

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ПРАЦІ  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

Випуск 15 Том 3

Наукове фахове видання

Технічні науки

Мелітополь – 2015

**УДК 631.3****Т.3**

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 15., Т. 3. – 344 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 8 від 28.04.2015 р.

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. - к.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор); Надикто В.Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник головного редактора); Діордієв В.Т. - д.т.н., проф. (відповідальний секретар); Гнатушенко В.В. - д.т.н., проф.; Дідур В.А. - д.т.н., проф.; Єремєєв В.С. - д.т.н., проф.; Кушнар'єв А.С. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.; Куценко Ю.М. – д.т.н., доц.; Леженкін О. М. - д.т.н. доц.; Малкіна В.М. – д.т.н., проф.; Овчаров В.В. - д.т.н., проф.; Панченко А.І. - д.т.н., проф.; Скляр О.Г. - к.т.н., доц.; Тарасенко В.В. - д.т.н., проф.; Шацький В.В. - д.т.н., с.н.с.; Федюшко Ю.М. – д.т.н., проф.; Фурман І.О.- д.т.н., проф.; Ялпачик Ф.Ю. - к.т.н., проф.

**Відповідальний за випуск** - д.т.н., проф. Панченко А.І.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь Запорізька обл.  
72312 Україна

ISSN 2078-0877

**© Таврійський державний  
агротехнологічний університет, 2015**

*Висновки.* Для отримання здорового поголів'я, яке, до того ж, можна буде називати високопродуктивним, слід додержуватися вимог, висунутих до годівлі молодняку з перших днів народження провідними інститутами та установами. Однак загальновідомий факт, що раціони кормів при виробництві продукції тваринництва являють собою основу успішного підприємництва не гарантує того, що господарства мають інформацію щодо необхідного складу та компонентів раціонів кормів.

Література:

1. Корма. Справочная книга. / под ред. М. А. Смургина. - М.: «Колос», 1977. – 368 с
2. Справочник по качеству кормов / под ред. А. А. Омеляненко. – К.: Урожай, 1985.-192 с.
3. Проваторов Г. В. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика, Л.В. Бондарчук: за аг. ред. В. О. Проваторова. – 2-ге вид., стер.- Суми: Університетська книга, 2009. – 489 с.
4. Дурст Л. Кормление сельскохозяйственных животных. / Л. Дурст, М. Виттман. – под. ред. Ибатуллина И. И., Проваторова Г. В. - Винница.: Нова книга, 2003.- 384 с.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОВ ДЛЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Милько Д.А., Бакарджиев Р.А.

*Аннотация* – данная работа посвящена отражению мирового и отечественного передового опыта кормления молодняка крупного рогатого скота.

## **RECOMMENDATION IN CONNECTION WITH FULL – DIET FEED CREATION FOR THE CALVES**

D. Mil'ko, R. Bakardjiev

### *Summary*

**World and domestic experience connected with full – diet feed creation for the calves is devoted in the article.**

УДК 631.37

## ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУХУ ШИРОКОКОЛІЙНИХ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Кувачов В.П., к.т.н., доцент

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-12-65

**Анотація** – викладено результати теоретичних досліджень з оцінки стійкості руху ширококолієвих агрозасобів в горизонтальній площині.

**Ключові слова** – ширококолієвий агрозасіб, плоско-паралельний рух в горизонтальній площині, стійкість руху, амплітудно- і фазово-частотні характеристики.

*Постановка проблеми.* Перспективним напрямком стабільного розвитку сільського господарства є впровадження інноваційних технологій, до яких слід віднести колійну і мостову системи землеробства, основою яких є ширококолієві енерготехнологічні засоби механізації (або мостові трактори) [1]. Використання вказаних систем дозволяє отримувати максимальну ефективність (технологічну, соціальну, екологічну, економічну) в процесах обробітку ґрунту і догляду за культурними рослинами.

Однією із найважливіших проблем динаміки ширококолієвих енерготехнологічних засобів механізації сільськогосподарського виробництва (далі по тексті – ширококолієві агрозасоби) є стійкість їх руху у горизонтальній площині [2]. Розроблення нової конструкції ширококолієвого агрозасобу потребує наукового обґрунтування щодо значень його конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи з точки зору забезпечення задовільної стійкості руху.

*Аналіз останніх досліджень.* Питанням оцінки стійкості руху традиційних машинно-тракторних агрегатів науковцями приділено багато уваги. Найбільш упорядкованим підходом до методології вивчення проблеми стійкості машинно-тракторних агрегатів викладено в працях проф., член-кор. НААНУ В.Т. Надикто. Зокрема, в [3] відмічено, що «З точки зору загальновідомих понять рух в горизонтальній площині таких незамкнених динамічних систем, як машинно-тракторні агрегати, може бути стійким, але лише у малому і за

обов'язкової умови урахування тих чинників, які стабілізують їх плоско-паралельне переміщення. У теоретичних дослідженнях умов функціонування динамічних систем без урахування стабілізаційних чинників слід відходити з того поняття, що стійкість руху МТА – це рівень його здатності протистояти дії зовнішнього збурення. Одним із найбільш ефективних методів синтезу схеми і конструктивно-технологічних параметрів МТА є застосування амплітудних і фазових частотних характеристик (АЧХ і ФЧХ відповідно) відпрацювання динамічною системою вхідного збурення».

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою цих наукових досліджень є розробка математичних моделей функціонування ширококоліїних агрозасобів у поздовжньо-горизонтальній площині і на їх основі дослідити вплив схем, конструктивних параметрів та режимів роботи на стійкість руху агрозасобу.

*Методика досліджень.* При математичному моделюванні руху ширококоліїного агрозасобу в горизонтальній площині модель його функціонування, як динамічної системи, зручно розглядати у вигляді реакцій на вхідні керуючі і збурювальні впливи, останні однозначно визначають стійкість його руху. Для отримання АЧХ і ФЧХ відпрацювання динамічною системою зовнішніх збурювань необхідно реалізувати наступний алгоритм [3]: скласти диференціальні рівняння руху динамічної системи; перейти від диференціальної до операторної форми запису рівнянь (здійснити перетворення Лапласа); скласти відповідні передатні функції; розрахувати дійсні АЧХ і ФЧХ.

Згідно теорії автоматичного регулювання ідеальна АЧХ відтворення динамічною системою слідкування збурювального впливу в робочому діапазоні частот його коливань повинна дорівнювати нулю, а ФЧХ – прямувати до нескінченності.

*Основна частина.* Розглянемо динамічну систему ширококоліїного агрозасобу (рис. 1). Оскільки в роботі мова йтиме про стійкість руху, то керівний вплив не розглядатимемо. Характеристиками збурювального впливу є: тяговий опір  $\bar{R}$  сільськогосподарського знаряддя (зокрема, поперечна його складова  $R''$ ) і головний момент тягового опору  $M_R$ .

Крім вказаних параметрів на агрозасіб діють: рушійні  $P_{дл1}$ ,  $P_{дл2}$ ,  $P_{дп1}$ ,  $P_{дп2}$  та бокові  $P_{\delta л1}$ ,  $P_{\delta л2}$ ,  $P_{\delta п1}$ ,  $P_{\delta п2}$  сили, останні призводять до виникнення кутів уводу  $\delta_{л1}$ ,  $\delta_{л2}$  і  $\delta_{п1}$ ,  $\delta_{п2}$  коліс лівого і правого бортів.

Прийmemo, що розглядуємиий агрозасіб здійснює на гоні відносно нерухомої горизонтальної площини  $XOY$  рівномірний поступальний рух з швидкістю  $V_0$ . В процесі виконання роботи його остів під впливом випадкових збурювань відхиляється від початкового положення і отримує додаткові швидкості, - починається відносний рух агрозасобу по відношенню до площини  $X_1OY_1$ . При цьому площина  $X_T S_T Y_T$ , що зв'язана з центром мас агрозасобу, обертає його в площині  $X_1OY_1$  на-

вколо осі  $S_T Z$ , яка проходить через точку  $S_T$ . Мірою цього повороту служить кут  $\varphi$ , який побудований повздовжньою віссю  $S_T Y_T$  агрозасобу і віссю  $OY_1$ . В процесі відносного руху агрозасобу його центр мас переміщується по осі  $OX$ , що характеризується зміною абсциси  $X_S$ .

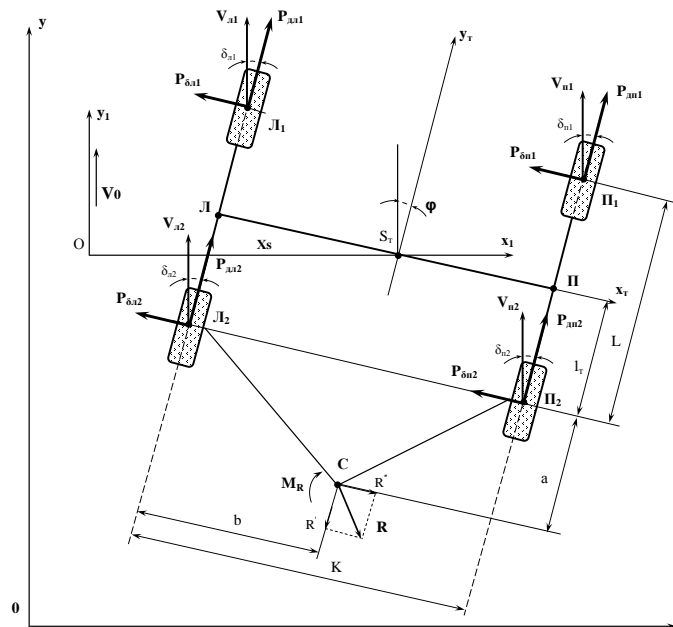


Рис. 1. Схема динамічної системи руху агрозасобу у поздовжньо-горизонтальній площині.

Таким чином, розглядуваний агрозасіб по відношенню до площини  $X_1 OY_1$  має два ступеню вільності, яким відповідає дві узагальнені координати: кут  $\varphi$  і зміна абсциси  $X_S$  центра мас  $S_T$  агрозасобу. Лінійна математична модель такого агрозасобу виражається системою двох диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} A_{11} \cdot \ddot{X}_S + A_{12} \cdot \dot{X}_S + A_{13} \cdot \dot{\varphi} + A_{14} \cdot \varphi = R'' + f_1, \\ A_{21} \cdot \ddot{\varphi} + A_{22} \cdot \dot{\varphi} + A_{23} \cdot \varphi + A_{24} \cdot \dot{X}_S = -R''(l_m + a) + M_R + f_2, \end{cases} \quad (1)$$

де  $A_{11} = M_T$ ;

$A_{12} = (k_{л1} + k_{л2} + k_{п1} + k_{п2})/V_0$ ;

$A_{13} = ((k_{л1} + k_{п1}) \cdot (L - l_T) - (k_{л2} + k_{п2}) \cdot l_T)/V_0$ ;

$A_{14} = -(k_{л1} + k_{л2} + k_{п1} + k_{п2})$ ;

$A_{21} = J_T$ ;

$A_{22} = ((k_{л1} - k_{п1}) \cdot (L - l_T)^2 + (k_{л2} - k_{п2}) \cdot l_T^2)/V_0$ ;

$A_{23} = -(k_{л1} + k_{п1}) \cdot (L - l_T) + (k_{л2} + k_{п2}) \cdot l_T$ ;

$A_{24} = (k_{л1} + k_{п1}) \cdot (L - l_T) - (k_{л2} + k_{п2}) \cdot l_T/V_0$ ;

$f_1 = 0$ ;

$f_2 = P_{дл1} \cdot b + P_{дл2} \cdot b - P_{дп1} \cdot (K - b) - P_{дп2} \cdot (K - b)$ ,

В операторній формі запису система рівнянь (1) матиме вигляд:

*Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва*

$$\begin{cases} K_{11} \cdot X_S(s) + K_{12} \cdot \varphi(s) = F_{11} \cdot R'' + F_{12} \cdot M_R + F_{13}, \\ K_{21} \cdot X_S(s) + K_{22} \cdot \varphi(s) = F_{21} \cdot R'' + F_{22} \cdot M_R + F_{23}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $K_{11} = A_{11} \cdot s^2 + A_{12} \cdot s$ ;  $K_{21} = A_{24} \cdot s$ ;  
 $K_{12} = A_{13} \cdot s + A_{14}$ ;  $K_{22} = A_{21} \cdot s^2 + A_{22} \cdot s + A_{23}$ ;  
 $F_{11} = 1$ ;  $F_{21} = -(l_m + a)$ ;  
 $F_{12} = 0$ ;  $F_{22} = 1$ ;  
 $F_{13} = f_1 = 0$ ;  $F_{23} = f_2$ ;  
 $s = d/dt$  – оператор диференціювання.

У цих рівняннях  $M_T$ ,  $J_{ST}$  – маса і момент інерції агрозасобу відносно його центру мас;  $V_s$  – лінійна швидкість його центру мас відносно площини  $X_1OY_1$ ;  $k_{л1}$ ,  $k_{л2}$  і  $k_{п1}$ ,  $k_{п2}$  – коефіцієнти опору уводу коліс лівого і правого бортів агрозасобу;  $K$ ,  $b$ ,  $a$ ,  $L$  і  $l_m$  – конструктивні параметри природа яких зрозуміла з рис. 1.

Фізичним об'єктом теоретичних досліджень був дослідний зразок ширококолісного агрозасобу, розроблений в Таврійському державному агротехнологічному університеті (рис. 2).

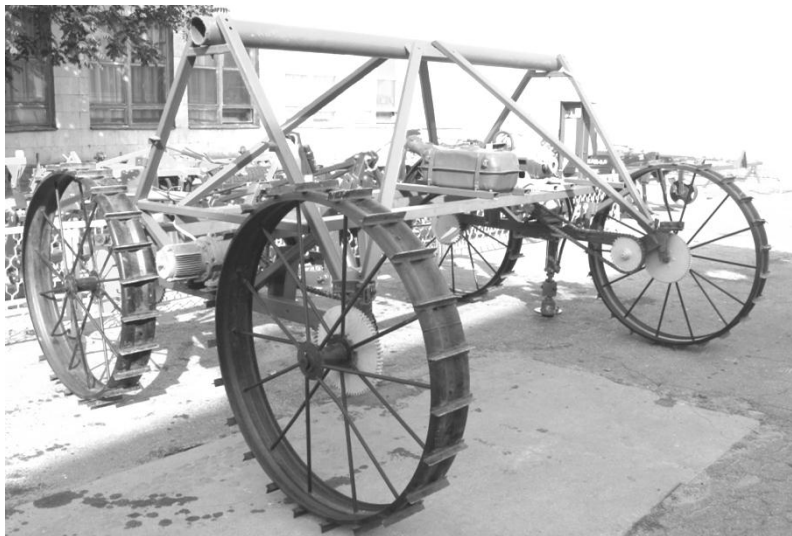


Рис. 2. Спеціалізований енерготехнологічний агрозасіб для колійної системи землеробства з колією 3м, розроблений науковцями Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ, м. Мелітополь).

Амплітудні і фазові частотні характеристики коливань відпрацювання фізичним об'єктом досліджень збурювального впливу представлено на рис 3 та 4.

Аналіз розрахункових АЧХ (рис. 3а) говорить про те, що при збільшенні швидкості руху агрозасобу коливання амплітуди курсово-

го кута  $\varphi$ , як вихідного параметру, теж зростає, що не є бажаним, оскільки віддаляє АЧХ від ідеальної. Водночас, максимальна амплітуда кутового кута  $\varphi$  агрозасобу на частотах близьких до нуля не перевищує 0,08 рад на 1кН коливань тягового опору. ФЧХ при цьому мають аналогічний характер (рис. 3б), а величина запізнення реакції динамічної системи на вхідне збурювання при збільшенні швидкісного режиму змінюється не більше за 10%. У зв'язку з цим можна констатувати, що зміна швидкісного режиму агрозасобу практично не погіршує стійкості його руху в горизонтальній площині.

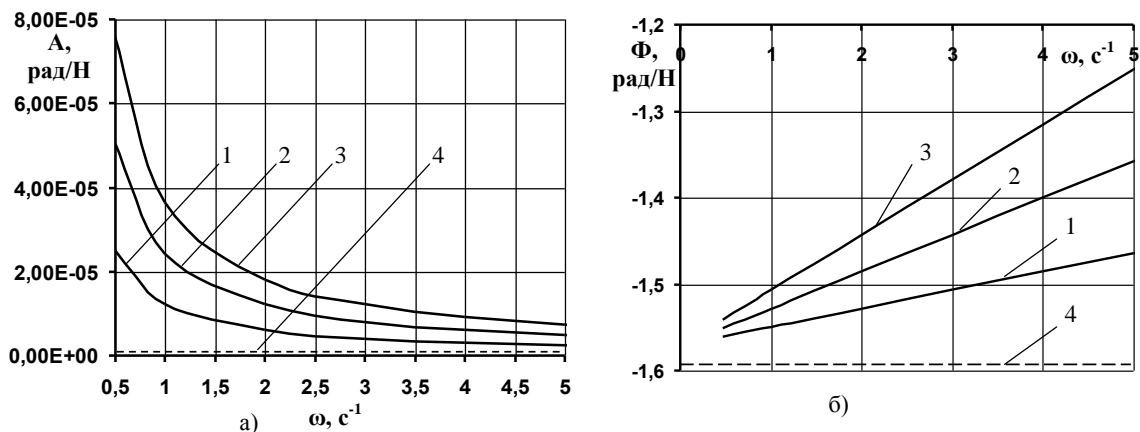


Рис. 3. Амплітудні (а) і фазові (б) частотні характеристики коливань курсового кута  $\varphi$  агрозасобу при відпрацюванні ним збурювального впливу (поперечна складова тягового опору  $R''$  сільськогосподарського знаряддя) при різних швидкостях його руху: 1 – 1м/с; 2 – 2м/с; 3 – 3м/с; 4 – ідеальні характеристики.

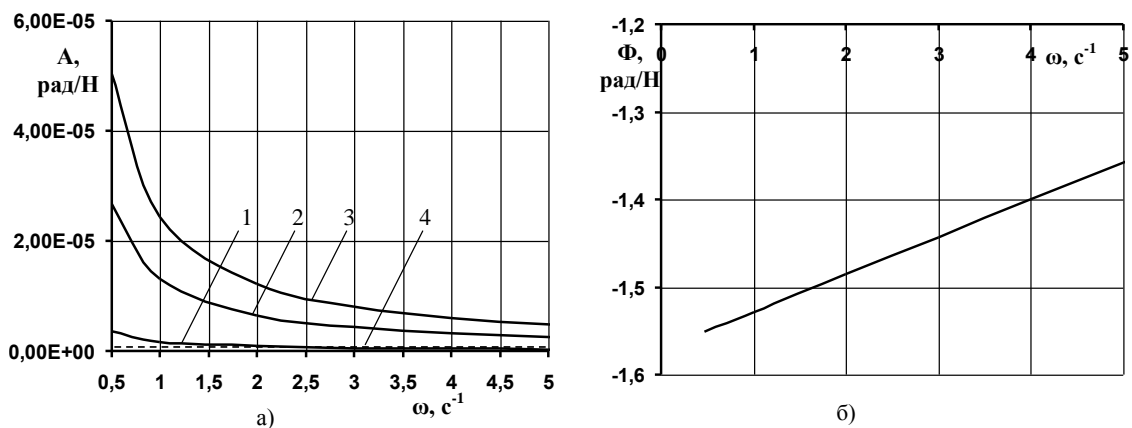


Рис. 4. Амплітудні (а) і фазові (б) частотні характеристики коливань курсового кута  $\varphi$  агрозасобу при відпрацюванні ним збурювального впливу (поперечна складова тягового опору  $R''$  сільськогосподарського знаряддя) при різних відстанях приєднання тягового знаряддя



(конструктивний параметр  $a$ , див. рис. 1): 1 –  $a = -1\text{м}$ ; 2 –  $a = 0\text{м}$ ; 3 –  $a = 1\text{м}$ ; 4 – ідеальні характеристики.

З позицій задовільної стійкості руху ширококолісного агрозасобу точка приєднання його технологічної частини повинна розміщуватися усередині його бази ( $a = -1\text{м}$ , див. рис. 4а) – «середнє» навішування робочих знарядь, оскільки в такому випадку в робочому діапазоні частот АЧХ наближаються до ідеальної. І, навпаки, розміщення технологічної частини позаду агрозасобу ( $a = 1\text{м}$ , див. рис. 4а) – заднє навішування – погіршує стійкість його руху, оскільки амплітуда АЧХ зростає, що не є бажаним. Щодо поведінки ФЧХ, то тут слід відзначити, що будь який варіант розміщення технологічної частини агрозасобу (тобто зміна конструктивного параметру  $a$ ) не змінює цю характеристику (рис. 3б) і свідчить про однаковість величини запізнення реакції динамічної системи на вхідний вплив.

*Висновки.* Розроблені математичні моделі і отримані нові закономірності плоско-паралельного руху ширококолісного агрозасобу дозволяють теоретично здійснювати обґрунтування нових схем, конструктивних параметрів та режимів його роботи із задовільною стійкістю руху в горизонтальній площині.

Теоретичними дослідженнями встановлено, що зміна швидкісного режиму розглядуваного ширококолісного агрозасобу практично не погіршує стійкості його руху в горизонтальній площині.

З позицій задовільної стійкості руху ширококолісного агрозасобу точка приєднання його технологічної частини повинна розміщуватися усередині його бази – «середнє» навішування знарядь, оскільки в такому випадку АЧХ наближаються до ідеальної.

#### Література:

1. *Controlled Traffic Farming* – CTF [Електронний ресурс] / European Ltd: [офіц. веб-сайт]. – Режим доступу до ресурсу: [www.controlledtrafficfarming.com](http://www.controlledtrafficfarming.com).

2. *Кувачев В.* Моделирование плоско-параллельного движения в горизонтальной плоскости ширококолейного агросредства при кинематическом способе его управления / В. Кувачев // *Motrol*. – 2015. – Vol. 17, № 9. – С. 49–54.

3. *Надикто В.* Оцінка стійкості руху машинно-тракторних агрегатів / В. Надикто // *Техніка і технології АПК*. – 2015. – № 6(69). – С. 6–9.

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ШИРОКОКОЛЕЙНЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В.П. Кувачев

*Аннотация* – представлены результаты теоретических исследований оценки устойчивости движения ширококолейных агросредств в горизонтальной плоскости.

**EVALUATION OF THE STABILITY MOTION WIDELY-TRAVEL POWER-TECHNOLOGICAL MEANS OF MECHANIZATION AGRICULTURAL PRODUCTION**

V. Kuvachov

*Summary*

The results of theoretical studies on the stability motion widely-travel power-technological means in a horizontal plane is presented.

УДК 621.43

## СПОСІБ ВРАХУВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ТЕПЛОНАПРУЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ

Стефановський О.Б., к.т.н .

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (619) 42-04-42

**Анотація** – у статті проаналізовано особливості впливу температури на міцність сталей та запропоновано спосіб врахування цього при конструюванні теплонапружених деталей двигунів.

**Ключові слова** – міцність, температура, сталь, деталь.

*Постановка проблеми.* У теплових двигунах, що застосовуються в сільському господарстві, є теплонапружені деталі (наприклад, це головки та гільзи циліндрів). Збільшення форсування цих двигунів, що відбувається останні десятиліття, веде до підвищення теплових навантажень і робочих температур таких деталей. У свою чергу, це утруднює підтримку належного ресурсу двигунів.

