрегуванні з напівпричепами;

- сидельний пристрій для транспортних робіт із сидельними напівпричепами.

#### Коротка технічна характеристика ТМ МЕЗ- 200

Експлуатаційна маса, кг	2600
Відстань від вісі коліс ТМ до вісі задніх коліс ЕМ, мм	2600
Колія, мм	1400
Шини коліс, мм	16,9-30



Рисунок 4 – Технологічний модуль МЕЗ

Номінальне тягове зусилля МЕЗ-100, визначене в процесі тягово-динамічних випробувань, складає 33 кН. Досягається воно при буксуванні рушіїв 13% і швидкості руху 9 км/год.

Таким чином, тягово-зчіпні властивості МЕЗ-200 дозволяють йому агрегуватися зі шлейфом с.-г. машин і знарядь, призначених для тракторів класу 3. Енергетичний модуль даного МЕЗ може експлуатуватися зі знаряддями для трактора класу 2.

Найпершими операціями основного обробітку ґрунту після збирання урожаю є лушення стерні колосових та дискування стерні грубостебельних культур. В процесі агрегування МЕЗ з лушильником ЛДГ-15, останній був налагоджений на глибину обробітку ґрунту 6-8 см при кутові атакування дисків 35°. Робоча швидкість МТА обмежувалась якістю роботи, а тому не перевищувала 9 км/год.

Дискування стерні бороною БДТ-7 проводилось на швидкості 9- 10 км/год при глибині обробітку 6-10 см. Тягове навантаження не перевищувало 20 кН, буксування рушіїв -6%, ступінь використання потужності двигуна - 65-70%.

Експлуатаційно-технологічні випробування показали, що змінна продуктивність праці у обох МТА на базі МЕЗ-100 вища, а питомі витрати палива - нижчі нормативних, встановлених для аналогічних агрегатів на основі колісного трактора кл. 3 (Т-150К).

На лушенні стерні приріст змінного виробітку складав 10-12%, а економія палива - до 45%. На дискуванні ці показники були рівні 24 та 30% відповідно. Слід відзначити, що змінна продуктивність аналогічних базових МТА на основі Т-150К (які випробовувались паралельно з новими) також перевищувала нормативну, але була нижчою за продуктивність нових агрегатів на основі МЕЗ-200.

Продуктивність, трудоемкість агрегування та маневреність МТА на базі МЕЗ-200 і Т-150К на культивації ґрунту плоскорізом КПШ-3,8 були практично однаковими. Економія витрат палива складала 14-15%.

Випробування МЕЗ і трактора Т-150К з двома культиваторами КПС-4 і 8 боронами БЗТС-1,0 проводили на швидкостях 6,5-10,5 км/год. Тягове навантаження на цих операціях дорівнювало 28-32 кН. При глибині обробітку ґрунту 8-10 см буксування рушіїв МЕЗ-200 складало 12%, а буксування рушіїв Т-150К - близько 18%. Економія палива новим МТА- 16-18%.

Із зростанням робочої швидкості суттєвого зростання тягового опору технологічної частині МТА не спостерігалось. Але на підвищеній швидкості не видержувалась рівномірність глибини обробітку.

МЕЗ-200 і трактор Т-150К задовільно агрегуються з культиватором КШУ-12. Продуктивність обох агрегатів була практично однакова при менших (на 20%) погектарних витратах палива МТА на основі МЕЗ. При роботі цього енергетичного засобу з культиватором КШУ-12 замість 2-х КПС-4 зменшуються витрати палива, краще використовується потужність двигуна.

При використанні МЕЗ-200 на операціях по основному обробітку ґрунту продуктивність праці МТА на його основі у гіршому випадку не поступаються по зазначеному показнику аналогічним агрегатам на основі колісного трактора Т-150К. Щодо питомих витрат палива, то у нових МТА вони менші як рахунок більш економічного двигуна МЕЗ, так і завдяки меншим витратам на його переміщення і буксування. Остання перевага пояснюється більш розвинутою ходовою системою МЕЗ-200 та кращою проявою "multipass" ефекту.

Енергетичний модуль МЕЗ може досить ефективно використовуватися на тягово-привідних операціях. В процесі експлуатаційно-технологічних випробувань цього енергетичного засобу з розкидачами мінеральних (РУМ-8) та органічних (ПРТ-10) добрив, а також силосозбиральним комбайном КСС-2,6 встановлено, що у всіх варіантах агрегування потужність двигуна використовувалась не більше, ніж на 55%. Це засвідчує про високі потенційні можливості експлуатації ЕМ МЕЗ з більш енергоємними тягово-привідними машинами.

У порівнянні з аналогічними агрегатами на базі трактора Т-150К продуктивність нових МТА знаходилась на одному рівні, а питоми витрати палива були нижчі на 20- 25%. Пояснюються це як меншою (на 2,8 т) масою ЕМ МЕЗ, так і кращою економічністю його двигуна.

Позаяк радіус повороту у енергетичного модуля МЕЗ-200 на 1,2 м менший, ніж у Т-150К, то витрати часу на повороти у нових МТА на 8-10% нижчі, ніж у базових. Якість виконання технологічних процесів всіма агрегатами відповідала агротехнічним вимогам.

Слід відзначити, що в силу своєї високої універсальності МЕЗ може широко використовуватися на транспортних роботах як з багатовантажними, так і сідельними напівпричепами. типу ОДАЗ - 885. З корисною масою 8100 кг МЕЗ-200 може рухатися по польовій дорозі зі швидкістю до 28 км/год. Під час руху на асфальтованій дорозі з таким навантаженням достатнього активного приводу задніх коліс енергетичного модуля МЕЗ. Привід переднього мосту ЕМ та коліс ТМ може бути відключеним. Проте при переміщенні на злученому полі активними повинні бути всі три мости.

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Основні конструктивні елементи енергетичного модуля.
- 3 Особливості використання МЕЗ у складі трактора марки МТЗ.
- 4 Основні концепції розвитку енергетичних засобів.

**Контрольні запитання:**

- 1 До якого тягового класу відноситься трактор МТЗ-80?
- 2 Що таке енергетичний модуль (ЕМ)?
- 3 Що таке технологічний модуль (ТМ)?
- 4 Що таке модульний енергетичний засіб (МЕЗ)?
- 5 Який тип ВВП використовується при з'єднанні МЕЗ?
- 6 З чого складається ТМ МЕЗ ?
- 7 Одиниці вимірювання синхронного ВВП енергетичного засобу МЕЗ -200.
- 8 На який кут забезпечується поворот рами технологічного модуля МЕЗ відносно енергетичного модуля?
- 9 Назвати технічно-експлуатаційні параметри, які характеризують використання транспортних засобів.

## **Лабораторна робота № 2**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ МОДУЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ (МЕЗ) УНІВЕРСАЛЬНО - ПРОСАПНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

#### **МЕТА РОБОТИ**

Засвоїти на конкретних прикладах методику розрахунку оптимальних значень потужності двигуна МЕЗ універсально - просапного призначення, маси та енергонасиченості його енергетичного і технологічного модулів

#### **1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

##### **1.1 Рекомендована література**

1 Надикто В.Т. Основи агрегаткування модульних енергетичних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.г. виробництва» Глеваха. 2002. 40 с.

**Тривалість:** 2 год.

#### **2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

##### **2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- баланс потужностей модульного енергетичного засобу;
- визначити потужність двигуна МЕЗ загального призначення.

*2.1.2 Ознайомитись:*

– з розрахунком балансу потужностей модульного енергетичного засобу.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

## 2.2 Теоретичні відомості

### Малогабаритні та жорсткостиковані енергетичні засоби і агрегати на їх основі.

З метою економії енергоресурсів на фоні подорожчання енергоносіїв в багатьох галузях народного господарства виникла потреба в малогабаритній техніці. В останній період сформувалась точка зору, що під цим терміном слід розуміти: малогабаритні трактори (МТ), малогабаритні шасі (МШ) та малотонажні вантажні автомобілі (МВА) [1].

Враховуючи класифікацію тракторів тягової концепції по тяговому зусиллю, до МТ відносяться енергетичні засоби класу 0,2 та 0,6. Проте з їх допомогою вирішується лише частина питань ефективного використання малогабаритної техніки. Так, агрегування МТ з вантажним причепом не вирішує ряду проблем внутрішньогосподарського малотонажного перевезення із-за низьких транспортних швидкостей. У МТ відсутні вільні місця для встановлення агрегованих машин - знарядь і т.д.

В той же час відомі МШ (типу Т-16МГ) не мають навісних механізмів тощо, а МВА не вирішують проблем тягових ТМ і МШ.

Для зниження витрат споживачу потрібна техніка, побудована на ін-ших принципах і функціональних схемах. Прикладом може бути малогабаритний енергомодуль (ЕМ), функціонально триєдино замінюючий МТ, МШ і МВА.

ЕМ - рамний тягово-енергетичний засіб формули 4К2 з пе-

редньою розташованою кабіною і відкритим майданчиком над заднім мостом. Тягові роботи проводяться при включених знижених передачах роздавальної коробки, а транспортні - на прямій.

### Коротка технічна характеристика енергомодуля ЕМ-0,6 (Рубцовський індустріальний інститут, Росія)

Тяговий клас	0,6
Потужність двигуна, кВт	21
Колія, мм	1630-1690
Діапазон швидкостей, км/год	3,6 - 53
Діапазон тягових зусиль, кН	0,3 - 15
Вантажопідйомність, т	1,0

ЕМ-0,6 оснащений заднім навісним механізмом, переднім, середнім і заднім ВВП. На його основі можна отримати малогабаритний трактор для оранки (плуг ПН-2-20) та іншого основного обробітку ґрунту, косарку (Вр=1,6 м), бульдозер, навантажувач, екскаватор і автомобіль тощо.

Одним із ефективних шляхів подальшого розширення функціональних можливостей даного (і подібних йому) енергозасобу є установка переднього навісного механізму. Проте при цьому слід пам'ятати, що таке рішення не дозволяє зменшити габарити та масу ЕЗ. Протилежним цьому є напрямок, пов'язаний з граничним зменшенням розмірів ведених керованих коліс аж до заміни їх аутригерами і частковою передачею функції керування та тяги колесам с.-г. машин. У цьому варіанті зниження питомої ваги енергетичної частини в агрегаті досягає по масі до 50% і по вартості - до 60% [2]. Такі показники забезпечує ЕЗ у вигляді одновісної модифікації з

переднім і заднім розміщенням стикуємих вузлів, синхронних та незалежних ВВП (стик - трактор).

Принципова схема агрегатів на базі одновісного ЕЗ з колісною формулою 2К2 отримала назву жорстко стикованих або стик - агрегатів. Цей термін представляє агрегати модульного типу, енергетична і технологічна частина яких мають спільну жорстку роз'ємностиковану в експлуатації основу.

На сучасному етапі найбільш актуальним є створення і впровадження у виробництві жорстко стикованих МТА різного призначення потужністю 22-33 кВт у зв'язку з необхідністю різкого скорочення ручної та малокваліфікованої праці в тих областях сільськогосподарства, де використання потужних ЕЗ економічно недоцільне або навіть практично неможливе.

Стик-трактор забезпечує такі варіанти побудови модульних агрегатів:

- з вантажною платформою - транспортний;
- з вантажною платформою і технологічним обладнанням - транспортно - технологічний;
- з додатковою веденою віссю - самохідне шасі;
- з додатковим ведучим мостом - універсальний трактор з колісною формулою 4К4;
- з технологічною с.-г. машиною і додатковим навішуванням спереду робочих органів - самохідний комбайн;
- з додатковим енергетичним модулем - трактор-тандем з подвоєною потужністю та силою тяги.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження і випробування жорстко стикованих агрегатів на базі шасі Т-16МГ (МЕЗ-0,6- ІМЕСГ і ХЗТСШ) та СШ-28 підтвердили гіпотезу про технічну здійсненність та економічну доцільність впровадження у

виробництво такого напрямку конструювання енергетичних засобів.

Для універсально - просапних тракторів класу 1,4 один із варіантів стикового пристрою передбачає установку трьох точкової навісної системи на вертикальному шарнірі. Оснащення трактора пристроєм для підймання передніх коліс і керування поворотом навісної системи дозволяє використовувати його з технологічними модулями, маса яких в декілька разів перевищує масу самого трактора.

Слід підкреслити, що аналогічні розробки ведуться і за рубежом. Так, німецькою фірмою АGG створений одновісний силовий агрегат "PU" потужністю 115 кВт [4], оснащений кабіною і передньою, а також задньою швидкодіючими зчіпними механізмами. В якості додаткової опори при переміщенні використовуються ходові колеса технологічної частини агрегату або другого такого ж (трактор-тандем) спареного енергетичного блоку. На основі "PU" можна скомплектувати збиральну машину, транспортний, орний та інші МТА.

Проте, при всіх своїх позитивних якостях, вказаний вище напрямок моделювання енергетичних засобів має суттєві недоліки. По - перше, в автономному положенні одновісний ЕЗ повністю губить якості самостійної транспортної одиниці. І це є важливим, якщо навіть подолати усталений стереотип мислення про трактор як фізичний об'єкт. По - друге, відмінною ознакою жорсткостикованих агрегатів є можливість їх роз'єднання по вертикалі. Але оперативне виконання такої операції в рядових умовах експлуатації може бути просто неможливим. По - третє, практичне впровадження стик - агрегатів потребує розробки і освоєння цілої гами нових сільськогосподарських машин і знарядь, що саме по собі є задачею досить

проблематичною.

Останній момент є досить важливим і у справі практичного застосування на сільськогосподарських роботах трьохвісних енергетичних засобів. Раніше уже були розглянуті приклади технічної здійсненності останніх. Проте слід прийняти до уваги, що практично всі ці ЕЗ конструктивно складні. Из-за жорсткого (в горизонтальній площині) приєднання третього мосту агрегати на їх основі (як і ЕЗ в автономному положенні) мають (або можуть мати) недостатню маневреність і великі енерговитрати під час руху на поворотній смузі. Навіть таке конструктивне рішення, як підймання третього моста в транспортне положення (фінський трактор Valmet) - не вирішує проблеми в цілому. Фактичне річне завантаження трьохвісних ЕЗ високих тягових класів (5 і більше) на протязі року може не перевищувати половини нормативного. Взагалі, енергетичні засоби 6К6, характеризуються ще недостатньою адаптивністю по відношенню до змін матеріально - технічної бази в сфері експлуатації.

Не дивлячись на це, на заході вважають, що основою комплексу для вирощування, наприклад, просапних культур стане самохідна машина багатоцільового призначення саме з шістьма ведучими колесами однакового розміру. Але це при умові, якщо будуть суттєво опрацьовані технологічні, економічні та інші аспекти їх застосування.

Висока стійкість руху МЕЗ універсально - просапного призначення (із-за збільшеної поздовжньої бази) дозволяє реалізувати на його основі 18- рядну систему вирощування просапних культур ( $V_p = 12,6$  м) із міжряддями 70 см. На посіві технологічний модуль МЕЗ-200 агрегувався із 12- рядною пневматичною сівалкою конструкції ПФ ІМЕСГ (умовна марка СПЧ-12). В передній частині до нього приєднували напівнавісну зчіпку СН-75, на крила якої

навішували трьохсівальні секції під умовною маркою СПЧ-3 (плакат). Вакуум для них забезпечував спеціально розроблений в ПФ ІМЕСГ газоструминний компресор. Експаустер задньої сівалки мав привід від ВВП технологічного модуля МЕЗ-200.

На міжрядному обробітку використовували культиватор КРН-8,4 та дві бокові секції під умовною маркою КРН-2,1. Ширина захвату кожного бокового знаряддя відносилось до ширини захвату центрального як 1:4.

За 10 годин роботи такими МТА можна засіяти і відповідно обробити не менше 100 га просапних культур. Ступінь завантаження двигуна МЕЗ знаходився при цьому на рівні 70%. Цей факт вказує на те, що практична реалізація 18- рядної системи просапних культур можлива на основі одного тільки енергетичного модуля. Проте поздовжня база останнього дорівнює 2,7 м проти 5,3 м у МЕЗ-200, в результаті чого МТА на базі одного ЕМ більш чутливий до збурюючого впливу, що відповідним чином відбивається на стійкості його руху (тобто вона погіршується).

Високі тягово-енергетичні властивості МЕЗ універсально-просапного призначення створюють реальні передумови для реалізації 24-рядної ( $V_p=16,8$  м) системи вирощування просапних культур. Підтвердженням цьому є результати досліджень в умовах імітації МТА у складі МЕЗ-200, зчіпки СН-75 та трьох культиваторів КРН-5,6.

#### Загальні положення.

В якості енергетичного модуля МЕЗ класу 2-4 (МЕЗ-200) використовується універсально-просапний трактор кл.2. В МЕЗ конструкції НАТІ- це МТЗ-142, потужність двигуна якого (Д-260Т) дорівнює 142 кВт (див. Рис. 1). Трактор оснащений синхронним ва-



лом відбору потужності з характеристикою 5,7 обертів на метр пройденого шляху.



Рисунок 1 - Модульний енергетичний засіб універсально - просапного призначення

Під час роботи МЕЗ у складі того чи іншого МТА частина потужності його двигуна ( $N_e$ ) реалізовується енергетичним ( $N_T$ ), а частина - технологічним ( $N_M$ ) модулями. Потужність  $N_T$ , в свою чергу, відповідним чином розподіляється між переднім ( $N_{Tp}$ ) і заднім ( $N_{Tz}$ ) мостами енергетичного модуля. В окремих випадках можливе додаткове витрачання  $N_e$  через передній вал відбору потужності (ВВП) енергетичного та (або) ВВП технологічного модулів МЕЗ ( $N_{ВВП}$ ). З урахуванням вищезгаданого, баланс потужностей модульного енергетичного засобу має вигляд:

$$N_e = N_{Tp}/\eta_{Tp} + N_{Tz}/\eta_{Tz} + N_M/\eta_M + N_{ВВП}/\eta_{ВВП}, \quad (1)$$

де  $\eta_{Tp}$ ,  $\eta_{Tz}$ ,  $\eta_M$ ,  $\eta_{ВВП}$  - коефіцієнти корисної дії (ККД) приводу передніх і задніх коліс енергетичного, а також коліс технологічного модулів МЕЗ і їх ВВП.

