

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
Механіко-технологічний факультет**



Кафедра “Машиновикористання
в землеробстві”

**Вплив схеми налаштування навісного механізму на
характер зміни вертикальних реакцій на мостах
енергетичного засобу**

Методичні вказівки до
лабораторної роботи №9

з дисципліни «Аграрна інженерія»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 208 «Агроінженерія»
(на основі бакалавра)

Мелітополь, 2020

УДК 631.5

Аграрна інженерія. Вплив схеми налаштування навісного механізму на характер зміни вертикальних реакцій на мостах енергетичного засобу. Методичні вказівки до лабораторної роботи №9 для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі бакалавра). – Мелітополь: ТДАТУ, 2020 – 12 с.

Розробники: к.т.н, доцент Кувачов Володимир Пе т рович,

Рецензент: д.т.н. Михайлов Євген Володимирович

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри МВЗ,
протокол № від

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного
факультету, протокол № від

© ТДАТУ, 2020

Визначення впливу параметрів технологічної частини машинно-тракторного агрегату на характер зміни вертикальних навантажень на мостах трактора

МЕТА РОБОТИ

Засвоєння особливостей методики розрахунку вертикальних навантажень на мостах трактора і оцінки керованості машинно-тракторного агрегату.

1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Вивчити:

- вплив схеми та параметрів орного машинно-тракторного агрегату на характер зміни вертикальних реакцій на мостах трактора [1].

Ознайомитися:

- з методикою визначення вертикальних реакцій на мостах трактора та оцінкою його керованості (теоретичний матеріал методичних вказівок).

Скласти звіт по роботі: (розділ 4 методичних вказівок).

Робота повинна бути оформлена окремим звітом на аркушах формату А4 згідно з вимогами ДСТ 2.105-95 ЄСКД.

1.2 Питання для самопідготовки

1) Як параметри машинно-тракторного агрегату впливають на характер зміни вертикальних реакцій на мостах трактора?

2) Як можна покращити тягово-зчіпні властивості тракторів?

1.3 Рекомендована література

1. Булгаков В.М. Агрегування плугів / В.М.Булгаков, В.І.Кравчук, В.Т.Надикто. – К.: Аграрна наука. – 2008. – 152 с. [С. 5-43].

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

2.1.1 Виконуючи роботу, студенту необхідно навчитися:

- визначати величину вертикальних реакцій на мостах трактора при його агрегуванні із сільськогосподарським знаряддям.

2.1.2 Здійснити:

- визначення вертикальних реакцій на мостах трактора.

Скласти звіт та захистити роботу.

2.2 Оснащення робочого місця

1. Робочий зошит.
2. Методичні вказівки до виконання роботи.
3. ЕОМ.
4. Інструкція з охорони праці (відповідно з ДНАОП 0.00-4.25-98).

3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Теоретичні положення

Технологічна частина машинно-тракторного агрегату (МТА), незалежно від способу її приєднання, може викликати перерозподіл зчіпної ваги трактора по мостах (рис. 1). Але ж при цьому для забезпечення керованості МТА необхідно, щоб мінімальне вертикальне навантаження ($N_{\min}$) на керованих колесах трактора було [1]:

$$N_{\min} = N_{\text{Аст}} \cdot \lambda, \quad (1)$$

де $N_{\text{Аст}}$ – навантаження на керовані колеса трактора у статичному положенні без тягового навантаження, кН;

λ – коефіцієнт допустимого розвантаження керованих коліс трактора, виходячи за умовою керованості. При роботі трактора на твердому ґрунті $\lambda=0,3-0,4$, а на м'якому - $\lambda=0,6-0,7$ [1].

