

## ANALYSIS OF LEGAL ASPECTS OF FUNCTIONING OF MARKET OF BIOPROPELLANTS IN EUROPEAN UNION AND UKRAINE

Dozenko N.

### *Summary*

The results of European and Ukraine biological-fuel markets law-regulation terms analysis are considered in the article. The increasing temps of biological fuel producing in the world are indicated. The causes of biological energetic improvement in Ukraine low temps are formalized.

УДК 631.37

## ДОСЛІДЖЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО РУХУ БЛОКОВО-МОДУЛЬНОГО МТА

Парахін О.О. асп.<sup>2</sup>, Надикто В.Т., докт. техн. наук  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
Тел. (0619) 42-06-94

*Анотація* – представлено результати дослідження керованості транспортного руху блоково-модульного машинно - тракторного агрегату у горизонтальній площині

*Ключові слова* – математична модель, блоково-модульний МТА, модульний енергетичний засіб, енергетичний модуль, технологічний модуль, керованість, транспортний рух

*Постановка проблеми.* В даному збірнику праць у статті О.О.Парахіна представлено математичну модель транспортного руху блоково-модульного МТА у горизонтальній площині. Дослідження з її допомогою характеру функціонування цієї динамічної системи здійснюватимемо з допомогою амплітудних (АЧХ) і фазових (ФЧХ) частотних характеристик. Для їх розрахунку необхідно мати відповідні передаточні функції.

---

<sup>2</sup> - науковий керівник д.т.н., проф. Надикто В.Т.

© д.т.н., проф. Надикто В.Т., інж. Парахін О.О.

*Методика.* Під час оцінювання керованості руху блоково-модульного МТА розглядатимемо передаточну функцію  $[W_1(p)]$  по керуючому впливу відносно курсового кута енергетичного модуля МЕЗ:

$$W_1(p) = D_1/D_0$$

У вказаній передаточній функції  $D_0$  і  $D_1$  – визначники системи рівнянь, які представляють математичну модель розглядуваного агрегату. Згідно з методикою [1] вони є такими:

$$D_0 = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & 0 \\ K_{31} & 0 & K_{33} \end{vmatrix};$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} K_{11} & F_{11} & K_{13} \\ K_{21} & F_{21} & K_{23} \\ K_{31} & F_{31} & K_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11} & F_{11} & K_{13} \\ K_{21} & F_{21} & 0 \\ K_{31} & 0 & K_{33} \end{vmatrix};$$

Головний визначник системи  $D_0$  має такий вид:

$$D_0 = p \cdot (a_6 \cdot p^5 + a_5 \cdot p^4 + a_4 \cdot p^3 + a_3 \cdot p^2 + a_2 \cdot p + a_1), \quad (1)$$

де  $a_6 = A_{11} \cdot A_{21} \cdot A_{31}$ ;

$$a_5 = A_{12} \cdot A_{21} \cdot A_{31} + A_{11} \cdot A_{31} \cdot A_{23} + A_{11} \cdot A_{21} \cdot A_{35};$$

$$a_4 = A_{11} \cdot A_{31} \cdot A_{24} + A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{31} - A_{13} \cdot A_{22} \cdot A_{31} + A_{11} \cdot A_{21} \cdot A_{36} +$$

$$+ A_{12} \cdot A_{21} \cdot A_{35} - A_{21} \cdot A_{32} \cdot A_{15} + A_{11} \cdot A_{23} \cdot A_{35};$$

$$a_3 = A_{12} \cdot A_{31} \cdot A_{24} - A_{22} \cdot A_{31} \cdot A_{14} + A_{12} \cdot A_{21} \cdot A_{36} + A_{11} \cdot A_{23} \cdot A_{36} -$$

$$- A_{21} \cdot A_{32} \cdot A_{16} + A_{11} \cdot A_{24} \cdot A_{35} + A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{35} - A_{13} \cdot A_{22} \cdot A_{35} -$$

$$A_{23} \cdot A_{32} \cdot A_{15};$$

$$a_2 = A_{11} \cdot A_{24} \cdot A_{36} + A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{36} + A_{12} \cdot A_{24} \cdot A_{35} - A_{13} \cdot A_{22} \cdot A_{36} -$$

$$- A_{22} \cdot A_{14} \cdot A_{35} - A_{23} \cdot A_{32} \cdot A_{16} - A_{32} \cdot A_{15} \cdot A_{24};$$

$$a_1 = A_{12} \cdot A_{24} \cdot A_{36} - A_{22} \cdot A_{14} \cdot A_{36} - A_{32} \cdot A_{24} \cdot A_{16}.$$

