

УДК 631.37

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Кюрчев В.М., к.т.н,

Надикто В.Т., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-60

Анотація - викладено один із методичних підходів до здійснення математичного моделювання функціонування машинно - тракторних агрегатів.

Ключові слова - машинно - тракторний агрегат, математична модель, адекватність, передаточна функція, амплітудна частотна характеристика (АЧХ), фазова частотна характеристика (ФЧХ).

Постановка проблеми. Одним із найважливіших етапів наукової роботи є теоретичні дослідження. У більшості випадків вони дозволяють обґрунтувати схему, параметри і режими роботи того чи іншого МТА без проведення відповідних експериментальних випробувань. Тим більше, що здійснення останніх із-за низки об'єктивних причин інколи є занадто проблематичним.

Теоретичні дослідження зручно виконувати з допомогою математичної моделі вивчаємого процесу. Перед її написанням слід розробити відповідну програму-методику. До речі, одним із обов'язкових моментів останньої має бути перевірка розробленої математичної моделі на адекватність. Тільки після цього отримані результати математичного моделювання можна вважати достовірними. Як показує практика, багато молодих науковців починають роботу з ігнорування вимоги щодо наявності програми та методики теоретичних досліджень. Вони твердо впевнені, що її слід розробляти лише для проведення експериментальних робіт.

В результаті, із-за відсутності ретельно виваженого алгоритму дій, більшість «досліджень» закінчуються лише математичним описом вивчаємого процесу, який, на думку їх авторів, може бути використаний для здійснення математичного моделювання. В кращому випадку подаються фрагменти геометричної інтерпретації результатів теоретичних розрахунків без будь-якого (а не те, що предметного!) їх аналізу.

Не заглиблюючись у більш детальний аналіз існуючих недоліків планування та проведення теоретичних досліджень, спробуємо продемонструвати власний підхід до розробки та практичної реалізації стратегії математичного моделювання функціонування машинно - тракторних агрегатів.

Методика. Для прикладу розглянемо методика, яка була використана в процесі розробки системи агрегування МТА на основі модульних енергетичних засобів (МЕЗ) [1]. Схема і конструктивно-технологічні параметри їх мали бути такими, які б забезпечували задовільну стійкість та керованість руху блоково-модульних агрегатів у горизонтальній площині. Перед розробкою математичних моделей функціонування вказаних МТА визначилися, що керованість руху слідкуючої динамічної системи (а саме до такої і відносяться агрегати на основі МЕЗ) – це її реакція на керуючий вплив. Аналогічно, стійкість руху – це реакція системи на зовнішні збурення. Із теорії автоматичного керування відомо [2], що ідеальні амплітудні частотні характеристики (АЧХ) відтворення слідкуючою динамічною системою керуючого впливу в робочому діапазоні частот його коливань повинні дорівнювати **одиниці**, а фазові частотні характеристики (ФЧХ) – **нулю**. Натомість, при відтворенні агрегатом зовнішніх збурень ідеальні АЧХ повинні бути рівними **нулю**, а ФЧХ – **прямувати до нескінченності**.

У символічній формі запису це виглядає так:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ідеальні характеристики:} \\ \text{АЧХ} = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \text{керованість руху;} \\ 0 - \text{стійкість руху;} \end{array} \right. \\ \text{ФЧХ} = \left\{ \begin{array}{l} 0 - \text{керованість руху;} \\ \infty - \text{стійкість руху} \end{array} \right. \end{array} \right\} \quad (1)$$

В реальних умовах ідеальні частотні характеристики частіше за все недосяжні. Тобто, дійсні АЧХ і ФЧХ досліджуваної динамічної системи можуть не відповідати вимогам (1). Проте, в процесі математичного моделювання її схему та конструктивно-технологічні параметри можна підібрати такими, які забезпечать найкращу наближеність дійсних вказаних частотних характеристик до ідеальних. Іншими словами, система (1) – це той вектор, в напрямку якого слід рухатися під час проведення математичного моделювання. Отримання АЧХ і ФЧХ будь-якої динамічної системи – процес, в принципі, тривіальний. Для цього необхідно реалізувати наступний алгоритм:

- скласти диференційні рівняння руху динамічної системи;
- перейти від диференціальної до операторної форми запису, тобто здійснити перетворення Лапласа [3];
- скласти відповідні передаточні функції;

- розрахувати дійсні АЧХ і ФЧХ.

