

УДК 631.372 + 631.312

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ОРНОГО МТА ЗА СХЕМОЮ «PUSH-PULL»

В.Т. НАДИКТО, чл.-кор. НААН, д.т.н., e-mail: imesh@zp.ukrtel.net,
О.Д. КІСТЕЧОК, асп. – Таврійський державний агротехнологічний університет

РЕЗЮМЕ

Мета дослідження. Обґрунтування схеми та параметрів орного агрегату з фронтальним плугом на основі дослідження стійкості його руху у горизонтальній площині.

Методика дослідження. Використання амплітудних і фазових частотних характеристик динамічної системи для аналізу стійкості її руху за дії впливу зовнішнього статистично випадкового збурення.

Результати дослідження. Зі збільшенням швидкості робочого руху орного МТА коефіцієнт підсилення амплітуди коливань курсового кута енергетичного засобу від дії коливань кута повороту фронтального орного знаряддя в горизонтальній площині достатньо зростає. Така ж інтенсивність зміни по відношенню до швидкості робочого руху орного агрегату притаманна і фазовим частотним характеристикам динамічної системи. Зростання коефіцієнта опору уводу шин в задніх рушійх енергетичного засобу зі 100 до 130 кПа, а в передніх – від 140 до 175 кПа відповідно амплітуда коливань його курсового кута (φ) надто зменшується. За схеми «1+5» орний МТА найкраще відпрацьовує вхідний вплив – коливання кута повороту фронтального плуга (β_n). Збільшення числа корпусів фронтального знаряддя з 1 до 3 призводить до суттєвого зростання амплітуди коливань курсового кута трактора. При засто-

суванні орного агрегату за схемою «2+4» коефіцієнт підсилення динамічною системою вхідного збурення у всьому діапазоні його коливань не перевищує одиниці, що може бути цілком прийнятним для практики.

Висновки. З урахуванням характеру відпрацювання орним агрегатом як динамічною системою вхідного збурення збільшення швидкості його переміщення може обмежуватися не стійкістю його руху, а виключно агротехнічними вимогами на виконання такої технологічної операції, як оранка.

Стійкість руху орного МТА суттєво покращується при збільшенні тиску повітря в шинах передніх і задніх рушійх трактора. Особливо це відчутно в тому діапазоні частот коливань збурювального впливу ($0 \dots 1,5 \text{ c}^{-1}$), на який припадає основна доля його дисперсії.

Збільшення числа корпусів фронтального знаряддя з 1 до 3 призводить до суттєвого зростання амплітуди коливань курсового кута трактора. Водночас, при застосуванні орного агрегату за схемою «2+4» коефіцієнт підсилення динамічною системою вхідного збурення у всьому діапазоні його коливань не перевищує 1, що може бути цілком прийнятним для практики.

Ключові слова: оранка, трактор, плуг, «push-pull», динамічна система, збурення, стійкість руху.

UDK 631.372 + 631.312

RESEARCH STABILITY MOTION ARABLE MTU ON CHART of «PUSH-PULL»

V.T. NADYKTO, corresponding member NAAS Ukraine, Doctor of Science, e-mail: imesh@zp.ukrtel.net,

O.D. KISTECHOK, a graduate student – Tavria state agrotechnological university

SUMMARY

The purpose. Ground of chart and parameters of arable aggregate with a frontal plough on the basis research stability of his motion in a horizontal plane.

Research method. Uses of peak and phase frequency descriptions of the dynamic system for the analysis stability its motion at presence influence of external statistically casual indignation.

Research results. With the increase rate working movement of arable MTU an amplification

amplitude vibrations course corner of power mean factor from the action vibrations corner turn of frontal arable instrument in a horizontal plane grows undesirable. The same intensity change in relation to the rate of working movement arable aggregate is inherent to the frequency phase-shift-frequencies of the dynamic system. Growth coefficient resistance withdrawal of tires in back tires of power mean from 100 to 130 кПа, and in front – from 140 to 175 кПа accordingly amplitude vibrations of his course corner (φ) diminishes desirably. At a chart «1+5» arable MTU the best of all works off entrance influence – oscillation corner turn of frontal plough (β_n). Increase number corps of frontal instrument from 1 to 3 results in substantial growth amplitude vibrations course corner of tractor. At application arable aggregate on a chart «2+4» an amplification of entrance indignation the dynamic system factor in all of range his vibrations does not exceed 1, that very acceptable to practice.

Conclusions. Taking into account character of working off an arable aggregate as an increase speed of

his moving can the dynamic system of entrance indignation be limited to not stability of his motion, but exceptionally agrotechnical requirements on implementation such technological operation, as ploughing.

Stability motion of arable MTU is substantially improved at the increase pressure of air in the tires of front and back tires of tractor. It is special perceptibly in the that range frequencies of vibrations ($0 \dots 1,5 \text{ c}^{-1}$), which a basic stake of his dispersion is on.