Якщо у формулу для визначення вільного члена  $a_1$  підставити вирази коефіцієнтів  $A_{ij}$  із математичної моделі МТА (тут і далі див. статтю О.О.Парахіна), то виявиться, що він дорівнює нулю. В такому разі вираз (1) матиме наступний остаточний вид:

$$D_0 = p^2 \cdot (a_6 \cdot p^4 + a_5 \cdot p^3 + a_4 \cdot p^2 + a_3 \cdot p + a_2) \quad (2)$$

Як бачимо, рівняння (2), яке описує усталений незбурений рух динамічної системи, має два нульових корені. Один із них є має суто математичну природу. Другий же вказує на те, що характер руху розглядуваного блоково-модульного агрегату в горизонтальній площині індіферентний (тобто незалежний) відносно свого початкового положення на площині (координата  $X_T$ ).

Визначник  $D_1$  знаходиться із наступного виразу:

$$D_1 = p \cdot (b_4 \cdot p^3 + b_3 \cdot p^2 + b_2 \cdot p + b_1),$$

$$\begin{aligned} \text{де } b_4 &= A_{11} \cdot A_{21} \cdot A_{31}; \\ b_3 &= A_{12} \cdot A_{31} \cdot B_{21} - A_{22} \cdot A_{31} \cdot B_{11} + A_{11} \cdot A_{35} \cdot B_{21}; \\ b_2 &= A_{11} \cdot A_{36} \cdot B_{21} + A_{12} \cdot A_{35} \cdot B_{21} - A_{22} \cdot A_{35} \cdot B_{11} - A_{22} \cdot A_{15} \cdot B_{21}; \\ b_1 &= A_{12} \cdot A_{36} \cdot B_{21} - A_{22} \cdot A_{36} \cdot B_{11} - A_{32} \cdot A_{16} \cdot B_{21}. \end{aligned}$$

З урахуванням вищевикладеного, передаточна функція по керуючому впливу відносно курсового кута енергетичного модуля МЕЗ має такий вид:

$$W_1(p) = \frac{D_1}{D_0} = \frac{b_4 \cdot p^3 + b_3 \cdot p^2 + b_2 \cdot p + b_1}{a_6 \cdot p^4 + a_5 \cdot p^3 + a_4 \cdot p^2 + a_3 \cdot p + a_2} \quad (3)$$

АЧХ і ФЧХ, отримані з передаточної функції  $W_1(p)$ , характеризують керованість руху блоково-модульного МТА. В робочому діапазоні частот коливань вхідного впливу бажані амплітудно-частотні характеристики повинні дорівнювати 1, а фазово-частотні – 0.

При відпрацюванні динамічною системою збурення бажані АЧХ мають дорівнювати 0, ФЧХ – прямувати до  $\infty$ .

Ті параметри та режими роботи дослідного МТА, які в робочому діапазоні частот коливань керуючого та збурю вального вхідних впливів максимально наближають дійсні АЧХ і ФЧХ до бажаних, є оптимальними.

Із аналізу даних багаторічних досліджень блоково-модульних агрегатів випливає, що основна доля дисперсії коливань керуючого впливу – кута повороту керованих коліс енергетичного модуля МЕЗ – зосереджена в діапазоні частот  $0 \dots 3 \text{ с}^{-1}$  [1]. В деяких випадках верхня його межа не перевищує навіть  $1 \text{ с}^{-1}$ .

Діапазон дисперсії коливань такого збурення, як розворотний момент збоку технологічної частини агрегату, найчастіше припадає на частоти  $0 \dots 3 \text{ Гц}$ , або  $0 \dots 18 \text{ с}^{-1}$ . Виходячи з цього за робочі діапазони вхідних коливань приймаємо такі:  $\omega = 0 \dots 3 \text{ с}^{-1}$  – для керуючого впливу і  $\omega = 0 \dots 18 \text{ с}^{-1}$  – для збурення.