А далі і починається процес математичного моделювання, який полягає у систематизованому підборі (тобто синтезі) такої схеми та параметрів динамічної системи, які забезпечують їй максимальне наближення дійсних АЧХ і ФЧХ до бажаних (ідеальних). З прикладами практичної реалізації такого методичного підходу можна досить детально ознайомитися в роботах [4-7].

Основна частина. Як уже підкреслювалося вище, для отримання достовірних результатів математичного моделювання слід обов'язково здійснити перевірку математичної моделі на адекватність. Ми, при здійсненні цієї процедури, йдемо одним із двох освоєних способів. Перший полягає у порівнянні теоретичної та експериментальної нормованих спектральних щільностей заданого вихідного параметру, який є результатом функціонування динамічної системи.

Згідно з другим способом порівнюються теоретична та експериментальна амплітудно-частотні характеристики системи при відтворенні нею вхідного керуючого впливу або збурення. Обидва методичних підходи досить предметно висвітлені в роботі [8]. Насамкінець приведемо приклад практичної реалізації математичного моделювання функціонування блоково-модульних МТА. Під час розробки системи агрегування МЕЗ універсально – просапного призначення постало питання щодо вибору його конструктивної схеми, яка полягала у визначенні способу з'єднання енергетичного (ЕМ) та технологічного (ТМ) модулів горизонтальній площині [1]. До розгляду були прийнято чотири варіанти.

Згідно з першим технологічний модуль приєднувався до енергетичного з допомогою вертикального шарніру, який забезпечував їх відповідну поворотність відносно один одного у горизонтальній площині (рис.1а).

За другим варіантом ТМ і ЕМ з'єднувалися жорстко (рис.1б). Керування напрямком руху МТА на основі такого МЕЗ здійснювалося лише поворотом керованих коліс ЕМ.

Третій спосіб з'єднання модулів МЕЗ був теж жорстким, але колеса ТМ поверталися при цьому синхронно з передніми керованими колесами ЕМ (рис.1в).

І, нарешті, згідно з четвертим варіантом технологічний модуль приєднувався до енергетичного з допомогою шарніру, який мав кінематичний зв'язок з керованими колесами МЕЗ (рис.1г).

Певна річ, розв'язати задачу вибору конструктивної схеми МЕЗ можна було і експериментальним шляхом. Правда для цього треба було б виготовити чотири їх варіанти, що є як важко здійсненим, так і фінансово затратним.

У зв'язку з цим поставлену проблему вирішували теоретичним шляхом. Для цього на основі першого варіанту схеми МЕЗ (див. рис.1а) розробили математичну модель, яку потім видозмінювали з урахуванням особливостей інших трьох конструктивних рішень [1].