Increase number corps of frontal plough from 1 to 3 results in substantial growth amplitude vibrations of course corner of tractor. At application of arable aggregate on a chart «2+4» an amplification entrance indignation the dynamic system factor in all range of his vibrations does not exceed 1, that can be fully acceptable to practice.

Key words: ploughing, tractor, plough, «push-pull», dynamic system, indignation, firmness of motion.

УДК 631.372 + 631.312

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПАХОТНОГО МТА ПО СХЕМЕ «PUSH-PULL»

В.Т. НАДЫКТО, чл.-корр. НААН, д.т.н., e-mail: imesh@zp.ukrtel.net,

О.Д. КИСТЕЧОК, асп. – Таврический государственный агротехнологический университет

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Обоснование схемы и параметров пахотного агрегата с фронтальным плугом на основе исследования устойчивости его движения в горизонтальной плоскости.

Методика исследования. Использования амплитудных и фазовых частотных характеристик динамической системы для анализа устойчивости ее движения при наличии влияния внешнего статистически случайного возмущения.

Результаты исследования. С увеличением скорости рабочего движения пахотного МТА коэффициент усиления амплитуды колебаний курсового угла энергетического средства от действия колебаний угла поворота фронтального пахотного орудия в горизонтальной плоскости значительно растёт. Такая же интенсивность изменения по отношению к скорости рабочего движения пахотного агрегата присуща и фазовым частотным характеристикам динамической системы. Рост коэффициента сопротивления увода шин в задних движителях энергетического средства со 100 до 130 кПа, а в передних – от 140 до 175 кПа соответственно амплитуда колебаний его курсового угла

(φ) немного уменьшается. При схеме «1+5» пахотный МТА лучше всего обрабатывает входное влияние – колебание угла поворота фронтального плуга (β_n). Увеличение числа корпусов фронтального орудия с 1 до 3 приводит к существенному росту амплитуды колебаний курсового угла трактора. При применении пахотного агрегата по схеме «2+4» коэффициент усиления динамической системой входного возмущения во всем диапазоне его колебаний не превышает единицы, что весьма приемлемо для практики.

Выводы. С учетом характера отработки пахотным агрегатом как динамической системой входного возмущения увеличение скорости его перемещения может ограничиваться не устойчивостью его движения, а исключительно агротехническими требованиями на выполнение такой технологической операции, как пахота.

Устойчивость движения пахотного МТА существенно улучшается при увеличении давления воздуха в шинах передних и задних движителей трактора. Особенно это ощутимо в том диапазоне частот колебаний возмущения ($0 \dots 1,5 \text{ c}^{-1}$), на которое приходится основная доля его дисперсии.

Увеличение числа корпусов фронтального орудия с 1 до 3 приводит к существенному росту амплитуды колебаний курсового угла трактора. При применении пахотного агрегата по схеме «2+4» коэффициент усиления динамической системой входного возмущения во всем диапазоне

его колебаний не превышает 1, что может быть полностью приемлемым для практики.

Ключевые слова: пахота, трактор, плуг, «push-pull», динамическая система, возмущение, стойкость движения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

При виборі схеми агрегування фронтального знаряддя серед науковців переважає варіант шарнірного його приєднання до енергетичного засобу [1 – 5]. Вибір такого конструктивного рішення вони пояснюють тим, що при зустрічі з механічною перешкодою знаряддя може відхилитися убік і запобігти своєму пошкодженню. При цьому стверджується, що для забезпечення стійкого руху передньоनावісного реманенту миттєвий центр повороту переднього навісного механізму (ПНМ) трактора має знаходитися спереду осі підвішування знаряддя [2].

Фізичним об'єктом дослідження в даній статті є орний агрегат за схемою «push-pull» з фронтальним плугом. Не дивлячись на те, що рух трактора при цьому здійснюється колесами правого борту у борозні, шарнірне приєднання орного знаряддя може обумовити не тільки проблеми стійкості його руху у горизонтальній площині, а й орного машинно-тракторного агрегату у цілому [6 – 11].

В даній статті здійснено спробу оцінити вплив конструктивно-технологічних параметрів та режиму роботи орного МТА за схемою «push-pull» на стійкість його руху за умови саме шарнірного приєднання передньоनावісного плуга.

Методика. Математичну модель функціонування орного МТА як динамічної системи будемо розглядати у вигляді реакції (курсного кута трактора) на вхідний збурювальний вплив. У даному орному агрегаті його створює фронтальний плуг, який відхиляється від напрямку руху машинно-тракторного агрегату на певний кут.