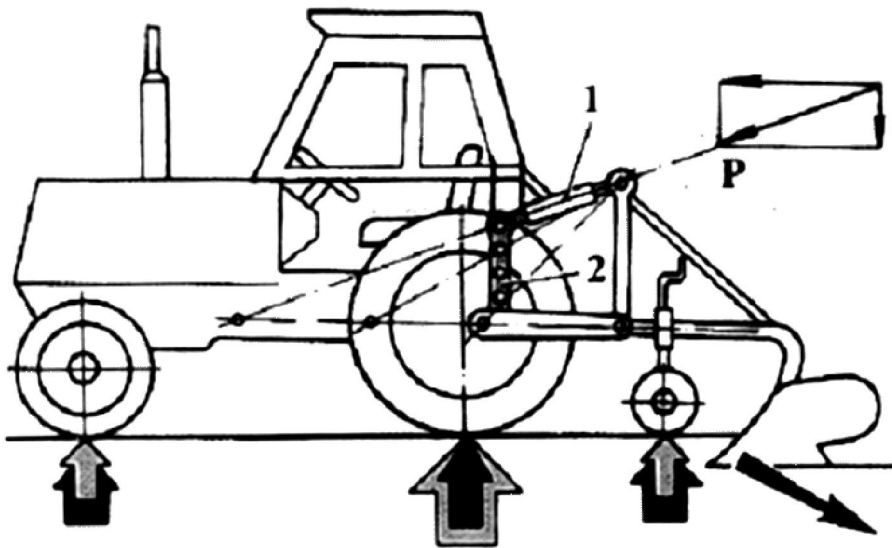


Рисунок 1 – Схема впливу орного знаряддя на характер перерозподілу зчіпної ваги трактора по мостах

Якщо в результаті перерозподілу зчіпної ваги трактора вертикальне навантаження на керованих колесах стало меншим за мінімально допустиме $N_{\min}$, то з'являється загроза суттєвого погіршення керованості і стійкості руху агрегату. В такому випадку, як правило, приймають рішення про його баластування.

Зрозуміло, що зайва вага трактора збільшує витрати потужності на кочення трактора, ступінь ущільнення ґрунту його рушіями тощо.

Але, вирішити проблему погіршення керованості трактора можна і без його баластування, шляхом перерозподілу зчпної ваги через зміну кутів нахилу центральної та/або нижньої тяг заднього навісного механізму.

Відомо, що на характер перерозподілу зчпної маси трактора по мостах оказує вплив кути нахилу центральної та нижніх тяг його навісного механізму. Саме з цієї причини в деяких конструкціях навісного механізму тракторів передбачена можливість регулювання кута нахилу, як правило, верхньої тяги (рис. 2).