В рівнянні (1) не враховані витрати потужності на подолання опору повітря (із-за відносно малої величини швидкості робочого руху МТА), подолання сил інерції (із-за розглядання в основному рівномірного руху по горизонтальній ділянці), на створення умов праці механізатора та інші динамічні складові  $N_e$  в силу їх відносно незначущості.

#### Розрахунок потужності двигуна енергетичного модуля (ЕМ) МЕЗ

Для досягнення поставленої мети величину  $N_e$  доцільно виразити у вигляді залежності від маси ( $M_T$ ) ЕМ:

$$N_e = \frac{D_1 M_T^3 + D_2 M_T^2}{M_T^2 - D_3 M_T - D_4} \cdot D_0 + D_5, \quad (2)$$

де  $D_1 = V \cdot f \cdot g$ ;

$$D_2 = V \cdot P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim};$$

$$D_3 = A \cdot P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim}/g;$$

$$D_4 = B \cdot (P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim}/g)^2;$$

$$D_0 = K_{VT}/\eta_{Tp.T} + K_{VM} \cdot (\lambda - 1)/\eta_M;$$

$$D_5 = N_{ВВП}/\eta_{ВВП}.$$

$V$  - верхня межа швидкості робочого руху МТА, м/с;

$f$  - коефіцієнт опору кочінню;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$P_{кр.т}^H$  - номінальне тягове зусилля енергетичного модуля, кН;

$\delta_{lim}$  - коефіцієнт можливого гакового перевантаження енергетичного засобу;

A, B - коефіцієнти апроксимування кривої буксування енергетичного модуля МЕЗ: залежать від ґрунтових умов (стерня чи поле, підготовлене до посіву), типу ходової системи енергозасобу (4К2, 4К4) тощо.

$K_{VT}$ - коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями передніх та задніх коліс енергетичного модуля МЕЗ;

$K_V$  - коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями задніх коліс енергетичного та коліс технологічного модулів;

$\eta_{тр.т.}$ ,  $\eta_m$  - ККД трансмісій енергетичного та технологічного модулів МЕЗ;

$\lambda$  - відношення номінального тягового зусилля МЕЗ ( $P_{кр.мез}^H$ ) до номінального тягового зусилля його енергетичного модуля:

$$\lambda = P_{кр.мез}^H / P_{кр.т}^H$$

Як показує практика, коефіцієнт можливого гакового перевантаження  $\delta_{lim}$  змінюється в досить широкому інтервалі. З урахуванням нормального закону розподілу тягового опору МТА можна вважати, що:

$$\delta_{lim} = 1 + 3 \cdot V_x, \quad (3)$$

де  $V_x$  - коефіцієнт варіації гакового навантаження.

#### Порядок проведення розрахунків

За заданими значеннями величин  $M_t$ ,  $V$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $P_{кр.т.}^H$ ,  $P_{кр.мез}^H$ ,  $V_x$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $K_{VT}$ ,  $K_{VM}$ ,  $\eta_{тр.т.}$ ,  $\eta_m$ ,  $N_{ввп}$  і  $\eta_{ввп}$  знаходять:

-  $\lambda$ , як відношення номінальних тягових зусиль МЕЗ і його

енергетичного модуля;

- коефіцієнт  $\delta_{lim}$  - з формули (3);

- коефіцієнти  $D_0 - D_5$  і величину  $N_e$  - з виразу (2).

#### Практичне завдання

1) Визначити потужність двигуна МЕЗ універсально - просапного призначення при наступних вихідних даних:  $M_t = 5300$  кг;  $V = 2,77$  м/с;  $f = 0,14$ ;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $P_{кр.т.}^H = 20$  кН;  $P_{кр.мез}^H = 30$  кН;  $V_x = 0,06$ ;  $A = 0,40$ ;  $B = 0,10$ ;  $K_{VT} = 1,03$ ;  $K_{VM} = 1,03$ ;  $\eta_{тр.т.} = 0,93$ ;  $\eta_m = 0,95$ ;  $N_{ввп} = 0$  кВт;  $\eta_{ввп} = 0,97$ .

2) Розрахувати величину  $N_e$  при збільшенні  $K_{VT}$  до 1,1 і пояснити отриманий результат.

#### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
- 3 Робить висновок про енергонасиченість МЕЗ на базі різних енергетичних засобів.

#### **Контрольні запитання:**

1. Який вплив на потужність здійснює кінематична невідповідність між коловими швидкостями коліс енергетичного і технологічного модулів МЕЗ?
2. Як зміниться величина потужності двигуна МЕЗ при зменшенні верхньої межі швидкості руху МТА?
3. Що враховує коефіцієнт  $\delta_{lim}$ ?
4. Чи відповідають вимогам тягово-енергетичної концепції параметри визначених у вище приведених завданнях енергетичних

модулів МЕЗ універсально-просапного та загального призначень?

5 Вказати складову для визначення тягової потужності трактора?

6 До якого тягового класу відноситься трактори МТЗ-82?

7 Який має вигляд баланс потужностей модульного енергетичного засобу?

### Лабораторна робота № 3

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ МОДУЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ (МЕЗ) ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

### МЕТА РОБОТИ

Засвоїти на конкретних прикладах методику розрахунку оптимальних значень потужності двигуна МЕЗ загального призначення, маси та енергонасиченості його енергетичного і технологічного модулів

### 1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

#### 1.1 Рекомендована література

1 Надикто В.Т. Основи агрегатування модульних енергетичних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.г. виробництва. Глеваха. 2002. 40 с.

### 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

#### 2.1 Програма роботи

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- баланс потужностей модульного енергетичного засобу;
- визначити потужність двигуна МЕЗ загального призначення.

*2.1.2 Ознайомитись:*

- з розрахунком балансу потужностей модульного енергетичного засобу.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

## 2.2 Теоретичні відомості

### Технологічні властивості нових енергетичних засобів.

Поряд з тяговою функцією, енергетичний засіб повинен відповідати цілому ряду технологічних вимог як по режиму, так і по агротехнічних якостях виконання операцій. У зв'язку з постійним удосконаленням сільськогосподарського виробництва вимоги до ЕЗ, як до елемента енерготехнологічного комплексу, також зростають, а його функціональні властивості безперервно розширюються.

Важливим етапом в розвитку технологічних властивостей ЕЗ є застосування комбінованих МТА, які включають декілька сільськогосподарських машин різного призначення (в тому числі і з активними робочими органами). Поява таких агрегатів співпадає з періодом різкого зростання норм внесення хімічних препаратів, які одночасно стимулюють ріст культурних рослин і пригноблюють шкідники та бур'яни.

Зазначені технологічні новинки зажадали суттєвих конструктивних доопрацювань ЕЗ: підвищення вантажопід'ємності коліс без збільшення шкідливого їх впливу на ґрунт; збільшення вантажопід'ємності задніх і введення передніх навісних систем; застосування багатошвидкісних ВВП з різною схемою їх приводу (незалежний, синхронний тощо).

Найбільш помітним і досить значним етапом розвитку технологічних властивостей енергетичних засобів стала інтенсифікація кормовиробництва. Кормозбиральна техніка відрізняється високим рівнем енергоспоживання, а її використання потребує постійного візуального контролю за технологічним процесом. Енергетичні засоби цього напрямку мають потужний двигун, реверсивний пост керування і реверсивну трансмісію, а також трохи підійняту кабіну тощо. Так, наприклад, німецька фірма "Клаас" розробила

самохідне шасі "Ксеріон 2500", енергонасиченість якого становить близько 50 кВт/т [1]. Шасі має ряд конструктивних особливостей, які роблять його універсальною машиною. По - перше, це наявність трьох валів відбору потужності (заднього, верхнього та фронтального). По - друге, спеціально розроблена гідравлічно - механічна коробка передач, яка забезпечує плавну роботу приводу за будь - якого навантаження та швидкості. На базі цього шасі можна отримати: широкозахватну косарку, 4-х рядковий картоплекопач, буряко-збиральний комбайн, обприскувач, комбіновані МТА для обробітку ґрунту тощо. "Ксеріон 2500" відзначається надзвичайною маневреністю, оскільки може рухатися навіть боком.

Важко переоцінити вплив на технологічні властивості ЕЗ зручність керування МТА. Етапним рішенням слід вважати оснащення і комфорт кабіни. У описаного вище шасі "Ксеріон 2500", для прикладу, можна легко, за лічені хвилини, змінити положення кабіни (посередині, спереду та збоку ліворуч), яка оснащена кондиціонером, зручним сидінням та електронним монітором управління агрегатом.

Подальше збільшення продуктивності праці в рільництві, як стверджують прогнози експертів, буде досягнуто завдяки широкому впровадженню комбінованих, широкозахватних та швидкісних агрегатів з активним приводом робочих органів.

Проведені роботи і по створенню жорсткостикованих агрегатів на основі серійних тракторів більш високих класів. Один із таких варіантів передбачає використання в якості одновісного енергетичного модуля - передньої частини трактора К-701, а технологічного - причепа ЗПТС-12 [1]. Їх з'єднання забезпечується завдяки оснащенню енергетичного модуля колесами з механізмом піднімання та серійного по-здовжньо-осьового шарніру, внутрішня труба якого розміщена на енергетичному, а зовнішня - на технологічному модулі. По такій схе-

мі одновісний енергетичний модуль може бути виконаний на базі серійних шарнірно зчленованих тракторів класу 3 і 5.

Енергетичний модуль МЕЗ загального призначення (МЕЗ-300, рис.1) відрізняється від серійного трактора Т-150К наявністю синхронного приводу ВВП і двигуном СМД-601. Останній обладнаний коректором-перемикачем, який дозволяє в польових умовах здійснювати перегулювання потужності дизеля з 162 до 190 кВт.

Технологічний модуль МЕЗ-300 виконаний на базі заднього моста трактора Т-150К. Всі його вузли, за винятком навісного і переднього зчіпного механізмів, - штатні. Задній навісний пристрій взятий від трактора К-700.

Відносна кутова рухливість модулів МЕЗ-300 в горизонтальній і вертикальній площинах така ж, як і у МЕЗ-200 ( $\pm 30^\circ$  та  $\pm 15^\circ$  відповідно).



Рисунок 1 - Модульний енергетичний засіб перемінного тягового класу 3-5 (МЕЗ-300)

#### Коротка технічна характеристика МЕЗ-300

Експлуатаційна маса ЕМ, кг	8200
Експлуатаційна маса ТМ, кг	3700
Експлуатаційна маса МЕЗ, кг	11900
Потужність двигуна, кВт	162/190

Максимальна енергонасиченість ЕМ, кВт/т	23,2
Поздовжня база ЕМ, м	2,86
Поздовжня база МЕЗ, м	5,56
Колія коліс, мм	1680
Шини коліс	21,3-24

Випробування МЕЗ-300 на безполицевому обробітку (КПШ-9), чизелюванні (ПЧ-4,5), дискуванні (БД-10) та суцільній культуривації (4 КПС-4+ 16БЗТС-1,0) ґрунту показали, що по своїм тягово-енергетичним та агротехнічним показникам агрегати на основі нового енергетичного засобу відповідають як нормативним, так і дійсним показникам аналогічних агрегатів на базі трактора класу 5 (К-700). Виняток складають орні МТА. Використання МЕЗ-300 на оранці в агрегаті з плугом ПНЛ-8-40 у порівнянні з МТА в складі Т-150К і ПЛН-5-35 дозволяє підвищити продуктивність праці не менше, ніж на 60% і знизити погектарні витрати палива не менше, ніж на 30% [1]. Вказаний результат забезпечується особливостями агрегування МЕЗ з плугом.

Загальні положення. Під час роботи МЕЗ у складі того чи іншого МТА частина потужності його двигуна ( $N_e$ ) реалізовується енергетичним ( $N_t$ ), а частина - технологічним ( $N_m$ ) модулями. Потужність  $N_t$ , в свою чергу, відповідним чином розподіляється між переднім ( $N_{tp}$ ) і заднім ( $N_{tz}$ ) мостами енергетичного модуля. В окремих випадках можливе додаткове витрачання  $N_e$  через передній вал відбору потужності (ВВП) енергетичного та (або) ВВП технологічного модулів МЕЗ ( $N_{ввп}$ ). З урахуванням вищезгаданого, баланс потужностей модульного енергетичного засобу має вигляд:

$$N_e = N_{ТП}/\eta_{ТП} + N_{ТЗ}/\eta_{ТЗ} + N_M/\eta_M + N_{ВВП}/\eta_{ВВП}, \quad (1)$$

де  $\eta_{ТП}$ ,  $\eta_{ТЗ}$ ,  $\eta_M$ ,  $\eta_{ВВП}$  - коефіцієнти корисної дії (ККД) приводу передніх і задніх коліс енергетичного, а також коліс технологічного модулів МЕЗ і їх ВВП.

В рівнянні (1) не враховані витрати потужності на подолання опору повітря (із-за відносно малої величини швидкості робочого руху МТА), подолання сил інерції (із-за розглядання в основному рівномірного руху по горизонтальній ділянці), на створення умов праці механізатора та інші динамічні складові  $N_e$  в силу їх відносно незначущості.

### Розрахунок потужності двигуна енергетичного модуля (ЕМ) МЕЗ

Для досягнення поставленої мети величину  $N_e$  доцільно виразити у вигляді залежності від маси (МТ) ЕМ:

$$N_e = \frac{D_1 M_T^3 + D_2 M_T^2}{M_T^2 - D_3 M_T - D_4} \cdot D_0 + D_5, \quad (2)$$

де  $D_1 = V \cdot f \cdot g$ ;

$$D_2 = V \cdot P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim};$$

$$D_3 = A \cdot P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim}/g;$$

$$D_4 = B \cdot (P_{кр.т}^H \cdot \delta_{lim}/g)^2;$$

$$D_0 = K_{VT}/\eta_{тр.т} + K_{VM} \cdot (\lambda - 1)/\eta_M;$$

$$D_5 = N_{ВВП}/\eta_{ВВП}.$$

$V$  - верхня межа швидкості робочого руху МТА, м/с;

$f$  - коефіцієнт опору кочінню;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$P_{кр.т}^H$  - номінальне тягове зусилля енергетичного модуля, кН;

$\delta_{lim}$  - коефіцієнт можливого гакового перевантаження енергетичного засобу;

$A$ ,  $B$  - коефіцієнти апроксимування кривої буксування енергетичного модуля МЕЗ: залежать від ґрунтових умов (стерня чи поле, підготовлене до посіву), типу ходової системи енергозасобу (4К2, 4К4) тощо.

$K_{VT}$  - коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями передніх та задніх коліс енергетичного модуля МЕЗ;

$K_V$  - коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями задніх коліс енергетичного та коліс технологічного модулів;

$\eta_{тр.т}$ ,  $\eta_M$  - ККД трансмісій енергетичного та технологічного модулів МЕЗ;

$\lambda$  - відношення номінального тягового зусилля МЕЗ ( $P_{кр.мез}^H$ ) до номінального тягового зусилля його енергетичного модуля:

$$\lambda = P_{кр.мез}^H / P_{кр.т}^H$$

Як показує практика, коефіцієнт можливого гакового перевантаження  $\delta_{lim}$  змінюється в досить широкому інтервалі. З урахуванням нормального закону розподілу тягового опору МТА можна вважати, що:

$$\delta_{lim} = 1 + 3 \cdot V_x, \quad (3)$$

де  $V_x$  - коефіцієнт варіації гакового навантаження.

### Порядок проведення розрахунків

За заданими значеннями величин  $M_T$ ,  $V$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $P_{кр.т.}^H$ ,  $P_{кр.мез.}^H$ ,  $V_x$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $K_{VT}$ ,  $K_{VM}$ ,  $\eta_{тр.т.}$ ,  $\eta_M$ ,  $N_{ввп}$  і  $\eta_{ввп}$  знаходять:

-  $\lambda$ , як відношення номінальних тягових зусиль МЕЗ і його енергетичного модуля;

- коефіцієнт  $\delta_{lim}$  - з формули (3);

- коефіцієнти  $D_0 - D_5$  і величину  $N_e$  - з виразу (2).

### Практичне завдання

1) Визначити потужність двигуна МЕЗ загального призначення при наступних вихідних даних:  $M_T = 8100$  кг;  $V = 2,77$  м/с;  $f = 0,08$ ;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $P_{кр.т.}^H = 30$  кН;  $P_{кр.мез.}^H = 50$  кН;  $V_x = 0,06$ ;  $A = 0,0001$ ;  $B = 0,35$ ;  $K_{VT} = 1,03$ ;  $K_{VM} = 1,03$ ;  $\eta_{тр.т.} = 0,93$ ;  $\eta_M = 0,95$ ;  $N_{ввп} = 0$  кВт;  $\eta_{ввп} = 0,97$ .

2) Розрахувати величину потужності двигуна МЕЗ для агрофону "поле, підготовлене до сівби" ( $f = 0,14$ ) і пояснити отриманий результат.

### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

1 Номер, найменування та мету роботи.

2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.

3 Робить висновок про енергонасиченість МЕЗ на базі різних енергетичних засобів.

### **Контрольні запитання:**

1. Який вплив на потужність здійснює кінематична невідповідність між коловими швидкостями коліс енергетичного і технологічного модулів МЕЗ?

2. Як зміниться величина потужності двигуна МЕЗ при зменшенні верхньої межі швидкості руху МТА?

3. Що враховує коефіцієнт  $\delta_{lim}$ ?