Одними із параметрів, які можуть впливати на характер відпрацювання блоково-модульним агрегатом вхідних впливів, є коефіцієнти уводу шин коліс МЕЗ. Для їх знаходження використаємо методику, викладену в роботі [2]. Згідно з нею формула для розрахунку коефіцієнта уводу тієї чи іншої шини залежить від співвідношення її зовнішнього діаметра ( $D$ ) та глибини колії ( $h$ ):

$$- h/D < 0,0885$$

$$k = 145 \cdot [1,75 \cdot (h/D) - 12,7 \cdot (h/D)^2] \cdot \rho_{ш} \cdot b^2;$$

$$- h/D > 0,0885$$

$$k = 145 \cdot [0,095 - 0,49 \cdot (h/D)] \cdot \rho_{ш} \cdot b^2;$$

$$\frac{h}{D} = 0,40 \cdot \frac{Q}{\rho_{ш} \cdot D^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{b}}$$

де  $\rho_{ш}$  – тиск повітря в шині, Па;  
 $b$  – ширина шини, м;  
 $Q$  – вертикальне навантаження на шину, Н.

В процесі моделювання будемо розглядати агрегат у складі МЕЗ універсально-просапного призначення перемінного тягового класу 1,4-3 [3] та навісного плуга ПЛН-5-35. Енергетичний модуль МЕЗ – це трактор тягового класу 1,4 (типу МТЗ-80). Загальна маса цього МТА  $M_M = 7120$  кг. Конструктивні параметри його такі:  $L = 2,37$  м;  $a_M = 1,22$  м;  $a_T = 0,81$  м. В розрахунках прийнято наступні значини усіх необхідних параметрів:  $P_{fa} = 1,27$  кН;  $P_{fc} = 3,27$  кН;  $F_B = 7,1$  кН;  $J_T = 15,7$  кН·м·с<sup>2</sup>;  $J_M = 15,9$  кН·м·с<sup>2</sup>;  $b_a = 0,24$  м;  $b_b = 0,40$  м;  $b_c = 0,43$  м;  $D_a = 0,95$  м;  $D_b = 1,57$  м;  $D_c = 1,69$  м;  $\rho_a = 0,1$  МПа;  $\rho_b = 0,12$  МПа;  $\rho_c = 0,13$  МПа;  $Q_a = 12,7$  кН;  $Q_b = 25,3$  кН;  $Q_c = 32,7$  кН;  $K_M = 0 \dots 10^6$  Н·м·с/рад.

*Результати.* Перш, ніж проводити аналіз, нагадаємо, що при відпрацюванні динамічною системою керуючого впливу визначальним є фазовий зсув, тобто характер ФЧХ.

Стосовно розглядуваного нами блоково-модульного агрегату збільшення швидкості його транспортного переміщення від 2 до 5 м/с призводить до погіршення як фазових, так і амплітудних частотних характеристик (рис.1).

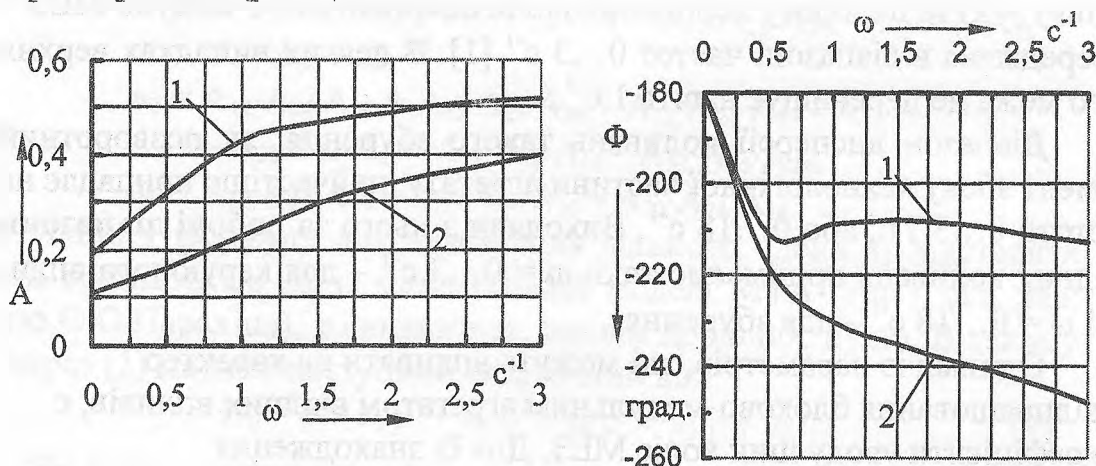


Рис.1 – Амплітудні (А) та фазові (Φ) частотні характеристики курсового кута енергетичного модуля при відпрацюванні керуючого впливу з різною швидкістю руху МТА ( $V_0$ ):

1 – 2 м/с; 2 – 5 м/с.