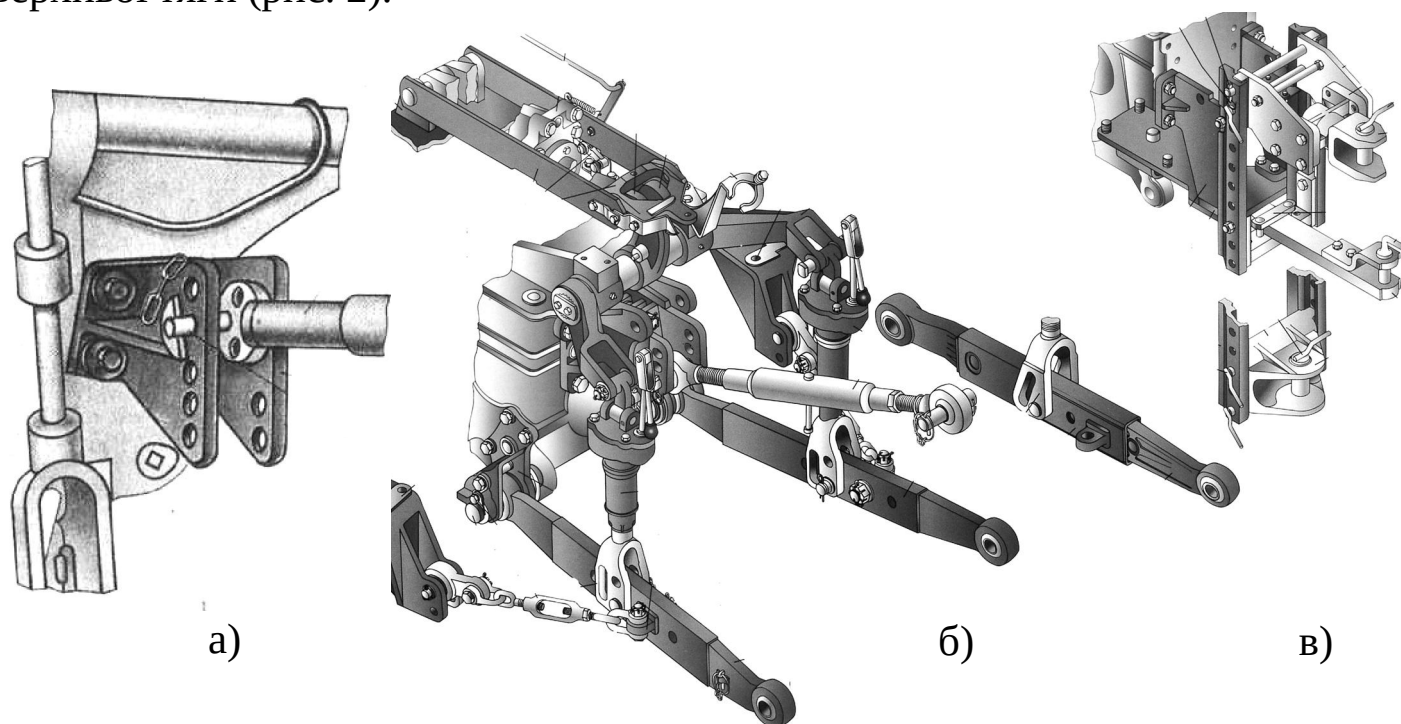


Рисунок 2 – Варіанти (а, б і в) регулювання точки приєднання (кута нахилу) верхньої тяги навісного механізму трактора

На деяких навісних механізмах сільськогосподарської машини також передбачено регулювання точки приєднання (а значить і кут нахилу) центральної тяги навісного механізму трактора.

Тому, на практиці фахівець агроінженерного напрямку підготовки повинен володіти математичним апаратом, щодо правильного визначення нахилу, або точки кріплення центральної тяги навісного механізму трактора, звичайно, якщо така можливість передбачена конструкцією. Саме розгляду цього питання і присвячена дана робота.

Задача: дослідити вплив кута нахилу центральної тяги навісного механізму трактора та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах трактора.

Для розрахунку двох вертикальних реакцій на мостах трактора (N_A , N_B – див. рис. 3) складемо умову його рівноваги у поздовжньо-вертикальній площині. У відповідності із загальноприйнятим принципом про заміну

d – відстань між задніми колесами трактора та навісним механізмом знаряддя.

Моменти M_A і M_B можна виразити наступним чином:

$$\begin{aligned} M_A &= (P_{ka} - P_{fa}) \cdot r_a; \\ M_B &= (P_{kb} - P_{fb}) \cdot r_b, \end{aligned} \quad (4)$$

де P_{ka} , P_{kb} – дотичні сили тяги передніх і задніх коліс трактора відповідно;

P_{fa} , P_{fb} – сили опору коченню передніх та задніх коліс трактора відповідно;

r_a , r_b – радіуси кочення передніх і задніх коліс трактора.

В свою чергу:

$$\begin{aligned} P_{ka} &= \varphi \cdot N_A; & P_{fa} &= f \cdot N_A; \\ P_{kb} &= \varphi \cdot N_B; & P_{fb} &= f \cdot N_B, \end{aligned} \quad (5)$$

де f – коефіцієнт опору коченню;

φ – коефіцієнт використання зчіпної маси трактора.