4. Чи відповідають вимогам тягово-енергетичної концепції параметри визначених у вище приведених завданнях енергетичних модулів МЕЗ універсально-просапного та загального призначень?

5 Вказати складову для визначення тягової потужності трактора?

6 До якого тягового класу відноситься трактори ХТЗ-150К?

7 Який має вигляд баланс потужностей модульного енергетичного засобу?

**Лабораторна робота № 4**  
**ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КІНЕМАТИЧНОЇ**  
**НЕВІДПОВІДНОСТІ В ПРИВОДІ КОЛІС**  
**ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДУЛЯ МЕЗ**

**МЕТА РОБОТИ**

На конкретному прикладі освоїти методику розрахунку коефіцієнта кінематичної невідповідності між коловими швидкостями коліс енергетичного та технологічного модулів МЕЗ

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

1 Надикто В.Т. До питання кінематичної невідповідності в приводі коліс модульного енергетичного засобу // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. 2002. Вип. 4(18). т.1. С. 56-63.

2 Надикто В.Т. Управляемость и устойчивость движения агрегата на основе МЭС. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. №7. С.17-20.

3 Кацыгин В.В. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства.- Мн.: Наука и техника. 1982. 272 с.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

– правила визначення коефіцієнта кінематичної невідповідності приводу технологічного модуля;

– визначити вплив коефіцієнта кінематичної невідповідності на динамічні характеристики МЕЗ.

*2.1.2 Ознайомитись:*

– з розрахунком коефіцієнта кінематичної невідповідності приводу технологічного модуля енергетичного засобу.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

**2.2 Теоретичні відомості**

**Системи відбору потужності і приводу сільськогосподарських машин.**

Подальше збільшення продуктивності праці в рільництві, як стверджують прогнози експертів, буде досягнуто завдяки широкому впровадженню комбінованих, широкозахватних та швидкісних агрегатів з активним приводом робочих органів.

До систем відбору потужності двигунів нових мобільних енергетичних засобів висуваються вимоги як загального, так і специфічного характеру:

- достатньо високий коефіцієнт корисної дії;
- можливість приводу при великих переміщеннях енергетичного засобу відносно сільськогосподарських машин ;
- можливість передачі потужності на відстань до 10 м (в трьох- та чотирьохмашинних агрегатах);
- невисока металомісткість;
- технічна та технологічна надійність і довговічність при експлуатації в польових умовах;
- можливість групового та індивідуального приводу ходових систем і робочих органів, а також автоматизації режимів роботи; пристосованість до коливань тягового навантаження, широкий діапазон регулювання силових та швидкісних параметрів.



Розглянемо деякі якісні характеристики основних силових передач (див. табл. 1). Механічна передача, не дивлячись на високе значення коефіцієнта корисної дії (до 0.96), невисокі показники вартості та маси, можуть застосовуватися для приводу тільки простих сільськогосподарських машин. У тих випадках, коли потрібно регулювати частоту обертання, приводити декілька робочих органів, механічні трансмісії сільськогосподарських машин стають складними, метало місткими і ненадійними, а для передачі потужності на велику відстань - важко здійсненними. Саме тому на перспективних енергетичних засобах окрім переднього, заднього і бокового механічних ВВП необхідно передбачати безступінчатий відбір потужності.

Найбільш повно поставленим вимогам відповідають гідрооб'ємна та електрична трансмісії. Вони регулюються і досить легко піддаються автоматизації. З їх допомогою дуже просто можуть бути здійснені груповий та індивідуальний приводи машин. ККД кращих зразків гідрооб'ємних передач складає на менше 0.92 в області максимуму, але характер його зміни в залежності від навантаження дуже крутий.

Коефіцієнт корисної дії однопоточної електричної передачі дещо нижчий - 0.75-0.80. Однак деякі переваги гідрооб'ємних передач по ККД зникають при подовженні і ускладненні комунікаційних зв'язків між гідроагрегатами (що необхідно при розосередженому приводі сільськогосподарських машин і збільшенні числа споживачів) із-за гідравлічних втрат в шлангах і муфтах, необхідності використання масляних радіаторів, вмістищ тощо. Крім того, показники роботи гідроприводу в значній мірі змінюються при коливаннях навколишнього середовища.

Енергонасиченість гідро об'ємних передач знаходиться в межах 105-115 кВт/т. У електричної передачі з машинами

постійного струму цей показник дорівнює 85-105 кВт/т. Але у швидкісних машин (як електричних, так і гідрооб'ємних) він доведений до 270 кВт/т. По всім інших показниках електрична передача краща, ніж гідрооб'ємна. Діапазон регулювання електричних передач значно ширший, в них легко може бути отримана ідеальна для тягового приводу гіперболічна характеристика.

Нині конструкції гідрооб'ємних передач більш відпрацьовані, а тому частіше застосовуються на тягових та транспортних засобах. Прийнято вважати, що дану передачу доцільно використовувати при числі споживачів енергії не більше 2. Для енергетичних засобів з розвинутою системою безступінчатого відбору потужності і числом споживачів 3 і більше - знайдуть застосування електротрансмісії. Найбільш придатною може бути система електричного відбору потужності, яка складається із генератора перемінного струму, електромотор-редукторів, випрямлячів та системи керування. Для нерегульованих приводів можливий відбір потужності на перемінному струмі.

Таблиця 1 - Порівняння якісних характеристик силових передач <sup>1</sup>

Характеристики	Тип передачі			
	механічна	електрична	гідрооб'ємн.	гідромехан.
Можливість індивідуального регулювання частоти обертання коліс	3	5	4	3

<sup>1</sup> 5-відмінно; 4- добре; 3- задовільно; 2- незадовільно.

Незалежність розміщення силової установки	3	5	4	3
ККД	4	4	3	3
Можливість зміни потужності	3	5	4	3
Оцінка шумності роботи	3	5	3	3
Надійність	4	5	2	3
Легкість обслуговування	4	5	3	3
Вартість, %	100	125	120	115
Витрати на обслуговування, %	100	88	110	105

Теоретичні положення. В процесі робочого руху МТА колеса МЕЗ не можуть обертатися з однаковою кутовою швидкістю. Причина полягає в тому, що розміри радіусів коліс в динаміці по різному відхиляються від розрахункових значень. Враховуючи жорсткий взаємозв'язок, примусове вирівнювання поступального руху трьох мостів МЕЗ забезпечуються завдяки різному буксуванню всіх його рушіїв.

Позначимо колову швидкість коліс ТМ через  $V_M$ , а аналогічну швидкість задніх коліс ЕМ- через  $V_T$ . Відношення зазначених параметрів згідно загальноприйнятого правила називається коефіцієнтом кінематичної невідповідності приводу технологічного модуля ( $K_{VM}$ ):

$$K_{VM} = V_M / V_T \quad (1)$$

У свою чергу:

$$\begin{aligned} V_M &= \omega_M \cdot r_M; \\ V_T &= \omega_T \cdot r_T, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\omega_M$ ,  $r_M$  і  $\omega_T$ ,  $r_T$  - кутова частота обертання і статичний радіус коліс ТМ і задніх коліс ЕМ відповідно.

Враховуючи, що кутова частота обертання колеса може бути легко виражена через число його обертів  $n$  ( $\omega = \pi \cdot n / 30$ ), після підставлення (2) в (1) отримаємо:

$$K_{VM} = r_M \cdot n_M / r_T \cdot n_T, \quad (3)$$

де  $n_M$ ,  $n_T$  - частота обертання коліс ТМ і задніх коліс ЕМ.

Величину  $n_M$  можна записати:

$$n_M = 2\pi \cdot r_T \cdot n_T \cdot n_s \cdot i_{TP,M}, \quad (4)$$

де  $n_s$  - кінематична характеристика синхронного ВВП енергетичного модуля МЕЗ, виражена кількістю його (ВВП) обертів на 1 м пройденого енергозасобом шляху (об/м або  $m^{-1}$ );

$i_{TP,M}$  - передавальне число трансмісії ТМ.

Після підставлення значення  $n_M$  з (4) в (3), будемо мати:

$$K_{VM} = 2\pi \cdot r_M \cdot n_s \cdot i_{TP,M}, \quad (5)$$

Статичний радіус колеса ТМ можна виразити через його вільний радіус  $r_0$  і нормальний угин шини  $h_z$ :

$$r_M = r_0 - h_z. \quad (6)$$

Нормальний угин шини визначається за формулою Р.Хедекеля:

$$h_z = 0.001 \cdot G_M / 2\pi \cdot \rho_{ш} \cdot (r_0 \cdot r_{ш})^{1/2}, \quad (7)$$

де  $G_m$  - вертикальне навантаження на колесо ТМ, кН;

$\rho_{ш}$  - тиск повітря в шині колеса ТМ, МПа;

$r_{ш}$  - радіус перерізу шини, м.

#### Порядок проведення розрахунків

а) при заданих вихідних даних  $G_m$ ,  $\rho_{ш}$ ,  $r_o$ ,  $r_{ш}$ ,  $n_s$ ,  $n_s$  та  $i_{тр.м}$  за формулою (7) знаходять нормальний угин шини колеса технологічного модуля МЕЗ;

б) з виразу (6) знаходять статичний радіус шини колеса технологічного модуля;

в) знайшовши величину  $r_m$ , за формулою (5) розраховують коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями задніх коліс енергетичного і коліс технологічного модулів МЕЗ.

#### Практичне завдання

а) Розрахувати величину коефіцієнта  $K_{vm}$  при наступних вихідних даних:  $n_s = 5,7$  обертів/м;  $i_{тр.м} = 0,043$ ;  $r_o = 0,7$  м;  $G_m = 12$  кН;  $\rho_{ш} = 0,12$  МПа;  $r_{ш} = 0,4$  м.

б) Розрахувати і пояснити вплив збільшення вертикального навантаження коліс технологічного модуля МЕЗ з 12 до 16 кН на величину коефіцієнта  $K_{vm}$ .

в) Визначити вплив тиску повітря в шинах коліс технологічного модуля на величину коефіцієнта  $K_{vm}$ , при наступних вихідних даних:  $n_s = 5,7$  обертів/м;  $i_{тр.м} = 0,043$ ;  $r_o = 0,7$  м;  $G_m = 12$  кН;  $\rho_{ш} = 0,12$  МПа;  $r_{ш} = 0,4$  м. Діапазон зміни параметра  $\rho_{ш} = 0,08 - 0,16$  МПа. Інтервал квантування  $\rho_{ш} - 0,02$  МПа (5 точок). За результатами розрахунків побудувати графік  $K_{vm} = f(\rho_{ш})$ .

### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

1 Номер, найменування та мету роботи.

2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.

3 Робить висновок про коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями коліс енергетичного та технологічного модулів МЕЗ.

#### **Контрольні запитання:**

1 Яке значення має коефіцієнт кінематичної невідповідності  $K_{vp}$  для ЕМ класичної схеми компонування?

2 Яке значення має коефіцієнт кінематичної невідповідності  $K_{vp}$  для ЕМ інтегральної схеми компонування?

3 Які колеса у трактора класичної схеми розвивають більше тягове зусилля, відповідно забігаючи?

4 Які колеса у трактора інтегральної схеми розвивають більше тягове зусилля, відповідно забігаючи?

## Лабораторна робота № 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПРИВОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДУЛЯ МЕЗ

#### МЕТА РОБОТИ

Засвоїти методику розрахунку потужності, необхідної для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ

#### 1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

##### 1.1 Рекомендована література

1 Надикто В.Т. Основи агрегування модульних енергетичних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.г. виробництва». Глеваха. 2002. 40 с.

2 Надикто В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС. //Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1996, №10.

**Тривалість:** 2 год.

#### 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

##### 2.1 Програма роботи

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- методику розрахунку потужності, необхідної для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ;
- визначити потужність приводу.

*2.1.2 Ознайомитись:*

- з розрахунком потужності модульного енергетичного засобу.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

##### 2.2 Теоретичні відомості

Теоретичні положення. У загальному випадку потужність ( $N_M$ ), необхідну для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ можна знайти з виразу:

$$N_M = M_k \cdot n_m, \quad (\text{кВт}) \quad (1)$$

де  $M_k$  - крутний момент, розвиваємий колесами ТМ,  $\text{кН} \cdot \text{м}$ ;  
 $n_m$  - частота обертання коліс ТМ,  $\text{с}^{-1}$ .

Згідно формули (4) Лабораторна робота №2:

$$n_m = 2\pi \cdot r_T \cdot n_T \cdot n_s \cdot i_{\text{тр.м}}. \quad (2)$$

де  $r_T$ ,  $n_T$  - статичний радіус та частота обертання задніх коліс енергетичного модуля МЕЗ, м, об/м;

$n_s$  - кінематична характеристика синхронного ВВП енергетичного модуля МЕЗ, виражена кількістю його (ВВП) обертів на 1 м пройденого енергозасобом шляху,  $\text{м}^{-1}$ ;

$i_{\text{тр.м}}$  - передавальне число трансмісії технологічного модуля.

У формулі (2) величину  $2\pi \cdot r_T \cdot n_T$  можна виразити через швидкість руху енергетичного засобу  $V$  наступним чином:

$$2\pi \cdot r_T \cdot n_T = V$$

З урахуванням цього вираз (2) матиме вигляд:

$$n_m = V \cdot n_s \cdot i_{\text{тр.м}}. \quad (3)$$

Підставивши значення  $n_m$  із (3) в (1), отримуємо формулу для розрахунку потужності, необхідної для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ:

$$N_M = M_k \cdot V \cdot n_s \cdot i_{\text{тр.м}}$$

В практичних розрахунках зручніше користуватися величиною крутного моменту ( $M_{ввп}$ ) на валу синхронного відбору потужності, оскільки його нескладно або розрахувати (знаючи крутний момент двигуна), або безпосередньо заміряти за допомогою тензOMETричного обладнання. Величини  $M_k$  і  $M_{ввп}$  зв'язані залежністю:

$$M_{ввп} = M_k \cdot i_{тр.м}$$

Таким чином, кінцева формула для розрахунку шуканого параметру має вигляд:

$$N_m = M_{ввп} \cdot V \cdot n_s$$

#### Практичне завдання

1) Розрахувати потужність, необхідну для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ при наступних вихідних даних:  $M_{ввп} = 2,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ;  $V = 2,2 \text{ м/с}$ ;  $n_s = 5,7 \text{ об/м}$ .

2) Визначити частоту обертання коліс технологічного модуля при наступних вихідних даних:  $N_m = 25 \text{ кВт}$ ;  $M_{ввп} = 2,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ;  $n_s = 5,7 \text{ об/м}$ ;  $V = 2,2 \text{ м/с}$ ;  $i_{тр.м} = 0,04$ .

### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
- 3 Робить висновок про значення потужності, необхідної для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ.

#### **Контрольні запитання:**

1 Як реалізовується потужність енергетичного засобу тягової концепції?

2 Яке значення має коефіцієнт кінематичної невідповідності  $K_{vm}$  між колесами ТМ та задніми колесами ЕМ?

3 Вказати складову для визначення тягової потужності трактора.

4 Вказати один із факторів, який обмежує рушійну силу.

5 Вказати одну із складових у залежності для розрахунку номінальної дотичної сили.

6 По якому критерію обираємо найкращу робочу передачу трактора для виконання технологічної операції?

7 Як визначаємо витрати палива (кг/год) по графіку тягової характеристики трактора на обраній передачі?

**Лабораторна робота № 6**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЯГОВОГО ОПОРУ**  
**АГРЕГАТОВАНОГО С.-Г. ЗНАРЯДДЯ НА РОЗПОДІЛ**  
**МАСИ МОДУЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ПО**  
**МОСТАХ**

**МЕТА РОБОТИ**

Засвоїти особливості методики розрахунку вертикальних навантажень на мостах МЕЗ

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

1 Надикто В.Т. Основи агрегування модульних енергетичних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.г. виробництва». Глеваха. 2002. 40 с.

2 Надикто В.Т. Управляемость и устойчивость движения агрегата на основе МЭС. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1998, №7.- С.17-20.

**Тривалість:** 2 год.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

– методику розрахунку вертикальних навантажень на мостах МЕЗ;

– визначити діючі реакції на мостах МЕЗ.

*2.1.2 Ознайомитись:*

– з рівнянням рівноваги енергетичного модуля.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

**2.2 Теоретичні відомості**

**Особливості агрегування модульних енергетичних засобів перемінного тягового класу.**

Що стосується енергетичного модуля МЕЗ загального призначення, то для цієї цілі не виключається трактор із шарнірно-зчленованою рамою і колесами однакового розміру. В принципі може бути використаний і енергетичний засіб традиційної компоновки.

Не залежно від колісної формули та функціонального призначення МЕЗ, енергетичний модуль повинен бути повнопривідним. Західні фірми уже давно трактори потужністю більше 60 кВт виробляють тільки в такому варіанті, оскільки однієї ведучої вісі недостатньо для розвивання високих тягово-енергетичних показників.

У повнопривідних ЕЗ нині застосовують диференційний та блокований міжвісєві приводи. Для активізації коліс технологічного модуля МЕЗ на першому етапі достатньо застосування механічної трансмісії. Тип міжвісєвого приводу при цьому може бути блокованим із застосуванням муфт вільного ходу, які автоматично підключають потрібну вісь при заданому буксуванні.

Застосування диференційного приводу не дає відчутного ефекту у підвищенні тягового ККД МЕЗ, в той час, як характеризується деяким ускладнення конструкції. Крім того, пере-

ваги міжвісєвого диференціального приводу найбільш сприятливо проявляються при повороті ЕЗ, коли колеса кожної вісі рухаються по різним траєкторіям. У цьому випадку автоматично виникає необхідна кінематична невідповідність в міжвісєвому приводі.

Слід, проте, підкреслити, що даний ефект в повній мірі проявляється лише тоді, коли поворот ЕЗ проходить під впливом суттєвого тягового навантаження. Інакше може бути доцільним блокований привід, який з допомогою обгінних муфт залишає активною лише одну із всіх вісей МЕЗ. Розвиваємої при цьому тяги, як показали попередні експериментальні дослідження Південного філіалу ІМЕСГ, цілком достатньо для здійснення практично любого МТА на основі МЕЗ.

