



VOL 1, No 65 (65) (2021)

The scientific heritage
(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215— 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms its uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- ◁ Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- ▷ Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84, 1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

TECHNICAL SCIENCES

Aliyeva M. VARIOUS SIMPLE FILTER FLOWS OF ANAMAL OIL IN TH BEDDINGIN GENERAL NONLINEAR LAW.....3	Protasov N., Pereylygina A. MAKING A DESIGN DECISION TRACK DEVELOPMENT OF THE STATION AND OPENING OF THE SIDING TO INCREASE CAPACITY OF RAILWAY LINE.....37
Elbaruni J.E., Danchenko O., Bedrii D. MATHEMATICAL MODEL OF INFORMATION RISK MANAGEMENT IN PROJECTS OF MANAGEMENT INFORMATIONSYSTEMIMPLEMENTATION.....7	Rymkulova A., Kasymzhanova A., Zhumadylova D. THE STATE OF THE ROCK PRESSURE DURING THE SINKING OF THE ROCK MASS.....43
Bekbaev G. METHOD OF MONITORING THE PROCESS OF MESSAGE TRANSMISSION THROUGH THE CHANNELS OF TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS OF JSC " UTY"11	Sazhinov A. THE IMPACT OF THE LACK OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT ON THE HEALTH OF PEOPLE DURING WELDING OPERATIONS.....47
Evseev R., Nemkov R. CLASSIFICATION AND DESCRIPTION OF HACKER ATTACKS: IMPACT AND THEIR CONSEQUENCES.....14	Prokopenko I., Svetlichnaya O. PRODUCTION OF MEAT PATE FOR CORONAVIRUS NUTRITION.....49
Zhumakhan N. REAL-TIME FACE RECOGNITION USING A DEEP LEARNING MODEL.....18	Danchenko O., Bedrii D., Tkachenko V., Semko O., Kharuta V. THE PECULARITIES OF PROJECTS FOR DIGITAL BUSINESS TRANSFORMATION.....51
Kassymkulova D. FEATURES OF BIOMETRIC IDENTIFICATION OF A PERSON IN AN INFORMATION SYSTEM.....22	Tyapin A., Panteleev V., Kinev E., Pervukhin M. APPLICATION OF ANALOG PHASE SPLITTING IN INDUCTION DEVICE SIMULATION SYSTEMS.....56
Veselovska N., Malakov O., Burlaka S, MATHEMATICAL MODELING OF THE MOWER CRANK MECHANISM OPERATION DEPENDING ON SPEED AND POWER PARAMETERS.....25	Fatkhullaev A., Iskandarov Z., Abdumalikov I., Saydullaeva Yu. DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC PRODUCT BASED ON THE AMARANTH PLANT.....62
Popov I. SEMIOTIC MODEL OF SITUATION MANAGEMENT APPLIED TO THE PROBLEM OF CLOUD INFRASTRUCTURE MANAGEMENT.....28	Yudina E., Brusentsov A., Stepanchenko V. ENERGY SAVING WHEN HARVESTING GRAINS.....66
Prokopovych L., Lopakov O., Solodkyi D. WAYS TO IMPROVE THE PROTECTION OF PERSONAL DATA OF USERS OF SOCIAL NETWORKS. 32	

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНІЗМУ КОСАРКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКІСНИХ І СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Веселовська Н.Р.

*Вінницький національний аграрний університет,
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського
виробництва*

Малаков О.І.

*Вінницький національний аграрний університет,
аспірант кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва*

Бурлака С.А.

*Вінницький національний аграрний університет,
асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, аспірант*

MATHEMATICAL MODELING OF THE MOWER CRANK MECHANISM OPERATION DEPENDING ON SPEED AND POWER PARAMETERS

Veselovska N.,

*Vinnytsia National Agrarian University,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machinery and Equipment of Agricultural Production*

Malakov O.,

*Vinnytsia National Agrarian University,
Postgraduate of the Department of Machinery and Equipment of Agricultural Production*

Burlaka S.

*Vinnytsia National Agrarian University,
Assistant Professor of Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Postgraduate*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-65-1-25-27](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-65-1-25-27)

Анотація

У сучасній науково-дослідній роботі теоретичні методи продовжують залишатися основними. Особливо вони ефективні в тих випадках, коли необхідно отримати об'єктивну оцінку характеристик того чи іншого механізму. Теоретичні методи дослідження динамічних властивостей машинно-тракторних агрегатів засновані на аналізі математичних моделей.