З системи рівнянь (3) з урахування виразів (4) і (5) після відповідних перетворень знаходимо:

$$\begin{cases} N_B = G_T - Y - N_A, \\ N_A = \frac{G_T \cdot a_T - Y(Z_X - d) - (G_T - Y) \cdot r_b(\varphi - f) - X \cdot Z_Y}{L - (\varphi - f) \cdot (r_b - r_a)}. \end{cases} \quad (6)$$

Координату a_T центра мас трактора можна визначити за рівнянням:

$$a_T = \frac{N_{AcT} \cdot L}{G_T}. \quad (7)$$

Рівняння рівноваги плуга.

Для визначення трьох невідомих реакцій (X , Y та N_K) достатньо трьох незалежних рівнянь рівноваги плуга:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n (F_k)_x = 0, \\ \sum_{k=1}^n (F_k)_y = 0, \\ \sum_{k=1}^n M_O(F_k) = 0. \end{cases}$$

У відповідності зі схемою діючих сил (див. рис. 3), маємо:

$$\begin{cases} N_K - G_{\Pi} - R_Z - Y = 0, \\ P_{fk} + R_X - X = 0, \\ G_{\Pi}(D_0 + Z_X) + R_Z(D_{\Pi} + Z_X) - N_K(D_K + Z_X) - P_{fk} \cdot Z_Y - R_X(Z_Y + H/2) + M_{fk} = 0, \end{cases} \quad (8)$$

де H – глибина оранки;

G_{Π} – вага плуга;

R_X, R_Z – горизонтальна та вертикальна складові тягового опору плуга. Прийнято вважати, що $R_Z \approx (0,20 \dots 0,35)R_X$;

P_{fk} і M_{fk} – сила і момент опору коченню опорного колеса плуга;

D_0, D_{Π}, D_K – конструктивні параметри плуга, природа яких зрозуміла з рис. 3

Силу P_{fk} та момент M_{fk} опору коченню опорного колеса плуга можна визначити за рівняннями:

$$\begin{aligned} P_{fk} &= f \cdot N_K, \\ M_{fk} &= f \cdot N_K \cdot r_K, \end{aligned} \quad (9)$$

де r_K – радіус опорного колеса плуга, м.

З системи рівнянь (8) з урахування виразів (9) після відповідних перетворень знаходимо:

$$\begin{cases} Y = N_K - G_{\Pi} - R_Z, \\ X = f \cdot N_K + R_X, \\ N_K = \frac{G_{\Pi}(D_0 + Z_X) + R_Z(D_{\Pi} + Z_X) - R_X(Z_Y + H/2)}{D_K + Z_X + f \cdot Z_Y - f \cdot r_K}. \end{cases} \quad (10)$$

Координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора Z_X і Z_Y визначені як його конструктивними параметрами, так і кутами нахилу тяг. При цьому, в залежності від значень кутів нахилу центральної та нижньої тяги залежності для їх розрахунку різні.

Розглянемо один із варіантів розміщення тяг заднього навісного механізму трактора (рис. 4), для якого $\alpha > 0, \beta \geq 0, \alpha > \beta$. За вказаним варіантом координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора Z_X і Z_Y можна обчислити за рівняннями:

$$\begin{aligned} Z_X &= \frac{h_{ct}}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}; \\ Z_Y &= h_H - \frac{h_{ct} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}. \end{aligned} \quad (11)$$