Проаналізуємо ці процеси більш детально. АЧХ системи в усюму швидкісному діапазоні її руху менші за бажану, яка в робочому ді-

апазоні частот зміни керуючого впливу повинна, як відомо, дорівнювати одиниці. Проте, між собою ці характеристики відрізняються мало. До того ж, усі вони мають тенденцію до покращення при збільшенні  $\omega$ , тобто частоти коливань керованих коліс енергетичного модуля МЕЗ.

Фазові частотні характеристики починають відрізнятися на частотах коливань кута повороту керованих коліс енергетичного модуля МЕЗ більших за  $0,5 \text{ c}^{-1}$  (див. рис.2.12). При  $\omega = 0,75 \text{ c}^{-1}$  різниця у фазових зсувах складає  $20^\circ$  або  $0,35 \text{ рад}$ . Практично це означає, що запізнення реакції МТА на керуючий вплив становить  $0,35/0,75 = 0,47 \text{ с}$ . При  $\omega = 3 \text{ c}^{-1}$  вказане запізнення дорівнює  $0,23 \text{ с}$ .

Із приведено вище аналізу отримуємо два альтернативних висновки. Перший полягає в тому, що задля покращення керованості блоково-модульного агрегату збільшення швидкості його транспортного руху має супроводжуватися збільшенням інтенсивності впливу на керовані колеса (через рульове колесо).

Суть другого висновку полягає в протилежному: при збільшенні  $V_0$  інтенсивність впливу на керовані колеса МЕЗ повинна бути меншою.

Із коефіцієнтів опору уводу шин коліс МЕЗ лише  $k_a$  (передні шини ЕМ) здійснює більш-менш відчутний вплив на керованість руху блоково-модульного агрегату. І то лише стосовно АЧХ. В результаті математичного моделювання встановлено, що зі збільшенням  $k_a$  від  $10$  до  $50 \text{ кН/рад}$ . ці характеристики покращуються (рис.2).

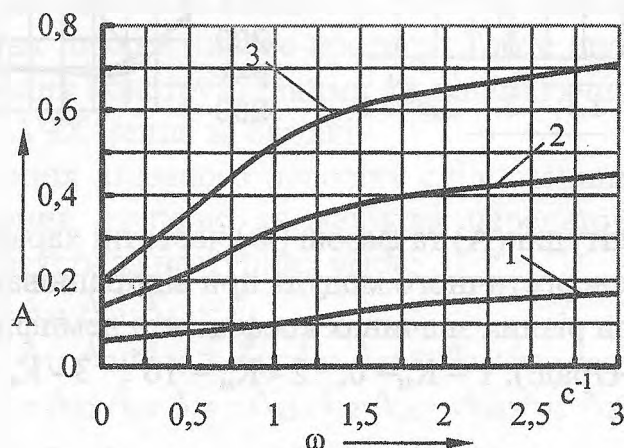


Рис.2 – Амплітудні частотні характеристики курсового кута енергетичного модуля при відпрацюванні керуючого впливу при різних ніж зачинах коефіцієнта опору уводу шин передніх коліс ЕМ ( $k_a$ ): 1 –  $10 \text{ кН/рад}$ .; 2 –  $30 \text{ кН/рад}$ .; 3 –  $50 \text{ кН/рад}$

На практиці збільшити коефіцієнт уводу шин коліс можна шляхом підвищення тиску повітря в них. Саме це стосовно передніх рушіїв енергетичного модуля МЕЗ і слід робити. Встановлення такого тис-



ку в їх шинах, яке забезпечить коефіцієнт опору уводу не менше 50 кН/рад., сприятиме підвищенню керованості руху досліджуваного блоково-модульного агрегату. І ця керованість тим вища, чим більшою буде інтенсивність впливу на процес повороту керованих коліс.