Крім теплових двигунів, у сільському господарстві і харчової промисловості також можливе застосування технологічних теплових процесів з підвищеними робочими параметрами.

*Аналіз останніх досліджень.* Звичайні методи розрахунку міцності циліндричних деталей не беруть до уваги залежність міцнісних параметрів їх матеріалів (наприклад, сталі) від робочої температури [1].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Встановити математичний опис залежності міцнісних параметрів сталей від температури і запропонувати метод врахування цього при конструюванні теплонапружених деталей двигунів.

*Основна частина.* У навчальній та довідковій літературі є дані про показники міцності сталей та їх теплофізичні властивості при різних температурах [1-3 та ін.]. Ці дані можна представити у вигляді графіків (рис. 1), де буква “сигма”  $\sigma$  позначає межу повзучості (при відносній деформації  $10^{-7}$  1/год), а комплексний показник  $\frac{\lambda}{\alpha_{ext} E}$  впливає на температурну напругу  $\sigma_{\Delta T}$  в стінці деталі:

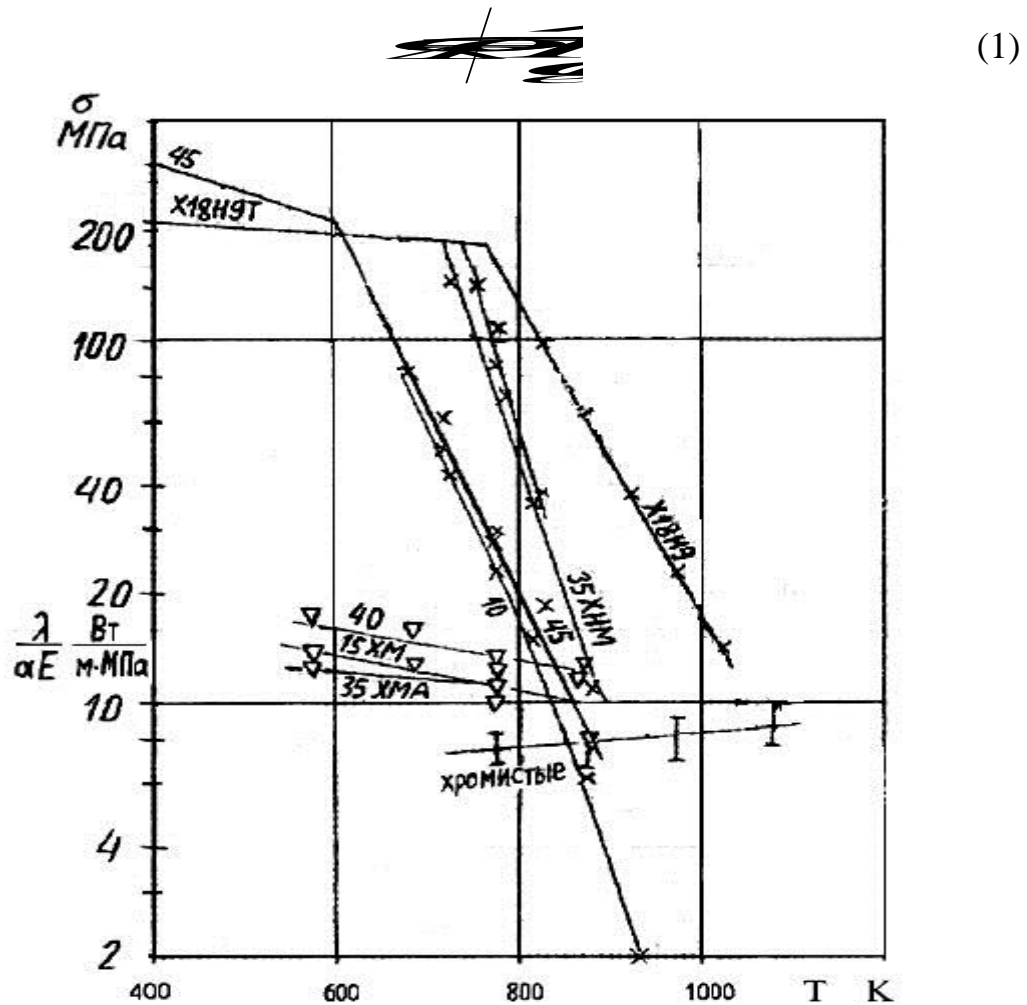


Рис. 1. Залежність показників міцності сталей від температури [4]

де  $\alpha_{ext}$  – температурний коефіцієнт лінійного розширення,  $1/K$ ;

$E$  – модуль пружності, МПа;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу,  $kWt/(K \cdot m)$ ;

$q$  – густина теплового потоку в напрямку відстані  $x$  (м),  $kWt/m^2$ .

З рис.1 видно, що від температури  $T$  суттєво залежить межа повзучості сталей: для звичайних вуглецевих сталей вона різко знижується при  $T > 600$  К, а для сталей, легованих хромом - при  $T > 700 \dots 750$  К. Завдяки цієї особливості, останні мають велику перевагу перед першими за величиною межі повзучості при  $T > 600$  К. При меншій температурі, навпаки, вуглецева сталь є міцнішою.

Щодо змін комплексного показника  $\frac{\lambda}{\alpha_{ext} E}$ , то вони є помірними,

причём із зростанням температури цей показник дещо знижується у вуглецевих і низьколегованих сталей та дещо зростає у хромистих легованих сталей. При цьому останні суттєво програють першим за

величиною показника  $\frac{\lambda}{\alpha_{ext}E}$ , тому хромисті леговані сталі більш схильні до температурних напружень.

Зіставимо, наприклад, вказані параметри для сталей 45 і 12Х18Н9Т. При температурах, відповідно, вищих за 600 і 760 К межа повзучості цих сталей задовільно може бути апроксимована полулогарифмічною залежністю

$$\lg \sigma = a - bT, \quad (2)$$

де значення коефіцієнтів дорівнюють:

- для сталі 45  $a = 5,3$ ;  $b = 0,0050$ ;
- для сталі 12Х18Н9Т  $a = 5,5$ ;  $b = 0,0043$ .

Комплексний показник  $\frac{\lambda}{\alpha_{ext}E}$  для сталі 45 змінюється у межах 15...20, а для сталі 12Х18Н9Т - у межах 7...8 Вт/(м·МПа).

При більш низьких температурах суцільні лінії на рис. 1 відповідають межі текучості сталей. Так, видно, що впливом  $T$  на межу текучості сталі 12Х18Н9Т можна знехтувати. В загальному випадку, для даної марки сталі існує температура  $T_{T=creep}$ , коли межа текучості дорівнює межі повзучості (при заданій відносній деформації), що показано на рис.2. Тут штрихові лінії відповідають змінам межі текучості при більш високій температурі.

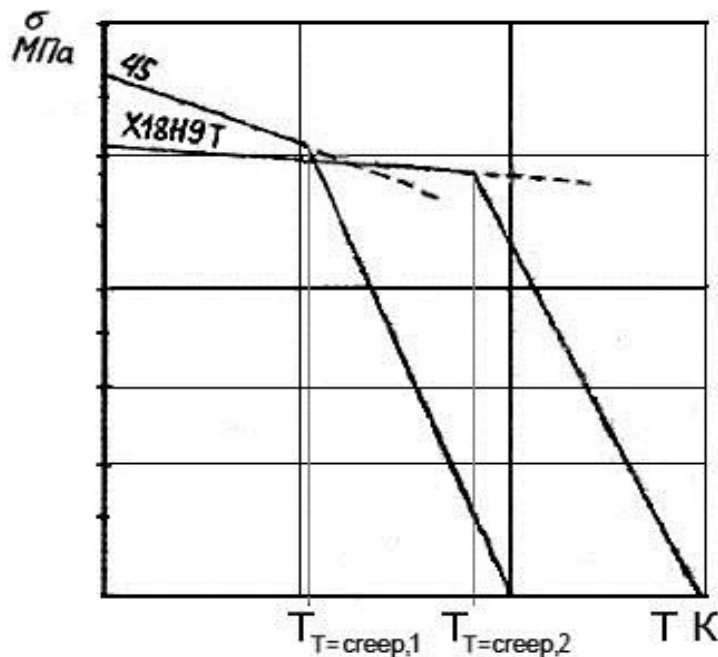


Рис. 2. До визначення температури, коли межі текучості та повзучості сталі є однаковими

Через неприйнятність пластичної деформації матеріалу, припустима робоча напруга  $\sigma_{tol}$  повинна бути суттєво меншою за межу текучості  $\sigma_T$ , для чого застосовується відповідний коефіцієнт запасу ( $n_\sigma$ ). Тому замість лівих ділянок ламаних ліній на рис. 2 треба використовувати ділянки, які проходять паралельно ним, але нижче на величину, пропорційну логарифму  $n_\sigma$  (рис. 3).

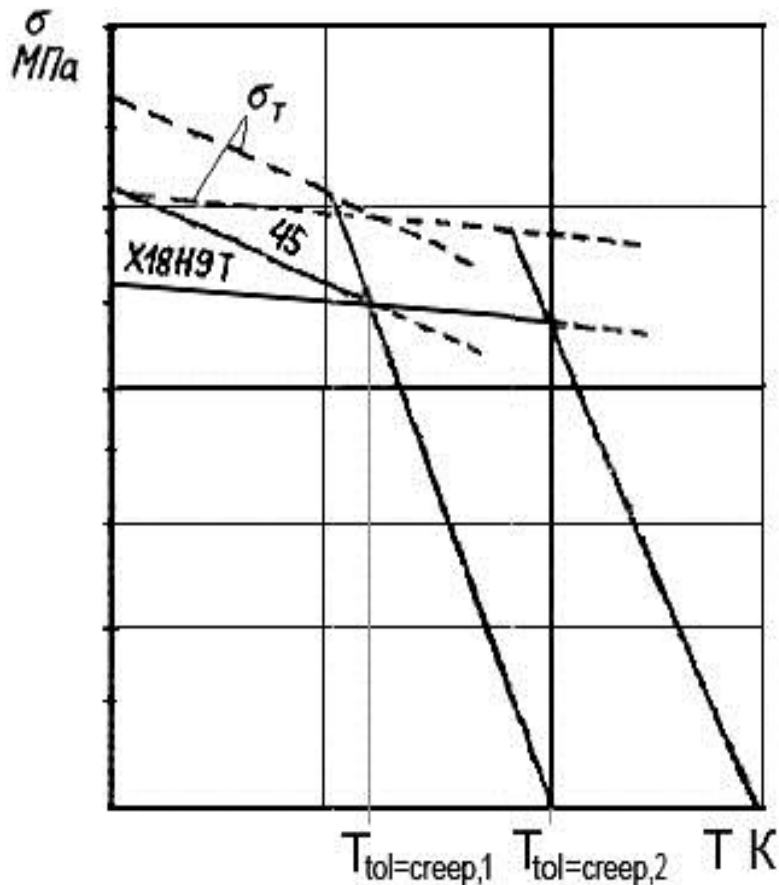


Рис. 3. До визначення температури, коли припустима напруга і межа повзучості сталі є однаковими (при коефіцієнту запасу  $n_\sigma = 1,5$ )

Видно, що це приводить до помітного підвищення температури  $T_{tol=creep}$ , коли припустима напруга дорівнює межі повзучості матеріалу. При  $T > T_{tol=creep}$  в розрахунках міцності теплонапружених деталей треба використовувати межу повзучості, що відповідає заданій відносній деформації деталі.

Збільшення коефіцієнту запасу  $n_\sigma$  веде до подальшого підвищення температури  $T_{tol=creep}$ , і вона, в принципі, може досягти будь-якого значення робочої температури деталі. Як приклад, у таблиці 1 подані приблизні значення  $T_{tol=creep}$  обох розглянутих марок сталі для різних величин  $n_\sigma$ , розраховані з допомогою формули (2).

Таблиця 1 – Залежність температури  $T_{\text{tol=creep}}$  від коефіцієнту запасу міцності

Сталь	Температура $T_{\text{tol=creep}}$ (К) для коефіцієнта $n_{\sigma}$							
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10	15	20
45	600	640	660	710	760	810	865	890
12X18H9T	760	800	840	880	930	1000	1050	1120*

Примітка: \* екстраполяція.

Як видно, для легованої сталі 12X18H9T ця температура є на 160...190 К більшою в усьому дослідженому діапазоні коефіцієнта запасу міцності  $n_{\sigma}$ . Графіки залежності температури  $T_{\text{tol=creep}}$  від коефіцієнта  $n_{\sigma}$  (рис. 4) мають вигляд майже прямих ліній у полулогарифмічних координатах.

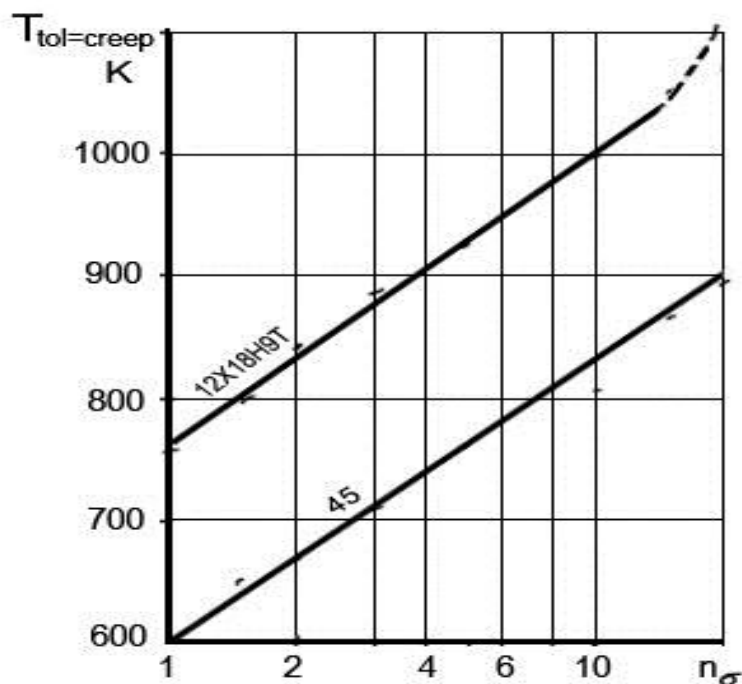


Рис. 4. Залежність температури  $T_{\text{tol=creep}}$  від коефіцієнта запасу міцності для двох марок сталі

Зони  $n_{\sigma} < 1,5$  цих графіків використовувати недоцільно, через досить невеликий запас міцності. Видно, що в діапазоні температури 800...900 К, використовуючи леговану сталь 12X18H9T, конструктор може брати запас міцності приблизно в 5 разів менший, чим для дешевої вуглецевої сталі 45. Тому й робоча напруга в деталі може

бути відповідно більшою, що сприяє збільшенню робочих параметрів двигуна або зниженню його розмірів та маси.

Так, для трубчастої гільзи розширювального циліндра теплового двигуна, що має внутрішній діаметр 500 мм і піддана робочому тиску 1 МПа при температурі 800 К, застосування сталі 12Х18Н9Т дозволяє або збільшити переданий тепловий потік майже у 22 рази, або зменшити внутрішній діаметр у 33 рази порівняно зі сталлю 45 [5]! Як видно, числа 22 та 33 є близькими до квадрату вищевказаної відносної різниці значень коефіцієнта запасу міцності. Хоча таке велике збільшення теплового потіку утворить занадто велику температурну напругу за формулою (1), в наведеній оцінці параметрів цієї деталі вона є збалансованою з механічною напругою. Інше питання, чи потрібна така велика температурна напруга, та чи не варто також вводити до неї коефіцієнт запасу або послаблення.

*Висновки.* Залежність меж текучості та повзучості сталей від температури задовільно апроксимується полулогарифмічними рівняннями, причому відповідні лінії перетинаються в інтервалі

$$T = 600 \dots 800 \text{ К (рис. 1).}$$

При збільшенні робочих температур теплонапружених деталей треба значно підвищувати величину коефіцієнта запасу міцності (стосовно меж текучості матеріалу), причому залежність між цими параметрами також близька до полулогарифмічної.

При  $T = 800 \dots 900 \text{ К}$  використання легованої сталі 12Х18Н9Т дозволяє зменшити цей коефіцієнт приблизно в 5 разів, порівняно з вуглецевою сталлю 45 (рис. 4), що сприяє збільшенню робочих параметрів двигуна або зниженню його розмірів та маси.

#### Література:

1. *Справочник машиностроителя в 6 т.* - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машгиз, 1956. - Т.3. - 564 с.
2. *Справочник машиностроителя в 6 т.* - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машгиз, 1956. - Т.2. - 560 с.
3. *Давыдов Г.А.* Температурные напряжения в деталях судовых дизелей / Г.А. Давыдов, М.К. Овсянников. - Л.: Судостроение, 1969. - 248 с.
4. *Стефановский А.Б.* Технология двигателей Стирлинга в утилизации отходов / А.Б. Стефановский // 3-й Междунар. конгресс по управл. отходами ВэйстТэк-2003, Москва, 3-6 июня 2003: Сб.тез.докл./ СИБИКО Интернэшнл. М., 2003. С.239-240; 472-473.
5. Влияние материала теплонапряжённой цилиндрической детали на параметры теплового двигателя // Проблеми динаміки і міцності в газотурбобудуванні: Тез. допов. 3-ї міжнар. науково-техн. конф. / Під ред. В.Т. Троценка і А.П. Зінковського; Ін-т проблем



міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України. - К., 2007. - С. 179-180.

**СПОСОБ УЧЁТА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ  
СТАЛИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ТЕПЛОАПРЯЖЁННЫХ  
ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Стефановский А.Б.

*Аннотация* – в статье проанализированы особенности влияния температуры на прочность сталей и предложен способ учёта этого при конструировании теплонапряжённых деталей двигателей.

**A METHOD OF TAKING ACCOUNT OF HIGH TEMPERATURE  
PROPERTIES OF STEEL AT DESIGNING ENGINE HEAT-  
STRESSED PARTS**

A.B. Stefanovsky

*Summary*

**Peculiarities of temperature effect on the steel strength are analyzed and a method of taking this into account at designing of engine heat-stressed parts is proposed in the paper.**

УДК [669 – 131:669.14]:620.178.3

**КІНЦЕВЕ РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОКОВОК**

Буніна Л.М., к.т.н. ,

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Мельник К.Л., викладач 1 категорії

*Мелітопольський коледж ТДАТУ*

Тел. (0619) 42-13-54

**Анотація** – наведено дослідження впливумодифікування сталей на зниження дефекту «гарячі тріщини» ковальських злитків. Показано, що модифікування сталей алюмінієм та фероцерієм сприяло підвищенню механічних властивостей сталі при високих температурах.

**Ключові слова** – ковальські злитки, неметалеві включення, модифікування, розкислення, механічні властивості.

*Постановка проблеми.* Методом вільного кування виготовляють поковки масою від 0,1 кг до 300 т в індивідуальному і малосерійному виробництві. Вихідним матеріалом для великих і середніх поковок є сталеві злитки. Останньою операцією у виплавлені сталі є її розкислення, тобто видалення кисню, що перебуває в ній у вигляді закису заліза. Як розкислювач найчастіше за все застосовують алюміній, який є також і модифікатором, тобто сприяє отриманню дрібнозернистої структури сталі. Але при розкисленні (модифікуванні) алюмінієм в сталі формуються гострокутні включення, які значно небезпечніше глобулярних. Як відомо, первинні мікротріщини утворюються навколо найбільш великих (більш 10 мкм) включень, таких як MnS, CaS, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, так як вони порушують суцільність металевої основи і виявляються концентраторами напружень. Концентрація напружень обумовлена різницею коефіцієнтів теплового розширення включень і матриці. Скупчення рухомих дислокацій призводить до зародження мікротріщин. Аналіз причин браку злитків для кованих деталей показав, що основними причинами браку «гарячі» та «холодні» тріщини. Одним з методів зниження браку та підвищення тріщиностійкості сталі є керування природою неметалевих включень шляхом модифікування сталі невеликими добавками лігатур на основі рідкоземельних (РЗМ) металів. В якості одного з модифікаторів на основі РЗМ застосовують фероцерій, який подрібнює мікро- і макроструктуру, змінює

форму неметалевих включень з гострокутної на глобулярну, зменшує загальну забрудненість сталі неметалевими включеннями та сприяє збільшенню тріщиностійкості сталі в широкому температурному діапазоні.

*Аналіз останніх досліджень.* Згідно літературних даних для підвищення тріщиностійкості великих злитків необхідно запобігти утворення грубих нітридів алюмінію шляхом зв'язування частини азоту в рідкій сталі в хімічно стійкі нітриди. Найбільш перспективним в цьому плані є титан, який володіє високим хімічною подібністю до азоту та маючий достатньо високі температури плавлення та дисоціації частинок TiN. Двохкомпонентне розкислення алюмінієм та титаном дозволило зменшити кількість AlN на межах аустенітних зерен, підвищити енергію міжзеренних зв'язків та механічні властивості в інтервалі температур 600...1000°C і, як наслідок цього, знизити брак злитків і поковок по «гарячим» тріщинам [1, 2]. Слід відзначити, що технологія розкислення алюмінієм і титаном не завжди є доцільною для поковок в зв'язку з тим, що титан сприяє утворенню сульфідів у вигляді плівок, які легко деформуються при гарячій пластичній деформації та сприяють в наслідок цього розвитку анізотропії та зниженню рівня механічних властивостей сталі. Так як розкислення алюмінієм не завжди забезпечує необхідну якість металу, сталь додатково модифікують лужноземельними (ЛЗМ), рідкоземельними (РЗМ) та нітридоутворюючими елементами (титаном, ніобієм, бором, стронцієм). Позитивний вплив ЛЗМ і РЗМ полягає в нейтралізації шкідливих домішок (сірки, вісмуту, миш'яку, кисню, водню та інш.), очищенні меж зерен, подрібненні структури металу та глобуляризації неметалевих включень, що призводить до підвищення механічних властивостей сталі. ЛЗМ і РЗМ, взаємодіяючи з сіркою та киснем, утворює компактні глобулярні оксисульфідні включення, сприяючи підвищенню пластичності, в'язкості, хладостійкості. Нітридоутворюючі елементи утворюють дрібнодисперсні карбонітриди, сприяючи подрібненню аустенітного та діїсного зерна, підвищуючи тріщиностійкість сталевих злитків [3].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи є аналіз вивчення впливу модифікування алюмінієм та фероцерієм у порівнянні з розкисленням алюмінієм на утворення в злитках сталі 40ХЛ дефекту типу «гарячі тріщини».

*Основна частина.* Результати аналізу матеріалів 100 плавок показав, що домінуючим видом браку були «гарячі тріщини», брак по яким складав в середньому 12% або половину від усіх видів браку. Було встановлено, що «гарячі» тріщини утворювались в процесі охолодження злитків в виливниці, при їх нагріві під гарячу обробку тиском (кування), а також в процесі пластичної деформації злитків, особливо при температурі її закінчення (біля 800°C). На рис. 1 наведені ти-

пові «гарячі» тріщини в поковках зі сталі 40ХЛ, які утворюються в процесі гарячої обробки металів тиском. Глибина тріщин досягала 30мм, вони були заповнені оксидами (окалиною) тавторинними неметалевими включеннями (рис. 1 б, в).