Слід підкреслити, що навіть у лінійній інтерпретації математична модель орного МТА за схемою «push-pull» є системою досить складних диференціальних рівнянь. Для спрощення їх складання нами прийнято наступні припущення: 1) поверхня поля є

горизонтальною, диферент орного агрегату відсутній; 2) перерозподіл вертикального навантаження по бортах трактора із-за його крену під часу руху правими колесами у борозні не враховуємо; 3) коливання поздовжніх складових тягового опору фронтального і задньоनावісного плугів орного агрегату не здійснюють суттєвого впливу на швидкість його поступального, із-за чого вона приймається постійною; 4) кути уводу шин коліс трактора, розташованих на одній геометричній осі, а також бокові сили, що діють на них, будемо вважати малими; 5) досить малі, а значить рівні між собою кути повороту керованих коліс досліджуваного трактора.

Фронтальний плуг шарнірно приєднаний до трактора за схемою, зображеною на рис. 1. «Центр опору» фронтального орного знаряддя розташований у т. п., у якій зосереджена і сила його тягового опору R_{np} .

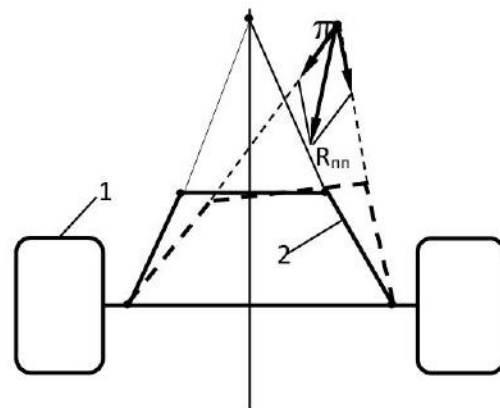


Рис. 1. Схема приєднання фронтального плуга до трактора:

1 – передній міст трактора; 2 – ПНМ трактора

Fig. 1. Chart joining of frontal plough to the tractor:

1 – a front bridge of tractor; 2 – FPM of tractor

З урахуванням викладених вище припущень приймаємо, що орний агрегат здійснює у нерухомій площині проєкції $Y_1O_1X_1$ рівномірний поступальний рух зі швидкістю V_0 (рис. 2).

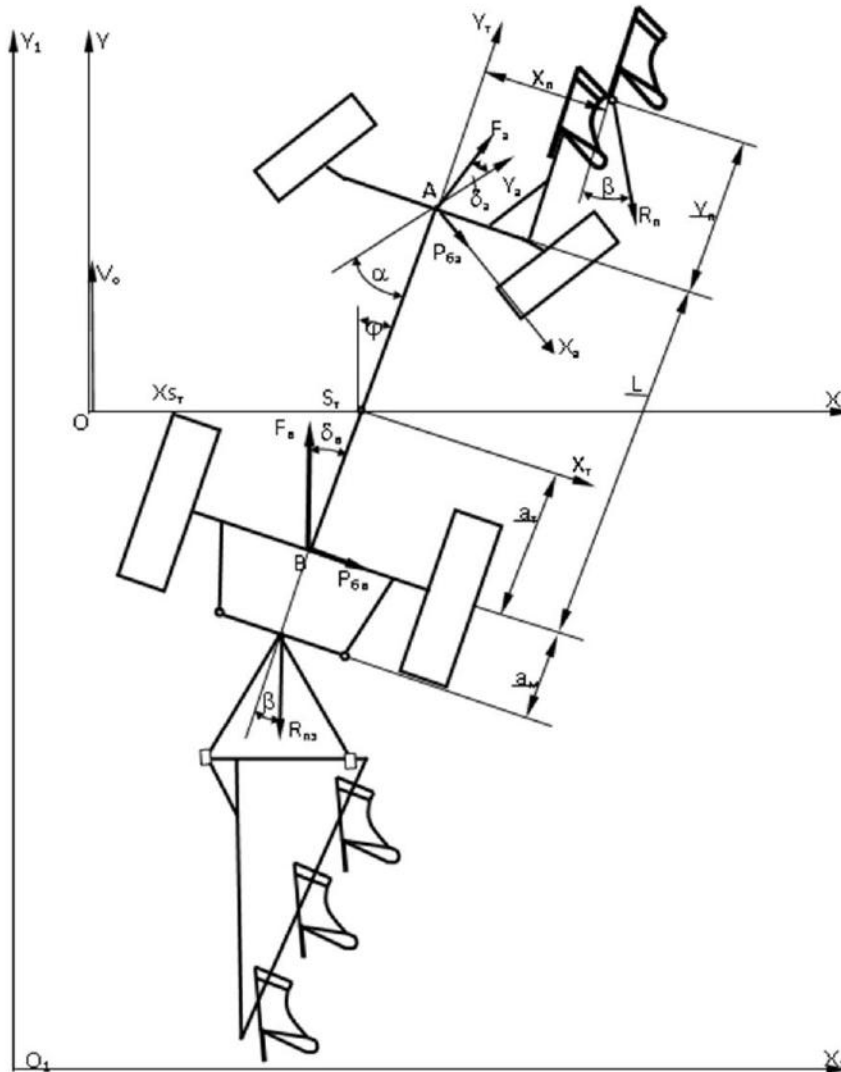


Рис. 2. Схема сил, які діють на орний агрегат у горизонтальній площині проєкції

Fig. 2. Chart forces which operate on an arable aggregate in the horizontal plane of projections