Насамкінець, відмітимо, що найбільш відчутний вплив на керованість транспортного руху блоково-модульного МТА здійснює коефіцієнт демпфірування  $K_M$ . Проте, лише при його значині, більшій за  $10^5$  Н·м·с/рад. (рис.3).

За відсутності демпфірування АЧХ відпрацювання динамічною системою найкраща. На частотах коливань керуючого впливу  $2,5 \dots 3,0$   $\text{с}^{-1}$  вона взагалі відповідає бажаній. Проте, на практиці поворот керованих коліс з такою інтенсивністю застосовується вкрай рідко і обмежено у часі (під час виконання агрегатом повороту, наприклад). Згідно з даними В.Т.Надикто, в процесі керування машинно-тракторними агрегатами при здійсненні ними прямолінійного переміщення найбільш застосовуваним є діапазон частот до  $0,5$   $\text{с}^{-1}$  [3].

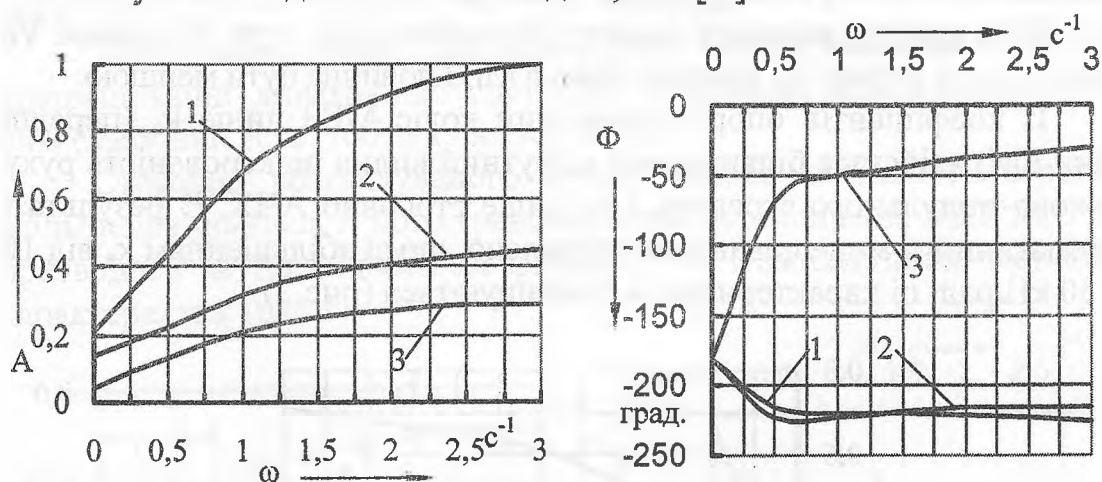


Рис.3 – Амплітудні (А) та фазові ( $\Phi$ ) частотні характеристики курсового кута енергетичного модуля при відпрацюванні керуючого впливу при різних значинах коефіцієнта демпфірування  $K_M$  (Н·м·с/рад.): 1 –  $K_M = 0$ ; 2 –  $K_M = 10^5$ ; 3 –  $K_M = 10^6$ .

В розглядуваному нами випадку, коли  $\omega = 0 \dots 0,5$   $\text{с}^{-1}$ , різниця між АЧХ за різних значин коефіцієнта демпфірування  $K_M$  мала (див. рис.3).

Зовсім інша справа щодо швидкості відпрацювання розглядуваною динамічною системою керуючого впливу. Зміна  $K_M$  в межах  $0 \dots 10^5$  Н·м·с/рад. практично не впливає на характер керованості руху блоково-модульного МТА. Фазовий зсув становить при цьому  $180^\circ$  і більше (див. рис.3). На частотах коливання кута повороту керованих коліс МЕЗ  $0,5 \dots 3,0$   $\text{с}^{-1}$  в середньому він становить  $220^\circ$  або 3,8 рад.

Запізнення реакції енергетичного модуля на керуючий вплив змінюється при цьому від 7,6 с (коли  $\omega = 0,5 \text{ с}^{-1}$ ) до 1,3 с (при  $\omega = 3,0 \text{ с}^{-1}$ ).