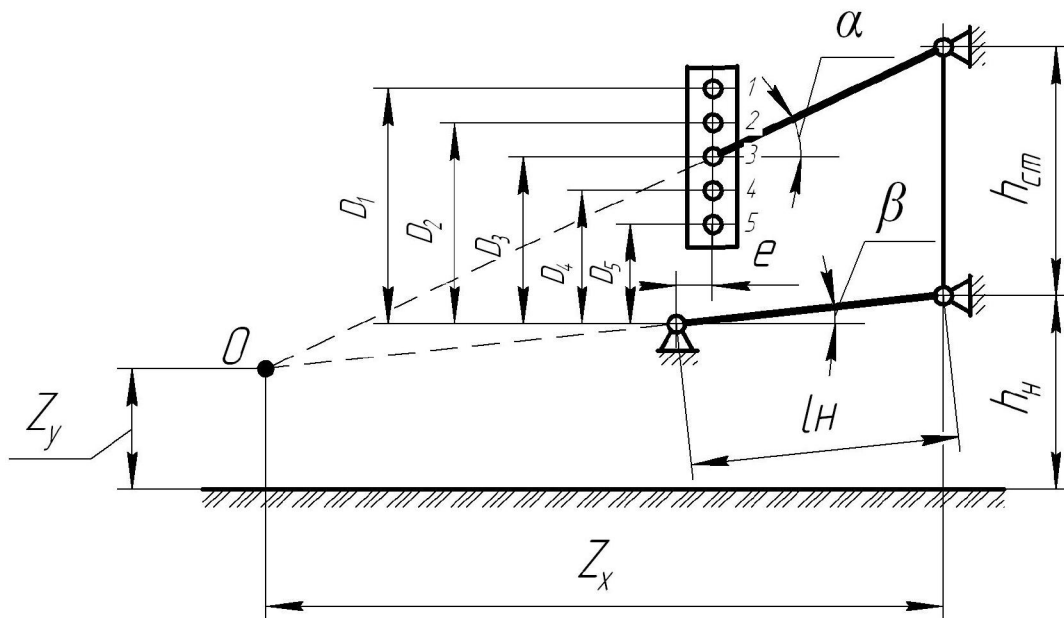


Рисунок 4 – Схема для визначення координат миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора

Зрозуміло, що змінюючи положення кріплення верхньої тяги ($D_1 \dots D_5$) по вертикалі буде змінюватися і кут α її нахилу (див. рис. 4), величину якого можна визначити при цьому за рівнянням:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_{\text{ст}} - D - l_{\text{H}} \sin \beta}{l_{\text{H}} \cos \beta - e}, \quad (12)$$

де l_{H} – довжина нижньої тяги;

h_{H} , $h_{\text{ст}}$, e – конструктивні параметри, природа яких зрозуміла з рис. 4.

3.2 Постановка завдання та порядок розрахунків.

Завдання 1. За можливими варіантами ($D_1 \dots D_5$) приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора (рис. 4) визначити, за якими із положень 1...5 керованість орного МТА буде задовільною, а за якими – ні.

Вихідні дані для розрахунків:

$D_1=0,5\text{м}$; $D_2=0,44\text{м}$; $D_3=0,38\text{м}$; $D_4=0,32\text{ м}$; $D_5=0,26\text{ м}$;

плуг ПЛН-3-35 вагою $G_{\text{п}}=4,7\text{ кН}$, $D_0=1\text{ м}$, $H=0,23\text{ м}$, $R_{\text{X}}=14\text{ кН}$;

трактор тягового класу 1,4 з наступними параметрами $G_{\text{Т}}=46,4\text{ кН}$, $N_{\text{АСТ}}=17,1\text{ кН}$, $L=2,7\text{ м}$, $r_{\text{a}}=0,55\text{ м}$, $r_{\text{в}}=0,82\text{ м}$, $d=1,6\text{ м}$, $\lambda=0,6$, $f=0,1$, $\varphi=0,4$, $\beta=5\text{ град}$.

Порядок розрахунків.

1) Вимірюють невідомі конструктивні параметри плуга:

$D_{\text{П}}$, $D_{\text{К}}$, $r_{\text{К}}$, h_{H} , $h_{\text{ст}}$, e , l_{H} .

2) Розраховують координату $a_{\text{Т}}$ центра мас трактора за залежністю (7).