З центром мас трактора зв'язана рухома система координат YOX . Відносно неї енергетичний засіб разом із навішеними на нього плугами здійснює незалежний рух у вигляді переміщення X_{sT} і курсового повороту (кут φ).

Прояв узагальнених координат X_{sT} і φ обумовлюють відповідно узагальнені сили Q_x і Q_φ . Останні, в свою чергу, формуються наступними зовнішніми силами, які діють на орний агрегат у горизонтальній площині проєкції:

- рушійна сила F_v задніх коліс трактора, яка прикладена в точці B і утворює з поздовжньою віссю його симетрії кут уводу δ_b ;

- рушійна сила F_a передніх коліс енергетичного засобу, яка прикладена в точці A і відхилена від напрямку переміщення передніх рушіїв на кут уводу δ_a ;

- бокові сили P_{ba} і P_{bv} , прикладені відповідно в точках A і B ;

- сила опору фронтального плуга R_{np} , відхилена від поздовжньої осі трактора $S_T Y_T$ на кут β_n ;

- сила опору заднього плуга R_{nz} , відхилена від осі трактора на кут β_z .

Математична модель руху орного МТА в горизонтальній площині проєкції є системою двох наступних диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} A_{11} \cdot \ddot{X}_{S_T} + A_{12} \cdot \dot{X}_{S_T} + A_{13} \cdot \varphi + A_{14} \cdot \dot{\varphi} &= f_{11} \cdot \alpha + f_{12} \cdot \beta_{\Pi} + f_{13} \cdot \beta_3; \\ A_{21} \cdot \varphi + A_{22} \cdot \dot{\varphi} + A_{23} \cdot \ddot{\varphi} + A_{24} \cdot X_{S_T} &= f_{21} \cdot \dot{\alpha} + f_{22} \cdot \beta_{\Pi} + f_{23} \cdot \beta_3 + f_{24}, \end{aligned} \right\}$$

де

$A_{11} = M_a;$	$f_{11} = k_a;$
$A_{12} = (k_a + k_b - F_a - F_b)/V_o;$	$f_{12} = n_{\Pi} \cdot b_{\kappa} \cdot k_o \cdot h;$
$A_{13} = [(k_a - F_a) \cdot (L - a_T) - (k_b - F_b) \cdot a_T]/V_o;$	$f_{13} = n_3 \cdot b_{\kappa} \cdot k_o \cdot h;$
$A_{14} = -A_{12} \cdot V_o;$	$f_{21} = (L - a_T) \cdot k_a;$
$A_{21} = J_a;$	$f_{22} = n_{\Pi} \cdot b_{\kappa} \cdot k_o \cdot h \cdot (L - a_T + Y_{\Pi});$
$A_{22} = [(k_a - F_a) \cdot (L - a_T)^2 + (k_b - F_b) \cdot a_T^2]/V_o;$	$f_{23} = -n_3 \cdot b_{\kappa} \cdot k_o \cdot h \cdot (a_m + a_T);$
$A_{23} = -A_{13} \cdot V_o;$	$f_{24} = n_{\Pi} \cdot b_{\kappa} \cdot k_o \cdot h \cdot X_{\Pi}.$
$A_{24} = A_{13};$	

У системі рівнянь (1) α – кут повороту керованих коліс трактора, рад; M_a – маса агрегату, кг; k_a, k_b – коефіцієнти опору уводу шин передніх і задніх коліс трактора відповідно, кН/рад; J_a – момент інерції МТА відносно вертикальної осі, яка проходить через т. S_T , Н·м·с²; n_{Π}, n_3 – число корпусів фронтального і заднього плугів; b_{κ} – ширина корпуса плуга, м; k_o – коефіцієнт питомого опору орного знаряддя, кН/м²; h – глибина оранки, м; X_{Π}, Y_{Π} – координати «центру опору» фронтального плуга, м; L, a_T, a_m – конструктивні параметри, м (рис. 2).

Одним із збурень прямолінійного руху орного МТА є кут повороту фронтального плуга β_{Π} . Реакцію динамічної системи на це збурення прийемо у вигляді курсового кута трактора φ .

Оцінювальним показником стійкості руху даної динамічної системи (орного МТА) є амплітудні (АЧХ) і фазові (ФЧХ) характеристики відпрацювання нею зовнішнього збурювального впливу (амплітуди коливань кута β_{Π}).