Abstract

In modern research, theoretical methods continue to be basic. They are especially effective in cases where it is necessary to obtain an objective assessment of the characteristics of a mechanism. Theoretical methods for studying the dynamic properties of machine-tractor units are based on the analysis of mathematical models.

Ключові слова: кривошипно-шатунний механізм, косарка, параметри, коливальні процеси.

Keywords: crank mechanism, mower, parameters, oscillating processes.

Застосовувані в даний час комплекси машин для скошування трав багато в чому вичерпали можливості розвитку, недостатньо ефективні в різних умовах їх застосування і не відповідають сучасним вимогам через низьку продуктивність і високі енерговитрати. Непродуктивні витрати потужності в механічних передачах сегментно-пальцевих косарок при коливальному характері зовнішнього навантаження досягають 40% [1].

Теоретичні методи дослідження систем полягають в тому, що в якості джерела інформації про характеристики об'єкта використовуються спеціальні стенди або макетні зразки. Збір інформації здійснюється за допомогою датчиків, що встановлюються в певних точках досліджуваної системи, вимірювальних і реєструючих приладів. Як датчики використовуються тензорезистори для вимірювання силових параметрів, терморезистори для вимірювання температури, термоанемометри для вимірювання швидкостей потоку рідини тощо. По-

точний контроль параметрів здійснюється за допомогою аналогових цифрових приладів, а реєстрація - за допомогою осцилографів і самозаписуючих приладів [2,3].

Основна увага в методах дослідження коливальних процесів механічних силових передач тракторів приділяється визначенню ефективних способів зниження інтенсивності коливань крутного моменту в вузлах передачі. Зокрема, оцінюються оптимальні значення параметрів фільтруючих і демпферуючих елементів в діапазоні частот коливань 20-300 Гц, а також даються рекомендації за місцем їх установки.

Математична модель об'єкта являє собою сукупність рівнянь руху окремих механізмів і систем [4].

В цілому огляд математичних методів дослідження динамічних властивостей механічних систем можна відзначити наступне:

1) вони не дають достатньої кількості інформації для аналізу впливу коливань моменту і швидкості на енергетичні показники трактора;

2) не завжди дозволяють виявити сутність процесів, що відбуваються в силовій передачі трактора при динамічних режимах. З точки зору узагальнення вказаний недолік є істотним;

3) експериментальні методи дослідження вимагають створення стендів або макетних зразків, а отже, і матеріальних витрат.

Розглянемо зв'язок між швидкісними та силовими параметрами в кривошипно-шатунному механізмі косарки. Вибираємо систему $\{QXYZ\}$ так, як показано на рис. 1. Вектор \vec{k} і вісь OZ направлені перпендикулярно до площини малюнка.

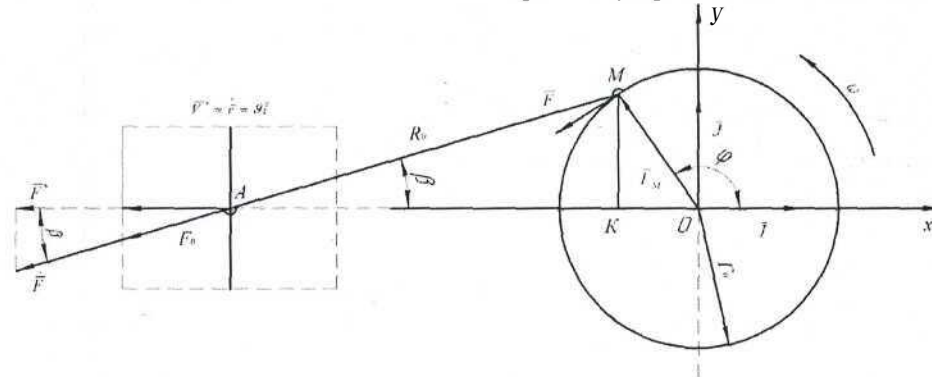


Рис. 1. Кривошипно-шатунний механізм

Сила \vec{F}^* , прикладена в т. А:

$$\vec{F}^* = F^* \vec{i} \quad (1)$$

Через шатун AM передається в т. M сила \vec{F} , що формує момент $\vec{\mu} = \mu \vec{k}$:

$$\vec{F} = F \vec{F}_0, \quad (2)$$

де \vec{F}_0 орт \vec{F} , $F = |\vec{F}|$.