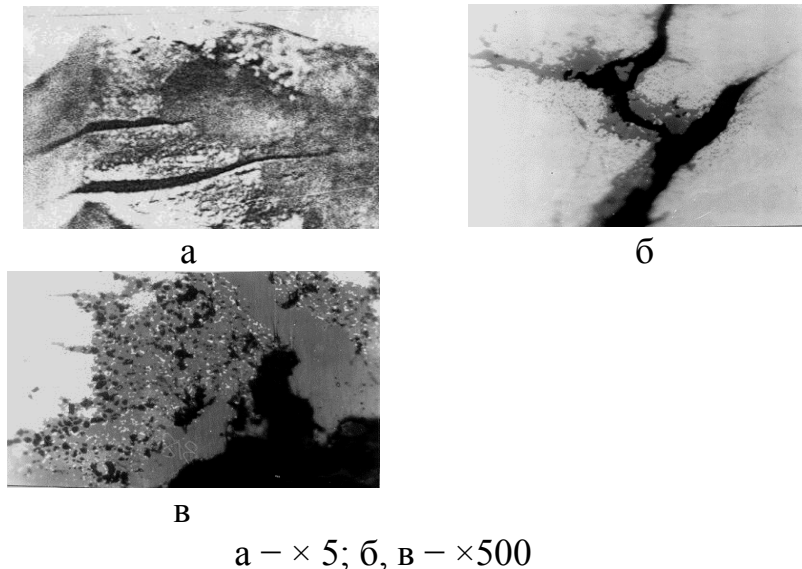


Рис. 1. Типові «гарячі» тріщини в злитку зі сталі 40ХЛ

Як видно з рис. 2, по мірі збільшення алюмінію відбувається зниження концентрації кисню, досягаючи мінімуму, дорівнюючи 0,0051 [O] при 0,039% алюмінію. Подальші присадки алюмінію приводили до монотонного зросту вмісту в сталі кисню, що можливо пояснити процесами повторного окислення сталі в процесі розливання. Явищами повторного розчинення (взаємодії з атмосферою) можливо пояснити також тенденцією до деякого підвищення в сталі вмісту азоту зростом концентрації алюмінію. Останнє сприяє утворенню надлишкових кількостей нітриду алюмінію на межах аустенітних зерен та зниженню тріщиностійкості сталі при високих температурах.

Промислові плавки сталі 40ХЛ проводили в індукційних печах ємністю 2,5т з кислою футеровкою. Для аналізу тріщиностійкості з промислових плавок вирізувались зразки з тріфазних проб як найбільш наближених до структури злитка. Механічні властивості литої сталі при температурах 600, 800 і 1000°C визначали по ГОСТ 9651–84 на машині УМЭ–10 ТМ. Розривні зразки нагрівали до температури досліджень на протязі 1 години, час витримки при заданій температурі складало 20 хвилин. Механічні дослідження проводили на сталі 40ХЛ, розкисленої по двом варіантам: 1) алюмінієм і 2) алюмінієм і фероцереєм, при температурах 600, 800 і 1000°C (табл. 1). В інтервалі цих температур закінчується процес гарячого кування та найбільш часто утворюються тріщини.

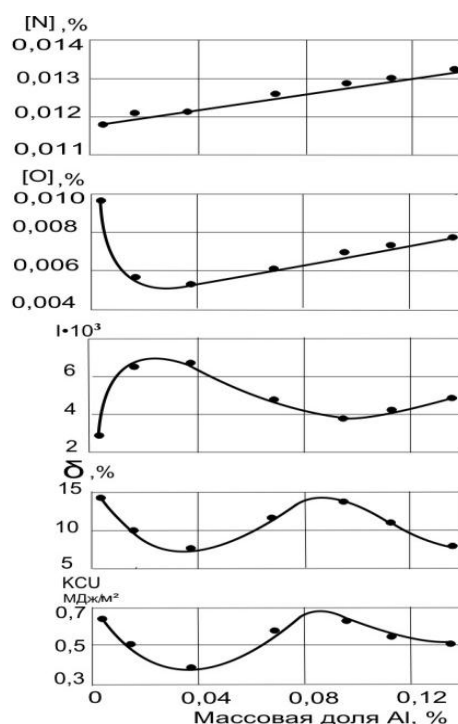


Рис. 2. Вплив алюмінію на вміст кисню та азоту, індекс забрудненості включеннями, відносне здовження та ударну в'язкість сталі 40ХЛ.

Як видно з наведених в таблиці 1 даних, додаткове модифікування сталі фероцеріємсприяло підвищенню міцності та пластичності. При цьому більш помітне поліпшення механічних властивостей (на 20...70%) спостерігалось при температурі 800°C. Це підвищення міцності та пластичності при підвищених температурах пояснюється : зв'язуванням частини азоту в нітриди РЗМ; утворенням тугоплавких з'єднань оксисульфідів РЗМ замість легкоплавких сульфідних включень; зміною гострокутної та плівкової форми включень на глобулярну; очищенням меж зерен від неметалевих включень.

Таблиця 1 – Механічні властивості сталі 40ХЛ при температурах 600, 800 и 1000° С, розкислення алюмінієм і алюмінієм и фероцерієм

Властивості	600°C		800°C		1000°C	
	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe
$\sigma_B$ , МПа	310,8	325,7	128,0	155,4	64,9	77,4
$\Psi$ , %	18,4	24,9	25,6	44,1	90,7	98,6
$\delta$ , %	12,7	18,0	49,5	63,2	73,2	74,7

*Висновки.* В результаті застосування двохкомпонентного розкислення сталі алюмінієм и фероцерієм були отримані глобулярні немета-

леві включення, форма яких сприяла підвищенню тріщиностійкості сталевих злитків та суттєвому підвищенню механічних властивостей сталі 40ХЛ.

Позитивний вплив модифікування показано в ряді робіт. В роботі [1] досліджувався вплив модифікування на комплекс механічних і технологічних властивостей сталі 09Г2–У. Показано, що модифікування силікокальцієм з розрахунку отримання у готовому металі 0,002...0,010% кальцію оказало позитивний вплив на форму, кількість, состав и розміри неметалевих включень, щопідвищило долю в'язкої складової в зломі та привело к досягненню високих значень в'язкості та пластичності в z-напрямку. Модифікування дозволяє зменшити середній розмір зерна. В роботі [2] досліджувався вплив обробки сталі силікокальцієм та рідкоземельними металами на зміну состава і властивостей металу в зоні осьової ліквіації, а також на механічні властивості прокату. Дослідження проводили на сталі 09Г2С, обробленої в процесі розливання порошковою стрічкою, яка вміщала силікокальцій та рідкоземельні метали. Для порівняння досліджували стандартну сталь 09Г2С без обробки силікокальцієм та рідкоземельними металами. Зразки вирізували перпендикулярно напрямку прокатування. Було встановлено, що в зоні осьової ліквіації неперервної литої товстолистової гарячекатаної сталі 09Г2С, обробленої в процесі розливання SiCa та PЗМ, відносне звуження більшіє в 3 рази, ударна в'язкість в 1,5...2 рази перевищували аналогічні характеристики без введення модифікаторів. В роботі [3] досліджувався вплив розкислення феросиліцієм та алюмінієм, а також розкислення феросилікокальцієм та алюмінієм на механічні властивості рельсової сталі. У сталі, розкисленої у ковші феросилікокальцієм та алюмінієм, довжина витягнутих включень не перевищувала 6мм, в той же час як при стандартному розкисленні довжина витягнутих включень досягала 16мм та більше. Для сталі, розкисленої феросилікокальцієм и алюмінієм, анізотропія пластичних властивостей була менше, ніж для сталі, розкисленої стандартним способом, що обумовлено зміною состава, форми, характеру розташування та ступеню деформації неметалевих включень, тобто заміною довгих стрічок глинозему включеннями оксидів меншою довжини, які відносились до включень I и II.

#### Література:

1. *Минакова В.И.* Влияние модифицирования на свойства среднеуглеродистых и низколегированных сталей / В.И. Минакова, В.А. Федьков, Г.А. Федьков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – №1. – С. 147 – 149.

2. *Сериков А.С.* Повышение надежности и долговечности крупных стальных отливок металлургического оборудования: автореф.

дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. №323 «Литейное производство» / А.С. Сериков. – Харьков, 1969. – 20 с.

3. Голубцов В.А. Модифицирование стали для отливок и слитков / В.А. Голубцов, В.В. Лунев. – Челябинск – Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 356 с.

## КОНЕЧНОЕ РАСКИСЛЕНИЕ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОКОВОК

Л.Н. Бунина

**Аннотация** – приведено исследование влияние модифицирования сталей на снижение дефекта «горячие трещины» кузнечных слитков. Показано, что модифицирование сталей алюминием и ферроцерием способствовало повышению механических свойств стали при высоких температурах.

## FINAL DEOXIDATION FOR FORGING STEELS

L. Bunina.

### *Summary*

**The investigation of steels modification influence for decrease of defect «hot crack» of forging ingots are given. It was established that steels modification by aluminium and ferrocerium of steel mechanical properties increase by high temperatures are promoted.**

УДК 651.92:001.817

## ТЕРНАРНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ВІДКЛИКУ ТРИФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мілько Д.О., к.т.н. ,

Бакарджиєв Р.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Комарова І. Б., к.с.–г.н.

*Інститут олійних культур НААН*

Тел. (0619) 42-05-70

**Анотація** – роботу присвячено заміні графічного представлення трьох тривимірних поверхонь функції відклику парних взаємодій досліджуваних факторів, отримуваних при проведенні трифакторного регресійного аналізу одним чотиривімірним тернарним графіком.

**Ключові слова** – трифакторний регресійний аналіз, функції відклику, парна взаємодія, тернарний графік.

*Постановка проблеми.* У практиці регресійного аналізу найбільше зустрічаються проведення трифакторного експерименту. Особливо часто це властиво технічним наукам, так як зазвичай, одним фактором є конструктивний параметр, другим — технологічний режим, третім — властивість оброблюваного матеріалу.

Візуалізацію отриманого рівняння функції відгуку, як правило, проводять тривимірними поверхнями парних взаємодій досліджуваних факторів, причому при трьох факторах будується три поверхні [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Широке впровадження електронно–обчислюваної техніки з спеціальними програмами статистичної обробки експериментальних даних, зокрема пакету прикладних програм Statistica [2], дає змогу не лише отримувати при регресійному аналізі функції відгуку другого порядку, а й виконувати графічне представлення тривимірних поверхонь парних взаємодій факторів з урахуванням значущості коефіцієнтів рівняння регресії.

Також не є проблемою побудова за допомогою ППП Statistica і чотиривімірного тернарного графіку, що дає змогу представляти дані трифакторного експерименту одним рисунком.



*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* З метою скорочення кількості поверхонь відгуку пропонується використати тернарний графік, де фактори подано сторонами правильного трикутника (симплекса), рівними одиниці (трикутниками Гіббса–Розебома), а висота прямокутної призми, побудованої на ньому є значенням функції відгуку [3].

Як відомо, тернарні графіки використовуються для аналізу трикомпонентних сумішей, виходячи з умови, що сума їх часток у ній дорівнює одиниці. Для одержання коефіцієнтів рівняння регресії використовуються плани, що забезпечують рівномірний розкид експериментальних точок. Ними є вузли сімлексних решіток ділення трикутника, що утворюють насичений симплекс–гратчастий план (рис. 1). Тут вершини відповідають факторам, точки на сторонах — їх подвійним сполученням, а точки усередині трикутника — потрійним.

Представлені на рис. 1 трикутники називаються трикутниками Гіббса–Розебома. Тут вершини відповідають чистим компонентам, точки на сторонах — сполукам подвійних (бінарних) систем; точки усередині трикутника характеризують потрійні суміші [3].

Отримані таким чином апроксимуючі моделі різних порядків можуть бути використані для передбачення відгуків у будь-якій точці симплекса. Точність передбачення відгуку якої-небудь фіксованої моделлю різна в різних точках симплекса і крім координат точки залежить також від експериментальної ситуації (дисперсії досліду, кількості паралельних спостережень в вузлах симплексної решітки).

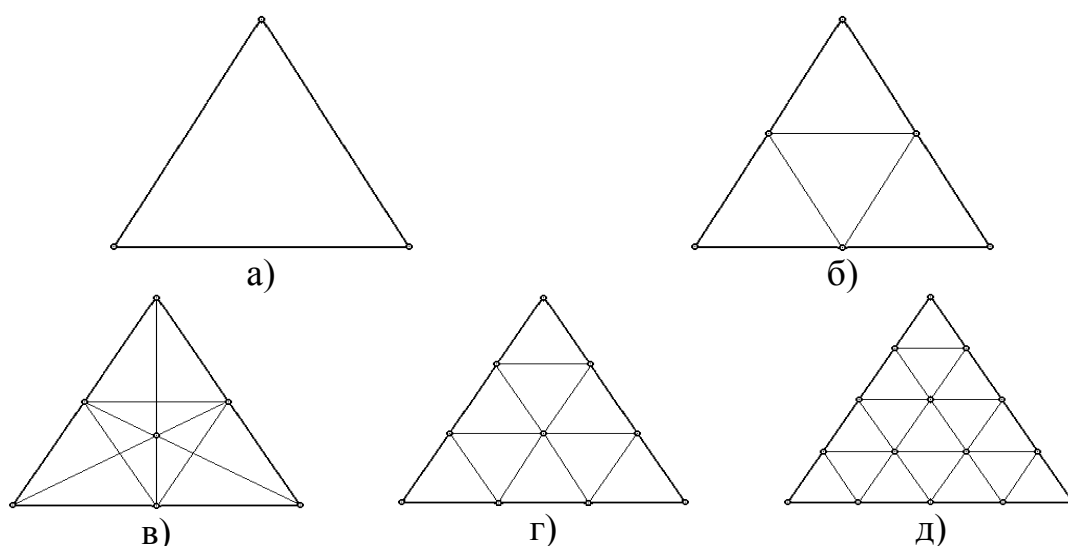


Рис. 1. Типи симплексних решіток ділення трикутника: а – лінійна; б – квадратична; в – неповна кубічна; г – кубічна; д - квартична (четвертого ступеня).

*Основна частина.* Для ілюстрації тернарного представлення поверхні відклику трифакторного експерименту нами взятий приклад залежності щільності  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) паливних брикетів від довжини часток соломи  $l$  (20–40 мм), умісту  $\delta$  (0–9 %) зв'язуючої речовини і кута  $\alpha$  (2–6 град) конусності матриці (табл. 1), отриманої за трирівневою матрицею повнофакторного плану другого порядку для трьох факторів [4].

Сторони основи трикутника представляють в масштабі діапазони зміни, тобто розмах досліджуваних факторів. Їх поточне значення розраховується за виразом

$$x_i = x_{i_{\min}} + (x_{i_{\max}} - x_{i_{\min}})k. \quad (1)$$

де  $x_{i_{\min}}$ ,  $x_{i_{\max}}$  – відповідно мінімальне та максимальне значення  $i$ -го фактора;

$k$  – частка довжини одиничної сторони симплекса за рис. 1.

Для прикладу розглянемо побудову тернарного графіка поверхні у вигляді функції відгуку другого порядку [3] — математичної моделі, яка за умови статистичної значущості її коефіцієнтів має вигляд

$$\rho = 898.2750 - 11.25\lambda - 8.8667\delta - 23.5\alpha + 0.0278\lambda\delta + 0.0375\lambda\alpha + 0.1162\lambda^2 + 0.2284\delta^2 + 2.9063\alpha^2. \quad (2)$$

Застосовуючи квартиктне (четвертого ступеня) ділення трикутника (згідно рис. 1 д) за виразом (1) отримаємо матрицю з натуральними значеннями факторів і симплексними координатами (табл. 1), за якими з використанням формули (2) отримуємо відповідні розрахункові значення щільності брикету.

Далі в ППП **Statistica** створюється файл (рис. 2), у колонки **v1–v7** якого заносяться дані табл. 1.

Потім почергово слід виконавши дії з колонками **v4–v7** (рис. 2): в меню **Graphs/Графика** (1) задіяти модуль **3D XYZ Graphs/3М XYZ графики** (2) і далі опцію **Ternary Plots.../Тернарные графики** (3). Виникає панель **Ternary Graphs/Тернарные графики**, де

Таблиця 1. Тернарні координати у натуральних значеннях і частках сторін трикутника

№ п.п.	Фактори			Частки факторів			$\rho$
	$l$	$\delta$	$\alpha$	$l'$	$\delta'$	$\alpha'$	
1	40	0.00	2.0	1	0	0	601.8
2	35	2.25	2.0	0.75	0.25	0	597.5
3	30	4.50	2.0	0.50	0.50	0	600.7
4	25	6.75	2.0	0.25	0.75	0	611.4
5	20	9.00	2.0	0	1	0	629.6
6	35	0.0	3.0	0.75	0	0.25	606.5
7	30	2.3	3.0	0.50	0.25	0.25	607.5
8	25	4.5	3.0	0.25	0.50	0.25	616.0
9	20	6.8	3.0	0	0.75	0.25	632.0
10	30	0.0	4.0	0.50	0	0.50	622.4
11	25	2.3	4.0	0.25	0.25	0.50	628.7
12	25	2.3	4.0	0.25	0.25	0.50	628.7
13	20	4.5	4.0	0	0.50	0.50	642.5
14	25	0.0	5.0	0.25	0	0.75	649.5
15	20	2.3	5.0	0	0.25	0.75	661.1
16	20	0.0	6.0	0	0	1	687.9

якій у вкладці **Advanced** / **Дополнительно** вибирається вид графічного представлення **Surface** / **Поверхность** (4), задається квадратичний тип поверхні **Quadratic** / **Квадратичная** (5) і натискається **Variables** / **Переменные** (6).

Цими діями виводиться панель **Select Variables for Ternary Graph** / **Выберите переменные для Тернарного графика**, на якій вибираються необхідні аргументи і фактор (7) і натискається **OK** (8), потім **OK** (9).

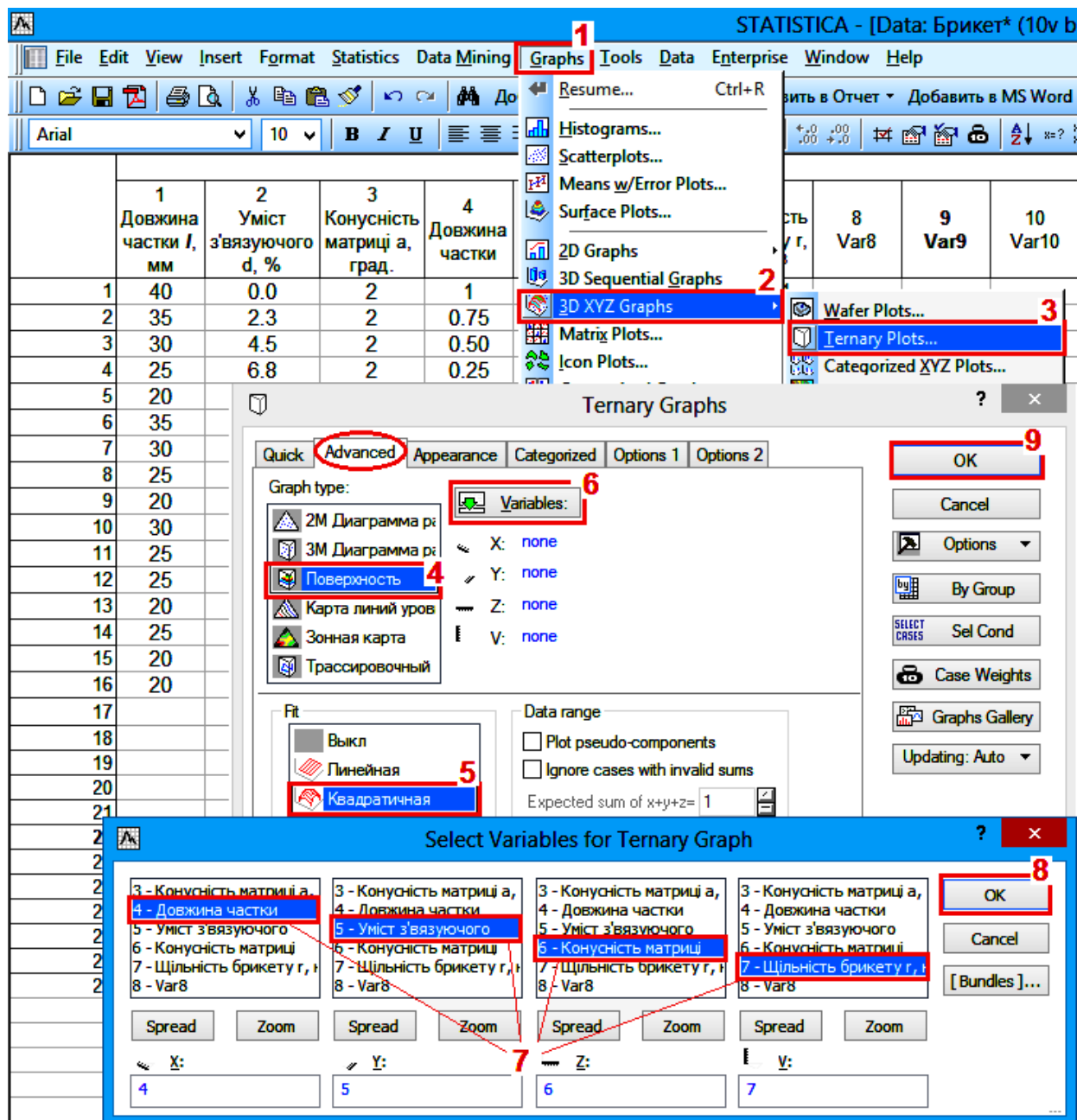


Рис. 2. Вибір варійованих факторів тернарного графіка

У результаті одержуємо тернарну тримірну поверхню (рис. 3 а).

Для отримання карти ліній (рис. 3 б) після повернення на панель **Ternary Graphs** / **Тернарные графики** (рис. 2) і у вкладці **Advanced** / **Дополнительно** на кроці (4) замість **Surface** / **Поверхность** слід вибрати **Contour/Lines** / **Карта линий уровня** і натиснути **OK** (9).

На цих рисунках для більшої наочності вони наведені графічно редагованими) і з натуральними, а не нормованими значеннями аргументів.

Симплексні координати її точок та інших ізоліній, показують які значення незалежних факторів довжини частки  $l$ , умісту зв'язуючого  $\delta$  і кута конусності  $\alpha$  матриці слід приймати для одержання брикету заданої щільності.