Результати і обговорення. Аналіз отриманих АЧХ показав, що зі збільшенням швидкості робочого руху орного МТА коефіцієнт підсилення амплітуди коливань курсового кута енергетичного засобу від дії коливань кута повороту фронтального орного знаряддя в горизонтальній площині значно зростає, що є небажаною. Причому, більш інтенсивно це здійснюється до $V_o = 2,0$ м/с (рис. 3).

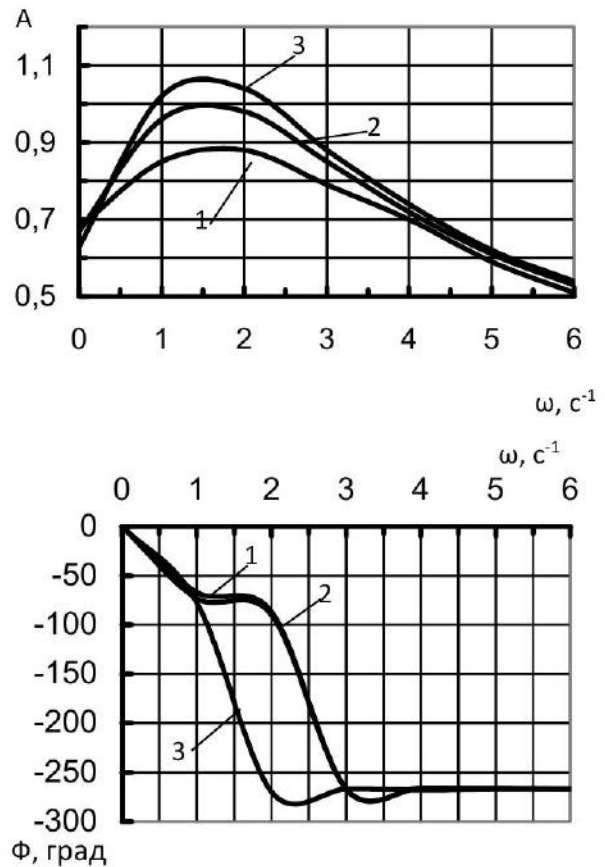


Рис. 3. Амплітудні (А) і фазові (Ф) частотні характеристики відпрацювання динамічною системою кута повороту фронтального плуга при різних швидкостях робочого руху орного МТА:
1– 1,5 м/с; 2– 2,0 м/с; 3 – 2,5 м/с

Fig. 3. Peak (A) and phase (Φ) frequency descriptions working off corner turn of frontal plough the dynamic system at different rates working movement of arable MTT:
1– 1,5 m/s; 2 – 2,0 m/s; 3 – 2,5 m/s

Така ж інтенсивність зміни по відношенню до швидкості робочого руху орного агрегату притаманна і фазовим частотним характеристикам динамічної системи. Лише при $V_0 = 2,5$ м/с вони цілком відрізняються від тих, які отримані для швидкісного режиму до 2,0 м/с (див. рис. 3).

Інша справа, що ця різниця має місце у дуже вузькому діапазоні частот дії збурювального впливу: $1...3$ с⁻¹. Більше того, при відпрацюванні слідкуючою¹ динамічною системою збурення більш важливим є характер її реакції не на фазу, а на амплітуду вхідного впливу [12]. Аналізуючи під цим кутом отримані АЧХ, констатуємо, що небажане збільшення амплітуди курсового кута трактора має місце у тому ж самому діапазоні частот збурення: $1...3$ с⁻¹. Проаналізуємо, суттєвий чи ні є отриманий ріст АЧХ.

Технологічна швидкість робочого руху сучасних орних МТА становить 2,0...2,5 м/с. Із рис. 3 видно, що при збільшенні V_0 від 2,0 до 2,5 м/с АЧХ відпрацювання орним агрегатом збурювального впливу максимально зростає при $\omega = 1,5$ с⁻¹ лише на 5%. Взагалі такий ріст є несуттєвим, а тому збільшення швидкості переміщення досліджуваного нами орного агрегату може обмежуватися не стійкістю його руху, а виключно агротехнічними вимогами на виконання такої технологічної операції, як оранка.

Тепер проаналізуємо залежність АЧХ і ФЧХ динамічної системи від тиску повітря в шинах трактора. Розрахунки показують, що зі збільшенням цього параметра в задніх рушіях енергетичного засобу зі 100 до 130 кПа, в передніх – від 140 до 175 кПа відповідно амплітуда коливань його курсового кута (ϕ) цілком зменшується. Особливо це відчутно в діапазоні частот збурення $0...1,5$ с⁻¹ (рис. 4). За даними В.Т. Надикти [13] це той діапазон ($0,5...1,5$ с⁻¹), в якому зосереджена основна доля дисперсії коливань кута повороту плугів.