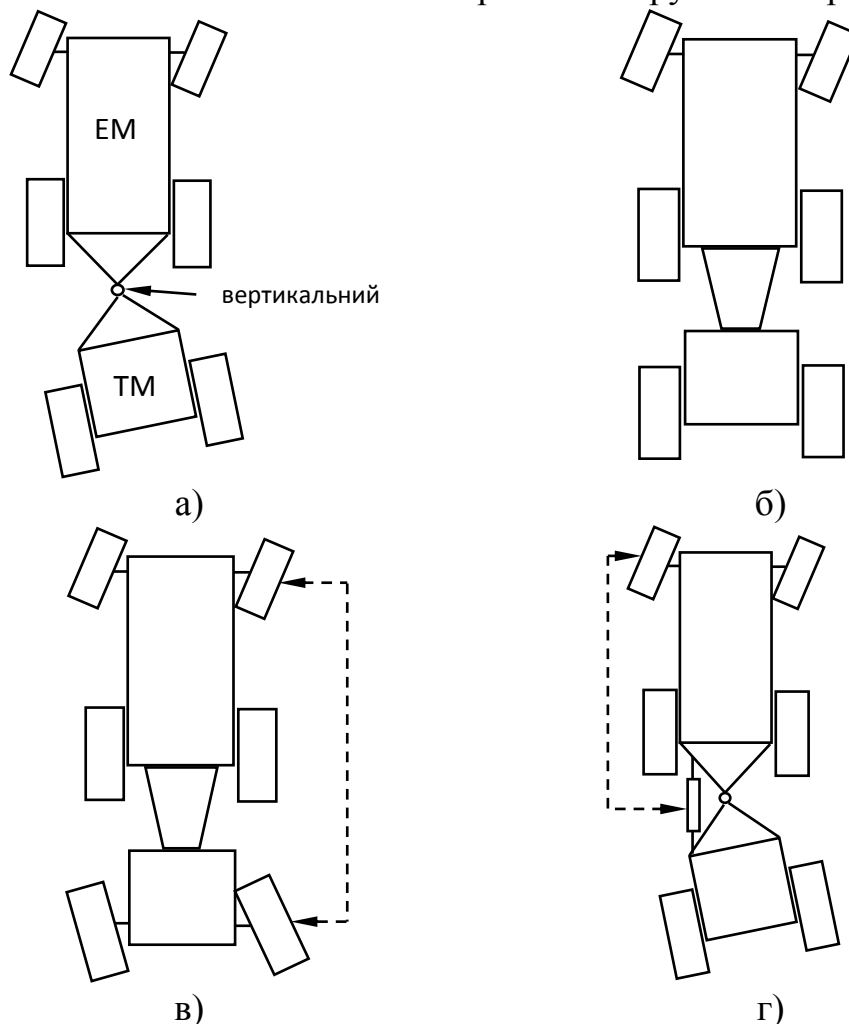


Рис.1. Схеми з'єднання енергетичного та технологічного модулів МЕЗ у горизонтальній площині

Після представлення моделей у операторній формі запису склали відповідні передаточні функції і на їх основі розраховували дійсні АЧХ та ФЧХ. Останні порівнювали з ідеальними, які отримували із системи (1). В результаті математичного моделювання встановлено, що найкращу керованість руху має МЕЗ з жорстким з'єднанням енергетичного та технологічного модулів (рис.1б). Його АЧХ (крива 4, рис.2) є найближчою до ідеальної (крива 1, рис.2).

При незаблокованому варіанті з'єднання модулів (ри.1а) відпрацювання МЕЗ керуючого впливу здійснюється з недорегулюванням (крива 5, рис.2). Натомість, інші дві схеми (рис.1в і 1г) забезпечують пере регулювання вхідної величини і вихідну (курсовий кут енергетичного модуля МЕЗ).