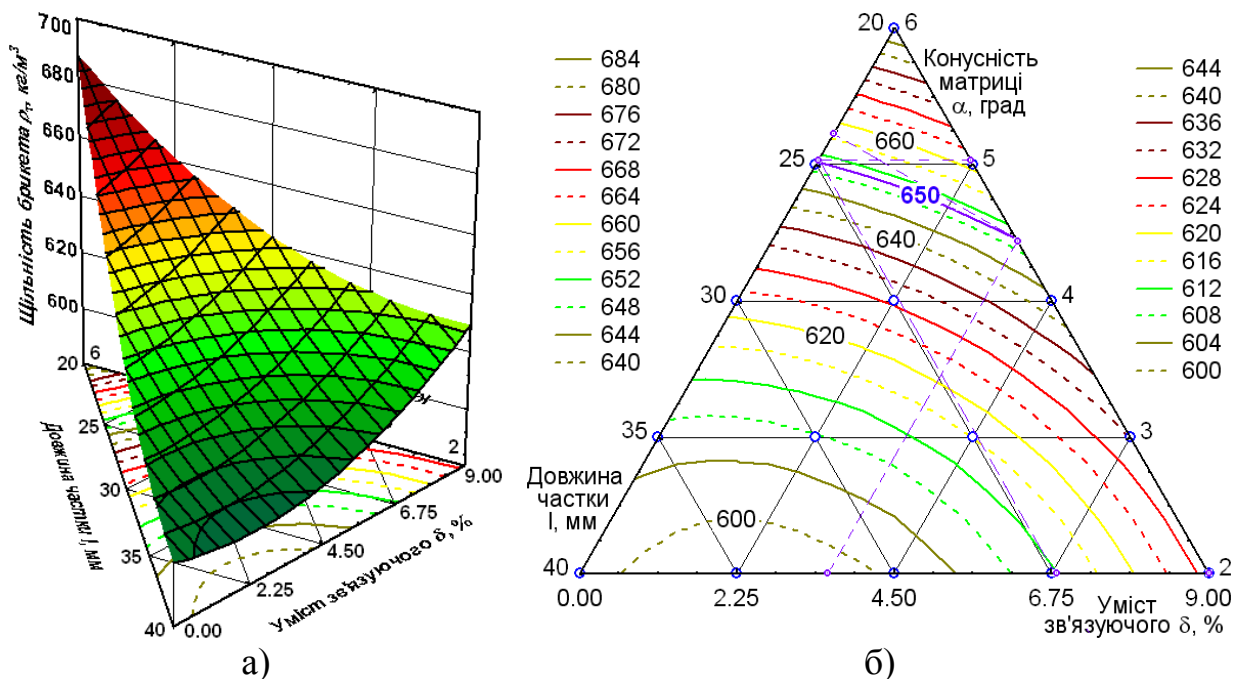


Рис. 3. Тернарні графіки поверхні функції відгуку:  
 а – тернарна тримірна поверхня; б – тримірна карта ліній.

Інтерпретація отриманих результатів не є темою даної роботи, тому не наводиться.

**Висновки.** На конкретному прикладі проілюстровано метод побудови із застосуванням ППП Statistica чотиривимірний тернарний графік, який замінює представлення трьох тривимірних поверхонь парних взаємодій досліджуваних факторів функції відклику.

Запропонований метод дає змогу скоротити графічне представлення результатів не погіршуючи візуальної інформативності та умов аналізу характеру взаємозалежності між функції відклику з регресорами.

## Література:

1. *Корольков В. И.* Планирование эксперимента: учеб. пособие / В. И. Корольков, И. С. Попов. Воронеж: ФГБОУВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2013. – 80 с.
2. *Боровиков В.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. – [2-е изд.]. (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил.
3. *Зедгинидзе И. Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе– М.: Наука, 1976. – 390 с.
4. *Бакарджиев Р. А.* Обоснование конструктивных параметров и режимов работы пресс-брикетировщика для утилизации растительных материалов: дисс...канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / Бакарджиев Роман Александрович / Мелитополь, 1997. – 168 с.

**ТЕРНАРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ  
ОТКЛИКА ТРИФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Милько Д. А., Бакарджиев Р.А., Комарова И. Б.

**Аннотация** – работа посвящена замене графического представления трех трехмерных поверхностей функции отклика парных взаимодействий исследуемых факторов, получаемых при проведении трёхфакторного регрессионного анализа одним четырехмерным тернарным графиком.

**TERNARY REPRESENTATION OF THE SURFACE RESPONSE  
OF THREE FACTORIAL EXPERIMENTAL RESEARCH**

D. Milko, R. Bakardjiev, I. Komarova

**Summary**

**The paper shows the replacement option of three dimensional surface response function of a pair interactions on a four- dimensional surface by ternary graph construction.**

УДК 620.178.16.004

## ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ ОБРОБКИ

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Юдовинський В.Б., к.т.н.,

Пеньов О.В., к.т.н.,

Мирненко Ю.П., інженер.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (061) 42-13-54

**Анотація** – робота присвячена питанням підвищення зносостійкості деталей машин технологічними методами обробки.

**Ключові слова** – напрямні станин, інтенсивність зношування, коефіцієнт зношування, завантаження верстатів.

*Постановка проблеми.* Підвищення зносостійкості деталей є важливим резервом росту надійності виробів у експлуатації, так як досягнення гранично допустимого зносу найбільш відповідальних деталей є основною причиною виходу зі строю більшості машин. У зв'язку з цим дуже актуальним завданням є вивчення технологічних можливостей методів механічної обробки у підвищенні зносостійкості деталей машин.

*Аналіз останніх досліджень.* Згідно сучасного уявлення, експлуатаційні властивості деталей, у тому числі й зносостійкості, взаємопов'язані з цілим комплексом параметрів стану поверхневого шару. Однак, у теперішній час при призначенні технологічних регламентів механічної обробки, як правило, враховується лише один показник шорсткості – середнє арифметичне відхилення профілю Ra.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є вплив технологічних методів обробки поверхонь на підвищення зносостійкості деталей машин.

*Основна частина.* Виконаємо порівняння різних методів обробки плоских поверхонь по критерію відносної зміни зносостійкості з урахуванням усього комплексу параметрів поверхневого шару та умов механічної обробки.

Відносний показник зміни зносостійкості на основі порівняння інтенсивності зношування, у залежності від зміни відносних показни-

ків параметрів поверхневого шару, визначених у порівнянні, прийнятими за основу, наступним чином:

$$I_o = \frac{\sqrt[6]{Ra \cdot W_z \cdot Y_{\max}}}{\lambda_o \cdot \sqrt{t_m^3} \cdot \sqrt{S_m} \cdot \sqrt[3]{H_{\max}^2}} \quad (1)$$

де Ra – середнє арифметичне відхилення профілю;

$W_z$  – параметр хвилястості;

$H_{\max}$  – максимальне відхилення;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує остаточні поверхневі напруги;

$t_m$  – відносна опорна довжина профілю на рівні середньої лінії;

$S_m$  – середній крок нерівностей;

$H$  – поверхнева мікротвердість – відносні показники, визначені у порівнянні із базовими.

Відносні показники розраховуються на основі співставлення параметрів поверхневого шару методів обробки, які порівнюються, достатньо широко представлені у довідково-нормативній літературі. Проведемо аналіз лезвійної, алмазно-абразивної та зміцнюючої обробок плоских поверхонь, відносні показники параметрів поверхневого шару яких та відповідні їм відносні показники зміни інтенсивності зношування  $I_o$  наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Відносні параметри поверхневого шару інтенсивності зношування  $I_o$  при різних методах обробки плоских поверхонь

Метод обробки	Відносні параметри стану поверхневого шару							Показники $I_o$
	Ra	$W_a$	$H_{\max}$	$H_{\mu}$	$t_m$	$S_m$	$\lambda$	
Фрезерування	1	1	1	1	1	1	1	1
Шліфування	0,32-0,4	0,5-1,0	0,3-0,32	0,2-0,25	1,1	0,3-0,6	0,9	2,2-3,1
Накочування	0,1-0,21	0,6-0,8	0,3-0,45	1,0-1,15	1,3	0,3-1,2	1,1	0,028-0,57

На рис. 1 наведені графіки залежності відносних показників інтенсивності зношування  $I_o$  від основних відносних показників параметрів стану поверхневого шару - середнього арифметичного відхилення профілю Ra та середнього кроку нерівностей  $S_m$  при алмазно-абразивній й зміцнюючій обробках циліндричних и плоских поверхонь.

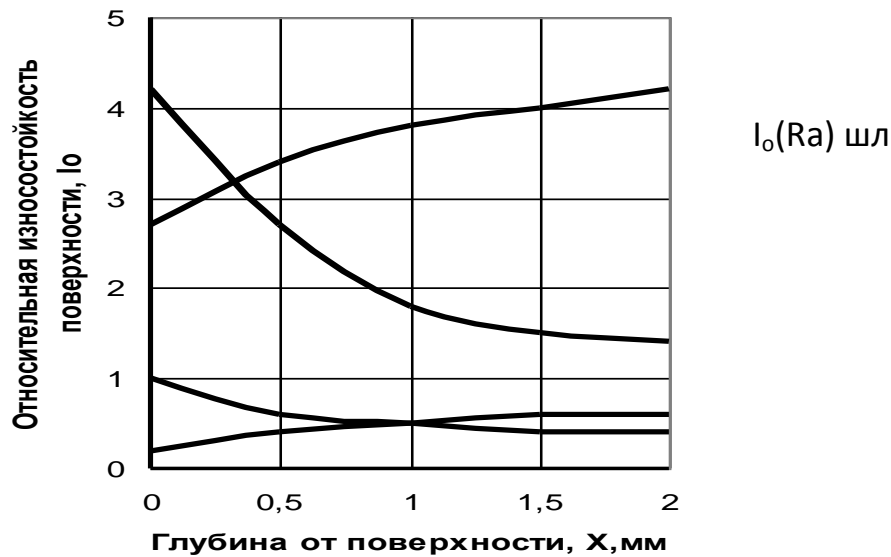


Рис. 1. Вплив відносних параметрів поверхневого шару при алмазно-абразивній та зміцнюючій обробці плоских поверхонь

Отримані результати свідчать о впливовом підвищенні інтенсивності зношування, зниження зносостійкості при використанні шліфування у якості кінцевого методу обробки плоских поверхонь у порівнянні із чистовою лез війською обробкою.

Використання методів зміцнюючої обробки поверхневим пластичним деформуванням – накочуванням, дозволяє підвищити зносостійкість плоских поверхонь у порівнянні із чистовою лез війською обробкою у 2-5 разів.

Теплота, яка утворюється у зоні різання при механічній обробці у визначених умовах викликає структурні зміни металу поверхневого шару [3]. Структурні зміни металу при його механічній обробці та прижоги поверхні, яку шліфуємо, є серйозною причиною зниження довговічності деталей машин.

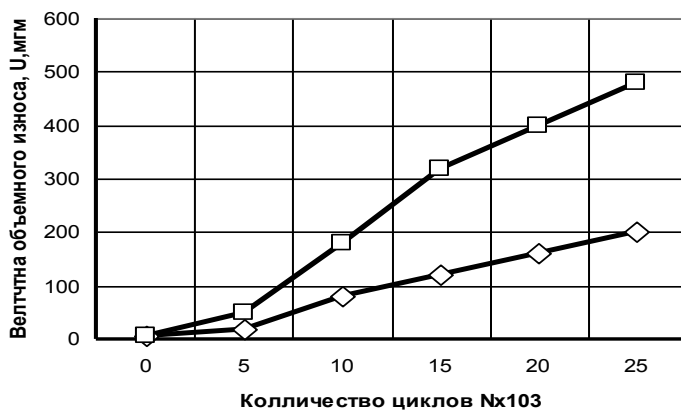
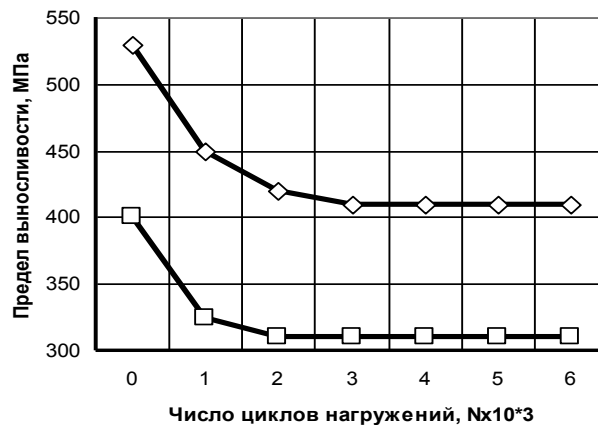


Рис.2. Вплив шліфувального прижогу на знос сталевих зразків: 1- з прижогом; 2 - без прижогу.



Рис. 3. Вплив шліфувального прижогу на межу витривалості сталі 40Х: 1 - без прижога; 2 - з прижогом.



При обробці заготовок різанням під впливом сил у металі поверхневого шару здійснюється пластична деформація, яка супроводжується його наклепом. Ступінь та глибина розповсюдження наклепу змінюється у залежності від виду й режиму обробки та геометрії ріжучого інструмента. Вплив швидкості різання проявляється через зміну теплового впливу та тривалості впливу сил й нагріву на метал поверхневого шару [3].

Аналогічно точінню зростання подачі та глибини різання при фрезеруванні підвищує ступінь наклепу. При зустрічному фрезеруванні наклеп є більшим, ніж при попутному.

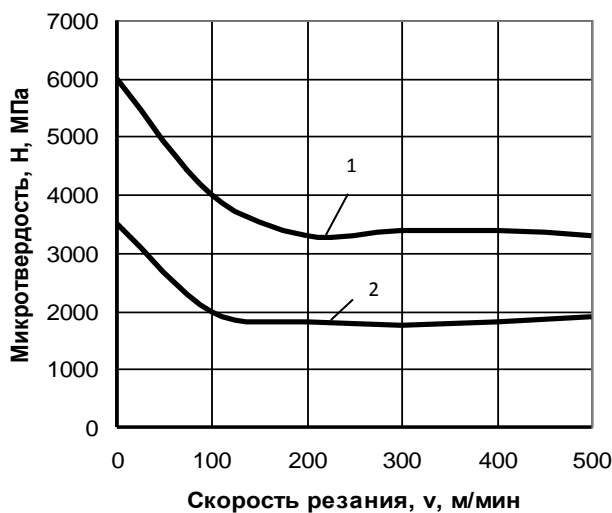
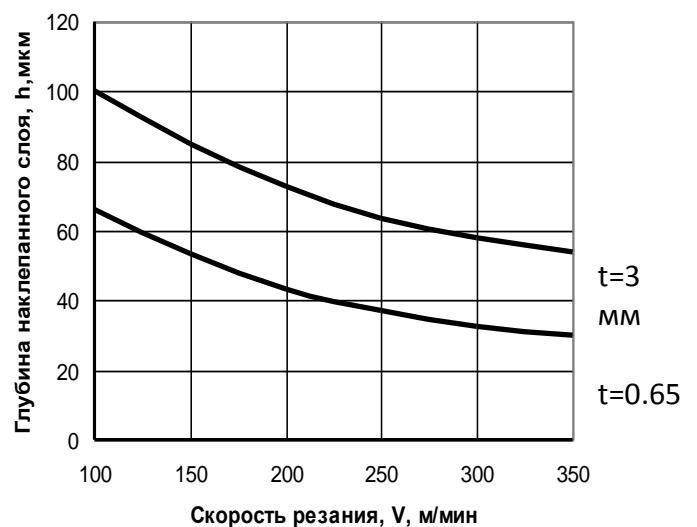


Рис. 5. Вплив швидкості різання на зміцнення сталей, які не мають структурних змін, та при фрезеруванні при  $S_{\text{я}} = 0,13$  мм/зуб.

Значно збільшується наклеп при зносі ріжучого інструменту. Контактна жорсткість визначає здатність поверхневих шарів деталей, які знаходяться у контакті, опирається дії сил, які прагнуть їх деформу-

Рис. 4. Вплив швидкості різання на зміцнення, які не мають структурних змін при точінні 1 - сталь 30ХГС; 2 - сталь 20.



вати. Контактні переміщення складають значну частину у балансі переміщення машин та їх вузлів. Контактна жорсткість впливає на точність роботи приборів, на точність установки деталей на верстатах, у пристосуваннях, на точність обробки та зборці деталей, на якість машинобудівних виробів. Контактна жорсткість у значній мірі залежить від якості поверхні деталей спряжень [1,2,3].

*Висновки.* Таким чином, запропонована методика дозволяє кількісно оцінити зміну інтенсивності деталей машин у залежності від комплексу параметрів поверхневого шару при різних методах лезвійної, алмазно-абразивної, зміцнюючої обробок плоских поверхонь. На її основі кількісно обґрунтовано вибір методів зміцнюючої обробки поверхневим пластичним деформуванням, забезпечує гарантоване підвищення зносостійкості деталей машин

Література:

1. Технологические основы обеспечения качества машин / К.С.Колесников, Г.Ф.Баландин, А.М.Дальский и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 256с.
2. Сулов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000.- 320с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1985. – 496с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТЕХНОЛОГИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ**

Кюрчев С.В., Юдовинский В.Б., Пенёв О.В., Мирненко Ю.П.

**Аннотация** – работа посвящена вопросам повышения износостойкости деталей машин технологическими методами обработки.

## **TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS TECHNOLOGICAL METHODS OF PROCESSING**

S. Kurtchev, V.Yudovynskyy, O.Penoyv, Y.Mirnenko,

### *Summary*

**The work is devoted to improve the wear resistance of machine parts technological methods of processing.**

УДК 631.171.075.3

## **ЯКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ЛЕЗВІЙНІЙ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ІНСТРУМЕНТАМИ НА ОСНОВІ НІТРИДУ БОРУ**

Сушко О.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (061) 42-13-54

**Анотація** – в статті досліджений вплив режимів різання на шорсткість та якість обробленої поверхні загартованих сталей при лезвійній обробці інструментами з ПНТМ на основі нітриду бору.

**Ключові слова** – полікристалічні надтверді матеріали (ПНТМ), лезвійна обробка, інструмент, модифікації нітридів бору, режими різання, шорсткість поверхні.

*Постановка проблеми.* Поява в промисловості групи нових інструментальних матеріалів, якими є надтверді матеріали на основі нітриду бору, привела до революційного стрибка в матеріалообробці. Найбільш ефективним є застосування лезвійного інструменту з нітриду бору при обробці загартованих сталей, чавунів різної твердості, високолегованих сталей і сплавів, наплавлених матеріалів, що важко обробляються [1].

Процес лезвійної обробки нітридоборним інструментом, завдяки високій якості, є конкурентоздатним абразивній обробці [1]. Тому дослідження явищ, які супроводжують процеси різання інструментами на основі надтвердих модифікацій нітриду бору є актуальними і потребують подальшого встановлення впливу режимів різання на якість обробленої поверхні.

*Аналіз останніх досліджень.* Різання загартованих сталей лезвійним інструментом з нітриду бору супроводжується нижчим рівнем сил різання в порівнянні з обробкою традиційним інструментом [2]. Зі збільшенням швидкості різання вони швидко ростуть, досягаючи максимуму, і далі знижуються. Інтенсивність зменшення сил різання знижується також, при цьому коефіцієнт тертя в контакті росте, як і сили різання. З підвищенням швидкості внаслідок збільшення роботи різання і кількості тепла, що виділяється, росте й температура, але її зростання відстає від

зростання швидкості різання. Це відставання посилюється в зоні високих швидкостей [2].

Встановлений зв'язок між швидкістю різання і стійкістю при обробці загартованих сталей інструментами з ПНТМ. З'ясований характер дії високої температури на поверхню деталі при лезвійній обробці, яка призводить до аморфізації поверхнього шару деталі завдяки контакту з таким інтенсивним аморфізатором, яким є нітрид бору. Отримана узагальнена залежність, яка описує поліекстремальну структуру залежності стійкості від чинників різання: подачі, глибини та діаметра обробки й найповніше відображає закономірності фізичних явищ при різанні [3].

Порівняльний аналіз процесів шліфування і лезвійної обробки дозволив зробити висновок про певні переваги останнього перед першим. Доведено, що найбільш ефективним та конкурентоздатним при обробці загартованих сталей, чавунів різної твердості, наплавлених матеріалів, що важко обробляються, високолегованих сталей і сплавів є застосування лезвійного інструменту з нітриду бору [3].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи є дослідження впливу режимів різання на шорсткість та якість обробленої поверхні загартованих сталей при лезвійній обробці інструментами з ПНТМ на основі нітриду бору.

*Основна частина.* Порівнюючи характеристики якості обробленої поверхні при шліфуванні і точінні, встановлено, що за таким критерієм, як шорсткість, точіння не поступається шліфуванню. Порівняння залишкової напруги в поверхневих шарах обробленої поверхні після шліфування і точіння показало, що лезвійна обробка забезпечує отримання сприятливої стискаючої напруги в той час, як шліфування – розтягуючої [4].

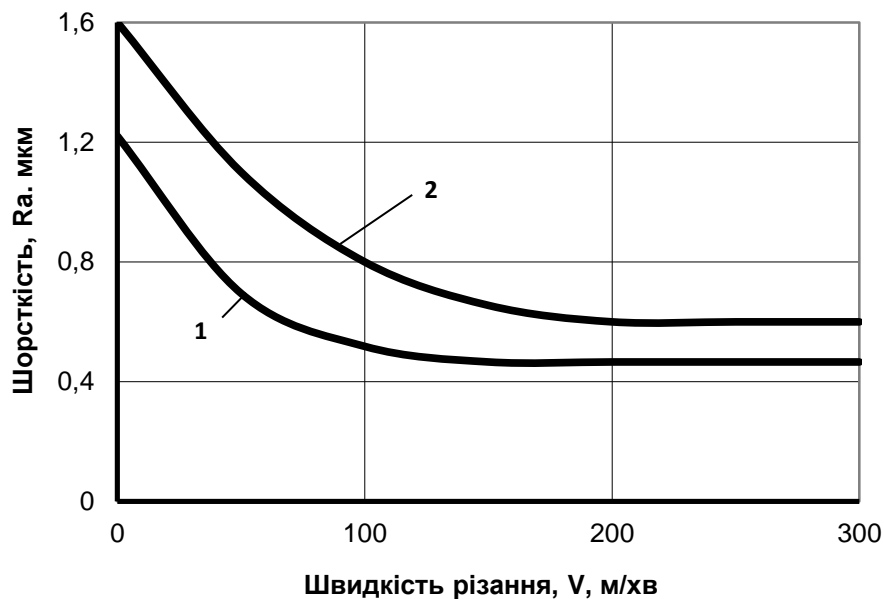
З порівнянням цих двох варіантів обробки поверхонь очевидним стає те, що шліфування далеко не завжди є більш продуктивним точіння. Так, внутрішнє шліфування, особливо поверхонь малих діаметрів, багато разів програє процесу розточування, і лише при обробці великих діаметрів, процеси можна порівнювати. При заміні шліфування на точіння при обробці багатьох деталей із загартованої сталі багатократні переваги утворюються не тільки за рахунок меншого машинного часу, але й за рахунок економії допоміжного часу. Можливість виготовлення на одному верстаті, ліквідуючи обробку на шліфувальному верстаті, значно скорочує цикл обробки.

Особливості стружкоутворення, обумовлені низьким коефіцієнтом тертя і великим кутом зрушення, великим тиском і високою температурою в зоні різання, локальність і короткочасність

її дії на оброблену поверхню, її проникнення на незначну глибину, впливають на шорсткість обробленої поверхні, її наклеп, рівень і знак залишкової напруги.

На формування мікронерівностей обробленої поверхні найбільш впливають режими різання та знос інструменту, а також твердість оброблюваного металу.

На рисунку 1 показаний вплив швидкості різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні загартованих сталей різної твердості.



Рисунк 1 – Вплив швидкості різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні:  
1 - сталі (63 HRC); 2 - сталі (55HRC)

Як видно, зі зростанням швидкості різання шорсткість поверхні зменшується: в області малих швидкостей різання (до оптимальних) інтенсивно, а в області оптимальних і вище оптимальних – незначно. Такий вплив швидкості різання на шорсткість пояснюється тим, що при малих швидкостях процес різання, як наголошувалося раніше, нестабільний, динамічно не стійкий, оскільки температура в зоні різання ще не висока. Звідси великі сили, велика усадка та несприятливі умови стружкоутворення.