Отриманий результат пояснюється тим, що зі збільшенням тиску повітря в шинах зростають значини коефіцієнтів їх уводу. Тобто шини стають більш жорсткими і стійкішими проти дії бокових сил.

У вказаному діапазоні ω (тобто $0...1,5$ с⁻¹) бажаним є і характер ФЧХ при збільшенні параметрів $\rho_{\text{ша}}$ і $\rho_{\text{шв}}$. Більше того, при максимальному тиску повітря в шинах розглядувана нами ди-

намічна система, як впливає із виду її фазової частотної характеристики (крива 2, рис. 4), переходить із мінімально-фазової в немінімально-фазову ланку. Причини прояву такого результату вимагають проведення окремого дослідження.

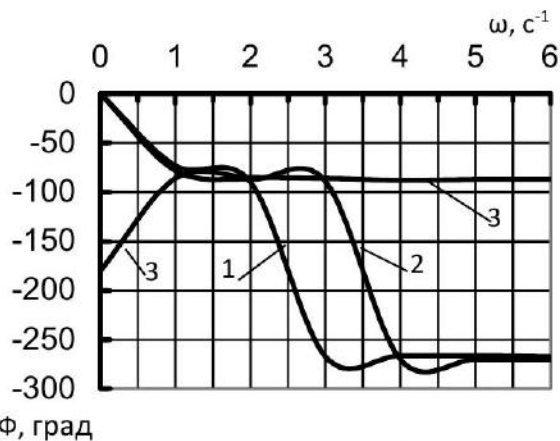
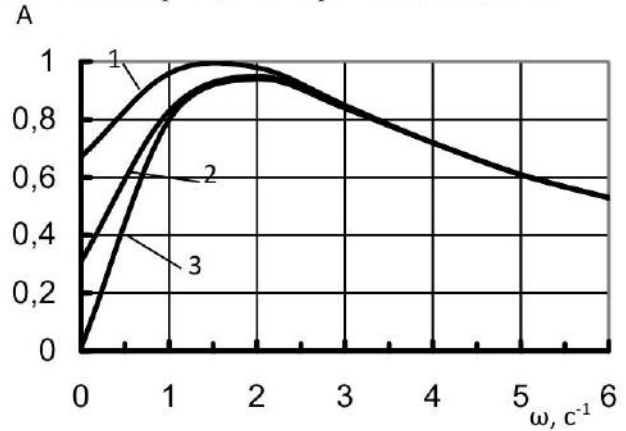


Рис. 4. Амплітудні (А) і фазові (Φ) частотні характеристики відпрацювання динамічною системою кута повороту фронтального плуга при різному тиску в передніх ($\rho_{\text{шв}}$) і задніх ($\rho_{\text{ша}}$) шинах коліс трактора:

1 – $\rho_{\text{шв}} = 100$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 140$ кПа; 2 – $\rho_{\text{шв}} = 115$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 155$ кПа; 3 – $\rho_{\text{шв}} = 130$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 175$ кПа

Fig. 4. Peak (A) and phase Φ frequency descriptions working off of corner turn of frontal plough the dynamic system are at different pressure in the front ($\rho_{\text{шв}}$) and back ($\rho_{\text{ша}}$) tires wheels of tractor:

1 – $\rho_{\text{шв}} = 100$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 140$ кПа; 2 – $\rho_{\text{шв}} = 115$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 155$ кПа; 3 – $\rho_{\text{шв}} = 130$ кПа; $\rho_{\text{ша}} = 175$ кПа

До цього моменту ми аналізували стійкість руху орного МТА за умови агрегування фронтального плуга з двома корпусами ($n_{\text{п}} = 2$). Виникає питання, а як буде змінюватися реакція динамічної системи на збурювальний вплив при значині $n_{\text{п}} = 1$ і $n_{\text{п}} = 3$.

Аналіз даних математичного моделювання показує, що за схеми «1+5» орний МТА найкраще відпрацьовує вхідний вплив – коливання кута повороту фронтального плуга ($\beta_{\text{п}}$). Найгірші

¹ розглядувана нами динамічна система відноситься саме до такої

АЧХ мають місце при реалізації агрегату за схемою «3+3». Збільшення числа корпусів фронтального знаряддя з 1 до 3 призводить до суттєвого зростання амплітуди коливань курсового кута трактора. Так, на частоті $\omega = 1,5 \text{ c}^{-1}$ коефіцієнт підсилення збудовального впливу небажано збільшується майже у 7 разів (криві 1 і 3, рис. 5).

Водночас, при застосуванні орного агрегату за схемою «2+4» коефіцієнт підсилення динамічною системою вхідного збурення у всьому діапазоні його коливань не перевищує одиниці (крива 2, рис. 5), що може бути цілком прийнятним для практики.