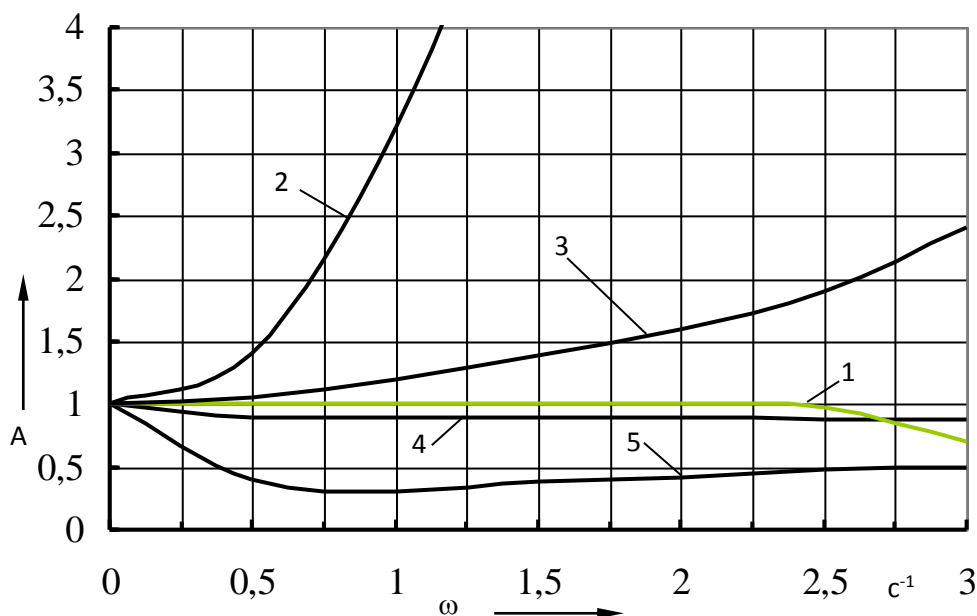


Рис.2. Ідеальна (1) та дійсні (2-5) АЧХ відтворення МЕЗ керуючого впливу при різних способах з'єднання його енергетичного та технологічного модулів: 2 – рис.1г; 3 – рис.1в; 4 – рис.1б; 5 – рис.1а

Фазові частотні характеристики, тобто запізнення реакції динамічної системи на керуючий вплив, теж найкращі у МЕЗ з жорстким з'єднанням модулів у горизонтальній площині. МТА на основі модульного енергетичного засобу за такою схемою виявився і найбільш стійким щодо дії зовнішніх збурень. Цей та інші результати математичного моделювання були повністю підтвержені даними виробничої перевірки блоково-модульних МТА [1]. Наголосимо, що викладена вище методологія проведення математичного моделювання функціонування динамічних систем широко використовується нами для обґрунтування схеми, конструктивних параметрів та режимів роботи машинно-тракторних агрегатів на основі нових орно-просапних тракторів сімейства ХТЗ-160 [9, 10]. Технологічні властивості цих енергетичних засобів (передній навісний механізм, передній вал відбору потужності, реверсивний пост керування, реверсивна трансмісія тощо) дають можливість розробляти на їх основі високоефективні комбіновані агрегати за схемою «push-pull» («штовхай-тягни»).

Висновки. Викладений вище аналіз вказує на достатню прозорість і ефективність методології математичного моделювання функціонування машинно - тракторних агрегатів на основі використання положень теорії автоматичного регулювання динамічних систем.

Література

1. *Надыкто В.Т.* Основы агрегатирования модульных энергетических средств/ *В.Т.Надыкто.* - Мелитополь, КП «ММД».- 2003.- 240 с.

2. Солодовников В.В. Основы теории и элементов систем автоматического регулирования /В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В.Яковлев. - М.: Машиностроение, 1985.- 536 с.

3. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/ И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев.- М.: Наука. – 1981. – 720 с.

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

5. Надикто В.Т. Анализ управляемости и устойчивости движения МТА /В.Т.Надикто.- Збірник наукових праць ТДАТА. - 2004. -Вип. 24.

6. Габай Е.В. Математическая модель и анализ качества управления направлением движения МТА с рассредоточенными по ширине захвата активными колесами/Е.В.Габай. - В сб.: Научные основы создания мобильных энерготехнологических средств (МЭС). Труды НАТИ.- М., 1983.

7. Булгаков В.М. Агрегатування плугів / В.М.Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. – К.: Аграрна наука. – 2008. – 152 с.

8. Надикто В.Т. Методики та результати перевірки математичних моделей МТА на адекватність/В.Т.Надикто, О.І.Генов, В.Б. Мітков. – Збірник наукових праць ТДАТА. – 2005. – Вип.7.

9. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві // Навч. посібник / В.Т.Надикто, М.Л. Крижачківський, В.М.Кюрчев, С.Л.Абдула. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2005. – 337 с.

10. Надикто В.Т. Дослідження керованості руху жнивально-лушильного агрегату /В.Т.Надикто, М.О.Бодня, В.К.Кумпан. – Збірник наукових праць ТДАТА, 2003. -Вип.11

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

В.Н. Кюрчев, В.Т. Надикто

Аннотация - изложен один из методических подходов к осуществлению математического моделирования функционирования машинный - тракторных агрегатов.

MATHEMATICAL DESIGN FUNCTIONINGS MASHINE – TRACTOR AGGREGATES

V. Kurchev, V. Nadykto

Summary

One of the methodical going is expounded near realization of mathematical design of functioning machine - tractor aggregates.