Зі зростанням швидкості процес різання стабілізується і шорсткість зменшується. При обробці сталей з 63-65 HRC на верстатах підвищеної точності досягається шорсткість  $R_a = 0,35$  мкм, а на верстатах звичайної точності –  $R_a = 0,4-0,5$  мкм. Збільшення шорсткості зі зменшенням твердості оброблюваного матеріалу можна пояснити застійними явищами (наростом) на перед-

ній поверхні інструменту, які інтенсифікуються зі зниженням твердості.

Вплив подачі на шорсткість обробленої поверхні традиційний. Значне зменшення шорсткості може бути забезпечене за рахунок застосування методу бриючого, безвершинного різання. При цьому методі можна стійко забезпечувати шорсткість обробленої поверхні  $R_a = 0,2-0,3$  мкм. Разом з тим даний метод значно збільшує зносостійкість інструменту. Встановлено три основні діапазони швидкостей різання, які забезпечують різні значення шорсткості, найбільш сприятливим з яких є третій.

При лезвійній обробці загартованих сталей різцями з ПНТМ в поверхневому шарі формується стискуюча залишкова напруга, що підвищує зносостійкість деталей машин. Величина і знак залишкової напруги залежать від швидкості різання, подачі, геометрії різця та інших умов, вплив яких виявляється в зміні ролі силового і температурного чинників. Превалююча дія першого призводить до виникнення в поверхневих шарах стискуючої залишкової напруги, другого - розтягуючих.

*Висновки.* Процес лезвійної обробки загартованих сталей різцями з ПНТМ завдяки високій якості є конкурентоздатним абразивній обробці. Багатократні переваги утворюються за рахунок меншого технологічного часу, значного скорочення циклу обробки деталей при одночасному збільшенні швидкості обробки, зменшенні шорсткості поверхні та значному збільшенні зносостійкості інструменту.

#### Література:

1. *Зубарь В.П.* Перспективы применения лезвийного инструмента из сверхтвердых материалов (СТМ 2004/4, с.42).
2. *Сушко О.В.* Лезвийна обробка інструментами на основі надтвердих модифікацій нітриду бору / О.В. Сушко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Технічні науки. – Випуск 148, 2014. – с. 219-224.
3. *Сушко О.В.* Залежність зносостійкості інструменту з нітриду бору від режимів різання при точінні. Науковий вісник НУ-БіП України. – Серія «Техніка та енергетика АПК».– 2015, вип.212, ч.1, с.173-177.
4. *Сушко О.В.* Порівняльний аналіз процесів шліфування та лезвійної обробки інструментами з ПСТМ на основі нітриду бору / О.В. Сушко, К.Л. Мельник // Вісник Харківського НТУ СГ ім. П. Василенка: Наукове фахове видання. – Харків. – Випуск 156, 2015. – с.395 – 399.

**КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ  
ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ  
ИНСТРУМЕНТАМИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА БОРА**

**О. Сушко**

*Аннотация* – в статье исследовано влияние режимов резания на шероховатость и качество обработанной поверхности закаленных сталей при лезвийной обработке инструментами на основе нитридов бора.

**THE QUALITY OF THE PROCESSED SURFACE IN MATERIALS  
PROCESSING EDGE CUTTING TOOLS BASED ON BORON NI-  
TRIDE**

**O. Sushko**

*Summary*

**The influence of cutting conditions on surface roughness and the quality of the processed surface hardened steel with edge cutting tools processing based on boron nitride are considered in the article.**

УДК 621.43.004.18

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ. МЕТОДЫ ФОРСИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стефановский А.Б., к.т.н.,

Гуйва С.Д., ст. преподаватель

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Аннотация** – в статье рассматриваются недостатки существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС), методы форсирования двигателей, а также альтернативные конструкции ДВС.

**Ключевые слова** – ДВС, кривошипно-шатунный механизм, поршень, удельная мощность, трение, КПД, двухтактный, четырехтактный, рабочий объем, степень сжатия, механические потери, наполнение цилиндров.

**Постановка проблемы.** Недостатки существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС), методы форсирования двигателей, а также альтернативные конструкции ДВС.

О недостатках существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС) известно всем - это и кривошипно-шатунный механизм, и большая масса, и достаточно тонкая настройка системы впуска/зажигания, глушителей (например, правильно настроенный резонансный глушитель повышает мощность ДВС до 30%), четырехтактность (из 4 ходов поршня только один является "рабочим", остальные 3 "холостыми") и многое другое. О достоинствах также хорошо известно - поршневые двигатели внутреннего сгорания являются самыми экономичными и простыми из всех типов двигателей. Разумеется, не считая "экзотических" двигателей, конструкция которых либо слишком сложна для производства (двигатель Стирлинга), либо которые из-за низкого качества современных материалов обладают недопустимо малым ресурсом (роторно-поршневые и некоторые другие).

**Анализ последних исследований.** Первый двигатель внутреннего сгорания изобретен в 1765 году. Вначале без сжатия смеси перед зажиганием, потом со сжатием, после чего конструкция ДВС практически не менялась. Причем КПД тоже остался на почти таком же низком



уровне (максимальный теоретический уровень КПД 70%, реально же в четырехтактных не более 35%, а в дизелях 41%).

*Формулирование целей статьи (постановка задания).* Видимо не надо объяснять, насколько важен двигатель в авиации, особенно сверхлегкой. Авиастроение во всем мире всегда, начиная еще с зары авиации, тормозилось отсутствием легких мощных двигателей. В качестве ориентира: для ультралевого самолета необходимая мощность не менее 7.35кВт. (10 л.с.), для парамотора –11-15кВт. (15..20 л.с.), для ранцевого вертолета - не менее 15кВт.(20 л.с.), а еще лучше 29кВт.(40 л.с.), для более менее сносного самолетика с закрытой кабиной - не менее 18-22кВт.(25..30 л.с.), для одноместного автожира –22-29кВт. (30..40 л.с.), для двухместного – 37-44кВт.(50..60 л.с.), для дельталета 18-37кВт.(25..50 л.с.). Ну и для двухместных самолетов, способных пролетать несколько тысяч км от одной заправки - не менее 44-59кВт.(60..80 л.с.). И еще несколько цифр: мощность вертолета Ми-8, вмещающего более 30 человек –1471кВт. (2000 л.с.), Ан-2 на 10 человек – 1103кВт. (2х750 л.с.). Автомобиль "Ока" обладает двигателем на 25кВт.(34 л.с.), "Нива" –51кВт.( 70 л.с.примерно).

*Основная часть.* Основным параметром любого двигателя является удельная мощность, т.е. сколько килограмм массы двигателя соответствует каждому киловатту (кВт) выдаваемой им мощности. Например, для четырехтактных (обычный автомобильный двигатель) удельная мощность не более 1кВт/кг (1 л.с. равняется 736 Вт), т.е. для того чтобы получить мощность 15кВт.(20 л.с.), сам двигатель будет весить не менее 20 кг. Поэтому даже для самого легкого летательного аппарата - парамотора, силовая установка весит не менее 15..25 кг, так что о постоянно носимом на себе ЛА не идет и речи.

Наименьшей удельной мощностью (т.е. для создания мощности 15кВт.(20 л.с.) такие двигатели окажутся самыми тяжелыми) обладают четырехтактные двигатели - около 1 кВт/кг, двухтактные (двигатели мопедов, мотоциклов, парамоторов и т.д.) в 2 раза лучше - до 2 кВт/кг (т.к. каждый второй ход поршня является "рабочим", в отличие от четырехтактных, где только каждый четвертый), но из-за конструктивных особенностей (плохое сгорание смеси, малая степень сжатия и т.д.) двухтактники потребляют больше топлива. Т.е. двухтактный двигатель мощностью 15кВт.(20 л.с.) в 2 раза легче четырехтактного такой же мощности, но топлива потребляет немного больше. Еще лучше по показателю масса/мощность роторно-поршневой двигатель, но у него ресурс довольно мал, топлива потребляет больше четырехтактного, да к тому же сам является четырехтактным с не самой оптимальной камерой сгорания. Ну и самыми лучшими являются газотурбинные двигатели (ГТД). На каждый килограмм массы двигателя они выдают до 6 кВт, т.е. двигатель мощностью 15кВт.(20 л.с.) будет ве-

силь всего 3.3 кг (вместо 20 кг для четырехтактного!). Но зато эти двигатели прожорливей всех остальных вместе взятых. И кроме того требуют очень дорогой керамики для материала турбины.

Таким образом, самый экономичный двигатель - это двигатель, использующий силу давления расширяющегося газа до полного его расширения (при этом предварительно топливная смесь сжимается перед зажиганием), а не тот что использует давление струи газа на лопасти турбины. Платой за этот принцип является большая масса машины (поршни, массивный цилиндр и т.д.). Обычно для увеличения КПД ДВС стараются лучше сжечь топливо. Для этого используют по две свечи зажигания на цилиндр, компьютерное управление, специальную поверхность поршня и т.д. Если бы бензин сгорал в оптимальном режиме, то кол-во вредных выхлопов сократилось в несколько тысяч. Вся гарь и копоть, вырывающаяся из выхлопной трубы - это не сгоревшее топливо (это одна из причин, почему двухтактные двигатели потребляют больше бензина, обратите внимание, как дымят мотоциклы), а, следовательно, меньший КПД и меньшая мощность на выходе.

Это первый путь (полное сгорание смеси), остальные нацелены на изменение самой конструкции ДВС, основные принципы: большее сжатие, устранение кривошипно-шатунного механизма, разработка однотактного двигателя, простое вращательное движение, непрерывное горение.

### Схема роторно-поршневого двигателя Ванкеля

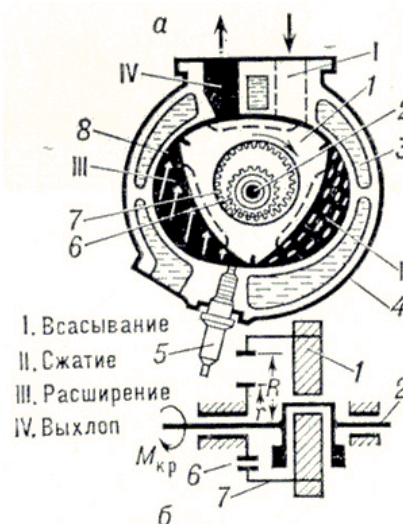


Рис 1. Роторно-поршневой двигатель Ванкеля

Наиболее известный альтернативный ДВС - это роторно-поршневой двигатель Ванкеля (Рис 1), изобретенный в 1957 году. Это четырехтактный двигатель (только каждый четвертый ход "рабочий"),

в котором ротор, напоминающий треугольник, вращается через планетарную передачу, попеременно увеличивающий и уменьшающий объем камеры между ротором и стенками (статором). Достоинства: более простая конструкция (требует на 35..40% меньше деталей, чем обычный двигатель), почти в 2 раза меньший вес при одинаковой мощности, более компактный, практически без вибраций. Недостатки: малый ресурс из-за плохих материалов уплотнения, больше расход топлива, не простое вращательное движение (сам Ванкель был недоволен планетарной концепцией и до конца жизни искал более простой вариант).

За рубежом некоторые фирмы оснащали серийные машины роторно-поршневым двигателем, ВАЗ выпускает двигатели Ванкеля мощностью 29кВт.(40 л.с.) и оснащает ими некоторые модели "девятки". Роторно-поршневые двигатели весьма перспективны для малой авиации. Необходимые мощности – 15-29кВт.(20..40 л.с.).

Другой вариант устранения кривошипно-шатунного механизма предложен А.С. Абрамовым в статье "В поисках двигателя идеальной схемы" в журнале "Моделист-Конструктор", №1, 1990 г. (Рис 2)

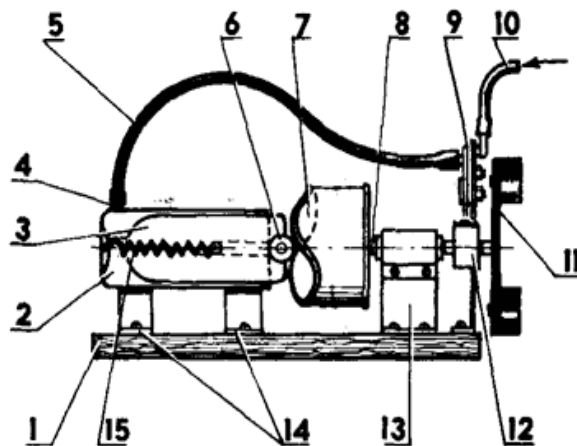


Рис 2. Механизм преобразования прямолинейного движения поршня во вращательное движение вала.

Здесь преобразование прямолинейного движения поршня во вращательное движение вала осуществляется за счет скольжения ролика, прикрепленного к поршню, по поверхности вала, напоминающей синусоиду.

#### **Пневматический вариант двигателя Абрамова.**

Еще одну схему альтернативного двигателя предложил Виктор Соколов в статье "Тепловой двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня", размещенной в журнале "Двигатель". Принцип действия двигателя ясен из иллюстрации. Предполагается,

что такой двигатель будет в полтора раза экономичней существующих, обладать малым весом и простотой сборки (в 16 раз меньше деталей).

**Тепловой двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня.**

Кроме того, одновременно с Ванкелем другой инженер, Баландин, предложил свою версию "Бесшатунника", в котором улучшились условия работы поршня, резко увеличился ресурс пары трения "поршневое кольцо - гильза цилиндра", но при этом слабым местом с точки зрения надежности оказался механизм преобразования линейного движения во вращательное.

Весьма привлекательной кажется схема роторного двигателя непрерывного горения. В этом двигателе ДВС камеры сжатия, сгорания и расширения рабочей смеси разнесены в пространстве, а процессы сжатия, сгорания и расширения совмещены во времени, что по идее должно обеспечить непрерывность сжигания рабочей смеси и, соответственно, повысить удельную мощность ДВС. По расчетам автора, масса двигателя мощностью 20 кВт не превысит 4 кг. Это на уровне лучших ТРД, при этом расход топливной смеси ориентировочно 57 г/сек.

Если говорить о роторных двигателях, то нельзя не упомянуть о "Винтовом двигателе внутреннего сгорания", опубликованном Е.Горловым, А.Коньшиновым и В.Спичкиным в журнале "Двигатель". В предложенной конструкции процесс сжатия смеси (воздуха или смеси воздуха и топлива) и сгорания происходит в подобию турбины, выполненной из элементов со сложной вогнутой конической сферовинтовой поверхностью. В такой турбине небольшие замкнутые объемы перемещаются вдоль оси двигателя слева направо (Рис3).

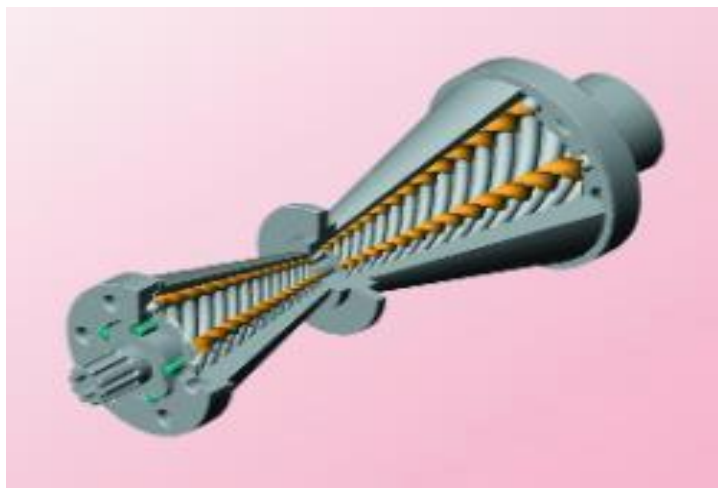


Рис 3. Винтовой двигатель внутреннего сгорания

В левой части при перемещении этих объемов они уменьшаются (происходит сжатие топливной смеси), в центре топливо поджигается, и дальше движется направо по расширяющимся объемам.

Преимущество такого двигателя перед ТРД в том, что в сжимающихся/расширяющихся изолированных объемах можно "снять" больше энергии с топлива, чем в случае "удара" сильной струи раскаленного газа в обычную турбину. Кроме того, доступна меньшая частота оборотов вала, а следовательно, уменьшаются потери на редукторе (по сравнению с ТРД, где турбина может вращаться с частотой вплоть до 100000 об/мин и более, а на выходе необходимо 500...3000 об/мин).

*К достоинствам конструкции винтового ДВС* перед осепопоршневым следует отнести следующие: отсутствие трения скольжения; теоретически неограниченную степень сжатия компрессора и, соответственно, степень расширения турбины; широкий рабочий диапазон оборотов двигателя, возможность работы при высокой частоте вращения; простоту конструкции; отсутствие несбалансированных масс, низкий уровень шума; небольшие массу и габариты; возможность работы на любых видах жидких и газообразных топлив; возможность введения в зону горения реагентов для улучшения характеристик; высокую удельную мощность и коэффициент полезного действия двигателя.

Проведенные расчеты показали, что шестикамерный ДВС со степенью сжатия-расширения 20, при работе на смеси метан-воздух способен развить мощность до 125 кВт при частоте вращения выходного вала 7000 об/мин. При этом его длина составит 460 мм, максимальный диаметр по турбине - 199 мм, а к.п.д. будет в пределах 60...70 %.

Недостатком является сложность технологии изготовления элементов (из-за материала и требуемой точности).

### **Двигатель Курочкина**

Другая схема, немного похожая по принципу действия на винтовой двигатель внутреннего сгорания, описана Курочкиным в журнале "Моделист-Конструктор" в статье "Маленький двигатель с большим будущим". Двигатель Курочкина тоже представляет собой своеобразную смесь турбины и двигателя внутреннего сгорания, в котором рабочий процесс аналогичен тому, что происходит в газотурбинном двигателе (ГРД), но используется не кинетическая энергия струи, а потенциальная энергия давления газа на рабочие лопатки ротора (как в ДВС). Принцип действия: центробежный вентилятор засасывает сквозь мелкоячеистую сетку воздух, закручивает его и подает в зону сепарации. В этой зоне единый поток воздуха разделяется: одна его часть вместе с отброшенной к периферии пылью поступает в радиатор

на охлаждение двигателя и затем выходит наружу; другая же часть, очищенная, через впускное окно направляется в рабочие полости (проточную зону), где происходят процессы, типичные для двухтактных ДВС. Выпуск происходит через специальное окно в глушитель, где отработанный газ смешивается с охлаждающим воздухом из радиатора и выбрасывается в атмосферу сквозь кольцевой диффузорный выхлопной аппарат.

Двигатель получается очень компактным и с невероятной удельной мощностью: термос весом в 15 кг (включая электростартер, фильтр и глушитель!) развивает мощность в 51кВт.(70 л.с.)! При этом показатель экономичности примерно равен соответствующему показателю дизельного двигателя, что в 1,22 раза лучше четырехтактного карбюраторного и роторного "ванкеля" и в 1,9 раза — двухтактного поршневого. Кроме того, при равной мощности габаритный объем двигателя в 70 раз меньше дизельного, в 20 раз — четырехтактного и в 10—12 раз — роторного или двухтактного поршневого ДВС. Меньше и его масса (металлоемкость): соответственно в 30, 10 и 4 раза. Т.е., например, при установке этого двигателя на средний автомобиль, средний расход топлива на 100 км будет меньше 3 литров.

Еще существует схема компактного "аксиально-поршневого" двигателя, в котором цилиндры расположены не в ряд и не "звездой", а вокруг выходного вала так, чтобы оси вала и цилиндров были параллельны. Здесь тоже существует проблема преобразования линейного движения во вращательное (или через скольжение штока поршня по поверхности профилированной шайбы как в плунжерном насосе, либо штоки опираются на жестко связанные с качающейся шайбой коромысла, вращающие вал двигателя).

Кроме того, известен "двигатель Стирлинга" с двумя поршнями в одном цилиндре (есть также две разновидности с двумя цилиндрами). Этот двигатель работает за счет разности температур в рабочем теле, причем источник тепла может быть любым, вплоть до тепла рук. Двигатель Стирлинга в 4..5 раз экономичней двигателей внутреннего сгорания на мощностях до 1 кВт. Однако по общему удобству использования пока уступает традиционным схемам (необходимо эффективно снимать тепло в одном и не менее эффективно охлаждать в другом месте). Предлагалось также подключить к штоку поршня дополнительно колено для управления длиной штока и следовательно ходом поршня, теоретически это могло бы дать лучшие условия для сгорания смеси.

Но еще интереснее варианты улучшения двухтактных двигателей, чтобы устранить необходимость добавлять масло в бензин, которое ухудшает условия горения, понижает мощность и т.д. Предлагается использовать впрыск топлива в двухтактный двигатель, что по идее

может повысить экономичность двухтактного до уровня четырехтактного.

### **Методы форсирования двигателей.**

Когда имеется в виду мощность двигателя, необходимо не забывать о том, что эта величина является расчетной. Реальная величина механической энергии, выдаваемой двигателем внутреннего сгорания, измеряется в крутящем моменте при определенных оборотах. Произведение крутящего момента и оборотов, при которых он измерен, и называют мощностью.

Практические методы повышения мощности двигателя:

1. Увеличение рабочего объема двигателя.
2. Увеличение степени сжатия.
3. Уменьшение механических потерь.
4. Оптимизация процессов горения смеси.
5. Увеличение наполнения цилиндров.

Рассмотрим каждый из перечисленных методов по отдельности.

#### **Увеличение рабочего объема двигателя.**

Увеличить рабочий объем двигателя можно: заменив колен.вал на другой с большим ходом, увеличив диаметр цилиндра или то и другое одновременно. Не надо забывать, что при изменении объема двигателя, необходимо увеличить объем камеры сгорания - для компенсации увеличения объема цилиндра.

Для ВАЗовских двигателей, используемых на заднеприводных автомобилях существуют колен.валы с ходом 66, 80, 84, 86, 88 мм.

Для ВАЗовских двигателей, используемых на переднеприводных автомобилях существуют колен.валы с ходом 60.6, 71, 74.8, 75.6, 78, 80, 84 мм.

При установке колен.вала с большим ходом необходимо доработать (либо заменить) шатуны или поршни.

К расточке цилиндров блока на значительную величину ( 2мм.) нужно подходить осторожно. Например, при расточке серийного блока ВАЗ 21083 с 82мм. до 84 мм. у двигателя наблюдается повышенный расход масла. Это происходит за счет потери жесткости блока. В этом случае лучше использовать специальную толстостенную отливку блока. Такие блоки ВАЗ выпускает мелкими сериями.

Увеличение объема двигателя приводит к увеличению максимального крутящего момента, но при этом происходит снижение оборотов максимальной мощности. Это происходит из-за уменьшения механического КПД. Если повышение объема происходит за счет увеличения диаметра цилиндров, то возрастает площадь контакта между стенками цилиндра и поршнем с поршневыми кольцами. Как следствие повышается трение. Если повышение объема происходит за счет

увеличения хода колен.вала, то возрастает средняя скорость поршня, что приводит к тем же результатам.

В любом случае повышение объема приводит к падению общего КПД двигателя.

#### **Увеличение степени сжатия.**

##### **Термический КПД.**

Увеличение степени сжатия (степени расширения) является эффективным способом повышения КПД двигателя.

При работе двигателя, особенно на высоких оборотах, геометрический объем камеры сгорания уменьшается. Это происходит из-за: выбирания зазоров, термического расширения поршня, динамического удлинения шатуна. Так, на гоночном безпрокладочном моторе при сборке поршень не доходил до плоскости головки 0.85мм. После эксплуатации двигателя на 9000 об.мин на поршне и плоскости головки присутствовали явные следы контакта.