Якісно і кількісно змінюється стан речей при збільшенні коефіцієнта демпфірування  $K_m$  до величини  $10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ . В цьому варіанті в частотному діапазоні  $0 \dots 0,5 \text{ с}^{-1}$  фазовий зсув зменшується з  $180$  до  $70^\circ$  ( $1,2 \text{ рад}$ ). При  $\omega = 0,5 \text{ с}^{-1}$  збільшення значини коефіцієнта  $K_m$  з  $10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$  на порядок обумовлює зменшення ФЧХ на  $150^\circ$ . На практиці це приводить до зменшення запізнення реакції енергетичного модуля МЕЗ з 7,6 до 2,4 с, тобто більше, ніж втричі. На частоті  $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$  вказане запізнення реакції ЕМ становить 0,8 с, що в 4,75 рази менше, ніж при  $K_m = 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ .

Ще меншим є запізнення реагування енергетичного модуля на керуючий вплив тоді, коли інтенсивність повороту керованих коліс становить  $3 \text{ с}^{-1}$ . В цьому випадку (при  $K_m = 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ ) воно дорівнює лише 0,18 с. А це в 7,2 рази менше за той варіант, коли коефіцієнт демпфірування гідроциліндрів ТМ становить  $10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ .

З аналізу характеру зміни ФЧХ (рис.3) випливає, що для покращення керованості транспортного руху блоково-модульного МТА значина коефіцієнта  $K_m$  повинна бути не меншою за  $10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ , а інтенсивність впливу на керовані колеса – якомога вищою.

Слід підкреслити, що найкращим варіантом керованості руху будь-якого МТА є відповідність бажаним не тільки фазових, а й амплітудних частотних характеристик. У нашому випадку АЧХ в значно меншій мірі відповідають цій вимозі, ніж ФЧХ. Наразі маємо постійне недорегулювання того чи іншого процесу. Тобто практично в усіх варіантах варіювання конструктивними та кінематичними параметрами агрегату дійсні АЧХ менші за бажані.

Для усунення вказаного недоліку слід зменшити принаймні на одиницю показник ступеню знаменника передаточної функції (3). Цього можна досягти за наступних умов:

$$a_6 = A_{11} \cdot A_{21} \cdot A_{31} = 0;$$

$$a_2 = A_{11} \cdot A_{24} \cdot A_{36} + A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{36} + A_{12} \cdot A_{24} \cdot A_{35} - A_{13} \cdot A_{22} \cdot A_{36} - \\ - A_{22} \cdot A_{14} \cdot A_{35} - A_{23} \cdot A_{32} \cdot A_{16} - A_{32} \cdot A_{15} \cdot A_{24} = 0$$

Оскільки  $A_{11} = M_m$  – маса МТА;  $A_{21} = J_T$  – момент інерції енергетичного модуля МЕЗ;  $A_{31} = J_m$  – момент інерції технологічного модуля МЕЗ, то, як бачимо,  $a_6 \neq 0$ .

Для аналізу коефіцієнта  $a_2$  представимо його у такому вигляді:

$$A_{36} \cdot (A_{11} \cdot A_{24} + A_{12} \cdot A_{23} - A_{13} \cdot A_{22}) - A_{35} \cdot (A_{12} \cdot A_{24} - A_{22} \cdot A_{14}) - \\ - A_{32} \cdot (A_{23} \cdot A_{16} - A_{15} \cdot A_{24}) = 0$$

Ця умова матиме місце, коли дорівнюватимуть нулю коефіцієнти  $A_{36}$ ,  $A_{35}$  і  $A_{32}$ . З математичної моделі (див. ст.. Пара хіна О.О.) випливає, що:

$$A_{36} = a_m \cdot (k_c + P_{fc});$$

$$A_{35} = K_M - a_m^2 \cdot (k_c + P_{fc}) / V_0;$$

$$A_{32} = a_m \cdot (k_c + P_{fc}) / V_0.$$

Із цих коефіцієнтів лише  $A_{35}$  може дорівнювати нулю. Це можливе за умови:

$$K_M = a_m^2 \cdot (k_c + P_{fc}) / V_0 \quad (4)$$

Враховуючи числові значини параметрів, які входять до рівняння (4), отримуємо, що  $K_M = 1,22^2 \cdot (210000 + 3270) / (2 \dots 5) = (1,6 \dots 0,6) \cdot 10^5$  Н·м·с/рад. Така значина гідравлічного опору входить до того діапазону, який розглядався нами під час математичного моделювання, а тому є цілком реальною.