При використанні одного ТМ, останній розміщується ззаду ЕМ. Такий варіант агрегування модулів більш прийнятний, ніж, наприклад, у ВЕЗ. В першу чергу тому, що із-за конструктивних і технологічних причин далеко не кожне знаряддя можна розмістити між ЕМ і ТМ. Це можливо або у випадку застосування спеціалізованого ЕЗ (чим, власне кажучи, і є ВЕЗ), або при використанні спеціально виготовлених машин. Із-за низької імовірності появи останніх на Україні в найближчому майбутньому, варіант розміщення с.-г. машин та знарядь між модулями ЕЗ є не актуальним.

З'єднання енергетичного і технологічного модулів МЕЗ в горизонтальній площині може бути як жорстким, так і шарнірним. Вибір конкретної схеми залежить від багатьох факторів. В напрямку зниження енергетичних витрат особливо важливу роль відіграють поздовжня база ЕЗ та колія. Більше всього це стосується орних агрегатів. Справа в тому, що в залежності від співвідношення ширини ходової системи ЕЗ і конструктивного за-

хвату плуга, останній може приєднуватися або симетрично, або з поперечним зміщенням. При симетричному приєднанні лінія тяги ЕЗ співпадає з напрямком руху. У випадку, коли ширина захвату орного МТА менша ширини ходової системи ЕЗ, між напрямком руху і силою тяги утворюється кут, що є причиною збільшення тягового опору плуга. З метою запобігання асиметричного приєднання знаряддя на оранці використовують спосіб, коли ЕЗ рухається правими колесами у борозні. Однак, таке рішення мало-ефективне.

Рух енергетичного засобу поза борозною з асиметрично приєднаним плугом приводить не тільки до зростання енерговитрат орним МТА, а і породжує проблему стійкості його руху в силу того, що на ЕЗ збоку плуга постійно діє розвертальний момент. Результатом впливу останнього може бути не тільки зниження швидкості руху і погіршення якості роботи орним МТА, але і навіть втрата ним роботоздатності із-за сповзання енергетичного засобу в борозну.

Для запобігання цього явища існуючі орні МТА настроюють таким чином, щоб відстань від стінки борозни до коліс правого борту ЕЗ була приблизно рівною глибині обробітку. А це, в свою чергу, приводить або до зростання тягового опору плуга - якщо установлення згаданої відстані здійснюється за рахунок його правостороннього поперечного зміщення відносно власного зчпного пристрою (варіант 1), або до зростання розвертального моменту - якщо зміщення плуга виконується разом зі зчпним пристроєм по навісці енергетичного засобу (варіант 2).

Дослідженнями встановлено, що при зміщенні плуга по другому варіанту його тяговий опір не змінюється, оскільки залишається без зміни кут між напрямком руху та силою тяги ЕЗ. Саме тому такому рішення потрібно віддавати перевагу.

Виходячи із потенційних тягових можливостей МЕЗ і співвідношення їх колії з шириною захвату плугів, останні можуть бути приєднані до даних енергетичних засобів не тільки симетрично, а навіть з лівостороннім поперечним зміщенням. Дослідженнями встановлено, що таке агрегування плуга сприяє зниженню його тягового опору. Причому, оскільки такий результат обумовлений зниженням навантаження на польові дошки - не виключена можливість експлуатації плуга при знятті декількох із них. Якщо ж урахувати, що на долю останніх припадає до 17% опору плуга, то такий прийом є досить ефективним з точки зору зниження енерговитрат, підвищення швидкості руху і, в кінцевому результаті, продуктивності орного МТА. Цілком зрозуміло, що кількісні значини цих показників будуть залежати від величини лівостороннього поперечного зміщення плуга. Практичні рекомендації по його вибору будуть представлені пізніше.

Наявність переднього навісного механізму у МЕЗ створює передумови для складання на його основі орних та інших агрегатів по схемі “push- pull”.

Аналіз різних схем з'єднання ЕМ і ТМ у поздовжньо - вертикальній площині показав, що з позиції тягово-зчіпних властивостей найбільш оптимальним є варіант, який передбачає приєднання технологічного модуля до енергетичного з допомогою чотирьохланкової навісної системи останнього, налагодженої по трьохточковій схемі. Це дозволяє самостійно агрегувати ЕМ з любим серійним знаряддям. Крім того, установка центральної та нижніх тяг заднього навісного механізму ЕМ під бажаними кутами дозволяє здійснити оптимальний розподіл експлуатаційної маси МЕЗ по мостах.

Особливості агрегування модульних енергетичних засобів перемінного тягового класу будуть розглянуті нижче на конкретних

прикладках.

Теоретичні положення. Завдяки своїй високій універсальності МЕЗ можуть агрегуватися з усіма причіпними, навісними та напівнавісними с.-г. машинами і знаряддями, включаючи багатовантажні сідельні напівпричепи.

Технологічна частина МТА, незалежно від способу її приєднання, може викликати перерозподіл маси енергетичного засобу по мостах. Якщо при цьому вертикальне навантаження на керованих колесах буде меншим, ніж мінімально допустиме, то з'являється загроза суттєвого погіршення керованості і стійкості руху агрегату.

Для розрахунку трьох вертикальних реакцій на мостах МЕЗ (Na, Nb, Nc - див. Рисунок 1) можна скласти систему тільки з двох незалежних рівнянь: суми моментів та суми проєкцій всіх сил на вісь ординат. В результаті маємо статично невизначну систему. Розв'язання такої задачі можливий при роздільному розгляданні умов рівноваги енергетичного та технологічного модулів МЕЗ у поздовжньо - вертикальній площині.

У відповідності із загальноприйнятим принципом про заміну відкинутих зв'язків їх реакціями, взаємний вплив ЕМ і ТМ виразимо через сили X та Y, зосереджені у миттєвому центрі повороту заднього навісного пристрою енергетичного модуля МЕЗ (т. О - рисунок 1). При розгляданні умов рівноваги енергетичного модуля приймемо позитивний напрямок сил X і Y, а під час розглядання умов рівноваги ТМ - від'ємний.

Вплив сільськогосподарського знаряддя на МЕЗ виразимо у вигляді горизонтальної (Ркр) та вертикальної (Rm) складових його (знаряддя) тягового опору.

Рівняння рівноваги енергетичного модуля МЕЗ:



1) сума сил на вісь ординат  $\Sigma Y=0$ ;

2) сума моментів відносно точки В  $\Sigma M_{(B)}=0$ ;

$$1) N_a + Y - G_T + N_B = 0 \quad (1)$$

$$2) M_a + N_a \cdot L + Y \cdot (Z_x - d) + X \cdot Z_y - G_T \cdot a_T + M_B = 0, \quad (2)$$

де  $G_T, a_T$  - вага ЕМ та координата його центру мас;

$M_a, M_B$  - моменти опору коченню передніх і задніх коліс ЕМ відповідно;

$L$  - база енергетичного модуля МЕЗ, м;

$Z_x, Z_y$  - поздовжня та поперечна координати центру повороту заднього начіпного пристрою ЕМ МЕЗ, м;

$d$  - відстань між задніми колесами енергетичного та колесами технологічного модулів МЕЗ, м.

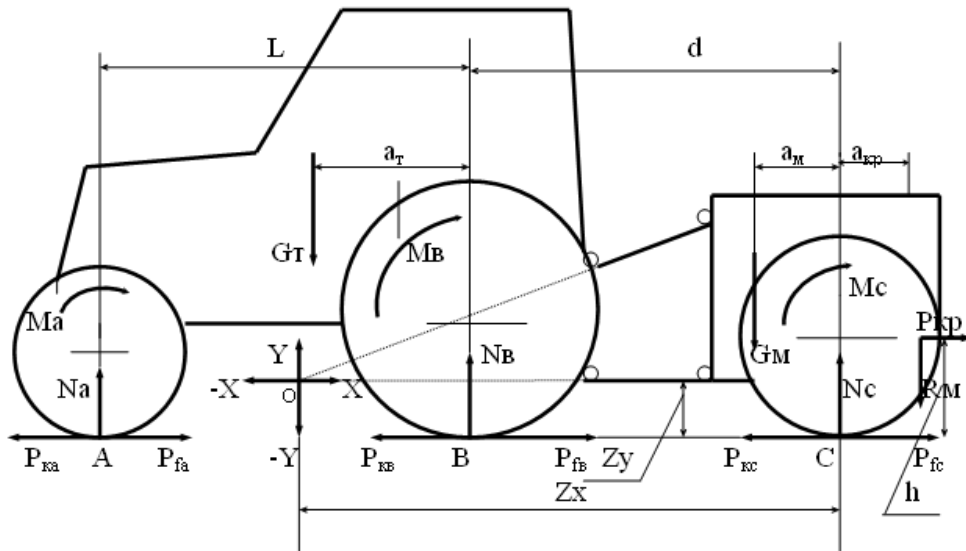


Рисунок 1 – Розрахункова схема сил діючих та МЕЗ в поздовжньо-вертикальній площині

Моменти  $M_a$  і  $M_B$  можна виразити наступним чином:

$$M_a = (P_{ka} - P_{fa}) \cdot r_a; \quad (3)$$

$$M_B = (P_{kb} - P_{fb}) \cdot r_b, \quad (4)$$

де  $P_{ka}, P_{kb}$  - дотичні сили тяги передніх і задніх коліс ЕМ відповідно, кН;

$P_{fa}, P_{fb}$  - сили опору коченню передніх та задніх коліс ЕМ МЕЗ відповідно, кН;

$r_a, r_b$  - радіуси кочення передніх і задніх коліс ЕМ, м.

У свою чергу:

$$P_{ka} = \varphi \cdot N_a; \quad P_{fa} = f \cdot N_a; \quad (5)$$

$$P_{kb} = \varphi \cdot N_b; \quad P_{fb} = f \cdot N_b, \quad (6)$$

де  $f$  - коефіцієнт опору коченню;

$\varphi$  - коефіцієнт використання зчіпної маси.

З урахуванням виразів (3), (4), (5) і (6) рівняння (1) та (2) після відповідних перетворень приймуть вигляд:

$$N_a = G_T - Y - N_b; \quad (7)$$

$$N_b = \frac{Y \cdot (Z_x - d - K) + G_T \cdot (K - a_T) + X \cdot Z_y}{L - (\varphi - f) \cdot (r_b - r_a)}, \quad (8)$$

де  $K = (\varphi - f) \cdot r_a + L$ .

Рівняння рівноваги технологічного модуля МЕЗ:

Для визначення трьох невідомих реакцій ( $X, Y$  та  $N_c$ ) достатньо трьох незалежних рівнянь рівноваги ТМ:

$$\Sigma X=0; \quad \Sigma Y=0; \quad \Sigma M_{(o)}=0;$$

У відповідності зі схемою діючих сил (див. Рисунок 1), маємо:

- 1)  $-X - P_{кc} + P_{fc} + P_{кр} = 0;$
- 2)  $-Y - G_M + N_c - R_M = 0;$
- 3)  $M_c + P_{кр} \cdot h + R_M \cdot a_{кр} - N_c \cdot Z_x + (P_{кc} - P_{fc}) \cdot Z_y + G_m \cdot (Z_x - a_m) = 0$

З приведеної системи рівнянь знаходимо:

$$N_c = \frac{P_{кр} \cdot h + R_M \cdot a_{кр} + G_m \cdot (Z_x - a_m)}{Z_x - (\varphi - f) \cdot (r_c + Z_y)} \quad (9)$$

$$Y = N_c - G_M - R_M; \quad (10)$$

$$X = (\varphi - f) \cdot N_c - P_{кр}, \quad (11)$$

де  $h, a_{кр}$  - координати прикладання горизонтальної та вертикальної складових тягового опору МТА;

$G_m, a_m, r_c$  - вага, координата центру мас та радіус кочення коліс технологічного модуля відповідно;

Для забезпечення керованості МТА необхідно, щоб мінімальне вертикальне навантаження ( $N_{min}$ ) на напрямних колесах МЕЗ було:

$$N_{min} = N_{ст} \cdot \lambda, \quad (12)$$

де  $N_{ст}$  - навантаження на напрямні колеса МЕЗ у статичному положенні без крюкового навантаження;

$\lambda$  - коефіцієнт допустимого розвантаження напрямних коліс МЕЗ, виходячи із умови керованості. При роботі енергозасобу на твердому ґрунті  $\lambda = 0,3 - 0,4$ , а на м'якому -  $\lambda = 0,6 - 0,7$ .

МТА на основі МЕЗ буде мати задовільну керованість при умові:

$$N_a \geq N_{min}$$

#### Порядок розрахунків

- 1) Враховуючи вихідні дані за формулою (9), знаходять вертикальне навантаження на колесах ТМ;
- 2) Користуючись формулами (10) і (11), розраховують реакції  $X$  і  $Y$ ;
- 3) Знаючи  $N_c, X$  та  $Y$ , із виразу (8) знаходять вертикальне навантаження на задніх колесах енергетичного модуля МЕЗ;
- 4) За формулою (7) розраховують вертикальну реакцію на передніх колесах ЕМ і порівнюють її з  $N_{min}$ , яку знаходять із виразу (12).

#### Практичне завдання.

1) Ознайомитись з теоретичними основами роботи та визначити реакції  $N_c, X$  і  $Y$  при наступних вихідних даних:  $P_{кр} = 30$  кН;  $R_M = 3$  кН;  $h = 0,4$  м;  $a_{кр} = 0,6$  м;  $G_m = 25$  кН;  $a_m = 0,1$  м;  $\varphi = 0,4$ ;  $f = 0,1$ ;  $r_c = 0,68$  м;  $Z_x = 2$  м;  $Z_y = 0,55$  м.

2) Використовуючи знайдені значення реакцій  $N_c, X$  і  $Y$ , розрахувати вертикальні навантаження на колесах енергетичного модуля МЕЗ при наступних вихідних даних:  $G_T = 53$  кН;  $L = 2,7$  м;  $d = 2,6$  м;  $r_a = 0,5$  м;  $r_b = 0,77$  м;  $a_T = 1$  м.

3) Оцінити керованість агрегату на основі МЕЗ при  $N_{ст} = 18,5$  кН.

4) Визначити, як зміниться розподіл вертикальних навантажень на мостах МЕЗ при:

а)  $P_{кр} = 35$  кН і  $R_M = 0$ .

б) збільшенні  $h$  до  $0,7$  м;

в)  $a_{кр} = -1$  м (маятниковий причеп).

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
- 3 Робить висновок про поведінку вертикальних навантажень на мостах МЕЗ в різних умовах роботи агрегату.

**Контрольні запитання:**

- 1 Пояснити отримані результати розрахунків.
- 2 Назвіть кінематичні характеристики машинного агрегату?
- 3 Який коефіцієнт допустимого розвантаження напрямних коліс МЕЗ, виходячи із умови керованості?
- 4 Як визначається вертикальна реакція на передніх колесах ЕМ.
- 5 Що таке коефіцієнт опору коченню?
- 6 В якому діапазоні визначається коефіцієнт допустимого розвантаження  $\lambda$  напрямних коліс МЕЗ при роботі енергозасобу на твердому ґрунті?
- 7 В якому діапазоні визначається коефіцієнт допустимого розвантаження  $\lambda$  напрямних коліс МЕЗ при роботі енергозасобу на м'якому ґрунті?

**Лабораторна робота № 7  
АГРЕГАТУВАННЯ МЕЗ ІЗ ПЕРЕДНЬОНАВІСНИМИ  
ЗНАРЯДДЯМИ**

**МЕТА РОБОТИ**

Освоїти методику розрахунку впливу передньонавісних сільськогосподарських знарядь на модульний енергетичний засіб з точки зору керованості його робочого руху

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

- 1 Прокладка технологической колеи при бороновании зяби / В.Д. Черепухин [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. 1993 г. №2.
- 2 Надыкто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994 г. №7/
- 3 Надыкто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994 №7. С.21-23.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- складову частину орного МТА на основі МЕЗ;
- визначити діючі сили на передньонавісні знаряддя.

*2.1.2 Ознайомитись:*

- з рівняннями статичної рівноваги енергетичного засобу з передньонавісними знаряддями.

Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.

## 2.2 Теоретичні відомості

### Агрегатування знаряддя із одним опорним колесом

Теоретичні положення. До числа передньоनावісних знарядь відноситься передньоनावісний плуг, який є складовою частиною орного МТА на основі МЕЗ. При помилковому налагодженні переднього начіпного механізму енергетичного модуля робочий рух такого агрегату може бути некерваним.