3) Для кожного з варіантів приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора розраховують кут α її нахилу за (12).

4) Для кожного з варіантів приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора розраховують координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора Z_X і Z_Y за (11).

5) Для заданої R_X горизонтальної складової тягового опору плуга розраховують вертикальну складову R_Z за залежністю:

$$R_Z \approx (0,20 \dots 0,35) R_X.$$

6) Для кожного з варіантів приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора розраховують три невідомі реакції плуга (X , Y та N_K) за (10).

7) Для кожного з варіантів приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора розраховують дві невідомі вертикальні реакції на передніх N_A та задніх N_B колесах трактора за (8).

8) Розраховують мінімальне вертикальне навантаження ($N_{\min}$) на керованих колесах за (1) з позиції забезпечення керованості МТА.

9) Для кожного з варіантів приєднання верхньої тяги навісного механізму до трактора отримане значення N_A порівнюється з $N_{\min}$. Задовільна керованість орного агрегату забезпечується за умови $N_A \geq N_{\min}$, в іншому випадку – ні.

10) Будують графік залежності вертикальної реакції N_A на передньому мосту трактора від кута α нахилу центральної тяги заднього навісного механізму трактора (рис. 5). На графіку позначають зони, за якими буде забезпечена достатня керованість агрегату та навпаки.



Рисунок 5 – Вплив кута α нахилу центральної тяги заднього навісного механізму трактора на вертикальну реакцію N_A на його передніх колесах

Завдання 2.

Оцінити вплив тягового опору плуга на характер зміни вертикальних реакцій на мостах трактора та його керованість.

Вихідні дані для розрахунків: кути нахилу тяг $\alpha=45$ град., $\beta=0$ град.; діапазон зміни тягового опору плуга $R_X=10\ldots16$ кН; $\lambda=0,4$; інші параметри прийняти із завдання 1.

Порядок розрахунків.

1) Розраховують координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора Z_X і Z_Y за (11).

2) Для заданої R_X горизонтальної складової тягового опору плуга розраховують вертикальну складу R_Z за залежністю:

$$R_Z \approx (0,20\ldots0,35)R_X.$$

3) Розраховують три невідомі реакції плуга (X , Y та N_K) за (10).

4) Розраховують дві невідомі вертикальні реакції на передніх N_A та задніх N_B колесах трактора за (8).

5) Отримане значення N_A порівнюють з N_{min} . Задовільна керованість орного агрегату забезпечується за умови $N_A \geq N_{min}$, в іншому випадку – ні.

6) Будують графік залежності вертикальної реакції N_A на передньому мосту трактора від горизонтальної складової R_X тягового опору плуга (рис. 6). На графіку позначають зони, за якими буде забезпечена достатня керованість агрегату та навпаки.

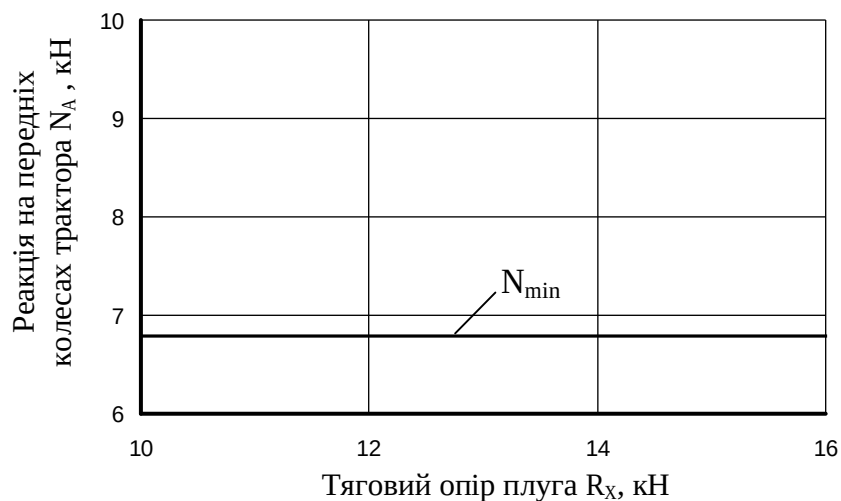


Рисунок 6 – Вплив горизонтальної складової R_X тягового опору плуга на вертикальну реакцію N_A на передніх колесах трактора

Література

1. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / [В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.]; под. ред. В.В. Гуськова. - М.: Машиностроение, 1988. - 376 с.