Фазові частотні характеристики ближчі до бажаних у орного МТА за схемою «3+3». Але, по-перше, це має місце лише у відносно вузькому діапазоні частот: $1,2 \dots 2,8 \text{ c}^{-1}$. По-друге, на вказаний діапазон частот припадає незначна доля дисперсії такого збудовального впливу, як кут повороту плуга у горизонтальній площині. Все це в сумі однозначно вказує на недоцільність застосування орного агрегату за схемою «3+3».

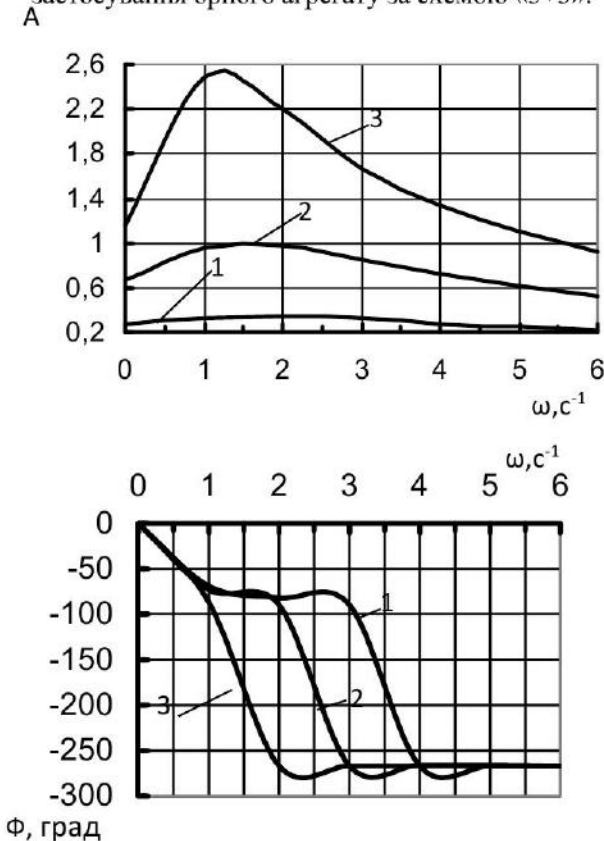


Рис. 5. Амплітудні (А) і фазові (Ф) частотні характеристики відпрацювання динамічною системою кута повороту фронтального плуга при різних співвідношеннях корпусів фронтального і задньонавісного орних знарядь:

1– 1+5; 2 – 2+4; 3 – 3+3

Fig. 5. Peak (A) and phase (Ф) frequency descriptions working off corner turn of frontal plough the dynamic system are at different correlations corps frontal and rear ploughs:

1– 1+5; 2 – 2+4; 3 – 3+3

ВИСНОВКИ

При збільшенні швидкості руху орного агрегату з винесеним вперед миттєвим центром повороту переднього навісного механізму трактора амплітудно-частотні характеристики відпрацювання динамічною системою збудовального впливу у вигляді кута повороту фронтального плуга в горизонтальній площині погіршуються, а фазово-частотні, навпаки, покращуються. Але оскільки у кількісному вираженні небажана зміна АЧХ є несуттєвою, то збільшення швидкості переміщення досліджуваного орного агрегату може обмежуватися не стійкістю його руху, а виключно агротехнічними вимогами на виконання такої технологічної операції, як оранка.

Стійкість руху орного МТА суттєво покращується при збільшенні тиску повітря в шинах передніх і задніх рушіїв трактора. Особливо це відчутно в тому діапазоні частот коливань збудовального впливу ($0 \dots 1,5 \text{ c}^{-1}$), на який припадає основна доля його дисперсії.

Збільшення числа корпусів фронтального знаряддя з 1 до 3 призводить до суттєвого зростання амплітуди коливань курсового кута трактора. Водночас, при застосуванні орного агрегату за схемою «2+4» коефіцієнт підсилення динамічною системою вхідного збурення у всьому діапазоні його коливань не перевищує 1, що може бути цілком прийнятним для практики.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Донцов І.Е. Влияние параметров навески на устойчивость прямолинейного неуправляемого движения фронтального орудия / И.Е. Донцов.– Агрегатирование сельскохозяйственной техники: Сб. научн. трудов НПО ВИСХОМ.– М., 1989.– 119 с.
2. Донцов І.Е. Устойчивость движения МТА с орудиями фронтальной и задней навески / И.Е. Донцов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, – 2008. – №9. – с. 17.
3. Касымов А.Ш. Обоснование параметров и разработка плугов для передней и задней навески к колесному трактору кл.2: Автореф. дис.... канд. техн. наук. – М., 1986. – 19 с.

4. Касымов А.Ш. и др. Результаты испытаний пахотного агрегата с плугами передней и задней навески // Труды ВНИИСельхозмаш. – М., 1987. – С. 23.