Тому:

$$\begin{cases} \vec{F}_0 = -(\cos \beta \vec{i} + \sin \beta \vec{j}) \\ F = \frac{F^*}{\cos \beta} \end{cases} \quad (3)$$

Відношення важелів, $AM = R_0$, $OM = r_0$ і кутів β , φ виходять з порівняння $\triangle AMK$ і $\triangle OMK$:

$$\mu = -r_0 F \sin(\varphi + \beta) = -r_0 F^* \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} = -r_0 F^* (\sin \varphi + \tan \beta \cos \varphi). \quad (5)$$

Із рівності (4) за рахунок умови:

$$R_0 = 2r_0 \quad (6)$$

Виходить що $\cos \beta > 0$ тоді:

$$\sin \beta = \frac{r_0}{R_0} \sin \varphi,$$

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \sqrt{1 - \frac{r_0^2}{R_0^2} \sin^2 \varphi} = \frac{1}{R_0} \sqrt{R_0^2 - r_0^2 (1 - \cos^2 \varphi)} \\ &= \frac{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}}{R_0} \sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}. \end{aligned}$$

Таким чином $\tan \beta$ виражається, як:

$$\tan \beta = \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cdot \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}} \quad (7)$$

$$\mu = -r_0 F^* \sin \varphi \left(1 + \frac{\frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cos \varphi}{\sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}} \right) \quad (8)$$

Введемо позначення:

$$R_0 \sin \beta = r_0 \sin \varphi. \quad (4)$$

Зв'язок сили \vec{F} з вектором $\vec{\mu} = \mu \vec{k}$ моменту визначається відомим співвідношенням:

$$\vec{\mu} = \mu \vec{k} = [\vec{r}_M, \vec{F}] = r_0 F [\vec{i}(\varphi), \vec{F}_0],$$

де $\vec{r}_M = r_0 \vec{i}(\varphi) = r_0 (\vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi)$, таким чином:

$$\vec{\mu} = r_0 F \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\cos \beta & -\sin \beta & 0 \end{vmatrix} = -r_0 F \sin(\varphi + \beta) \vec{k},$$

Звідси можна записати вираз для крутного моменту:

$$U = \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cos \varphi \approx \frac{1}{2} \cos \varphi \quad (9)$$

Розглянемо зміну за ступенями U , тоді:

$$1 + \frac{U}{\sqrt{1 + U^2}} \approx 1 + U \quad (10)$$

Відповідно:

$$\mu \approx -r_0 F^* \sin \varphi \left(1 + \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cos \varphi \right), \quad \dot{\varphi} = \omega. \quad (11)$$

Зв'язок між лінійними швидкостями \vec{V}^* і \vec{V} в точках A і M знайдемо з умови через їх проекції:

$$\text{пр}_{\vec{F}_0} \vec{V}^* = \text{пр}_{\vec{F}_0} \vec{V}, \quad \text{тобто } (\vec{V}^*, \vec{F}_0) = (\vec{V}, \vec{F}_0).$$

Відповідно, так як $\vec{V}^* = \vartheta \vec{i}$, $\vec{V} = \dot{r}_M = r_0 \omega (-\sin \varphi \vec{i} + \cos \varphi \vec{j}) = r_0 \omega \tan(\varphi)$ отримаємо:

$$-\vartheta \cos \beta = r_0 \omega \sin(\varphi + \beta), \quad (12)$$

Тобто $\vartheta = -r_0 \omega \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} = -r_0 \omega (\sin \varphi + \tan \beta \cos \varphi)$ і остаточно, лінійна швидкість буде:

$$\dot{\vartheta} = -r_0 \omega \left(1 + \frac{\frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cos \varphi}{\sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}} \right) \quad (13)$$

Порівнюючи (8) і (13) помічаємо, що:

$$\mu = \frac{\dot{\vartheta}}{\omega} F^* \sin \varphi, \quad \dot{\varphi} = \omega, \quad (14)$$

$$\dot{\vartheta} = -r_0 \omega \sin \varphi \left[1 + \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cdot \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}} \right] - r_0 \omega^2 \left[\cos \varphi - \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} - \frac{\sin^2 \varphi}{\sqrt{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi}} + \frac{r_0 R_0}{R_0^2 - r_0^2} - \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} \cos^2 \varphi} \right] \quad (17)$$