3.3 Методика виконання завдання із використанням ЕОМ

Необхідні розрахунки для виконання завдання рекомендується виконати у середовищі Excel. Для цього необхідно:

1) Сформуувати певний інтерфейс робочої сторінки у середовищі Excell, у якому слід відокремити вхідні та вихідні розрахункові параметри (наприклад за рис. 7).

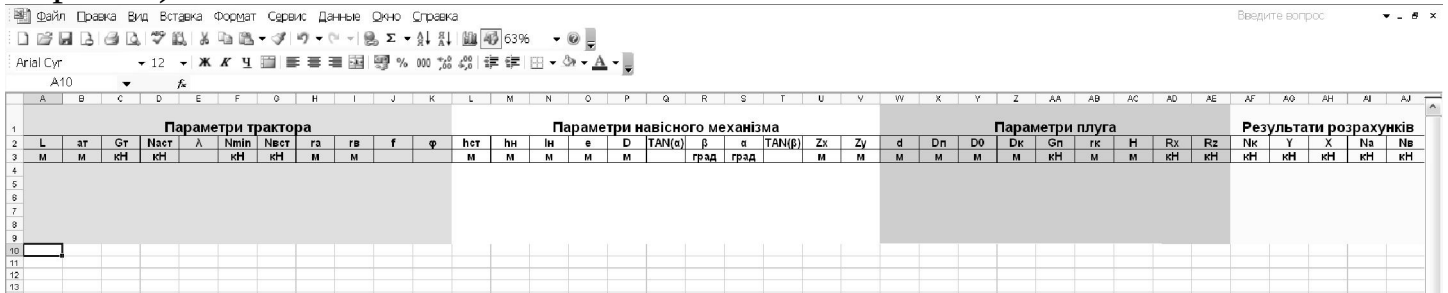


Рис. 7 – Інтерфейс формування таблиці для розрахунків у середовищі Excell

2) У відповідні комірки сформованої таблиці (див. рис. 7) внести кількісні значення вхідних параметрів та формули для обчислення вихідних параметрів.

3) Побудована розрахункова модель дозволяє досліджувати якісно-кількісні закономірності зміни вихідних параметрів від вхідних. Для цього необхідно змінювати у вказаному діапазоні вхідний параметр, а інші залишити на заданому рівні. В результаті середовище Excell за розробленою розрахунковою моделлю виконає розрахунки. Отриманий результат доцільно представити у вигляді графічних залежностей. За результатами розрахунків зробити висновки.

4 ФОРМА ЗВІТУ ДО РОБОТИ

Після виконання роботи, студент складає звіт, зміст якого включає:

- 1) Номер, найменування та мета роботи.
- 2) Умова, за якою забезпечується керованість МТА.
- 3) Схема сил та моментів, які діють на орний агрегат.
- 4) Методику розрахунку вертикальних реакцій на мостах трактора.
- 5) Постановку завдання.
- 6) Результати розрахунків.
- 7) Висновки.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Зміною яких параметрів орного МТА можна впливати на перерозподіл вертикальних реакцій на мостах трактора та яким чином?

2. Як змінюються вертикальні реакції на передньому та задньому мостах трактора при його агрегуванні із задньонавісним плугом?

3. Як будуть змінюватися вертикальні реакції на передньому та задньому мостах трактора при його агрегуванні із задньонавісним знаряддям, який не має опорного колеса?