Степень сжатия зависит от фаз газораспределения (запаздывания закрытия впускного клапана) и угла открытия дроссельной заслонки. Так, на серийных двигателях угол зажигания при частичных нагрузках превышает 40 градусов. Это возможно благодаря низкому наполнению цилиндров и как следствию понижению степени сжатия. Чем выше наполнение, тем выше степень сжатия. Существует понятие - динамическая степень сжатия. У большинства двигателей, дорожных и гоночных, динамическая степень сжатия находится в диапазоне от 7 до 10 и зависит от октанового числа используемого бензина. Очень высокая геометрическая степень сжатия спортивных двигателей в первую очередь объясняется применением распред. валов с широкими фазами. Установка на двигатель модифицированного распред. вала с широкими фазами позволяет несколько увеличить геометрическую степень сжатия. Повышение степени сжатия с переходом на бензин с более высоким октановым числом приводит к увеличению мощности во всем диапазоне оборотов.

#### **Уменьшение механических потерь. Механический КПД.**

Механические потери двигателя складываются из:

- потери на трение;
- насосные потери;
- потери на привод вспомогательного оборудования.

Наиболее значительная часть потерь вызвана трением в цилиндре. Потери зависят от площади трущихся деталей, жесткости и количества поршневых колец, толщины масляной пленки и средней скорости поршня.

При превышении средней скорости поршня выше 20 м./сек. резко возрастают потери на трение и нагрузки на детали КШМ. Поэтому



на высокофорсированных двигателях для увеличения механического КПД необходимо уменьшать ход поршня.

Для уменьшения потерь на трение в паре поршень - цилиндр, необходимо использовать сборные маслосъемные кольца, также целесообразно несколько увеличить зазор между поршнем и цилиндром. Облегчение шатуна, особенно верхней головки, уменьшает боковое давление на поршень, с этой же целью нужно использовать по возможности более длинный шатун, что благоприятно скажется на уменьшении потерь на трение. Теоретически необходимо подогнать по весу и отбалансировать все детали КШМ.

Для уменьшения потерь на трение в гоночные моторы (ВАЗ 21083) устанавливаются новые поршни со значительно уменьшенной площадью юбки, одним компрессионным кольцом, высотой 1.2мм. и сборным маслосъемным кольцом высотой 2мм. Также используются специально изготовленные шатуны Н-образного сечения, которые длиннее серийного на 12 мм. и намного жестче и легче.

Сравнение масс деталей КШМ серийного и гоночного двигателей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение масс деталей КШМ серийного и гоночного двигателей

автомобиль	шатун	поршень	палец	кольца	общая масса
серийный	674	382	103	35	1194
гоночный	496	234	53	12	795

Для уменьшения трения в шейках колен.вала, хонингованием увеличивается на 0.02мм.(от номинального размера) внутренний диаметр нижней головки шатуна и постелей колен.вала. Падение давления масла при этом не происходит. Также контролируется легкость вращения распред.вала.

При наполнение цилиндров воздухом возникает перепад давлений между цилиндрами двигателя и атмосферой. Двигатель в этой части цикла работает как насос и на его привод расходуется часть мощности. Чем меньше аэродинамическое сопротивление впускной системы, тем меньше потери энергии. Следовательно уменьшение сопротивления в головке приводит не только к увеличению наполнения, но и к уменьшению насосных потерь. Таким же образом благотворно сказывается установка распределительных валов с более широкими фазами.

Уровень масла в поддоне серийного двигателя находится в непосредственной близости от вращающегося коленвала. При боковых и линейных ускорениях автомобиля масло попадает на противовесы и шейки коленвала и тормозит его вращение. Применение системы "сухой картер", когда масло откачивается из поддона в отдельную емкость, позволяет увеличить мощность двигателя, особенно при высоких оборотах.

Часть энергии двигателя используется на привод вспомогательного оборудования, такого как: привод механизма ГРМ, водяной насос, генератор и т.д. Для форсированных двигателей, используемых на высоких оборотах, целесообразно увеличить передаточное отношение привода водяного насоса и генератора. При установке кондиционера и гидроусилителя руля эффективная мощность двигателя снижается.

### **Оптимизация процессов горения смеси.**

Характеристики ДВС в конечном счете зависят от процессов происходящих в камере сгорания, где происходит преобразование тепловой энергии в механическую работу. Перемешивание свежего заряда с остаточными газами, воспламенение смеси, протекание горения и потери теплоты зависят от конструкции камеры сгорания.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечить перемешивание свежего заряда - для улучшения процессов сгорания, быть компактной - для уменьшения тепловых потерь и уменьшения вероятности возникновения детонации. Чем больше площадь поверхности камеры сгорания, тем больше тепла отводится наружу и теряется, следовательно уменьшается мощность. Чем на большее расстояние перемещается фронт пламени, тем больше вероятность возникновения детонации потому, что увеличивается время контакта еще не воспламенившейся смеси с горящим зарядом.

Большая часть объема в камере сгорания должна быть сконцентрирована около свечи. Во время движения поршня к ВМТ смесь выдавливается из зазора между головкой поршня и плоскостью головки в сторону свечи зажигания, при этом происходит интенсивное движение (турбулизация) заряда, что способствует лучшему сгоранию. Чем меньше зазор, тем меньше вероятность возникновения детонации, так как уменьшается общее количество смеси отдаленной от свечи зажигания. Правда при этом работа двигателя становится жестче, из-за более высокой скорости нарастания давления.

Не следует распиливать камеру сгорания со стороны свечи до размеров цилиндра, хотя при этом и происходит большая концентрация смеси в оптимальной зоне. Необходимо создать небольшую зону противодействия, препятствующую забрызгиванию свечи зажигания.

Полирование поверхности камеры сгорания и днища поршня, способствует некоторому уменьшению тепловых потерь (повышению относительного КПД), хотя в процессе длительной работы двигателя они покрываются нагаром.

#### **Увеличение наполнения цилиндров.**

Увеличение коэффициента наполнения цилиндров (объемного КПД) является самым эффективным способом повышения мощности двигателя. Все остальные мероприятия, весьма трудоемкие и дорогостоящие приводят к не очень высоким результатам.

Максимальный коэффициент наполнения серийного двигателя ВАЗ 21083 примерно равен 75%. То есть в двигатель попадает количество воздуха равное 75% от общего объема цилиндров. На лучших гоночных атмосферных двигателях (двигатели без наддува) коэффициент наполнения достигает 115-125%. При правильной настройке двигателя с низким сопротивлением впускной системы, можно добиться показателей коэффициента наполнения выше 100%.

Коэффициент наполнения меняется при разных режимах работы двигателя и достигает своего максимального значения при благоприятном перепаде давлений в цилиндре, впускной и выпускной системах в узком диапазоне оборотов, близком к оборотам максимального крутящего момента.

При работе двигателя во впускной и выпускной системах происходят волновые процессы, их свойства зависят от многих причин: геометрических размеров и аэродинамического сопротивления впускной и выпускной систем, фаз газораспределения, оборотов двигателя и других факторов. С изменением режимов работы двигателя форма, частота и амплитуда волн меняются.

Для повышения максимальной мощности необходимо создать условия, при которых наибольший коэффициент наполнения сдвинется на более высокие обороты. Например, если на двигателе ВАЗ 21083 мы повышаем коэффициент наполнения до 100% на 3000 об./мин., то мощность возрастает с 35 до 46 -на 11кВт.(48 до 62 - на 14 л.с.), а если на 6000 об./мин. до тех же 100%, то мощность возрастает с 49 до 98кВт. – на 49кВт.(67 до 133 - на 66 л.с.).

Увеличение оборотов максимальной мощности для повышения КПД атмосферного двигателя является неизбежным, так как коэффициент наполнения невозможно увеличить выше определенного числа, но можно поднять обороты при которых достигается его максимальное значение. При этом происходит увеличение отдачи энергии за единицу времени. Именно этим объясняются высокие обороты двигателей формулы 1 (17000-18000 об. мин).

Для увеличения коэффициента наполнения также необходимо снизить аэродинамическое сопротивление во впускной и выпускной

системах и каналах головки двигателя. Самое высокое сопротивление возникает в районе клапанной щели. Модификации именно этой части газовых каналов нужно уделять особое внимание. Скорость воздуха во впускной системе не должна превышать 50-70 м/с. Для увеличения оборотов двигателя необходимо увеличить проходные сечения газовых каналов и в первую очередь диаметры тарелок клапанов. Это позволит увеличить обороты максимальной мощности и сделать перегиб кривой более плавным. Но при этом может наблюдаться некоторое падение мощности на малых и средних оборотах. Это объясняется тем, что при этих режимах скорость воздуха недостаточно высока.

Установка на двигатель многодроссельной системы с индивидуальной впускной трубой на каждый цилиндр позволяет значительно повысить мощность, но только в том случае если перекрытие клапанов достигает существенной величины. (перекрытие - это одинаковая высота открытия впускного и выпускного клапана в ВМТ- на серийных распред.валах 0.2 - 0.8 мм, на спортивных 3 - 5 мм.)

Установка спортивной выпускной системы также дает эффект только при высоком перекрытии клапанов. Так, установка "паука" на серийный двигатель может повысить мощность максимум на 1,5-2,2кВт.( 2-3 л.с.). Это обусловлено принципом работы настроенной выпускной системы. В первый момент после открытия выпускного клапана, отработавшие газы устремляются в выпускную трубу со скоростью превышающей скорость звука. Быстрое удаление первой части отработавших газов создает в выпускной трубе низкое давление. При достижении звуковой волной первого резкого увеличения диаметра выпускной системы (как правила резонатора) давление в системе повышается. Это создает первую волну, после чего колебательный процесс продолжается с уменьшающейся амплитудой.

Если впускной клапан открывается в тот момент, когда в выпуске давление ниже чем во впускном канале, то дополнительное разрежение способствует увеличению наполнения. При этом часть свежей смеси высасывается в выпускной канал. При благоприятных условиях эта часть заряда выталкивается обратно в цилиндр зоной повышенного давления перед самым закрытием выпускного клапана. Чем выше высота перекрытия клапанов, тем более ярко выражен этот процесс.

*Выводы.* К сожалению, это происходит в узком диапазоне оборотов зависящем от геометрии впускной, выпускной систем и фаз газораспределения.

В остальных режимах работы двигателя может происходить обратный процесс, когда зона повышенного давления в выпуске в момент перекрытия мешает поступлению свежего заряда.

Именно поэтому такие выпускные системы называются *настроенными* (настроенными на узкий диапазон оборотов).

Изменение размеров выпускной системы, а также конструкции и месторасположения резонатора, оказывает огромное значение на характеристику форсированного двигателя.

Двигатель чувствует изменения длины любой части "паука" на 20 мм. и диаметра на 1мм.

Рабочая температура спортивного двигателя не должна превышать 75-80 градусов. При такой температуре достигается максимальное наполнение и уменьшается вероятность детонации. На стендовых испытаниях при увеличении температуры охлаждающей жидкости с 70 до 95 градусов наблюдается падение максимальной мощности на 4-6%. Для поддержания низкой температуры двигателя на спортивные автомобили необходимо устанавливать масляные радиаторы, а также водяные радиаторы с повышенной площадью.

При значительном увеличении оборотов и мощности двигателя существенно возрастают нагрузки на его детали. В первую очередь это относится к клапанам, коленвалу, поршням, шатунам и шатунным болтам. Также увеличение давления в цилиндрах двигателя повышает требования к уплотнению разъема между блоком и головкой. Поэтому в высокофорсированных спортивных двигателях необходимо использовать специально изготовленные высококачественные комплектующие.

Для уплотнения разъема головки и блока рекомендуется использовать так называемую безпрокладочную конструкцию. В блоке фрезеруются канавки, в которые вставляются пассики из специальной термостойкой резины. Головка притягивается с моментом 60 Нм. Такая конструкция намного жестче чем с серийной прокладкой и имеет более высокую теплоотдачу, устойчивость к разрушению от детонации и перегрева двигателя.

#### Литература:

1. <http://blackpearl.moy.su/index/0-5>
2. Гагарин Е.И. Развитие конструкций автомобильных двигателей. Машиностроение, 2006.
3. Бурячко В.Р., Гук А.В. Автомобильные двигатели. Рабочие циклы. Показатели и Характеристики. Методы повышения эффективности. Машиностроение, 1999.
4. Абрамов А.С. В поисках двигателя идеальной схемы. "Моделист-Конструктор", №1, 1990.

## **АЛЬТЕРНАТИВНІ ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ. МЕТОДИ ФОРСУВАННЯ ДВИГУНІВ**

Стефановський О.Б., Гуйва С.Д.

***Анотація*** – стаття присвячена розгляду недоліків існуючих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), методам форсування двигунів, а також альтернативним конструкціям ДВЗ. яз

????????англ. яз????????

УДК 621.928

**АНАЛІЗ ПОВІТРЯНО-РЕШІТНО-ТРІЄРНИХ МАШИН**

Кюрчев С.В., к.т.н.,  
Колодій О.С., аспірант\*,  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Мельник К.Л., викладач спеціаліст 1 категорії.  
*Мелітопольський коледж ТДАТУ*  
Тел. (068) 068-85-18

**Анотація** – у статті проведений аналіз повітряно-решітно-трієрних машин, що використовують для сепарації насіння.

**Ключові слова** – сепаратор, насіння, решіто, трієр, повітряний потік

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день збільшення врожайності соняшника є актуальною задачею, так як це одна з культур, яка експортується з України в багатій кількості. Використання для сівки насіння попередньо відібраного із загальної маси найбільш якісних насінин підвищує врожайність.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженнями сепарації сипучих матеріалів за різницею аеродинамічних властивостей їх компонентів займалися: у природному повітряному потоці В.П. Горячкін, та інші; у сформованому вертикальному повітряному потоці, М.Н. Летошнєв, В.В. Гортинський, А.І. Нелюбов, М.Г. Гладков, М.С. Кулагін, В.В. Котов та інші; у горизонтальному та нахиленому повітряних каналах С.А. Алферов, М.Н. Летошнєв, М.Г. Гладков, Б.Г. Турбін, А.І. Бурков, О.М. Васильковський, П.М. Заїка, О. І. Завгородній, Ю.О. Манчинський, М.В. Бакум, І.П. Безручкін та інші.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Перед нами постала задача провести аналіз повітряно-решітно-трієрних машин, що використовують для сепарації насіння на приватних підприємствах Запорізької області.

*Основна частина.* Сучасна промисловість випускає пневматичні сепаратори і комбіновані повітряно-решітно-трієрні машини. У комбінованих машинах повітряні системи можуть бути одно або двокана-

---

© Кюрчев С.В., Колодій О.С., Мельник К.Л.

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Кюрчев С.В.

льними. Одноканальні призначені для відокремлення легких домішок без втрат насіння основної культури з метою покращення умов сепарації на решетах. Другий канал повітряної системи комбінованих зерноочисних машин призначений для додаткового сортування очищеної фракції матеріалу з відокремленням фракції неповноцінного насіння [1].

Самопересувна машина вторинного очищення насіння МС-4,5 [5, 6] призначена для очищення зернових, зернобобових, технічних та олійних культур, насіння трав. МС-4,5 працює на відкритих токах або складських приміщеннях у всіх кліматичних зонах країни. Основні частини машини (рис.1): завантажувальний скребковий транспортер 1 зі шнековими живильниками, решітний стан 2, повітряно-очисна частина 3, норія 4, трієрні циліндри 5, віброкоток, механізм пересування, відвантажувальний стрічковий транспортер 6.

Завантажувальний транспортер зібраний з похилого скребкового транспортера і двох Т-образно розташованих шнекових живильників, з'єднаних з нижньою головою завантажувача. Ширина захоплення транспортера становить 3350 мм.

При русі машини уздовж оберемка шнекові живильники захоплюють зерновий матеріал і підводять до підйомної труби завантажувача, який подає його в розподільний шнек. Шнек розподіляє зерновий матеріал по ширині і подає його в повітряний канал першої аспірації, де висхідний потік повітря виносить в відстійну камеру легкі домішки (солону, легкі колосся тощо), які виходять через приймач 1.

Пройшовши очищення в каналі першої аспірації, матеріал надходить на решето Б1 решітного стану, на якому вся зернова суміш ділиться на дві приблизно рівні частини (фракції). Матеріал, що пройшов через решето, містить частину зерна з дрібними домішками, які виділяються на підсівному решеті і далі на сортувальному решеті. Матеріал, що пройшов через решето, містить дрібні мінеральні домішки і бур'яни. Він виходить з машини через приймач.

Матеріал, що пройшов через решето, містить в основному дрібне і подрібнене зерно і виводиться по жолобу в приймач ІІІ. Схід з решета являє собою очищений матеріал, який подається далі в повітряний канал другий аспірації, де висхідний потік повітря виносить у другу відстійну камеру легкі домішки і щупле зерно, яке залишилося.

Далі зерновий матеріал подається в робочу гілку норії, яка транспортує зерно в верхній трієрний циліндр, що виділяє короткі домішки. Короткі домішки перекидаються в лоток, з якого шнеком подаються в приймач V, звідки виводяться назовні разом з довгими домішками.

Очищене від коротких домішок зерно самопливом направляється в трієрний циліндр довгих домішок. Зерно забирається осередками



трієра і прямує в жолоб, звідки шнеком подається в транспортер 6, а довгі домішки сходом йдуть в приймач VI. При очищенні матеріалу без трієрів слід переключити заслінку режиму роботи у верхній голові елеватора. Тоді зерно виводиться на транспортер 6. При очищенні оберемка, у якого довжина частинок основного матеріалу (наприклад, вівса) більше довжини решти домішок, сходом з овсюжного циліндра піде основний матеріал, а в лоток будуть виводитися домішки.

Машина оснащена механізмом самопересування. Продуктивність машини 4,8 т/год, маса 2,2 т. Потужність встановлених електродвигунів 7,4 кВт.

Перевагами розглянутої машини є: при змінній решті можливе сортування та очищення насіння різних культур, ефективне очищення насіння при вологості до 20%.

До недоліків слід віднести: складна регулювання; погане очищення насіння при русі машини по похилій поверхні; пошкодження зерна.

На рис. 2 представлена зерноочисна машина МПО-50 [5, 7, 8].

Вітчизняна зерноочисна машина МПО-50 призначена для попереднього очищення від домішок зернового оберемка колосових, зернобобових, технічних, олійних і інших культур, що поступають з поля.

Основними робочими органами машини є приймальна камера і повітряно-очисна частина. Привід робочих органів здійснюється ременною і ланцюговою передачами від електродвигуна. Зернова купа по зернопроводу надходить у завантажувальний шнек, який рівномірно розподіляє матеріал по ширині машини і подає за скатний лист на сітчастий транспортер. Зерно, легкі і дрібні домішки проходять через нього, а великі домішки (солома, колоски тощо) виводяться сітчастим транспортером з машини.



Рис. 1. Схема технологічна машини МС-4,5: 1 – скребковий

транспортер; 2 – решітний стан; 3 – повітряно-очисна частина; 4 – норія; 5 – трієрні циліндри; 6 – стрічковий транспортер

Для інтенсифікації просіювання зернової фракції ведена гілка транспортера струшується. Матеріал, що пройшов крізь сітчастий транспортер, ділиться на два потоки і надходить у всмоктуючий канал аспірації.

Застосовується МС-4,5 в потокових лініях зерноочисних агрегатів і зерноочисно-сушильних комплексів, а також в простих лініях для обробки зерна на фуражні цілі. Продуктивність машини 50 т/год.

Замкнутий повітряний потік в машині створюється вбудованим діаметральним вентилятором. Швидкість повітряного потоку регулюється дросельною заслінкою, розташованою в нагнітальному каналі. Легкі домішки виводяться з машини шнеком, а очищене зерно виводиться самопливом.

Перевагами даної машини є: робочі органи машини дозволяють обробляти ворох з вихідними показниками, відмінними від рекомендованих (вологість - до 25-30%, засміченість - до 20%) при відповідному зниженні продуктивності; ефективне видалення вологоємких домішок у висхідному повітряному потоці виключає завали та ймовірність загоряння в сушарках.

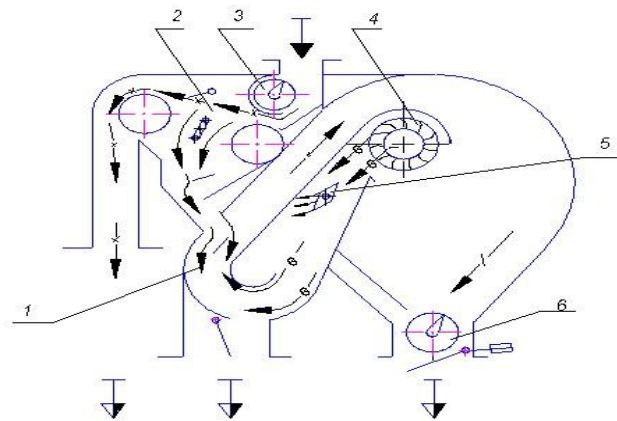


Рис. 2

Технологический процесс МПО-50

- ▶— потрапляння насіння у машину
- рух насіння
- x— крупні домішки
- s— повітряний потік з легкими домішками
- e— рух повітря
- /— легкі домішки
- ▶— вихід фракції

Рис. 2. Схема технологічна машини МПО-50: 1 – повітряний канал; 2 – струшувач; 3,6 – шнеки; 4 – вентилятор; 5 – заслонка.

Недоліками МПО-50 є: пошкодження насіння, низьке виділення насіння цінної фракції - 62% [7,8].

На рис. 3. представлена технологічна схема лялькового (а) і овсюжного (б) трієрних циліндрів [5, 9]. При обертанні циліндра всередину його надходить зернова суміш. Насіння, довжина яких менше діаметра осередків, укладаються в них, а довгі розташовуються на поверхні циліндра. Обертаючись, циліндр піднімає зернову суміш вгору. При його повороті насіння під дією власної маси випадають з осередків у жолоб, розташований усередині циліндра.

На дні жолоба змонтований шнек для виведення насіння з машини.

Довгі зерна під дією сил тертя піднімаються, а потім зсипаються вниз, просуваються по поверхні циліндра вздовж його осі і виходять з протилежного боку. Циліндричні трієри бувають одинарної і подвійної дії. Циліндр трієра одинарної дії має осередки одного розміру. Трієр подвійної дії має два циліндри з осередками двох розмірів: для відділення спочатку довгих, а потім коротких домішок. Трієри, що відокремлюють довгі домішки, називаються овсюжними, а для відділення коротких - ляльковими. Коміркова поверхня дискових трієрів має осередки у вигляді кишеньок. При обертанні диски захоплюють зерна, які по довжині менше розміру осередків, і викидають їх назовні. Довгі зерна, що не помістилися в осередках, лопатями, закріпленими на спицях дисків, переміщуються уздовж кожуха трієра і виводяться назовні.