Рівняння статичної рівноваги, що описують силову взаємодію передньоनावісного плуга з енергетичним засобом в поздовжньо-вертикальній площині, мають наступний вигляд (рис. 1):

$$\begin{aligned} \Sigma X=0; & \quad -P_B \cdot \cos\alpha + P_H \cdot \cos\beta - R_x - P_f = 0; \\ \Sigma Y=0; & \quad -P_B \cdot \sin\alpha + P_H \cdot \sin\beta - R_z - G_{\text{п}} + N_{\text{к}} = 0; \\ \Sigma M_{(A)}=0; & \quad G_{\text{п}} \cdot (L+L_0) + R_z \cdot (L_{\text{п}}+L_0) + R_x \cdot (d+b-z) + \\ & \quad + P_f \cdot (d+b-h) - N_{\text{к}} \cdot (L_{\text{к}}+L_0) - M_f = 0. \end{aligned}$$

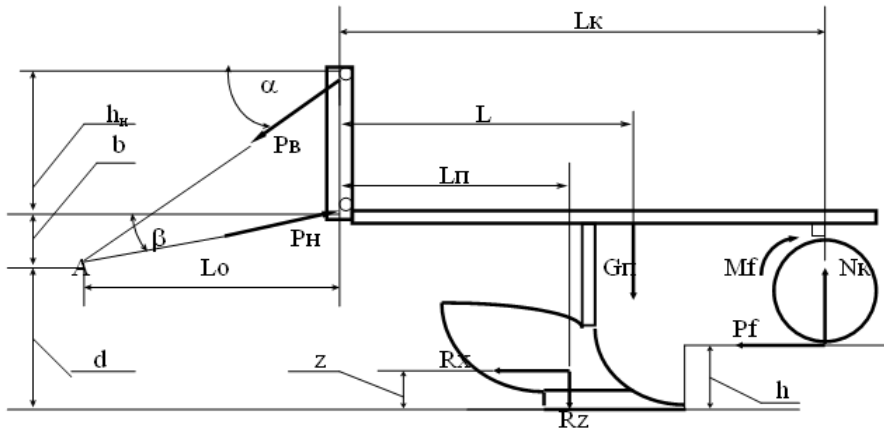


Рисунок 1- Схема сил, які діють на передньоनावісне знаряддя

**В приведеній системі рівнянь прийняті наступні позначення:**

$P_B, P_H$  - зусилля в центральній та нижніх тягах переднього навісного механізму (ПНМ) енергетичного модуля МЕЗ, кН;

$\alpha, \beta$  - кути нахилу центральної та нижніх тяг ПНМ енергетичного модуля МЕЗ;

$R_x, R_z$  - горизонтальна та вертикальна складові тягового опору знаряддя, кН;

$P_f, M_f$  - сила та момент опору коченню опорного колеса знаряддя, кН;

$f$  - коефіцієнт опору коченню;

$N_{\text{к}}$  - вертикальна реакція на опорному колесі знаряддя, кН;

$G_{\text{п}}$  - вага передньоनावісного знаряддя, кН;

$h$  - глибина обробки ґрунту, м;

$L, L_0, L_{\text{п}}, d, b, z$  - параметри, природа яких зрозуміла з Рисунок 1, м.

Враховуючи, що

$$R_z \approx 0.2 \cdot R_x; \quad z \approx 0.5 \cdot h; \quad P_f = f \cdot N_{\text{к}}; \quad M_f \approx 0,$$

остаточно рівняння рівноваги передньоनावісного знаряддя можна записати у вигляді:

$$-P_B \cdot \cos\alpha + P_H \cdot \cos\beta - R_x = f \cdot N_{\text{к}}; \quad (1)$$

$$P_B \cdot \sin\alpha - P_H \cdot \sin\beta + 0.2 \cdot R_x + G_{\text{п}} = N_{\text{к}}; \quad (2)$$

$$G_{\text{п}} \cdot (L+L_0) + R_x \cdot K_1 = N_{\text{к}} \cdot K_2, \quad (3)$$

де  $K_1 = 0.2 \cdot (L_{\text{п}}+L_0) + d + b - 0.5 \cdot h$ ;

$$K_2 = L_{\text{к}} + L_0 - f \cdot (d+b-h).$$

Конструктивні параметри  $b$  і  $L_0$  досить легко виразити через кути нахилу тяг ПНМ та висоти стійок передньоनावісного знаряддя ( $h_{\text{н}}$ ):

$$b = h_n \cdot \operatorname{tg}\beta / (\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta); \quad (4)$$

$$L_o = (h_n + b) \cdot \operatorname{tg}\alpha. \quad (5)$$

Вертикальну реакцію на напрямних колесах МЕЗ (N) можна розрахувати з виразу:

$$N = G - P_v \cdot \sin\alpha + P_n \cdot \sin\beta \quad (6)$$

де G - сила ваги енергетичного модуля МЕЗ, яка припадає на його передні (напрямні) колеса.

#### Порядок розрахунку

1) Використовуючи формули (4) і (5), визначають конструктивні параметри b і L<sub>o</sub>;

2) Розрахувавши коефіцієнти K<sub>1</sub> та K<sub>2</sub>, із формули (3) знаходять величину вертикальної реакції на опорному колесі знаряддя;

3) Із рівнянь (1) та (2) визначають зусилля P<sub>n</sub> і P<sub>v</sub> в тягах ПНМ енергетичного модуля МЕЗ;

4) За формулою (6) розраховують вертикальне навантаження на передніх (напрямних) колесах МЕЗ і порівнюють його з мінімально допустимим (N<sub>min</sub>), розрахованим у попередній практичній роботі.

#### Практичне завдання<sup>2</sup>

1) Оцінити керованість МЕЗ в агрегаті з передньонавісним плугом (умовна марка ПЛН-2-35) при наступних вихідних даних:

R<sub>x</sub> = 12 кН; f = 0,1; G<sub>п</sub> = 3 кН; L = 1 м; L<sub>k</sub> = 1,8 м; L<sub>п</sub> = 0,7 м; h = 0,25 м; h<sub>n</sub> = 0,65 м; d = 0,5 м; α = 15°; β = 5°, G = 18,5 кН.

2) Таку ж задачу розв'язати при збільшенні кута нахилу нижніх тяг ПНМ енергетичного модуля МЕЗ (β) до 10°.

---

ПРИВЕДЕНІ НИЖЧЕ ПРАКТИЧНІ ЗАДАЧІ ДОЦІЛЬНО РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ STATISTICA

### **Агрегування знаряддя із передніми і задніми опорними колесами**

Теоретичні положення. Одним із прикладів використання таких знарядь є впровадження комбінованих МТА при реалізації агрегатами на основі МЕЗ колійної системи землеробства [1].

Для запобігання перекосів рами передньонавісного знаряддя в поздовжньо-вертикальній площині навантаження на його передні і задні колеса повинні бути практично однаковими, тобто N<sub>1</sub> = N<sub>2</sub> = N<sub>o</sub> (рис. 2).

Виконання цієї умови робить розглядувану систему сил статично визначеною, оскільки крім N<sub>o</sub> в число невідомих входять тільки лише два зусилля, що діють в центральній (P<sub>v</sub>) та нижніх (P<sub>n</sub>) тягах ПНМ енергетичного модуля МЕЗ.

Прийнявши (із-за відносної незначущості) Mf<sub>1</sub> = Mf<sub>2</sub> = 0, систему рівнянь, що описують статичну рівновагу розглядуваного знаряддя, можна представити у вигляді:

$$-P_v \cdot \cos\alpha + P_n \cdot \cos\beta - P_{кр} = 2 \cdot f \cdot N_o \quad (1)$$

$$-P_v \cdot \sin\alpha + P_n \cdot \sin\beta + G_{п} = 2 \cdot N_o; \quad (2)$$

$$-P_v \cdot K_1 + P_n \cdot K_2 - P_{кр} \cdot (h+r) + G_{п} \cdot (L_{п}+L_1) = N_o \cdot (L_2+L_1), \quad (3)$$

де  $K_1 = \cos\alpha \cdot (z+r) - \sin\alpha \cdot L_1;$

$$K_2 = \cos\beta \cdot r + \sin\beta \cdot L_1;$$

P<sub>кр</sub>, G<sub>п</sub> - тяговий опір та вага знаряддя, кН;

r - радіус кочення коліс передньонавісного знаряддя, м;

h - глибина обробітку ґрунту, м;

z, L<sub>п</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> - конструктивні параметри, природа яких зрозуміла із рис. 1, м.

Вертикальне навантаження на напрямних колесах МЕЗ розраховують за формулою:

$$N = G + P_B \cdot \sin \alpha - P_H \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

де  $G$  - сила ваги енергетичного модуля МЕЗ, яка припадає на його передній міст.

Порядок розрахунку даної задачі такий же, як і для попереднього варіанту агрегування передньонавісного знаряддя.

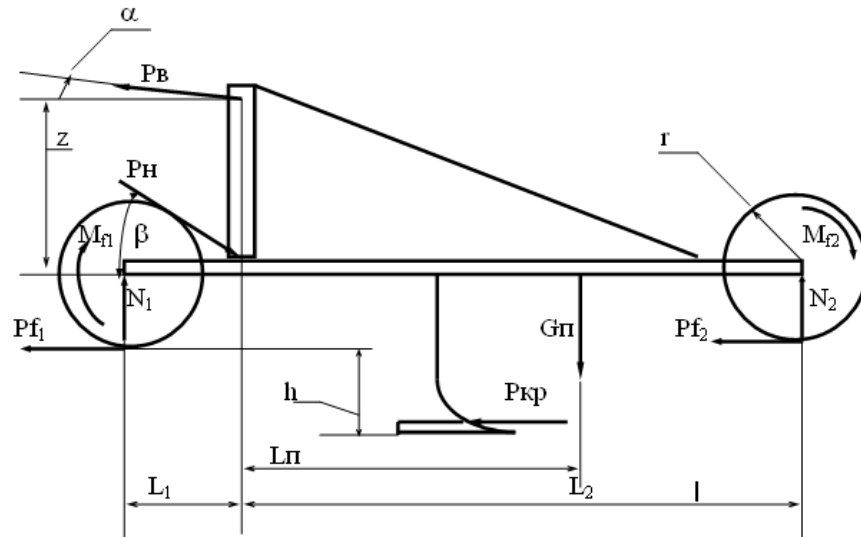


Рисунок 2 - Схема сил, які діють на знаряддя з передніми та задніми опорними колесами

#### Практичне завдання

1) Використовуючи пакет програм EUREKA, оцінити керованість МТА на основі МЕЗ у складі з фронтальним знаряддям, що має передні та задні опорні колеса, при наступних вихідних даних:  $P_{кр} = 10$  кН;  $f = 0,12$ ;  $G_{п} = 4$  кН;  $z = 0,65$  м;  $r = 0,25$  м;  $L_1 = 0,65$  м;  $L_2 = 1,8$  м;  $L_{п} = 0,9$  м;  $h = 0,08$  м;  $\alpha = 20^\circ$ ;  $\beta = 5^\circ$ ;  $G = 18,5$  кН.

2) Аналізуючи рис. 2, відповісти на запитання: яким чином можна практично досягти положення, при якому вертикальні реакції на задніх та передніх колесах знаряддя будуть приблизно однаковими?

#### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
- 3 Робить висновок про вплив передньонавісних сільськогосподарських знарядь на модульний енергетичний засіб з точки зору керованості його робочого руху.

#### **Контрольні запитання:**

- 1 Які показники відносяться до конструктивних параметрів с.г. знаряддя?
- 2 На який кут можна збільшити нахил нижньої тяги ПНМ МЕЗ?
- 3 Яка розмірність питомого тягового опору плуга при виконанні оранки?
- 4 Як зміниться питомий тяговий опір с.-г. машин при збільшенні швидкості руху?
- 5 Чим регулюють рівномірність глибини оранки в поздовжній площині в начіпних плугах?
- 6 Чим регулюють рівномірність глибини оранки в поперечній площині для начіпних плугів?

**Лабораторна робота № 8**  
**ВИЗНАЧЕННЯ КРОКУ ПОСТІЙНОЇ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ (ПТК) І ПЛОЩІ ПОЛЯ**  
**ДЛЯ ЇЇ СЛІДІВ**

**МЕТА РОБОТИ**

Засвоїти методику вибору оптимальної значення кроку ПТК та необхідної площі поля для її слідів

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

1 Черепухін В.Д., Надикто В.Т. Перспективи та проблеми використання постійної технологічної у сільськогосподарському виробництві // Механіз. та електрик. сільськ. госп-ва: Республ. між-відомч. тематичн. науково-техн. збірник / К., 1994. Вип. 79. С. 49-56.

2 Черепухін В.Д., Надикто В.Т. Перспективи колійної системи землеробства // Техніка АПК. 1998. №3. С. 24-32.

3 ГОСТ 26954-86, 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве. Методы определения воздействия движителей на почву.

4. Ксеневиц И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система – почва - урожай. М.: Агропромиздат. 1985.

5. Петров Г.Д., Хвостов В.А. Возделывание пропашных культур с единой уширенной базовой колеей // Механизация и электрификация с.-х., 1984. №2.

6. Черепухин В.Д., Надикто В.Т., Чеботарев С.М. Прокладка технологической колеи при бороновании зяби // Техника в с.-х., 1993, №2.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- ознайомитися з визначенням постійної технологічної колії;
- визначити оптимальну величину кроку ПТК та оцінити, яку площу поля займають її сліди.

*2.1.2 Ознайомитись:*

- із залежністю сумарних енерговитрат на вирощуванні с.-г. культур від кроку ПТК;
  - визначити загальну площу поля, зайняту слідами ПТК.
- Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

**2.2 Теоретичні відомості**

Нині практично в усьому світі найбільш актуальною є проблема переущільнення ґрунту ходовими системами енергетичних засобів та сільськогосподарських машин. Спроба вирішити цю проблему шляхом застосування шин низького тиску, здвоєних і навіть строєних коліс, скорочення числа проходів МТА по полю тощо, дає лише частковий ефект.

В цілому негативний вплив ходових систем МТА на ґрунт у крайньому разі не зменшується. Основна причина полягає в тому, що переущільнення орного горизонту, як відомо, залежить не стільки від питомого тиску на ґрунт, скільки від загального наван-

таження на вісь. Крім того, бажання досягнути меншого ущільнення середовища розвитку культурних рослин знаходиться у певному протиріччі з проблемою підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів. Завдяки існуючій тяговій концепції розвитку енергетичних засобів це безумовно супроводжується збільшенням їх маси. Причому незалежно від того яким шляхом здійснюється ріст продуктивності праці МТА: за рахунок збільшення ширини захвату чи за рахунок підвищення швидкості робочого руху, оскільки потужність двигуна та маса серійних енергетичних засобів зв'язані прямопропорційною залежністю.

Не вирішує проблеми і застосування комбінованих МТА. Так, згідно даних Національної лабораторії динаміки ґрунтів США більше 75% збитків від переущільнення припадає на самий перший контакт рушія з ґрунтом [1]. Тому скорочення кількості проходів агрегатів по полю не досить ефективно з точки зору запобігання суттєвих змін структурного складу ґрунту. Підкреслюється, що навіть при нульовому обробітку ґрунту не зменшується небезпека переущільнюючого впливу збоку ходових систем МТА.

Застосування гусеничного рушія замість колісного хоча і зменшує негативний вплив на ґрунт, однак є далеко не радикальним засобом вирішення цієї проблеми. Результати багаторічних досліджень Південного філіалу ІМЕСГ по підтвердженню цього факту вже приводились раніше.

Із приведеного вище аналізу витікає, що традиційні методи зменшення ущільнюючого впливу ходових систем на ґрунт бажаного ефекту не дають. І цей результат цілком закономірний, оскільки існуючі технології вирощування сільськогосподарських культур не вирішують основного протиріччя системи “рушій - ґрунт”. Суть її полягає в тому, **що для досягнення високих тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу рушії останнього**

**повинні контактувати з сухим і ущільненим ґрунтом, в той час як для нормального росту культурних рослин потрібне оптимально вологе і пухке середовище.**

Ці вимоги є абсолютно альтернативними. Їх поєднання можливе тільки при рухові МТА по **постійній технологічній колії (ПТК)**. Мається на увазі повне виключення ґрунту в зоні вирощування сільськогосподарських культур і ущільнення його в зоні проходу рушіїв (у крайньому разі важких енергетичних засобів). Робоча ширина захвату усіх МТА при цьому або дорівнює, або кратна кроку ПТК. Поверхня слідів останньої, як вважають деякі вчені, повинна на 7-10 см підноситися над поверхнею агрофону. Практичне здійснення такої мети потребує розробки спеціальної технології прокладання ПТК.

Слід відзначити, що частина поля (8-10%) припадає на сліди постійної технологічної колії. Залежність сумарної її значини (S) від кроку ПТК (H) задовільно апроксимується залежністю виду:

$$S = C + D/H,$$

де C і D- постійні коефіцієнти.

Не дивлячись на те, що з ростом H площа слідів ПТК зменшується, збільшення кроку постійної технологічної колії доцільно (а іноді і технічно можливе) тільки до певної значини. Враховуючи функціональний зв'язок H з робочою шириною захвату МТА ( $B_p$ ), можна припустити, що максимальна значина кроку ПТК буде визначатися тяговим опором технологічної частини МТА на самій енергоємкій операції та тягово-зчіпними властивостями використовуваних при цьому енергетичних засобів: на вирощуванні просапних культур  $H_{max} = 12,6$  м, а на вирощуванні зернових - 18 м.



Світовою практикою уже накопичений певний досвід в напрямку вивчення та практичної реалізації системи колійного землеробства. Роботи ведуться в США, Ізраїлі, Австралії, Англії, країнах Західної Європи, в Росії та Україні. Досить часто агрегати комплектуються або на основі модифікованих с.-г. енергетичних засобів, або на базі самохідних агромоств з шириною захвату 6-10 м.

Вітчизняна наука намагається реалізувати технологію вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням ПТК на основі використання як перспективних, так і серійних енергетичних засобів. Так, Українським НДІ ґрунтознавства та агрохімії разом з Харківським СГІ проводились дослідження по визначенню ефективності застосування постійної технологічної колії на вирощуванні просапних культур. Прокладання ПТК, крок якої становив 5,4 м, здійснювалось одночасно з боронуванням зябу. При виконанні всіх наступних операцій енергетичні засоби рухались тільки по слідах технологічної колії [2].

З 1989 року дослідження по застосуванню ПТК у сільськогосподарському виробництві проводить Південний філіал ІМЕСГ. Розроблені ним комплекси машин призначені для реалізації колійного землеробства з кроком 8,4 та 12,6 м- на вирощуванні просапних, і з кроком 10,5 м- на вирощуванні зернових колосових культур. Досліджувані МТА склалися як на базі серійних тракторів Т-150 та ЮМЗ-6, так і на основі перспективного модульного енергетичного засобу перемінного тягового класу 2-4 (МЕЗ-200) [4-6].