Натомість, коефіцієнти  $A_{32}$  і  $A_{36}$  будуть нульовими за умови, коли  $a_m = 0$ . Але для цього, як впливає із аналізу рис.2.1 статті О.О.Паарахіна, слід відмовитися від наявності технологічного модуля, оскільки його міст має бути на місці моста ЕМ.

Оскільки така зміна схеми енергетичного засобу не розглядається, то ніяким підбором тих параметрів, які входять до системи рівнянь (4), не можна дійсно амплітудні частотні характеристики відпрацювання керуючого впливу такою динамічною системою, як блоково-модульний МТА, суттєво наблизити до бажаної. Тому керуватися слід тими результатами моделювання, які отримані внаслідок аналізу фазових частотних характеристик.

Слід підкреслити, що гідравлічний опір в кожному циліндрі ТМ створює шайба із отвором, через який з'єднуються його над- і підпоршнєва порожнини. Кожному діаметру шайби ( $D_{ш}$ ) відповідає певна величина коефіцієнта  $K_M$ . Визначення функціональної залежності  $K_M = f(D_{ш})$  потребує проведення спеціального експериментального дослідження.

*Висновки.* Усі прийняті до аналізу передаточні функції є дробними многочленами, показник ступеня чисельника якого менший за показник ступеня знаменника. Це вказує на відсутність перерегулювання динамічною системою вхідних керуючого впливу та збурення. Шляхів подальшого зменшення чи підвищення показників ступенів чисельників та знаменників розглядуваних передаточних функцій не виявлено.

Коефіцієнт гідравлічного опору здійснює відчутний вплив на характер відтворення блоково - модульним агрегатом керуючого впливу та збурення лише при значині, більшій за  $10^4$  Н·м·с/рад. В цьому випадку АЧХ динамічної системи суттєво зменшуються, а їх протікання відбувається без резонансних піків.

При частоті коливань керуючого впливу  $0,5 \text{ с}^{-1}$  збільшення значини коефіцієнта гідравлічного опору з  $10^5$  Н·м·с/рад. на порядок обумовлює зменшення ФЧХ на  $150^\circ$ . На практиці це приводить до зменшення запізнення реакції енергетичного модуля МЕЗ з 7,6 до 2,4 с, тобто більше, ніж



втричі. На частоті  $\omega = 3 \text{ с}^{-1}$  вказане запізнення реакції ЕМ становить лише 0,18 с, що в 7,2 рази менше, ніж при  $K_M = 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$ .

Для забезпечення кращої керованості транспортного руху блоково - модульного агрегату інтенсивність впливу на органи керування МЕЗ має бути якомога більшою, а коефіцієнт опору уводу шин передніх коліс його енергетичного модуля – максимально можливим.

#### Література.

1. *Габай Е.В.* Математическая модель и анализ качества управления направлением движения МТА с рассредоточенными по ширине захвата активными колесами /Е.В.Габай. - Научные основы создания мобильных энерготехнологических средств (МЭС). Труды НАТИ. М., 1983.
2. *Гуськов В.В.* Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по специальности "Автомобили и тракторы" / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. -М.: Машиностроение.- 1988.-376 с.
3. *Надыкто В.Т.* Основы агрегатирования модульных энергетических средств/В.Т.Надыкто. –Мелитополь:КП «ММД», 2003. – 240 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО МТА

Парахин А.

#### Аннотация

На основе разработанной математической модели транспортного движения блочно-модульного машинно-тракторного агрегата в горизонтальной плоскости изложены результаты исследования его управляемости. Установлено влияние на этот процесс коэффициента сопротивления дросселя, соединяющего над- и подпоршневую полости гидроцилиндра, ограничивающего взаимный поворот энергетического модуля МЭС относительно технологического.

### RESEARCH DIRIGIBILITY OF TRANSPORT MOTIONS OF BLOCK-MODULE MTA

Parackhin O.

#### Summary

The results research dirigibility of a transport motion are presented block module machine - tractor aggregate in a horizontal plane