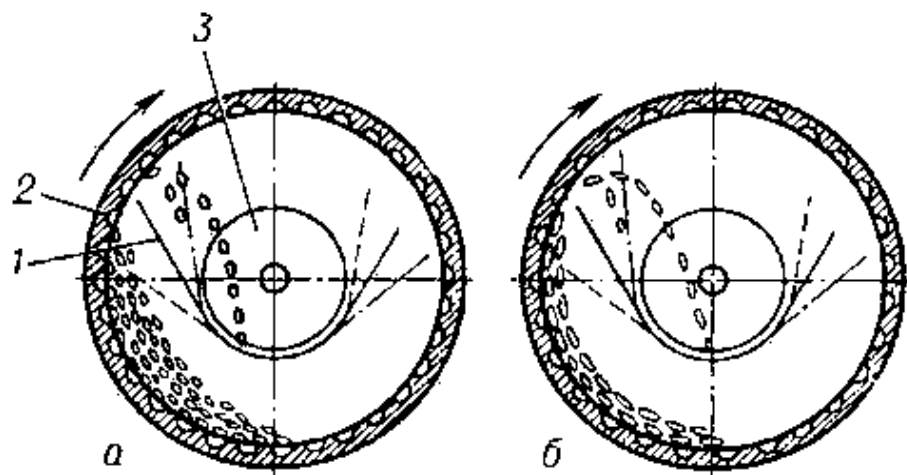


Рис. 3. Схема технологічна лялькового (а) і овсюжного (б) трієрних циліндрів: 1 – жолоб; 2 – циліндр з комірчастою поверхнею; 3 – шнек

Переваги даної машини є порівняно незначні енергетичні витрати 2,2кВт, можливість роботи при вологості до 16%. До недоліків слід віднести складність настройки, забивання комірок соломною, пошкодження насіння.

Так як для посівного матеріалу дуже важливо цілісність насіння, то використання повітряно-решетно-трієрних машин для покращення якості насіння не раціональне. Повітряно-решетно-трієрні машини не забезпечують необхідної якості очищення насіння, тому сільськогосподарські виробники примушені використовувати додаткове очищення матеріалу.

*Висновки.* Шляхом аналізу встановлено, що існуючі технологічні схеми та конструкції пневматичних сепараторів мають ряд недоліків: недостатньо якісне очищення та розділення, складність налаштування завищені енергетичні витрати, пошкодження насіння. Тому постає задача для подальшого дослідження та розробка принципово нової схеми сепарації насіння соняшника.

#### Література:

1. Основные виды масличного сырья [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.znaytovar.ru>
2. Очистка и калибровка семян подсолнечника [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://farmerland.com>
3. *Алейников В.И.* Послеуборочная обработка семян подсолнечника / *Алейников В.И.*//М.: Колос, 1979. -143с.
4. *Крекот М.М.* Аналіз способів регулювання швидкості повітряного потоку в сепарувальних каналах насіноочисних машин / *М.М. Крекот* // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2012. – Вип. 124, Т. 2. – С. 366-373.
5. *Михайлов Є.В.* Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / *Є.В. Михайлов.* – Мелітополь, Люкс, 2012. – 260с.
6. Классификация и комплексы машин для очистки и сортирования зерна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kalxoz.ru/str/3zerno2.htm>
7. *Окнин Б.С.* Машины для послеуборочной обработки зерна / *Б.С. Окнин, И.В. Горбачев, А.А. Терехин, В.М. Соловьев.* – М. : Агропромиздат, 1987. - 238 с
8. Машина предварительной очистки зерна МПО-50-НС-1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nz-sm.ru/>
9. Приставка триерная ПТ-600 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vselmash.ru/>

## **АНАЛИЗ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНО-ТРИЕРНЫХ МАШИН**

Кюрчев С.В., Колодий А.С.

*Аннотация* - в статье проведен анализ воздушно-решетчатых-триерных машин, использующих для сепарации семян.

## **ANALYSIS OF AIR-SIEVE-INDENTED MACHINES**

S. Kyurchev, O. Kolodiy

### *Summary*

**The article analyzes the air-lattice-indentated machines used to separate seeds.**

УДК 631.521

## МОДЕЛІ МІНІТРАКТОРІВ ХТЗ

Мілаєва І.І., ст. викладач

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Анотація** – стаття присвячена будові мінітракторам ХТЗ. У статті приділяється увага особливостям сучасним моделям мінітракторів ХТЗ .

**Ключові слова** – мінітрактор, мотоблоки, двигун, потужність, навісне обладнання, прохідність, маневреність, радіус поворота, малогабаритні машини.

*Постановка проблеми.* Мінітрактори користуються все більшою популярністю. І це цілком закономірно, адже ця техніка дозволяє виконувати весь комплекс сільськогосподарських робіт. Найбільше застосування мінітрактори знайшли в сільському господарстві. Першорядним завданням для успішного ведення фермерського господарства була й залишається механізація ручної праці. У цій області без мінітрактора ніяк не обійтись. Він потрібен скрізь: при веденні робіт з обробки землі, посівних роботах, збиранні врожаю, заготовці кормів і т.д. Мотоблоки й мотокультиватори часто не підходять по причині їх невеликої потужності, а повнорозмірні трактори навпаки занадто потужні й габаритні. Потрібно щось середнє – і цими механізмами саме й стали мінітрактори.

*Аналіз останніх досліджень.* Відзначимо, що використовуючи мінітрактор, можна без зайвих витрат часу й зусиль обробити будь-яку ділянку від кількох десятків соток, до декількох гектарів землі й виконати найрізноманітніші садово-городні роботи.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Аналіз мінітракторів ХТЗ та їх переваги.

*Основна частина.* Сьогодні люди можуть, не вдаючись до важкої фізичної праці, досягати високої результативності роботи. Однак, це можливо тільки за умови використання спеціальних машин. Візьмемо, приміром, такий винахід для сільського господарства як трактор. Він здатний виконати набагато більше роботи за короткий проміжок часу, ніж багато працівників з граблями і лопатами. До того ж,

мінітрактор призначений для цілодобової обробки землі за οποї погоди.

Мінітрактори - багатофункціональні, мобільні, малогабаритні й відносно легкі машини. Функціональність мінітрактора залежить від навісного обладнання, яке з ним застосовується. Конструктивне виконання деяких міні тракторів дозволяє використовувати в агрегаті з ними до 50-ти видів різного навісного встаткування. Найчастіше використовується навісне обладнання для вантажно-розвантажувальних, комунальних, будівельних, земельних і садових робіт. Для садово-городніх робіт застосовується спеціальний садовий мінітрактор (райдер), що працює в агрегаті з безліччю насадок сільськогосподарського призначення, такими як косарки роторні й сегментні, борони, плуги, підгортальники, полольники, картоплесаджалки, картоплекопалки, візки і т.д. Для вантажно-розвантажувальних робіт застосовують, як правило, ковші, вила для піддонів, лебідки. Для будівельних і грабарств – відвал, екскаватор, бур, культиватор і планувальник. Ефективно використовуються Харківський тракторний завод більше 80 років забезпечує технікою вітчизняне сільське та комунальне господарства й намагається йти у ногу з часом, оновлюючи лінійку своїх моделей. Ще в кінці восьмидесятих років Харківський тракторний завод розпочав випуск міні - тракторів Т-08 потужністю 5,9 кВт (8 к.с.), які були призначені для роботи на невеликих земельних ділянках, в садах, теплицях та тваринницьких приміщеннях.

Мінітрактори харківського заводу у статті представлені двома сучасними моделями ХТЗ-3512 і ХТЗ-2511.

Мінітрактор ХТЗ-3 512.

Неабияку зацікавленість в аграріїв викликає, зокрема, малий трактор ХТЗ-3512, потужністю 35 к.с.. Це маленький трактор ХТЗ-3512 (рис.1) з великим потенціалом. Він призначений для роботи на невеликих ділянках, можливо, навіть дачних, у садах, ягідниках і на малих тваринницьких фермах. Має високі тягово-зчіпні якості, гарну прохідність і маневреність. Для розширення меж застосування на ньому передбачена можливість зміни колії, колісної бази і дорожнього просвіту. Радіус розвороту трактора всього лише 3,5 м. Додаткову маневреність забезпечує роздільний привід на гальма, який дає можливість пригальмовувати одним із ведучих коліс, ще додатково зменшивши, таким чином, радіус повороту.



Рис.1 Трактор ХТЗ-3512.

Трактор має трициліндровим двигуном MMZ-3LD виробництва ППВП «МТЗ» (Білорусь) рідинного охолодження, економічним і непримхливим до якості палива. Взимку його легко завести завдяки системі електрофакельного передпускового підігріву. Коробка передач механічно-реверсивна: має 8 передач переднього ходу і 6 заднього. Трактор має гідравлічну систему двосторонньої дії. Кабіна тракторця — одномісна, дводверна. Відповідає сучасним вимогам із забезпеченням вентиляції у літній період і опаленням у зимовий.

Мінітрактор ХТЗ-2511.

Розміри мінітрактора ХТЗ-2511, порівнянні з легковим автомобілем, радіус розвороту всього 3,5 метра при ширині колісної бази 1,5 метра дозволяють справлятися з покладеними завданнями на малих майданчиках. Транспортувати причепи та напівпричепи з вантажопідйомністю до двох тон і швидкістю до 30 км.ч. Високий агротехнічний і дорожній просвіт, мм 587 до., Дозволяє виконувати роботи практично по бездоріжжю, на нерівних будівельних майданчиках, всюди де є в цьому потреба. Додаткову маневреність трактору надають роздільний привід на гальма, який дає можливість пригальмовувати одним з ведучих коліс, зменшивши таким чином радіус повороту. Такий додатковий спосіб керування трактором буде дуже корисний при виконанні робіт на малих площах.





Рис.2 Мінітрактор ХТЗ-2511

Трициліндровий двотактний дизель Д-120 повітряного охолодження, встановлений на тракторі, економічний і невибагливий. У холодних умовах завести двигун дозволяє система електрофакельним передпускового підігріву всмоктуваного повітря. Коробка передач механічна, реверсивна, 8 передач переднього ходу і 6 заднього. Трактор має гідравлічну систему двосторонньої дії. Техобслуговування трактора ХТЗ-2511 також можливо проводити в польових умовах. Високу ремонтпридатність забезпечує простота конструкції і широка поширеність запасних частин для трактора вироблених як в Україні, так і країнах СНД. Запчастини для трактора завжди можна придбати у численних дилерів у своєму регіоні. Важливі також невибагливі вимоги до застосовуваних олив і паливу. Різне навісне обладнання робить високоефективним використання трактора ХТЗ-2 511 у різних сферах. Він може служити як економічний транспортер причепів і напівпричепів до двох тонн. Полегшує роботу в садах, ягідниках і на малих фермах. Фермер при його допомозі може обробляти й удобрювати поля під посів зернових культур і проводити посадку картоплі. При його допомозі можна розчищати дороги від снігу і виконувати різні роботи на будівельних майданчиках. Кабіна водія одномісна двухдверная виконана згідно сучасним вимогам. Термо-шумоізолює, з м'яким підресореним регульованим сидінням. Має вентиляцію і забезпечена каркасом безпеки.

*Висновки.* Трактори сімейства малої потужності екологічно безпечні і відповідають стандартам якості. Поліпшено умови праці оператора (підвищена оглядовість, високий ступінь безпеки, вентиляція, опалення, похила рульова колонка, регульована по висоті і куту нахилу, можливість установки гідроруль та ін.). Простота пристрою, техобслуговування, ремонту та утримання (практично всі роботи можуть проводитися в польових умовах). Невибагливість до якості застосовуваних палива та мастил.

Мінітрактора мають переваги: компактність, економічність, наявність додаткової комплектації, легкість управління, практичність, висока продуктивність.

Література:

1. *Тодоров П.П.* і ін. Перспективи розвитку вітчизняного тракторостроєвництва на Харківському тракторному заводі // Вісті Академії інженерних наук України. 1996, №1(10).

2. *Надикто В.Т.* Надійний помічник фермера. //Пропозиція 2001, №11.

3. *Ситников В.Р., Жихарев В.Л., Войнаш А.С.* Малогабаритные блочно-модульные машины. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1995, №6

4. *Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л.* Нові мобільні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві. // Навч. посібник -Мелітополь, 2005-337с.

## МОДЕЛИ МИНИТРАКТОРОВ ХТЗ

Милаева И.И.

***Аннотація – данная статья посвящена конструкции минитракторов ХТЗ. В статье уделяется внимание особенностям современных моделей минитракторов ХТЗ.***

***АНГЛ, ЯЗ???***

УДК 629.113.012.5

## ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЯ

Гуйва С.Д., ст. преподаватель

*Таврийський державний агротехнологический університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Аннотация** – в статье изложена история развития автомобиля от механического экипажа до автомобиля на солнечных батареях. Рассмотрены тенденции развития современного автомобиля.

**Ключевые слова** – тележка, моторная повозка, автомобиль, торговая марка, эмблема, солнечная батарея.

*Постановка проблемы.* Данная статья посвящена изучению истории развития автомобиля от механического экипажа до автомобиля на солнечных батареях. Рассмотрены тенденции развития современного автомобиля.

Желание освободиться от физических усилий при перемещении чего-либо или облегчить их, располагать большей силой, быстротой, оставить за собой лишь управление работой владело мечтами людей. Они создавали сказания о коврах- самолетах, семимильных сапогах и волшебниках, переносящих человека за тридевять земель мановением волшебной палочки.

С появлением реальных транспортных средств, проблема передвижения частично была решена. Применение силы домашних животных внесло особый штрих в идею транспорта: живое существо требовало заботы, ухода, вызывало привязанность человека. Примечательно в связи с этим, что и конным, и - впоследствии - механическим экипажам присваивали имена, восхваляющие их скорость, надежность и другие ходовые качества.

*Формулирования целей статьи (постановка задания).* В данной статье рассказывается об истории создания и сегодняшнем дне автомобилей, о том, что нас ждет в будущем: на каком транспорте нам придется передвигаться.

*Основная часть.*

Происхождение слова «автомобиль».

Слово «автомобиль» - это перевод с двух языков: греческого - autos - «сам», «самостоятельный»; и mobilis - с латыни - «подвижной, движущийся».

Повозки, которые двигались без помощи лошадей, в конце 19 века называли безлошадными экипажами, самобеглыми колясками и самоходами. Каждая страна, каждый народ называли автомобиль на своем языке. В большинстве случаев за основу брали хорошо известные слова: телега, коляска, вагон.

В Америке и в Англии автомобиль называют словом «кар», т.е. «тележка», «вагончик». В США на каждого трех жителей приходится по две машины. Американцы их стали выпускать на конвейере первыми. Шведы вместо «автомобиль» говорят «биль». Первые автомобили создали немецкие инженеры, но их производство они развернули позже французов. И все свои машины, даже новейшие, они называют «крафтфарцойг» - «моторная повозка» (Рис1).



Рис 1. Один из первых автомобилей

По-итальянски любой автомобиль в просторечии называется «веттура», что означает «коляска».

Японцы не пользуются международным словом «автомобиль». Они называют машину «дзидозя».

Франция первой в мире освоила производство автомобилей. Ее заводы выпускали их с конца 19 века. Француз называет свою машину по старинке «вуатюр», что означает «коляска».

Как появился «безлошадный экипаж»?

Отцами автомобиля считаются Готлиб Даймлер и Карл Бенц. Несколько сотен изобретателей, до них и даже после них, утверждали, что именно они придумали «безлошадный экипаж».

Но совершить все четыре первых шага смогли только Даймлер и Бенц. Они выдвинули идею автомобиля, оформили патент (документ, который подтверждает их изобретение), построили действующий образец и, наконец, освоили выпуск автомобилей.

С 1902 г. все легковые машины завода «Даймлер» стали называться «Мерседес». В марте 1899 г. Эмиль Елинек выиграл одну из ранних гонок на автомобиле Даймлера. Позже он заказал 36 таких же машин и успешно их продал. Свой успех он увековечил тем, что настоял впредь давать автомобилям завода «Даймлер» имя своей дочери Мерседес (1889 - 1929).

Правой рукой Готлиба Даймлера стал инженер Вильгельм Майбах (1846-1929), которому машины марки «Даймлер» обязаны многими техническими новшествами. В дальнейшем Майбах расстался с Даймлером и основал собственную автомобильную и моторную фирму, которая до 1943 года изготавливала машины марки «Майбах», а также танковые двигатели. В наши дни «Даймлер-Бенц» - старейшая автомобильная фирма в мире. Ее модели технически совершенны. В их конструировании применяются самые последние инженерные новшества. В то же время на фирме верны традициям и не спешат обгонять моду. Сегодня фирма объединилась с американской компанией «Крайслер», но марка осталась прежней: «Мерседес-Бенц».

Восемь важнейших чисел

Оглянитесь вокруг, и вы увидите, как по улице пронесся автомобиль, другой, третий. Один побольше, другой поменьше, а этот - приплюснутый и низкий. О человеке говорят: его рост и вес такие-то. А автомобиль? Когда речь заходит об автомобилях, все начинают называть цифры.

Если вам встретилась неизвестная машина, постарайтесь записать не только ее название, но и узнать восемь важнейших чисел. Они помогут понять, что это за машина перед вами. Эти числа вовсе и не надо запоминать, они сами у вас останутся в памяти.

Для каждого автомобиля полезно и интересно знать восемь чисел: *вес, мощность, количество посадочных мест, грузоподъемность, рабочий объем двигателя, скорость, расход бензина, габарит.*

Начнем с рабочего объема двигателя и его мощности.

Рабочий объем выражается в литрах (литраж двигателя) или в кубических сантиметрах. Собственно, рабочий объем показывает, насколько велик двигатель.

Скорость и расход бензина - одна из важнейших характеристик автомобиля.

Мощность говорит о силе двигателя, какую работу он может выполнять. Раньше измеряли мощность в лошадиных силах (л. с.), а в наши дни - в ваттах и киловаттах.

Еще один важный показатель - количество мест и грузоподъемность.

У грузовиков называют не количество мест, как у легковых машин или автобусов, а грузоподъемность, т.е. сколько тонн груза он может везти на своей «платформе» и сколько - на прицепе.

Автомобили бывают большие и маленькие. Высота, длина и ширина - это их габариты.

Какие бывают автомобили?

Взгляните на поток автомобилей. Он невероятно пестрый. И не только потому, что у машин разные конструкции, форма и цвет. Они все разные по своему назначению.

У каждой разновидности автомобиля - своя профессия. Если подсчитать, их будет свыше тысячи. Самая распространенная - возить людей.

Нет такой области хозяйства, где бы обходились без автомобиля. И, наверное, самые интересные - это специальные машины для доставки багажа к пассажирским самолетам, бронированные - для перевозки денег в банки или машины с буровыми установками.

Самые распространенные - легковые автомобили. Они хороши для езды по городу, и по бездорожью. У них все колеса - ведущие. К легковым относятся и спортивные машины: быстроходные и низкие, они служат и для ежедневных деловых поездок, и для прогулок. Во все мире 36 стран выпускают легковые автомобили. Делает их 131 фирма. Каждая фирма изготавливает по несколько моделей, а иногда - десятки. Например, японская «Тойота» выпускает легковушки 39 разных моделей.

В автомобиль садятся от двух до семи человек. Легковые автомобили рассчитаны на одну семью. У них есть множество различных кузовов: открытых и закрытых, четырех- и пятидверных.

Существует и еще один очень интересный вид автомобилей - это автобусы.

В старину автомобили для перевозки пассажиров называли омнибусами (от латинского *omnibus* - для всех). Позднее вошло в обиход слово - автобус. Так говорят до сих пор.

Из города в город можно доехать на очень комфортабельном междугороднем автобусе с багажным отсеком, мягким креслами, телевизором, баром, туалетом. Автобусов существует великое множество. Маршрутные такси и служебные автобусы - это небольшие автомобили.

Для сельских районов и малых городов выпускают 20-25 местные машины. В крупных городах курсируют большие автобусы.

Чем глубже проникает автомобиль в нашу жизнь, тем больше профессий он осваивает. Грузовики - настоящие «работяги». Они бы-

вают не только двухосными, но и трех- и четырехосными. Грузовики могут быть разнообразными по конфигурации: с бортовой грузовой платформой, самосвалы, цистерны, седельные тягачи. Грузовики могут стать основой специальных машин. Вместо грузового кузова может быть установлена цистерна, автокран, пожарная лестница, вышка для ремонта троллейбусных проводов, снегоуборщик.

Родовые гербы фирм.

Как у живого существа, у автомобиля есть свое имя. Завод может менять название и владельца, но торговая марка («Форд», «Волга», «Шкода») многие десятилетия должна оставаться неизменной. Иначе покупатель не сможет разобраться, какая фирма предлагает ему машину: солидная, с вековой традицией или совсем новая.

Торговая марка должна быть постоянной, как и эмблема фирмы. По ней можно сразу узнать, кто изготовил машину. И марка и знак проходят официальную регистрацию в специальных учреждениях, и за их подделку нарушителя ждет наказание.

На современном автомобиле, где только не размещают эмблемы завода и название модели: на капоте, руле, дисках колес...

Машин одной и тоже марки одновременно может выпускаться множество. Например, «Форд». У владельцев этой фирмы много заводов в разных странах мира. Американские заводы, например, выпускают различные по конструкции машины «Форд»: «Эскорт», «Фокус», «Контур», «Мустанг» и т.д. среди них каждая машина - это модель.

А вот среди всех автомобилей «Форд-Таурс», например, есть разновидности с моторами разной мощности, с кузовами разных типов и т.д. Эти разновидности называют модификациями. Каждую из модификаций завод может предложить покупателю на выбор с разным дополнительным оборудованием: с люком в крыше, стереомагнитолой, кожаной обивкой сидений. Тогда про автомобиль говорят, что он такой-то комплектации.

Что касается товарных знаков или эмблем, то многие из них содержат потаенный смысл, нередко связанный с историей завода или фирмы. Чаще всего имена изобретателей, конструкторов, владельцев заводов стали обозначать марки машин. Это «Форд» и «Рено», «Лянча» и «Опель», «Порше» и «Феррари». Нередко наименование образуют начальные буквы словосочетаний: Фабрика Итальянских Автомобилей в Турине (ФИАТ), Завод имени Лихачева (ЗИЛ), Байрише Моторен Верке (Баварский завод моторов, БМВ). Перечень эмблем прилагается в приложении, по которому легко можно определить завод или фирму, которая изготовила тот или иной автомобиль, где их делают.

*Выводы.*

Взгляд в будущее. Транспорт без бензина.

Сегодня автомобили - самое распространенное средство передвижения по городу. Шумные и грязные они постепенно покинут город, а на смену им придет высокоэффективный и экологически чистый транспорт.

Транспорт будущего - это машины на солнечных батареях, переоборудованные для использования водорода (Рис 2).



Рис 2. Современный автомобиль на солнечных батареях

Не беда, что вы попали в плотное движение, у вас «умный» автомобиль, оборудованный навигационной системой. Автомобиль проложит путь в быстром потоке, а водителю можно и отдохнуть.

Существует много предсказаний и фантазий о том, какой будет автомобиль будущего. Многие ученые трудятся над новейшими технологиями в сфере автомобилестроения. Какой бы он ни был, его главная задача - служить человеку останется неизменной.

Литература:

1. Автомобили: *Науч.-поп. изд. для детей.* М.: РОСМЕН-ПРЕСС, 2002
2. Долматовский Ю.А. Автомобиль за 100 лет. М.: Знание, 1986
3. Мир будущего. *Справочник для начинающего.* М.: Аванта +, 2001
4. Энциклопедия техники: *Науч.-поп. изд. для детей.* М.: РОСМЕН-ПРЕСС, 2002



## **ЕВОЛЮЦІЯ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЮ**

Гуйва С.Д.

***Анотація*** – у даній статті викладена історія розвитку автомобілю від механічного екіпажу до автомобілю на сонячних батареях. Розглянуто тенденції розвитку сучасного автомобілю.