**У чому ж полягає суть колійної системи землеробства та яка її ефективність та перспективи?**

По відомим причинам основна доля переущільнення припадає на весінній період польових робіт. Тільки, скажімо, на вирощуванні просапних культур за цей час проводиться, як прави-

ло, сім технологічних операцій: боронування зябу, ранньовесіння та передпосівна культивуації, посів з наступним коткуванням, досходове та післясходове боронування посівів.

У випадку застосування традиційної технології робоча ширина захвату використовуємих при цьому агрегатів різна. Що стосується технології, яка передбачає застосування маршрутизованого руху МТА, то робочий захват технологічної частини кожного із них кратний кроку прокладання ПТК. В більшості випадків величина кратності дорівнює 1.

Після виконання перерахованих операцій існуючим та новим комплексами машин площа ґрунту, що зазнав ущільнення збоку ходових систем енергетичних засобів, у другому випадку (тобто при використанні ПТК) у 2,7 рази менший (див.рис. 1).

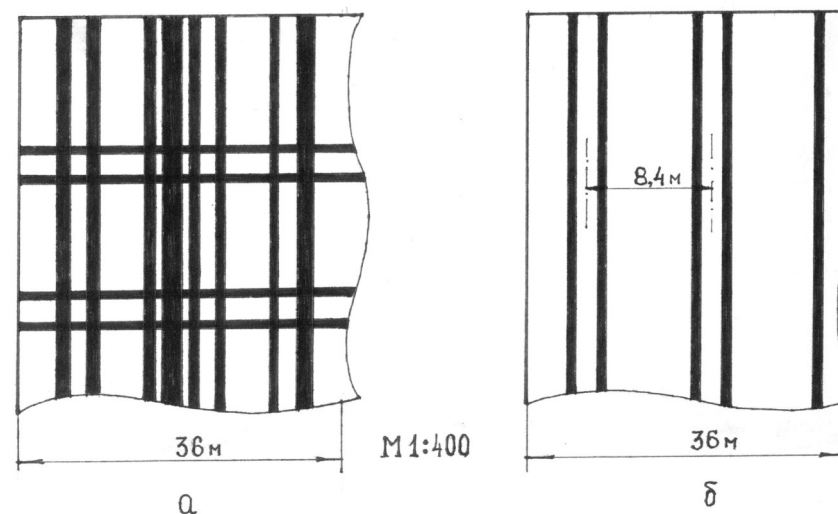


Рисунок 1 - Схема розміщення слідів рушіїв енергетичних засобів на вирощуванні просапних (кукурудзи) з використанням ПТК (б) і без неї (а)

Аналогічні дані отримані академіком В.В.Медведєвим на вирощуванні цукрового буряку, кукурудзи та озимої пшениці (табл.)

Таблиця 1 -Площа ущільнення поля (м<sup>2</sup>) при різних технологіях вирощування сільськогосподарських культур

Культура	По існуючій технології	По новій технології
Буряк	29218	17538
Кукурудза	28966	15238
Пшениця	22542	8296

Одним із передбачаемих результатів застосування маршрутизованого руху МТА є підвищення врожайності с.-г. культур.

Проте суттєвий ефект при цьому може бути отриманий тільки після довготривалого впровадження ПТК.

Більш реальним ефектом, який можна отримати уже на першому році впровадження системи землеробства з постійною колією, є зменшення витрат енергії МТА, оскільки рух по слідах ПТК однозначно характеризується як ростом тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу, так і значним зниженням опору на його кочення. Із результатів досліджень проведених в Австралії, витікає, що щільність ґрунту в зоні доріжок технологічної колії приблизно у 5 разів вища, ніж щільність ґрунту основного агрофону. В результаті тяговий ККД енергетичного засобу зростає не менше, ніж на 8%, а витрати палива зменшуються на 11%.

Аналогічні результати отримані ПФ ІМЕСГ при дослідженні руху по ПТК агрегату у складі МЕЗ-200, зчіпки СН-75, центрального культиватора КРН-8,4 та двох бокових культиваторів під умовною маркою КРН-2,1.

Застосування ПТК передбачає збільшення швидкості робочого руху МТА. Пояснюється це як зменшенням буксування, так і покращенням плавності переміщення енергетичного засобу при маршрутизованому рухові.

Слід також відзначити, що рух агрегатів по постійній колії створює основу для широкого впровадження автоматизації на вирощуванні сільськогосподарських культур. Роботи у цьому напрямку ведуться в багатьох країнах світу.

#### **Вимоги до енергетичного засобу, використовуємого для вирощування с.-г. культур із застосуванням ПТК.**

Результати багаторічних теоретичних та експериментальних досліджень на вирощуванні сільськогосподарських культур із застосуванням постійної технологічної колії дозволили зробити висновки, що ефективно впровадження нової колійної системи землеробства можливе при виконанні наступних вимог до параметрів ПТК, енергозасобу та технологічної частини МТА.

#### **Вимоги до параметрів постійної технологічної колії:**

- прямолінійність слідів ПТК повинна відповідати вимогам (як найбільш суворим) до прямолінійності посівів просапних культур. Згідно агротехнічних вимог [1] відхилення осьової лінії рядка просапних на довжині 50 м не повинне перевищувати 5 см. Дослідження показують, що досягнення на практиці даної вимоги цілком можливе.

- стабільність кроку прокладання ПТК повинна відповідати вимогам до стикових міжрядь просапних культур. Відхилення ширини останніх не повинне перевищувати  $\pm 5$  см [1]. Реальні значини середнього квадратичного відхилення кроку ПТК від заданого, як витікає із багаторічних досліджень, можуть вписуватися в ці рамки, якщо енергетичний засіб та МТА на його основі будуть повністю

відповідати сформульованим по відношенню до них вимогам (див. нижче).

- прокладання слідів ПТК допустиме на полях зі схилом не більше 3°. У протилежному випадку можлива водна ерозія ґрунту в зоні пролягання слідів постійної технологічної колії. Слід підкреслити, що основна площа полів півдня України відповідає цій вимозі.

#### **Вимоги до енергетичного засобу:**

- номінальне тягове зусилля при крокові ПТК 8 м і більше - не менше 30 кН. Дослідженнями встановлено [2], що найбільш ефективним є варіант вирощування с.-г. культур з ПТК, крок якої 8 м і більше. Для агрегування ґрунтообробних знарядь з такою шириною захвату потрібен енергетичний засіб, номінальне тягове зусилля якого не менше вищевказаного.

- бажано, щоб ходова система була колісною. У цьому випадку глибина слідів ПТК є більшою і значно рівнішою у поздовжньому напрямку. Останній момент позитивно впливає на плавність ходу енергетичних засобів під час їх руху по ПТК.

- наявність переднього навісного пристрою, конструктивні параметри якого не допускають розвантаження керованих коліс при роботі з фронтальним знаряддям чи машиною.

- компоновка - інтегральна або класична з можливістю руху реверсом. У цьому випадку ймовірність розвантаження керованих коліс енергетичного засобу від впливу тягового опору передньонавісного знаряддя значно зменшується.

- при прокладанні слідів ПТК тиск в шинах повинен бути максимальним. Цим самим забезпечується максимальна значина глибини, а значить і наступного візуального відсліджування слідів ПТК.

- рушії повинні вписуватися в міжряддя вирощуємих просапних культур. Зазначена вимога стосується енергетичних засобів, експлуатація яких планується на вирощуванні просапних культур.

#### **Вимоги до технологічної частини МТА:**

- відсутність повороту в горизонтальній площині відносно енергетичного засобу під час руху на гоні. Вільне приєднання технологічної частини МТА до енергетичного засобу являє собою фізичний маятник з його незалежним ступенем вільності. В результаті під час руху агрегату по ПТК причіпне знаряддя завдяки вільним коливанням в горизонтальній площині може загортати її (колії) сліди. Жорстке приєднання технологічної частини МТА до енергетичного засобу позбавлене такої можливості, що є позитивним наслідком з точки зору подальшого руху агрегатів по ПТК.

- технічна здійсненність агрегування спереду чи ззаду та (при необхідності) збоку енергетичного засобу.

- рівність або кратність (з урахуванням перекриття суміжних проходів) конструктивної ширини МТА прийнятому крокові ПТК.

- наявність маркерних пристроїв під час прокладання слідів ПТК. Виліт кожного маркера розраховується з урахуванням кроку технологічної колії.

- наявність передньонавісного розпушувального знаряддя при прокладанні слідів постійної технологічної колії. Дослідженнями встановлено, що для досягнення необхідної глибини слідів ПТК, а також потрібної вирівняності їх в поздовжньому напрямку, спереду агрегату для прокладання слідів технологічної колії повинне бути розміщене знаряддя для розпушення ґрунту [3].

Кардинальне підвищення виробництва с.-г. продукції, суттєве вирішення проблеми ущільнення ґрунту і т.д. можна здійснити тільки на основі принципово нових рішень. Одне із них передбачає

застосування мостової системи землеробства, основаної на використанні агромостів та ПТК.

**Агроміст** - це потужний сільськогосподарський агрегат, який базується на парі рушіїв, що переміщається по напрямниках, прокладених уздовж поля. Він дозволяє не тільки виключити негативний вплив ходових систем на ґрунт, але і впровадити в сільське господарство індустріальні методи виробництва продукції, характерні для промисловості. Передумовами широкого впровадження агромостів полягають в наступному:

- ґрунт не підлягає впливу збоку ходової частини агрегату, що практично виключає її будь-яке ущільнення;

- продуктивність праці значно зростає із-за збільшення ширини захвату, швидкості руху, суворого дотримання прямолінійного переміщення, можливості цілодобової роботи, використання електроприводу робочих органів, застосування електротехнологій тощо;

- створюється можливість автоматизації всіх технологічних операцій по вирощуванню сільськогосподарських культур в оптимально агротехнічні строки;

- виникають умови для ефективного впровадження програмування урожаїв.

Є і інші переваги, які підтверджують великі потенційні можливості мостових агрегатів. Однак, із-за значної матеріалоемкості та високої вартості перших варіантів агромостів, а також значних початкових капіталовкладень ці агрегати в свій час не знайшли якого-небудь застосування.

Нині інтерес до мостового землеробства значно зріс. Над створенням агромостів працюють в США, Англії, Японії, Польщі, Голандії, Росії, Україні та інших країнах. Так, наприклад, в Англії фермер Даулер з 1982 року використовує агроміст на площі 94 га.

Результати роботи показали, що урожайність вирощуваних культур при цьому збільшилась не 10%, значно зменшилась енергоємність ґрунту і т.д.

В Ізраїлі на базі трактора з двигуном потужністю 180 к.с. розроблено агроміст із захватом 6 м, який застосовується на культивуванні, сівбі, внесенні мінеральних та органічних добрив [1].

Якщо реально підійти до питання конструювання мостових агрегатів, то його необхідно вирішувати поетапно. На першому етапі в якості енергетичних станцій можна використовувати трактори, а в якості напрямників - ущільнені доріжки чи напрямні борозни (тобто ПТК).

Один із таких агрегатів представлений на рисунку 2. Рама 1 з робочими органами шарнірно з'єднується із двома колісними енергетичними засобами 2, які переміщуються по напрямним доріжкам (ПТК).

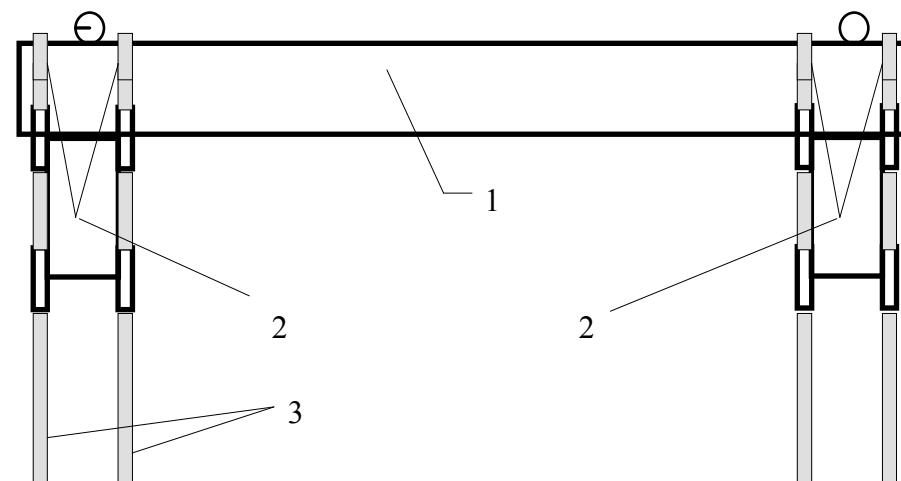


Рисунок 2 - Схема мостового агрегату на основі мобільних колісних енергетичних засобів та ПТК

При координатному способі руху, коли рама 1 не розвертається, енергетичні засоби в кінці гону роблять синхронний поворот на  $90^\circ$  і переходять на іншу позицію. Таку схему можна використовувати з робочими органами ненаправленої дії (фрезами, боронами, котками тощо).

При роботі агрегату з робочими органами направленої дії (культиватори, сіялки, луцильники і т.д.) поворот в кінці гону здійснюється наступним чином. Спочатку один енергозасіб розвертає раму на іншу позицію шляхом її розвороту на  $180^\circ$ , а потім другий енергетичний засіб розвертається на такий же кут відносно вертикального шарніру, що з'єднує його з рамою.

Застосування на агрегаті системи дублерного водіння енергозасобом - роботом із кабіни енергозасобу-лідера дозволяє вдвічі скоротити число механізаторів в період польових робіт. Мостовий агрегат, виконаний по розглядуваній або подібній схемі, не потребує великих капітальних витрат і його створення в найближчий час цілком реальне. З допомогою таких агрегатів *першого покоління* можна буде вирішувати задачі створення більш досконалих автоматизованих мостових агротехнічних комплексів (АМАК) [2].

По суті справи АМАК - це самохідний сільськогосподарський завод, установлений поперек поля чи групи полів по в'їзній його/її (групи) ширини. Заводський корпус АМАК, виконаний із полегшених металоконструкцій та пластику, піднесений над ґрунтом на 2-3 м і з допомогою необхідної кількості опор з електрифікованими ходовими системами установлений на ПТК. Під час роботи він повільно (1-5 км/год) переміщається вздовж поля човниковим способом. В кінці гону не розвертається, не транспортується із угіддя на угіддя і демонтується після закінчення ресурсного строку служіння (25-50 років).

Як і на будь-якому заводі, АМАК підключений до державної лінії електропередачі, але на стаціонарно, а з допомогою струмознімачів. АМАК має необхідну кількість службових приміщень, включаючи і гігієнічні.

У вихідній моделі АМАК-системи вирішені питання просторового узгодження транспортування технологічного матеріалу, обслуговуючого персоналу, навісних модулів, збирання та зберігання урожаю, оперативного контролю за технологічним процесом, резервування найбільш відповідальних складових частин, ремонту, забезпечення мікроклімату всередині комплексу. Основні технічні рішення АМАК- системи виконані на рівні винаходів [3].

Не дивлячись на те, що точну економічну оцінку мостовим агрегатам нині дати досить складно, посередньо про їх можливості можна судити по наступним даним. Одне тільки застосування ПТК дозволило ряду кооперативів б.р. підняти продуктивність праці, знизити працемісткість і підвищити урожайність зернових із загальним ефектом 100 марок на 1 га. Площа землі, відведеної під сліди ПТК, не перевищувала при цьому 10%.

У 1972-1977 рр. ефективність мостових агрегатів перевірялась на полігоні ПКФ ВІМ у дослідях з використанням електровізка з комплектом сільськогосподарських знарядь, який рухався по сталевих рейках. Отримані багатообіцяючі результати: урожай цукрового буряка (без зрошення) -138,4 т/га, столового буряка- 41,1 т/га без зрошення, а із зрошенням- 88 т/га.

Поява мостових агрегатів передбачає широке застосування такого прогресивного методу зрошення, як кореневе водопостачання рослин. Урожайність сільськогосподарських культур підвищується при цьому на 20-30%, а норма зрошення (у порівнянні із дощуванням) зменшується в 10-15 разів.

Нині умови для створення мостових агрегатів повністю дозріли, що створює потужну основу для переходу до широкого розвертання конструкторських робіт по їх розробці та виробничій перевірці.

Теоретичні положення. Одним із шляхів оптимізації кроку постійної технологічної колії при вирощуванні зернових колосових та просапних культур є оцінка для кожного варіанту енергетичних витрат, пов'язаних з використанням живої праці, паливо-мастильних матеріалів, технологічних матеріалів тощо. Встановлено, що залежність сумарних енерговитрат на вирощуванні с.-г. культур ( $E_c$ ) від кроку ПТК ( $H$ ) задовільно апроксимується виразом виду:

$$E_c = A + B \cdot H - C \cdot H^{1/2}, \quad (1)$$

де  $A, B$  і  $C$  - постійні коефіцієнти.

Після диференціювання залежності (1) отримаємо:

$$\partial H = B - (C/2) \cdot H^{-1/2} \quad (2)$$

Рішення виразу (2) на екстремум дає можливість визначити оптимальну величину кроку ПТК. Проте, при цьому слід мати на увазі, що вона (величину кроку) повинна бути в усякому разі не більшою за максимальну величину ширини захвату ( $B_{\max}$ ) серед найбільш енергоємних використовуємих МТА, тобто

$$H \leq B_{\max} \quad (3)$$

Загальна площа ( $S$ ) поля, зайнята слідами ПТК, може бути виражена у вигляді суми двох складових:

$$S = S_{оп} + S_{пс}, \quad (4)$$

де  $S_{оп}$  - площа слідів ПТК на основному полі,  $m^2$ ;  
 $S_{пс}$  - площа слідів ПТК на поворотній смузі,  $m^2$ .