З урахуванням співвідношень (9 і 10), для знаходження швидкості $\dot{\vartheta}$ і прискорення $\ddot{\vartheta}$ можна використовувати формули:

$$\begin{cases} \dot{\vartheta} \approx -r_0 \omega \left(\sin \varphi + \frac{r_0}{2\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \sin 2\varphi \right), \\ \dot{\vartheta} \approx -r_0 \omega^2 \left(\cos \varphi + \frac{r_0}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2}} \cos 2\varphi \right). \end{cases} \quad (18)$$

Знаходячи $F^* = f + r\dot{\vartheta} + m_A \ddot{\vartheta}$ з (16) і підставляючи потім в (8) та (11), можна отримати залеж-

ність крутного моменту μ від φ , 2φ , 3φ , 4φ , що в даній роботі не потрібно. Тому можна обмежитися цілком прийнятними наближеннями:

$$n_0 = \mu \omega, \quad n_A = F^* \dot{\vartheta} \text{ і, відповідно:} \quad (15)$$

$$n_0 = n_A \sin \varphi.$$

Сила опору f на виході виражається через F^* і $\dot{\vartheta}$ наступним чином:

$$f = F^* - r\dot{\vartheta} - m_A \ddot{\vartheta} \quad (16)$$

де r – активний опір тертя між корпусом і направляючими, m_A – маса рухомих частин механізму.

Значення прискорення $\dot{\vartheta}$ знайдемо з виразу (13):

ність крутного моменту μ від φ , 2φ , 3φ , 4φ , що в даній роботі не потрібно. Тому можна обмежитися цілком прийнятними наближеннями:

$$\begin{cases} \dot{\vartheta} \approx -\omega r_0 \sin \varphi \\ \dot{\vartheta} \approx -\omega^2 r_0 \cos \varphi \end{cases} \quad (19)$$

Для F^* і μ вираз буде мати наступний вигляд:

$$\begin{cases} F^* \approx f + \omega r r_0 \sin \varphi + \omega^2 r_0 m_A \cos \varphi \\ \mu \approx -r_0 F^* \sin \varphi \approx -r_0 f \sin \varphi - \omega r r_0^2 \sin 2\varphi - \omega^2 r_0^2 m_A \sin \varphi \cos \varphi. \end{cases} \quad (20)$$

Переходячи до подвійного аргументу, отримаємо:

$$\mu \approx -\frac{\omega r r_0^2}{2} - r_0 f \sin \varphi + \frac{\omega r r_0^2}{2} \cos \varphi - \frac{\omega^2 r_0^2 m_A}{2} \sin 2\varphi \quad (21)$$

Останні два доданки можна скоротити в $A \sin(2\varphi + \gamma)$:

$$\begin{cases} \mu \approx -\frac{\omega r r_0^2}{2} - r_0 f \sin \varphi - \frac{\omega r_0^2 \sqrt{r^2 + \omega^2 m_A^2}}{2} \sin(2\varphi + \gamma), \\ \sin \gamma = -\frac{r}{\sqrt{r^2 + \omega^2 m_A^2}} \\ \cos \gamma = \frac{\omega m_A}{\sqrt{r^2 + \omega^2 m_A^2}} \end{cases} \quad (22)$$

Враховуючи знаки $\sin \gamma < 0$, $\cos \gamma > 0$, можна визначити γ з формули:

$$\gamma = -\arctg \frac{r}{\omega m_A} \quad (23)$$

В загальному по прикладу аналітичних методів досліджень динамічних властивостей силових передач можна зробити висновок, що сфера застосування існуючих методів обмежена однією конкретною фізичною природою (механічною, гідравлічною, електричною). Особливості передач кожної фізичної природи і пов'язані з ними особливості методів не дозволяють використовувати останні в якості універсальних при обґрунтуванні раціонального типу безступінчастої передачі.

Список літератури

1. Erokhin M.P., Levtshev A.P. Energy analysis of dynamic systems of agricultural units, Tractors and agricultural machines, 2005. No. 7, pp. 19 - 20;
2. Gunko I.V., Burlaka S.A. Mathematical modeling of the power supply system of a diesel engine running on biofuels with throttle control of the fuel mixture, The scientific heritage, 2020. No. 50, pp. 34-38;
3. Levtshev, A.P. Assessment and management of energy processes of agricultural aggregates: author. diss. doct. tech. Sciences, Saransk. 2005, 35 p.
4. Malakov O.I., Burlaka S.A., Yaroshchuk R.O. Reducing the load of the structural elements of the steering wheel axle of a self-propelled mower by rational installation of hydraulic cylinders, Herald of Khmelnytskyi National University, 2018. No. 263, pp. 56-61;