5. Площаднов А.Н. Кинематика движения механизма фронтальной навески в горизонтальной плоскости и ее особенности/ А.Н. Площаднов, П.Ю. Яковлев, А.С. Зайгерман и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2012. – №4. – С. 18

6. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві / В.Т. Надикто, М.Л. Крижачківський, В.М. Кюрчев [та ін.]. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий дім ММД», 2005. – 337 с.

7. Кюрчев В.М. Орний агрегат на основі трактора серії ХТЗ-160 / В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 4. – С. 5 – 7.

8. Kyurchev V. Technical change and financial efficiency: plowing-rotary tractors in Ukraine / V. Kyurchev // Journal of Finance and Accounting (USA). – 2014. – № 2(1). – P. 8 – 12.

9. Адамчук В.В. Україні потрібен власний типаж тракторів / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.М. Кюрчев [та ін.] // Аграрний тиждень. – 2014. – №14. – С.48 – 51.

10. Адамчук В.В. Агрегативання плугів / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.М. Кюрчев [та ін.] // Аграрний тиждень. – 2014. – №15. – С.42 – 44.

11. Molari, G., Bellentani, L., Guarnieri, A., Walker, M., Sedoni, E. 2012. Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks // Biosystems Engineering, 111(1), 57–63.

12. 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): сб. научн. трудов / НАТИ. – М., 1983. – 248 с.

13. Надикто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств.- Мелітополь: КП «ММД», 2003.- 240 с.

REFERENCES

1. Dontsov I.E. Vliyanie parametrov naveski na ustoichivost pramolineinogo neupravliaemogo dvizhenia frontalnogo orudia / I.E. Dontsov. –

Agregatirovanie selskohozaistvinnoi teckhniki: Sb. nauchnih trudov NPO ВИСХОМ. – М., 1989.– 119 p.

2. Dontsov I.E. Ustoichivost dvizhenia MTU s orudiami frontalnoi i zadnei naveski / Dontsov I.E. // Traktori i selskohozaistvennie mashini, 2008, №9.

3. Kasimov A. Obosnovanie parametrov I razrabotka plugov dlia perednei I zadnei naveski k kolesnomy traktiru kl. 2: Avtoref. dis...kand. techn. nauk. – М., 1986. – 19 p.

4. Kasimov A. I dr. Rezultati ispitaniia pahotnogo agregata s s plugami perednei I zadnei naveski // Trudi VНИИСельхозмаш. – М., 1987. – P. 23.

5. Ploshadnov A.N. Kinematika dvizhenia mehanizma frontalnoy naveski v gorizontalnoy ploskosti i ee osobennosti/A.N.Ploshadnov, P.U.Ykovlev, A.S.Zayjerman i dr. // Traktory i selskoxozyustvennie mashini, 2012, №4.

6. Novi mobilni energetichni zasobi Ukraini. Teoretichni osnovi vikoristanny v zemlerobstvi / V.T. Nadykto, M.L. Krigachkivskiy, V.M. Kurchev [ta insh.]. – Melitopol: TOV «Vidavnichiy budinok MMD», 2005. – 337 s.

7. Kurchev V.M. Orniy agregat na osnovi traktora serii XTZ – 160 /V.M. Kurchev, V.T. Nadykto // Texnika i texnologii APK. – 2010. – № 4. C. 5 – 7.

8. Kyurchev V. Technical change and financial efficiency: plowing-rotary tractors in Ukraine / V.M. Kyurchev // Journal of Finance and Accounting (USA). – 2014. – № 2(1). – P. 8 – 12.

9. Adamchyk V.V. Ukraini potriben vlasniy tipag traktoriv / V.V. Adamchyk, V.M. Bylgakov, V.M. Kyurchev [ta in.]. //Agrarniy tigden, 2014, №14. – С.48 – 51.

10. Adamchyk V.V. Agregatuvanny plugiv / Adamchyk V.V., V.M. Bylgakov, V.M. Kyurchev [ta in.]. // Agrarniy tigden, 2014, №15. – С.42 – 44.

11. Molari, G., Bellentani, L., Guarnieri, A., Walker, M., Sedoni, E. 2012. Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks // Biosystems Engineering, 111(1), 57–63.

12. Gabay E.V. Matematicheskay model i analiz kachestva upravleniy napravleniem dvigeniy MTA s rassredotochenimi po shirine zahvata aktivnimi kolesami / E.V.Gabay // Naychnie osnovi sozdaniy mobilnih energotehnologicheskikh sredstv (MES): sb. nauh. trudov / NATI. – М., 1983.

13. Nadykto V.T. Osnovi agregatirovaniy modulnih energeticheskikh sredstv. – Melitopol: KP «ММД»,2003. – 240 с.