В розвернутому вигляді кожна складова може бути представлена наступним чином:

$$S_{оп} = 2 \cdot b \cdot (L - 2 \cdot k \cdot H) \cdot A / V_p \quad (5)$$

$$S_{пс} = 2 \cdot b \cdot A \cdot k \cdot H / V_p \quad (6)$$

де  $b$  - ширина сліду ПТК, м;  
 $L, A$  - довжини та ширина поля відповідно, м;  
 $k$  - кількість кроків ПТК на поворотній смузі, шт;  
 $V_p$  - робоча ширина захвату МТА, м.

Після підставлення (5) і (6) в (4) отримаємо:

$$S = 2 \cdot b \cdot A \cdot (L - k \cdot H) / V_p \quad (7)$$

#### Практичне завдання.

1) Визначити оптимальну величину кроку ПТК та оцінити, яку площу поля займають її сліди при вирощуванні зернових колосових культур, якщо:  $B = 28,8$ ;  $C = 265,2$ ;  $B_{\max} = 18$  м;  $b = 0,53$  м;  $L = 1400$  м;  $A = 500$  м;  $k = 1$ ;  $V_p = 18$  м.

2) Визначити оптимальну величину кроку ПТК та оцінити,

яку площу поля займуть її сліди при вирощуванні просапних культур із міжряддями 70 см, якщо:  $B = 22,1$  ;  $C = 132,6$  ;  $V_{\max} = 9$  м;  $b = 0,43$  м;  $L = 1000$  м;  $A = 420$  м;  $k = 1$ ;  $V_p = 8,4$  м.

#### Порядок розрахунків

1. Прирівнявши вираз (2) нулю, знаходять величину кроку ПТК (H) і оцінюють його з урахуванням умови (3). Для варіанту вирощування просапних культур вибір кроку ПТК повинен бути або рівним, або кратним  $V_p$ .

2. За формулою (7) розраховують площу поля, яка припадає на сліди ПТК.

### **2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
- 3 Робить висновок про оптимальне значення кроку ПТК та необхідної площі поля для її слідів для конкретних умов завдання.

#### **Контрольні запитання:**

1. Переваги застосування постійної технологічної колії перед іншими шляхами зменшення ущільнюючого впливу на ґрунт збоку енергетичних засобів та МТА на їх основі.
2. Суть основних вимог до енергетичного засобу і технологічної частини агрегату для вирощування с.-г. культур із застосуванням постійної технологічної колії.
3. Передумови впровадження мостових енергетичних систем в рільництві.
4. ПТК, як основа переходу до мостової системи землероб-

ства.

5. Агророботи і їх місце в сільськогосподарському виробництві.

6. Суть та особливості вирощування с.-г. культур при рухові МТА по постійній технологічній колії (ПТК).

7. Вимоги до енергетичного засобу і технологічної частини МТА для вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням ПТК.

**Лабораторна робота №9**  
**ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**  
**ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ**  
**ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ НА ФОРМУВАННЯ СЛІДІВ**  
**ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ**

**МЕТА РОБОТИ**

Методом математичного моделювання дослідити вплив конструктивних параметрів енергетичного засобу та фізико-механічних властивостей ґрунту на глибину прокладання слідів ПТК

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

- 1 Веников В.А. Теория подобия и моделирования / М. Высш. Школа. 1976. 236 с.
- 2 Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике М.: Наука. 1967. 154 с.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- вплив конструктивних параметрів енергетичного засобу та фізико-механічних властивостей ґрунту;
- визначити глибину прокладання слідів ПТК .

*2.1.2 Ознайомитись:*

- основними факторами, які здійснюють найбільший вплив на глибину слідів.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

**2.2 Теоретичні відомості**

Теоретичні положення. Дослідженнями встановлено, що основними факторами, які здійснюють найбільший вплив на глибину слідів постійної технологічної колії, є вертикальне навантаження на колесо енергетичного засобу ( $N$ ), тиск повітря в шині ( $P_w$ ), а також твердість ( $H$ ) та вологість ( $\rho$ ) ґрунту. Враховуючи, що під час деформації останнього здійснюється переміщення його маси та приймаючи до уваги вимоги теорії подібності розмірностей [1, 2], перераховані вище фактори доповнюються постійною характеристикою поля земного тяжіння - прискоренням вільного падання  $g$ .

Функційний взаємозв'язок глибини слідів ПТК ( $h$ ) зі згаданими вище параметрами описується залежністю виду:

$$h \cdot \rho \cdot g / P_w = f(\pi_1; \pi_2), \quad (1)$$

де  $\pi_1 = H / P_w$ ;

$$\pi_2 = N \cdot \rho^2 \cdot g^2 / P_w^3.$$

Експериментально встановлено, що залежність (1) може бути апроксимована лінійним поліномом виду:

$$h \cdot \rho \cdot g / P_w = 0.012 - 0.0006 \cdot \pi_1 + 0.0027 \cdot \pi_2$$

або

$$h \cdot \rho \cdot g / P_w = 0.012 - 0.0006 \cdot H / P_w + 0.0027 \cdot N \cdot \rho^2 \cdot g^2 / P_w^3,$$

звідки:

$$h = 0.012 \cdot P_w / (\rho \cdot g) - 0.0006 \cdot H / (\rho \cdot g) + 0.0027 \cdot N \cdot \rho \cdot g / P_w^2 \quad (2)$$



### Практичне завдання

1) На основі виразу (2) визначити вплив зміни тиску повітря в шині колеса енергетичного засобу ( $P_w$ ) зі 100 до 160 кПа (через кожні 30 кПа) на глибину сліду ПТК ( $h$ ), якщо  $N = 20$  кН,  $\rho = 1,2$  т/м<sup>3</sup>,  $H = 650$  кПа і  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>. Результати розрахунку пояснити і графічно представити у вигляді  **$h = f(P_w)$**

2) Використовуючи отриману залежність (2), визначити вплив твердості гранту на глибину слідів ПТК при наступних вихідних даних:  $N = 35$  кН,  $\rho = 1,2$  т/м<sup>3</sup>,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> і  $P_w = 120$  кПа. Діапазон зміни твердості ґрунту 400-800 кПа. Інтервал квантування - 200 кПа. Результати розрахунку пояснити і графічно представити у вигляді  **$h = f(H)$**

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
3. Пояснити отримані результати розрахунків.

### **Контрольні запитання:**

- 1 Постійна технологічна колія, як основа переходу до мостової системи землеробства.
- 2 Вимоги до технологічної частини МТА при його рухові по постійній технологічній колії.
- 3 Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на формування слідів постійної технологічної колії.
- 4 Скільки тягових характеристик може мати один трактор? Навести приклад.
- 5 Які агрофони регламентовані для тягових характеристик ?

### **Лабораторна робота №10**

## **ВИБІР ШИН ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПО ЇЇ ВПЛИВУ (ТИСКУ) НА ГРУНТ**

### **МЕТА РОБОТИ**

На основі конкретного прикладу освоїти методику вибору шин для сільськогосподарської техніки по її впливу (тиску) на ґрунт

### **1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

#### **1.1 Рекомендована література**

1 Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве. Методы определения воздействия движителей на почву: ГОСТ 26954-86 – ГОСТ 26953-86.

2 Шины пневматические. Конструкция. Термины и определения: ГОСТ 22374-77.

3 Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86.

### **2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

#### **2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- конструктивні характеристики сільськогосподарських шин;
- визначити допустиме деформування шини, площу пята контакту шини.

*2.1.2 Ознайомитись:*

– з методикою вибору шин для сільськогосподарської техніки по її впливу (тиску) на ґрунт.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

## 2.2 Теоретичні відомості

**Основні напрямки зменшення ущільнюючого впливу ходових систем енергетичних засобів та сільськогосподарських машин і знарядь на ґрунт.**

В результаті досліджень серійної техніки з'ясовано, що переущільнення ґрунту:

- погіршує його структуру, аерацію, водопроникність, нітрифікаційну здатність;
- погіршує мікрорельєф агрофону та умови проведення наступних технологічних операцій;
- знижує ефективність дій мінеральних добрив і сприяє розвиткові ерозійних процесів;
- підвищує тяговий опір ґрунтообробних машин, за рахунок чого на 10-17% зростають питомі витрати енергії та палива;
- призводить до зменшення урожайності зернових колосових та просапних культур на 2-15%;
- визиває зниження технічної продуктивності агрегатів на 8-12% [1].

Основними шляхами суттєвого зменшення ущільнюючого впливу рушіїв МТА на ґрунт є:

Технологічні заходи:

- проведення польових робіт в найбільш сприятливі для розпушування ґрунту періоди. Суворе дотримання технологічної дисципліни;
- застосування сівозмін, які послаблюють ґрунтоерозійні процеси;
- суміщення операцій, виконуваних за один прохід агрегату, що зменшує додаткові енерговитрати, пов'язані з розпушуванням слідів після проходу ходових систем МТА. Впровадження цього прийому забезпечується високою функціональною універсальністю та задовільною адаптивністю нових енергетичних засобів до існуючого та нового парку с.-г. знарядь;
- впровадження чизельного обробітку ґрунту, який менш енергоємний у порівнянні з відвальною оранкою, руйнує плужний **спід і дозволяє** вдвічі більше накопичувати і зберігати вологу в ґрунті;
- впровадження нульового обробітку ґрунту;
- застосування технологічних колій на вирощуванні зернових колосових культур з відстанню між ними не менше 21 м;

Конструктивні заходи:

- широке застосування тягово-привідних агрегатів;
- використання широкопрофільних (арочних) шин з низьким внутрішнім тиском повітря;
- оснащення енергетичних засобів здвоєними або строєними колесами;
- використання модульних енергетичних засобів;
- застосування гусеничних енергетичних засобів на основних польових роботах при підвищеній вологості ґрунту;
- оснащення гусениць асфальтохідними накладками, впро-

- вадження гумоармованих гусениць;  
 - обладнання колісних енергетичних засобів напівгусеничним ходом тощо.

Нині рівень впливу рушіїв на ґрунт регламентується нормативними документами. При їх (рушіїв) виборі необхідно визначити параметри шин, які б відповідали вимогам для роботи на заданому агрофоні. Вихідними даними при цьому є навантаження на одиничний колісний рушій та допустимий максимальний тиск на ґрунт.

Теоретичні положення. Нині рівень впливу рушіїв на ґрунт регламентується нормативними документами. При їх (рушіїв) виборі необхідно визначити параметри шин, які б відповідали вимогам для роботи на заданому агрофоні. Вихідними даними при цьому є навантаження на одиничний колісний рушій та допустимий максимальний тиск на ґрунт. Розрахунок параметрів проводиться в наступному порядку:

1. Виходячи із компоновочних та конструктивних міркувань задається діаметр обода колеса (насадовий діаметр -  $d$ ) та зовнішній діаметр шини  $D$ .

2. Визначається висота профілю шини ( $H$ ) за формулою:

$$H = (D - d) / 2 \quad (1)$$

3. Розраховується значина допустимого деформування ( $[h]$ ) шини:

$$[h] = [\lambda] \cdot H, \quad (2)$$

де  $[\lambda]$  - відносна допустима деформація шини (приймається залежно від профілю. Для звичайних шин  $[\lambda] = 0,14$ -

0,19; для абочних шин  $[\lambda] = 0,25$ ; для пневмокоотків  $[\lambda] = 0,20$ .

4. Враховуючи задану величину максимально допустимого тиску на ґрунт ( $[Q_{max}]$ ) визначають відповідний середній ( $Q_{cp}$ ) тиск на жорстку основу:

$$Q_{cp} = [Q_{max}] \cdot K_1 / K_2, \quad (3)$$

де  $K_1, K_2$  - поправкові коефіцієнти, які враховують відповідно діаметр шини і поздовжню нерівномірність розподілу тиску по площі контакту шини [1].

5. Знаходиться контурна площа п'ятна контакту шини ( $F_k$ ) на жорстку основу:

$$F_k = G_k / Q_{cp}, \quad (4)$$

де  $G_k$  - навантаження на шину, кН.

6. Розраховуються розміри п'ятна контакту:

а) половина довжини п'ятна контакту

$$A_k = K_3 \cdot (D \cdot [h] - [h]^2)^{1/2}, \quad (5)$$

де  $K_3$  - емпіричний коефіцієнт, який враховує зменшення довжини контакту у порівнянні з розрахованою і дорівнює:

$K_3 = 0,70$  - при  $D \leq 900$  мм;       $K_3 = 0,75$  - при  $900 < D \leq 1100$  мм;  
 $K_3 = 0,79$  - при  $D > 1100$  мм;       $K_3 = 0,81$  - для абочних шин.

б) половина ширини п'ятна контакту

$$V_k = F_k / (A_k \cdot \alpha \cdot \pi), \quad (6)$$

де  $\alpha$  - поправковий коефіцієнт, який враховує відхилення форми п'ятна контакту від еліпса;  $\alpha=1,02$ .

7. Знаходиться ширина профілю шини за формулою:

$$V_{ш} = 1,25 \cdot (B^2 k / [h] + [h]) - H \quad (7)$$

8. Знаходиться відношення  $H / V_{ш}$  і оцінюється отриманий профіль шини на відповідність заданому по [2]. Якщо профіль шини не відповідає заданому, необхідно повернутися до пункту 3 і уточнити розрахунки.

9. Використовуючи отримані розраховані значення  $A_k$ ,  $V_k$ ,  $F_k$  та  $Q_{ср}$ , визначають максимальне нормальне напруження в ґрунті на глибині 0,5 м по [1] і порівнюють з допустимою по [3]. На основі отриманої інформації приймається рішення про можливість і шляхи забезпечення (включаючи тиск повітря в шинах) заданих норм впливу рушіїв на ґрунт.

10. Оцінюється можливість конструктивного здійснення отриманого результату виходячи з допустимих габаритів, компоновки, агрегування і наявності шин.

#### Практичне завдання

Обґрунтувати вибір шин для енергетичного модуля МЕЗ загального призначення при наступних вихідних даних:  $d = 610$  мм;  $D = 1400$  мм;  $[\lambda] = 0,18$ ;  $[Q_{max}] = 150$  кПа;  $K_1 = 1,015$ ;  $K_2 = 1,030$ ;  $G_k = 24$  кН;  $K_3 = 0,79$ ;  $[H/V_{ш}]$ .

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
3. Пояснити отримані результати розрахунків.

#### **Контрольні питання:**

- 1 Який допустимий рівень ущільнюючої дії на ґрунт ходових систем гусеничного трактора?
- 2 Який допустимий рівень ущільнюючої дії на ґрунт колісних ходових систем трактора?
- 3 Що впливає на середній питомий тиск гусеничного трактора на ґрунт?
- 4 Що впливає на максимальний питомий тиск колісного трактора?
- 5 Як впливає швидкість руху гусеничного трактора на ущільнення ґрунту?
- 6 Що собою представляє коефіцієнт слідоутворення рушіями трактора?
- 7 Який зв'язок між коефіцієнтом слідоутворення трактора й довжиною поля?
- 8 Які способи зменшення негативної дії ходових систем на ґрунт?

## Лабораторна робота №11

### РОЗРАХУНОК ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ОРНОГО МТА НА ОСНОВІ МОДУЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ

#### МЕТА РОБОТИ

На основі конкретних розрахунків засвоїти особливості агрегування МЕЗ з плугом

#### 1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

##### 1.1 Рекомендована література

1 Кутьков Г.М., Габай Е.В., Калиновский В.И. [и др.] Выбор рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. №3.

2 Кочев В.И., Надыкто В.Т. Рациональное агрегатирование плугов с энергетическими средствами // Механизация и электрификация сельского хозяйства. К: Урожай. 1988. Вып.68. С. 52-55.

#### 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

##### 2.1 Програма роботи

2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:

- особливості агрегування МЕЗ з плугом;
- визначити найбільш ефективний спосіб руху енергетичного засіб з плугом.

2.1.2 Ознайомитись:

- з розрахунком руху модульного енергетичного засіб при роботі з плугом.

Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.

#### 2.2 Теоретичні відомості

Теоретичні положення. Більшість вітчизняних орних МТА характеризується асиметричним агрегуванням плуга по двохточковій схемі двома шляхами (рис. 1):

- правостороннім поперечним зміщенням точки приєднання нижніх тяг заднього начіпного механізму (ЗНМ) енергетичного засіб (варіант 1);

- правостороннім поперечним зміщенням рами плуга відносно його приєднувальних бугелів при незмінному положенні тяг ЗНМ енергетичного засіб (варіант 3).

Конструктивні особливості МЕЗ дозволяють здійснити агрегування плуга по-іншому:

- лівостороннім поперечним зміщенням точки приєднання нижніх тяг ЗНМ енергетичного засіб (варіант 2);

- лівостороннім поперечним зміщенням рами плуга відносно його приєднувальних бугелів при незмінному положенні тяг ЗНМ енергетичного засіб (варіант 4).

У випадку налагодження орного МТА у відповідності з варіантами 1 та 2, тяговий опір плуга не змінюється, оскільки залишається практично незмінним кут між лінією тяги на напрямком руху МТА.

У двох інших випадках центр опору знаряддя зміщується в поперечному напрямку відповідно вправо та вліво відносно поздовжньої вісі симетрії агрегату. Але, якщо третій варіант налагодження орного МТА супроводжується зростанням, то четвертий - відповідним зменшенням як поздовжньої, так і поперечної складових його тягового опору. Природа цих явищ освітлена як в лекцій-

ному матеріалі, так і в роботах [1, 2].

Що стосується розвертального моменту, який діє відносно центру мас енергетичного засобу (т. О, див. рис. 1), то він проявляється у всіх випадках. Однак, величина його при цьому різна:

$$M_1 = R \cdot A \quad - \text{для варіанту 1;} \quad (1)$$

$$M_2 = -R \cdot A \quad - \text{для варіанту 2;} \quad (2)$$

$$M_3 = -P \cdot B \quad - \text{для варіанту 3} \quad (3)$$

$$M_4 = P \cdot B \quad - \text{для варіанту 4.} \quad (4)$$

В приведених формулах і на рисунку прийняті наступні позначення:

R, P - поздовжня та поперечна складові тягового опору плуга відповідно;

A - величина поперечного зміщення точки кріплення нижніх тяг ЗНМ енергетичного засобу;

B - відстань від точки кріплення нижніх тяг ЗНМ енергозасобу до центру його мас.

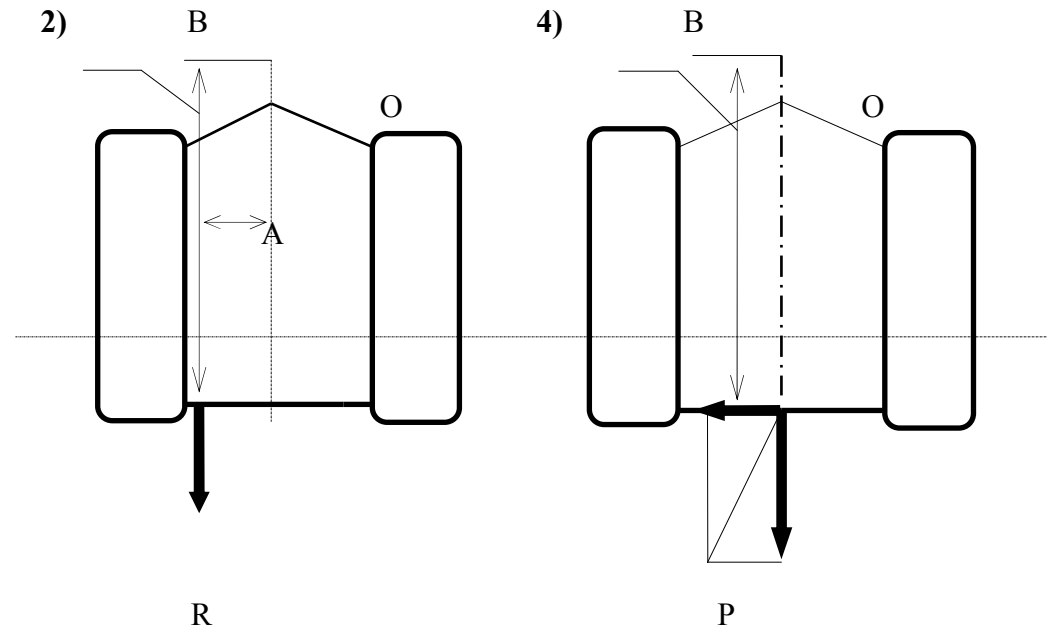
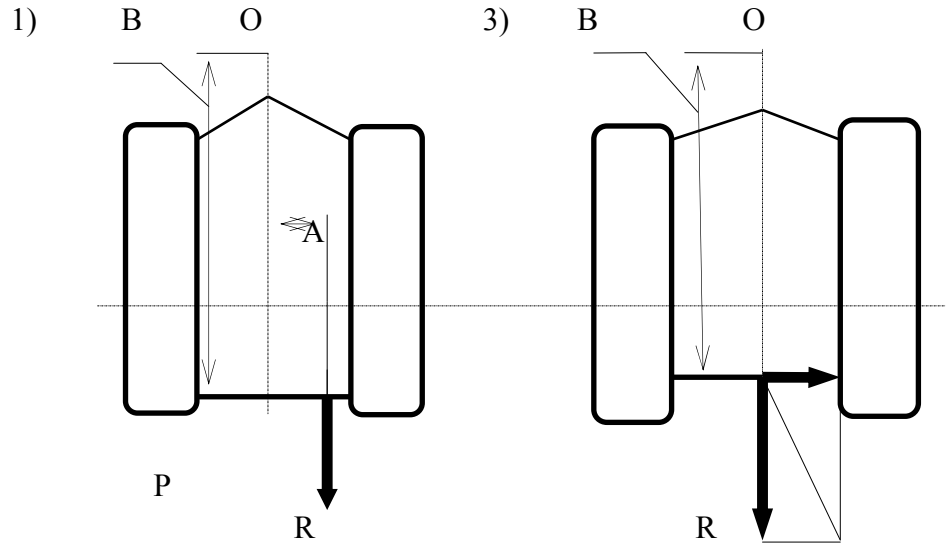


Рисунок 1 – Схема дії розвертального моменту відносно центру мас енергетичного засобу

Реакція P залежить від параметрів ходової системи використовуваного енергетичного засобу, але не перевищує при цьому 25% від поздовжньої складової тягового опору плуга (R). У зв'язку з цим для подальших міркувань приймемо:

$$P \cong 0,25 \cdot R \quad (5)$$

Що стосується співвідношення величин A і B, то для кожного МТА воно різне. З достатньою для практики точністю відносно багатьох орних агрегатів справедливе наступне:

$$B \cong (7 - 8) \cdot A \quad (6)$$

Як зазначалось вище, у третьому варіанті агрегування плуга його тяговий опір зростає, а в четвертому варіанті - зменшується на величину  $\Delta R$ . Середня величина останньої:

$$\Delta R \cong 0,15 \cdot R \quad (7)$$

#### Практичне завдання

Розрахувати значення розвертального моменту, який діє в кожному із чотирьох варіантів агрегування плуга. Вибрати і обґрунтувати найоптимальнішу схему агрегування знаряддя при наступних вихідних даних:  $R = 32 \text{ кН}$ ;  $A = 0,25 \text{ м}$ .

#### **Порядок розрахунків**

1. Для першого та другого варіантів розвертальні моменти розраховуються безпосередньо за формулами (1) і (2).

2. Для варіантів 3 і 4 величина  $P$  розраховується з виразу (5). При цьому тяговий опір плуга  $R$  збільшується (варіант 3) / зменшується (варіант 4) у відповідності з (7). Після знаходження величина  $V$  із виразу (6) за формулами (3) і (4) розраховуються значення відповідних моментів.

Теоретичні положення. Високі тягово-зчіпні властивості та відносно вузька колія МЕЗ забезпечують йому симетричне агрегування з плугом. В результаті знаряддя може бути приєднане і за трьохточковою схемою. Для забезпечення при цьому задовільної кутової рухомості в горизонтальній площині плуга відносно енергетичного засобу, конструктивні параметри навісного механізму останнього повинні відповідати наступним умовам:

$$r - 0,38 \cdot e \geq L_t = \frac{(d + C_o) \cdot r}{e + d + C_o} \leq L_k \quad (1)$$

де  $r$  - відстань між приєднувальними бугелями плуга, м;

$e$  - довжина нижніх тяг ЗНМ МЕЗ, м;

$L_t$  - вимагаєма відстань між точками кріплення нижніх тяг навісного механізму енергетичного засобу, м;

$d$  - відстань від осі, яка проходить через точки кріплення нижніх тяг ЗНМ, до вісі задніх коліс МЕЗ, м;

$C_o$  - відстань від вісі задніх коліс МЕЗ до центру його мас, м;

$L_k$  - максимально допустима для даної конструкції МЕЗ відстань між точками кріплення нижніх тяг його навісного механізму, м.

Для практичного застосування приймається таке значення  $L_t$ , яке відповідає обома вимогам виразу (1).

В агрегаті з плугом енергетичний засіб може рухатися правими колесами або в борозні, або поза борозною. Для симетричного приєднання знаряддя в обох випадках повинні виконуватися умови:

$$V = b_k \cdot (n+1) - b - 2 \cdot A \quad (2)$$

$$V^1 = b_k \cdot (n+1) + b, \quad (3)$$

де  $V, V^1$  - колія МЕЗ при рухові поза борозною і в ній відповідно, м;

$b_k$  - конструктивна ширина захвату корпусу плуга, м;

$n$  - число корпусів агрегатованого плуга, шт;

$b$  - ширина шини колеса МЕЗ, м;

A - відстань від зовнішньої частини колеса до стінки борозни, м.

Найбільш ефективним є приєднанням плуга до МЕЗ по схемі з лівостороннім поперечним зміщенням знаряддя відносно власних приєднувальних бугелів (варіант 4 попереднього завдання). Максимально допустиму величину цього зміщення ( $L_c$ ) розраховують за формулою [1]:

$$L_c < d_{п} \cdot \text{ctg}(\gamma + \varphi), \quad (4)$$

де  $\gamma$  - кут між лезом лемеша та стінкою борозни,  $^{\circ}$ ;  
 $d_{п}$  - поздовжня координата “центру опору” плуга, м;  
 $\varphi$  - кут тертя польових дощок плуга об стінку борозни,  $^{\circ}$ .

#### Практичне завдання

1. Визначити потрібну відстань між точками кріплення нижніх тяг навісного механізму МЕЗ при наступних вихідних даних:  $L_k = 0,8$  м;  $r = 1,1$  м;  $e = 1$  м;  $d = 1,2$  м;  $C_o = 2,5$  м.

2. В борозні чи поза нею ( $A = 15$  см) буде рухатися МЕЗ в агрегаті з плугом ПЛН-5-35, якщо колія його коліс, обладнаних шинами шириною 16,9”, дорівнює 1,4 м?

3. Знайти величину поздовжньої координати “центру опору” плуга при його лівосторонньому поперечному зміщенні  $L_c = 0,2$  м, якщо  $\gamma = 42^{\circ}$  і  $\varphi = 40^{\circ}$ .

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.

3. Пояснити отримані результати розрахунків.

#### **Контрольні питання:**

1. Суть тягової та тягово-енергетичної концепцій розвитку енергетичних засобів.
2. Методика оцінки керованості МЕЗ при наявності передньо-навісних знарядь.
3. Методика розрахунку потужності, необхідної для приводу коліс технологічного модуля МЕЗ.
4. Особливості агрегування плугів з модульними енергетичними засобами.



**Лабораторна робота №12**  
**ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ МОДУЛЯ**  
**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗНАРЯДДЯ**

**МЕТА РОБОТИ**

Засвоїти методику вибору ширини модуля с.-г. знаряддя чи машини на основі застосування методу “прямокутної піраміди”

**1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

**1.1 Рекомендована література**

1 Надикто В.Т. Основи агрегування модульних енергетичних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.г. виробництва». Глеваха. 2002. 40 с.

**2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**2.1 Програма роботи**

*2.1.1 Виконуючи роботу студенту необхідно вивчити:*

- основи комплектування широкозахватних агрегатів у складі МЕЗ;
- методи розрахунку теоретичних завдань з принципу модульної побудови с.-г. машин.

*2.1.2 Ознайомитись:*

- з методикою вибору ширини модуля с.-г. машини на основі застосування методу “прямокутної піраміди”.

*Скласти звіт, провести розрахунки та захистити роботу.*

**2.2 Теоретичні відомості**

Теоретичні положення. До цього часу комплектування широкозахватних агрегатів здійснювалось за допомогою зчіпок машин і знарядь, які мають однакову ширину захвату. Взагалі це відповідає принципу модульної побудови с.-г. машин, який передбачає складання МТА з використанням спеціальних транспортно-технологічних рам (ТТР), виконаних у вигляді суцільної конструкції чи конструктивних елементів, які повторюються.

ТТР у вигляді напівнавісної зчіпки повинна служити основою для складання широкозахватних агрегатів на основі МЕЗ. Проте, ширина використовуємих знарядь при цьому передбачається **однаковою.**

В той же час, така схема агрегування ЕЗ може бути далеко не оптимальною. Зі збільшенням швидкості руху бокові знаряддя, навішані на напівнавісну зчіпку, різко знижують свою стійкість, а середнє - збільшує. Але, оскільки загальна ширина захвату бокових секцій МТА у порівнянні з центральною значно (в 2 рази) більша, то відповідний вплив перших на стійкість руху ЕЗ є визначальним.

Якщо припустити, що співвідношення між шириною захвату бокових секцій до центральної в значній мірі впливає на перерозподіл зчіпної маси енергетичного засобу по мостах, то для блоково - модульного МТА це може в першу чергу відобразитися на керованості та стійкості руху.

Вихід із цього скрутного положення можливий при іншому методичному підході до принципів модульної побудови МТА. Суть його в тому, що конструктивні захвати бокової та центральної секцій блоково - модульного МТА можуть бути різними. Проте спів-

відношення цих параметрів вибирається не довільно, а на основі відповідного аналізу.

Технічна здійсненність такого підходу цілком можлива з-за розповсюдження методу модульної побудови сільськогосподарських знарядь і машин.

Мінімальна ширина одиничного модуля обґрунтовується по різному. Одним із досить ефективних способів є метод так званої “прямокутної піраміди” [1]. Він передбачає оцінку ефективності конструктивного рішення через три основні показники, зв'язані з його практичним використанням.

Нехай, для прикладу, це будуть питомі витрати праці ( $Z$ ), палива ( $G_T$ ) та металу або інших матеріалів ( $M$ ). Тоді, по вісі  $OX$  (див. рис. 1) відкладають  $Z$ , по вісі  $OY$  -  $G_T$ , а по вісі  $OZ$  -  $M$ . Отримані точки  $X_i$ ,  $Y_i$  та  $Z_i$  з'єднують і отримують прямокутну піраміду з вершиною в точці  $O$ .

Далі розраховують об'єм піраміди ( $V$ ). Той конструктивний варіант вважається найоптимальнішим, у якого величина  $V$  буде найменшою.

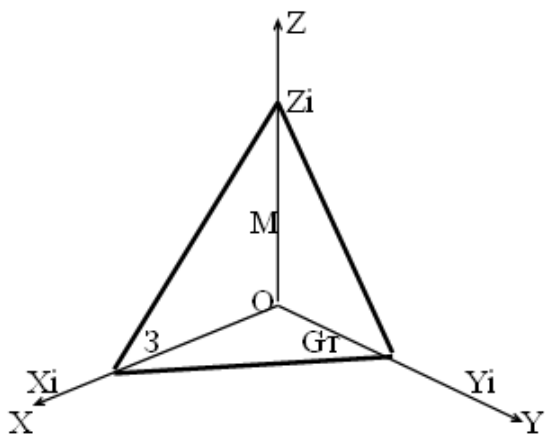


Рисунок 1 – Графічна інтерпретація методу “прямокутної піраміди”

Об'єм піраміди у цьому випадку розраховують за формулою:

$$V = \frac{1}{6} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & G_T & 0 & 1 \\ 0 & 0 & M & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

При використанні ГТР модулі - секції в агрегаті розміщуються шеренговим, ешелонованим та комбінованим способами. Ширина захвату бокових і центральної машин може бути неоднаковою.

#### Практичне завдання

Для складання культиватора для міжрядного обробітку просяпних культур шириною 8,4 м пропонуються 3 модулі. Ширина захвату першого - 2,1м, другого - 2,8 м і третього - 4,2 м.

З'ясується, який модуль є найоптимальнішим, якщо їх металоемкість ( $M$ ), витрати праці на підготовку до роботи ( $Z_T$ ) та питомий тяговий опір ( $R_p$ ) відповідно становлять:

- для першого модуля:

$$M = 100 \text{ кг} \cdot \text{год/га}; Z_T = 0,5 \text{ чол} \cdot \text{год}; R_p = 0,6 \text{ кН/м};$$

- для другого модуля:

$$M = 120 \text{ кг} \cdot \text{год/га}; Z_T = 0,7 \text{ чол} \cdot \text{год}; R_p = 0,75 \text{ кН/м};$$

- для третього модуля:

$$M = 280 \text{ кг} \cdot \text{год/га}; Z_T = 1,8 \text{ чол} \cdot \text{год}; R_p = 1,5 \text{ кН/м}.$$

Розв'язок задачі пропонується проводити з допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel.

**2.3 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:**

- 1 Номер, найменування та мету роботи.
- 2 Проводить відповідний розрахунок згідно завдання роботи.
3. Пояснити отримані результати розрахунків.

**Контрольні питання:**

- 1 Конструктивні відміни енергетичного модуля МЕЗ від трактора тягової концепції.
- 2 Чим визначається показник ефективності функціонування технологічної системи?
- 3 Назвати технічно-експлуатаційні параметри, які характеризують використання транспортних засобів.
- 4 Що потрібно зробити, якщо швидкість тягово-приводного МТА переверщує припустиму за умов агротехніки?
- 5 Перспективні напрямки розвитку енергетичних засобів формули 4К4.
- 6 Вкажіть, який машинний агрегат називають «простим»?

**ПРАВИЛА ОХОРОНИ ПРАЦІ  
при виконанні лабораторних робіт**

**1. Загальні вимоги безпеки**

- 1.1. Користувачі ПЕОМ повинні дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, установлені режими праці й відпочинку.
- 1.3. Користувачі ПЕОМ зобов'язані дотримувати правил пожежної безпеки, знати місця розташування первинних засобів пожежогашіння.
- 1.4. Про кожний нещасний випадок із працівником потерпілий або очевидець нещасних випадків зобов'язаний негайно повідомити ректора або проректора. При несправності устаткування припинити роботу й повідомити адміністрацію.
- 1.5. У процесі роботи користувачі ПЕОМ повинні дотримуватися правил використання засобів індивідуального й колективного захисту, правил особистої гігієни, утримувати в чистоті робоче місце.
- 1.6. Особи, що допустили невиконання або порушення інструкції з охорони праці, притягуються до дисциплінарної відповідальності відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку.

**2. Вимоги безпеки під час роботи**

- 2.1. При роботі із ПЕОМ значення візуальних параметрів повинні знаходитися в межах оптимального діапазону.
- 2.2. Клавіатуру розташовувати на поверхні стола на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача.
- 2.3. При працюючому відеотерміналі відстань від очей до екрана повинна бути 0,6 - 0,7 м, рівень очей повинен припадати на центр екрана або на 2/3 його висоти.
- 2.4. Зображення на екранах відеомоніторів повинне бути стабільним, яким і гранично чітким, не мати мерехтінь символів і фону, на екранах не повинно бути відблисків і відбиття світильників, вікон і навколишніх предметів.
- 2.5. Тривалість безперервної роботи із ПЕОМ без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2-х годин. Щогодини при роботі слід робити регламентовану перерву тривалістю 15 хв.



119



120