**англ. яз????????**

УДК 631.521

## ОСОБЕННОСТИ ОППОЗИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Милаева И.И., ст. преподаватель

*Таврийський державний аграрно-технологічний університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Аннотация** – статья посвящена оппозитным двигателям. В статье описаны особенности устройства, преимущества и недостатки оппозитного двигателя .

**Ключевые слова** – оппозитный двигатель, автомобиль, такт, мертвая точка, боксер, орос.

*Постановка проблемы.* Улучшение конструкции оппозитного двигателя позволяет улучшить динамические и эксплуатационные характеристики автомобиля.

*Анализ последних исследований.* Нынешние оппозитные двигатели заметно эволюционировали по сравнению с их ранними моделями и до сих пор улучшаются и модернизируются, особенно которые разрабатывают двигатели для Subaru. Заметными отличиями оппозитного двигателя от V-образного двигателя можно считать расположение кривошипов коленвала таких двигателей. Количество цилиндров в Subaru колебалось то четырех до двенадцати, но самый оптимальный вариант – шестицилиндровый двигатель такого типа. Благодаря особенностям строения коленвала он имел самый низкий уровень вибрации, которая является одной из проблем четырехцилиндровых оппозитных двигателей. Проблему эту пытаются разрешить, разработав гидроопоры для двигателя.

*Формулирование целей статьи (постановка задания).* Анализ оппозитных двигателей та их преимущества и недостатки.

*Основная часть.* Оппозитный двигатель представляет собой форму устройства двигателя внутреннего сгорания автомобиля, имеющий особую структуру: его поршни расположены под развернутым углом и осуществляют движение в горизонтальной плоскости навстречу друг другу и в обратные стороны (друг от друга). Другая, соседняя пара поршней, располагается в одном положении (например, вверху). Взаимодействие поршней внутри двигателя напоминает в чем-то боксерский раунд, отсюда и другое название устройства —

боксер. Конструкція механізму передбачає установку кожного поршня на обособлених шейках коленчатого вала. Кількість циліндрів в опозитному двигателі може бути від 2 до 12-ти, но завжди четное. Наиболее популярны устройства с четырьмя и шестью цилиндрами (четырёх- и шестицилиндровые боксеры). Опозитный двигатель не нужно путать с V-образным двигателем и углом развала цилиндров  $180^\circ$ . При внешнем сходстве в таком двигателе соседние поршни с шатунами располагаются на одной шатунной шейке. Поэтому, когда один поршень достигает верхней мертвой точки, другой находится в нижней мертвой точке. Первые опозитные двигатели появились еще в 1938 годах, они устанавливались на автомобили Volkswagen Käfer (в шиком применении Фольксваген Жук)(рис.1). Именно компания Volkswagen впервые разработала горизонтально опозитный двигатель. Некоторые современные автомобили, входящие в Volkswagen Group сейчас комплектуются такими двигателями (например, Porsche 997, Porsche Boxster и т.д.).



Рис. 1. Первые опозитные двигатели Фольксваген Жук

Со временем установкой таких моторов занялись и разработчики компании Порше. Так, опозитные моторы появились на Porsche 987 Boxster и сериях GT.С 1963 года к «клубу любителей» подключился японский бренд Субару, для которых данный вид двигателей стал приоритетным.

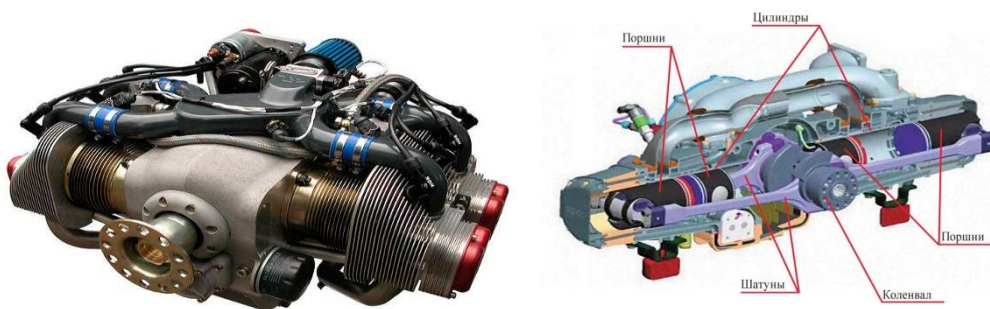


Рис. 2. Опозитный двигатель субару

На сегодняшний день не меньший интерес к себе вызывает оппозитный двигатель, устанавливаемый на ограниченный круг автомашин. На современном автомобильном рынке представлено множество марок машин, каждая из которых придерживается собственной концепции оснащения автомобилей. Разработкой и применением оппозитных двигателей сейчас занимаются две фирмы: Subaru и Porsche. Раньше оппозитный двигатель устанавливался на такие автомобили, как AlfaRomeo, Honda, Chevrolet, Volkswagen, Ferrari и другие.

Весь процесс работы оппозитного двигателя аналогичен другим двигателям внутреннего сгорания, но главной изюминкой оппозитного горизонтального двигателя является расположение цилиндров. Работа поршни осуществляется в их движении в горизонтальной плоскости за счет движения друг другу и в обратном направлении. Каждая пара поршней оснащена двумя распределительными валами. То есть, с правой стороны два распределительных вала – 8 клапанов и аналогичное расположение с противоположной (левой) стороны. Распредвал и клапана, относящиеся к газораспределительному механизму располагаются вертикально в отличие от классического рядного мотора, в котором они располагаются горизонтально.

Создавая эту модель двигателя конструктора, стремились к созданию агрегата способного снизить центр тяжести машины. Чем центр тяжести ниже, тем ездовая характеристика автомобиля выше, да и во время поворотов автомобиля будет меньше кренить.

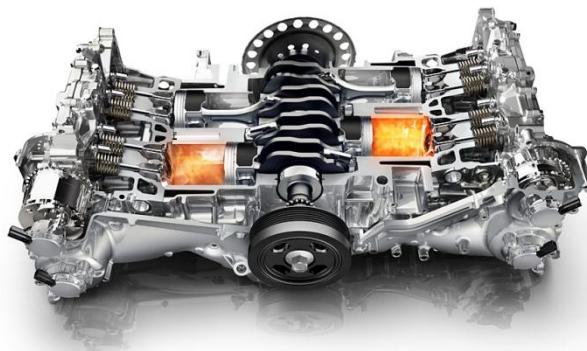


Рис. 3. Работа оппозитного двигателя.

Сегодня существует два основных типа оппозитных двигателей.

ОРОС – уникальный в своем роде мотор. Его особенность заключается в том, что поршни не просто горизонтально расположены – они двигаются асинхронно друг другу.

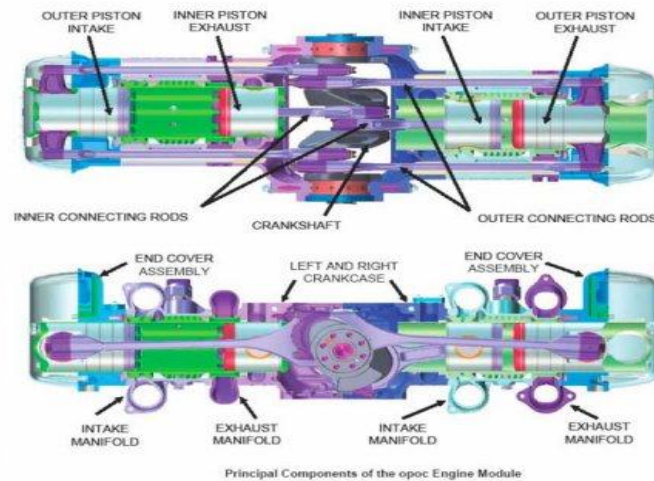


Рис. 4 Мотор «ОРОС»

Благодаря этому конструкция существенно упрощается – отпадает необходимость использовать систему клапанов и ГБЦ. В итоге двигатель теряет в массе и общем объеме вредных выбросов. Что касается типа «ОРОС» на бензине и дизельном топливе, то в первом случае топливная смесь попадает в мотор с помощью карбюратора, а ВТО вторым – напрямую в камеру.

БОКСЕР – второй тип оппозитного двигателя, который по принципу действия очень похож на V-образный.

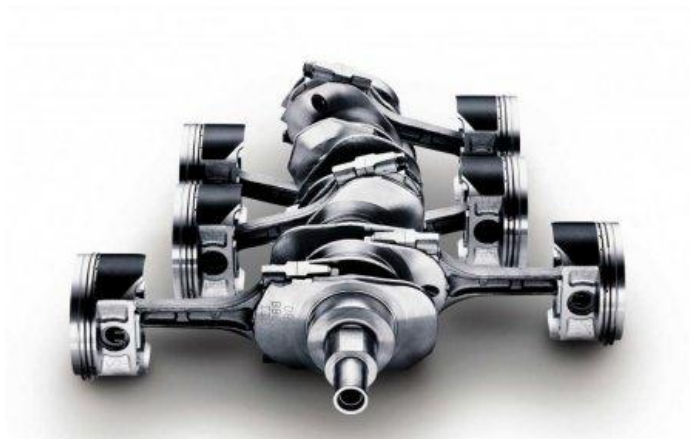


Рис. 5 Оппозитный двигатель «БОКСЕР»

Особенность такого мотора – синхронное перемещение поршневых групп через каждые  $1/2$  оборота коленвала. Число цилиндров может различаться – от 4 до 12. Наибольшей популярностью пользуются 6-ти цилиндровые оппозитные моторы, которые отличаются минимальным уровнем вибрации.

*Преимущества оппозитного двигателя.*

*Машины і засоби механізації сільськогосподарського виробництва*

Благодаря низкому расположению узла можно говорить о существенном снижении центра тяжести. Как следствие, управляемость автомобиля и его устойчивость на дороге (даже при большой скорости) увеличивается в разы.

Оппозитный двигатель находится практически на одном уровне с трансмиссией, поэтому передача мощности от узла к узлу происходит с максимальной эффективностью.

Данный вид мотора хорош практически полным отсутствием вибраций во время движения. Поршневые группы, развернутые на 180 градусов друг относительно друга, отлично сбалансированы и великолепно гасят лишнюю энергию. Как следствие, двигатель работает плавно и без лишних рывков.

Оппозитный двигатель отлично сбалансирован, поэтому всегда есть возможность установить коленчатый вал на трех подшипниках (в обычных моторах их целых пять). Благодаря этой особенности, вес и длина мотора существенно уменьшаются.

Что касается пассивной безопасности во время движения, то у данного типа моторов практически нет конкурентов. В случае лобового удара с движущимся навстречу транспортным средством двигатель не будет входить в салон, а просто выпадет вниз. Такая особенность уже спасла не один десяток жизней.

Оппозитный мотор при правильной эксплуатации имеет огромный ресурс – до миллиона километров. Главное – своевременно производить замену масла и прочих расходников.

#### *Недостатки оппозитного двигателя.*

Главный недостаток – сложность выполнения ремонтных работ. Из-за горизонтального расположения подлезть к двигателю просто нереально. Зачастую приходится снимать весь узел, чтобы провести небольшие ремонтные работы.

Практика эксплуатации показала, что из-за горизонтального расположения двигателя гильзы цилиндра истираются неравномерно. Из-за этого уже через некоторое время эксплуатации двигатель начинает «есть масло».

При выпуске данного двигателя планировалось сэкономить место под капотом, но по факту получилось наоборот – оппозитник занимает много больше пространства. Просто и того, что расположен он немного ниже.

Из-за сложности конструкции очень сложно найти специалиста, готового взяться за серьезный ремонт.

*Выводы.* Несмотря на существующие недостатки, этот оппозитный мотор продолжают устанавливать на ряд автомобилей, уже упомянутых SUBARU и некоторых моделей Porsche. Компания Subaru не собирается менять оппозитные двигатели на стандартные, так как ее

представители склонны считать, что это будет большим шагом назад. На уровень продаж автомобилей данной марки дороговизна обслуживания двигателя никак не влияет, так как машины зарекомендовали себя исключительно с положительной стороны.

Литература:

1. *Анохин В.А.* Отечественные автомобили М: Машиностроение, 1977.

2. *Тур Е. Я.* Серебряков К.Б. Устройство автомобиля М: Машиностроение 1990.

3. *Чумаченко Ю. Т., Герасименко А. И., Рассанов Б. Б.* АВТО-СЛЕСАРЬ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей, 2006 г. -- 544 с

## ОСОБЛИВОСТІ ОППОЗИТНОГО ДВИГУНА

Мілаєва І.І.

**Анотація** – стаття присвячена оппозитним двигунам. В статті описані особливості пристрою, переваги та недоліки оппозитного двигуна.

**англ. яз??????**

УДК 631.362

**МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ  
КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ДІЕЛЕКТРИЧНО-АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА  
НАСІННЯ**

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Шокарев О.О., аспірант\*.

*Тайврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-20-74

**Анотація** – у статті наведена методика обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів комбінованого діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння на етапі експериментальних досліджень. Розглядається методика встановлення залежності пропускної здатності пристрою для введення насіння в вертикальний канал запропонованого сепаратора, від його діаметру, а також можливість зробити висновок, що до раціональної величини швидкості повітряного потоку у середині вертикального каналу сепаратора.

**Ключові слова** – сепарування насіння, діелектрично-аеродинамічного сепаратора, пропускна здатність, швидкість повітряного потоку, методика, експериментальні дослідження.

*Постановка проблеми.* Конструктивно-технологічні параметри комбінованого діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння обґрунтовуються на етапі теоретичних досліджень, на підставі яких виготовляється експериментальна установка.

*Аналіз останніх досліджень.* Виникає потреба в аналізі якості процесу сепарації насіння та надійності конструкції діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння, а також у порівнянні показників якості сепарації запропонованим сепаратором з аеродинамічним сепаратором [1,2].

Експериментальні дослідження – останній рівень декомпозиції загальної задачі дослідження ефективності – забезпечують рішення усіх питань, які торкаються конструктивно-технологічних параметрів комбінованого діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння.

---

© Кюрчев С.В., Шокарев О.О.

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Кюрчев С.В.



*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Дана стаття присвячена обґрунтуванню конструктивно-технологічних параметрів запропонованого сепаратора та визначенню характеристик якості за результатами експериментальних досліджень. Важливою складовою загальної якості роботи розробленого сепаратора насіння є величина швидкості повітряного потоку всередині діелектричного аспіраційного каналу сепаратора. Параметром, що визначає продуктивність та економічну ефективність роботи запропонованого сепаратора є діаметр патрубку введення насіння. Зупинимось на методиці експериментальних обґрунтувань цих параметрів.

*Основна частина.* **Величина швидкості повітряного потоку** всередині діелектричного аспіраційного каналу сепаратора є важливою складовою загальної якості роботи розробленого сепаратора насіння.

При випаданні із патрубка введення насіння потрапляє при падінні до каналу, створеному його бічними стінками, в якому на насіння діють сила тяжіння, сила повітряного опору та діелектрична сила аеродинамічного притягнення до навитки, що розташовано із зовнішнього боку цього каналу та має живлячий електричний струм високої напруги.

В результаті взаємодії насіння із силами аеродинамічного опору, насіння починає при русі зверху-донизу розщеплювати свою вертикальну траєкторію, тобто відклонятися від своєї вертикальної траєкторії.

Таким чином, в ході проведення експериментальних досліджень необхідно визначити раціональну величину швидкості повітряного потоку, що просмоктується всередині аеродинамічного каналу сепаратора.

Для цього, проведемо дослідження за наступною методикою.

1. Виготовимо мішень для фіксації насіння після його випадання із нижнього кінця вертикального діелектричного каналу сепаратора, для чого візьмемо дерев'яну дошку та виготовимо з неї квадратну поверхню із зовнішніми розмірами 400мм x 400мм.

Зверху цієї мішені нанесемо фіксуючий липкий шар автомобільної бітумної мастики, що використовується для антикорозійної обробки автомобілів.

Товщина шару має становити від 0.5 до 2мм, а сам шар не має містити вільних від мастики частин поверхні його верхньої частини.

2. Для проведення досліджень встановимо на експериментальну установку пластмасову трубу із товщиною стінки 1мм та внутрішнім діаметром 150мм, попередньо прийнявши її довжину 1м.

3. Виготовимо пристрій для фіксації насіння наведений на рис. 1, зробивши його із шматка пластмасової труби, внутрішнім діамет-

ром 150мм, у вигляді кільці висотою 40мм, із розрізом вздовж вісі цієї труби.

Цей розріз, дозволяє зменшити зовнішній діаметр цього пристрою до необхідної величини, що забезпечує її можливість вставляти всередину вертикального каналу сепаратора.

Фіксація пристрою постачання насіння відбувається за допомогою двосторонньої стрічки липкого матеріалу типу "скотч".

Всередині пристрою для фіксації та подавання насіння (рис.1) за допомогою гвинтів із потайною голівкою закріплено опорну металеву скобу 2, до якої прикручено рухому частину електромагнітного реле типу РЕС-6 на 12В.

Над рухомою частиною реле, що при подаванні постійного струму на котушку 3 притягується до металевого сердечника, розміщена із зазором в 2...3мм додаткова скоба із металу 4, котра виконує функцію затискання насіння 5 на етапі підготовки її до введення у вертикальний аспіраційний канал сепаратора.

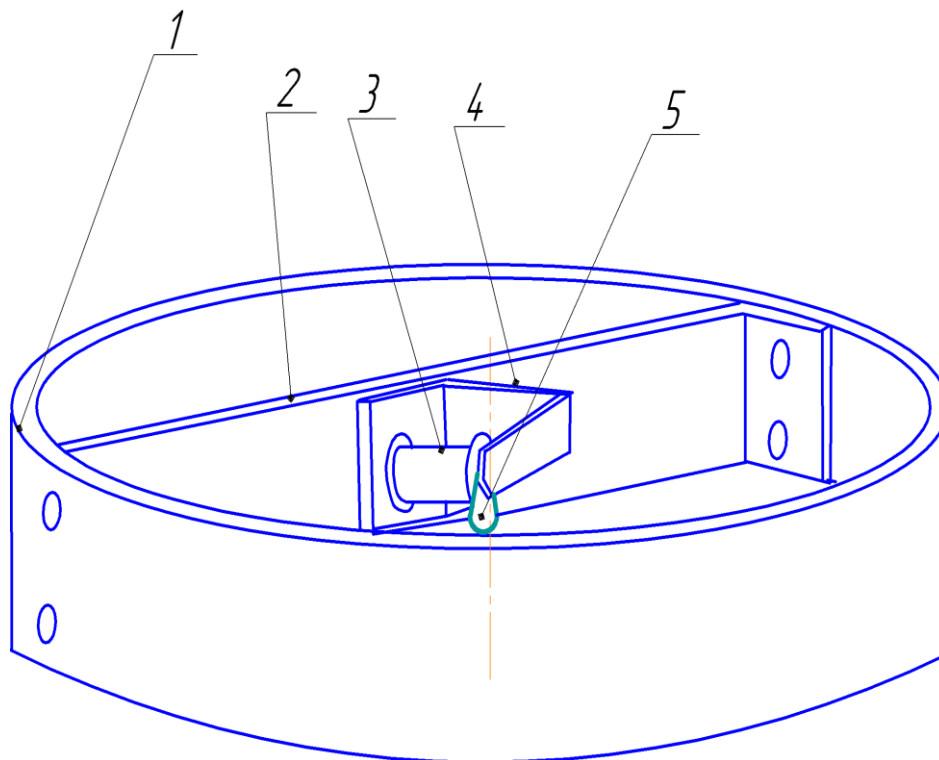


Рис. 1. Конструкція пристрою для фіксації та подавання насіння

1 - розрізний патрубок; 2 - основна несуча скоба; 3 - навитка електромагнітного реле; 4 - скоба попередньої фіксації насіння;

5 - піддослідне насіння

4. Встановимо пристрій для фіксації та подавання насіння на відстань від нижнього кінця вертикального каналу 800мм, за допомогою двостороннього матеріалу типу "скотч" зафіксуємо його в такому положенні.

В пускове реле, будемо закладати із заземленням піддослідне насіння, використавши для цього найбільш питомо-легке насіння, що було попередньо відібране.

В ході проведення експериментальних досліджень, всередині вертикального аспіраційного каналу за допомогою спеціального електричного вимірювача малих швидкостей повітряного потоку необхідно встановлювати швидкість повітряного потоку від мінімальної до максимально припустимої з інтервалом у 0.5 м/с.

За максимально припустиму швидкість повітряного потоку будемо приймати таку швидкість повітряного потоку всередині діелектричного аспіраційного каналу, коли насіння із найменшою питомою масою буде вилучене повітряним потоком наверх каналу, при його вивільненні із затиснутого стану реле пристрою для подавання насіння.

За кожним значенням величини швидкості повітряного потоку необхідно вимірювати абсолютну відстань радіусу розщеплення вертикальної траєкторії руху насіння, тобто заміряти відстань від найближчої бічної стінки проекції зовнішнього діаметру вертикального каналу на мішень для фіксації насіння, описану у п.1.

Після заміру відстані від найближчої бічної стінки проекції зонішнього діаметру вертикального каналу вираховують абсолютну величину радіусу рознесення насіння із найменшою питомою масою у кожному окремо взятому досліді, віднявши від радіусу вертикального каналу 75мм отриману відстань до найближчої стінки цього каналу на мішені.

Для отримання точних даних, дослідження при кожній конкретній величині значення швидкості повітряного потоку проводять із трикратною повторністю.

В ході проведення досліджень також перевіряють умову перебільшення величини радіусу рознесення насіння 75мм, тобто якщо в ході ексериментів радіус рознесення насіння буде в межах 70-75мм, то тоді зменшують величину відстані встановлення пристрою для фіксації та подавання насіння на 100мм, (від нижнього кінця вертикального каналу) до тої пори, коли максимальний радіус рознесення не буде дорівнювати 65-70мм.

За отриманими в ході експериментальних досліджень даними будується графік залежності відстані рознесення насіння із найменшою питомою масою у залежності від швидкості повітряного потоку всередині вертикального аспіраційного каналу сепаратора.

На основі отриманих графіків можливо зробити висновок, що до раціональної величини швидкості повітряного потоку у середині вертикального каналу сепаратора.

**Діаметр патрубку введення насіння** є однією із найбільш важливих параметрів, що визначає продуктивність та економічну ефективність роботи запропонованого сепаратора.

Якщо виготовити діаметр патрубку введення насіння у вертикальний канал з великим, то в результаті буде створена необхідність виготовлення великого діаметру вертикального каналу, що обумовить великі енерговитрати на утворення повітряного потоку в його середині із великою витратою, і в результаті буде встановлено занадто потужний вентилятор.

В результаті цього, окрім збільшення загальної вартості на занадто енергооснащеність сепаратора, це додатково зменшить якість відбору насіння при сепарації.

З метою визначення експериментальним шляхом раціонального діаметру патрубку введення насіння в вертикальний канал, необхідно провести серію досліджень наступним чином:

1. Підібрати та закріпити у робочому положенні п'ять кутників 45° пластикової труби, діаметром - 32мм, 40мм, 50мм, 90мм та 110мм.

Для отримання найбільшої продуктивності та при цьому мінімального геометричного розміру будемо використовувати для дослідів готові пластикові деталі, що використовуються у сантехнічному обладнанні систем водовідведення.

2. Виготовимо, для проведення експериментальних досліджень лабораторну установку, що імітує постачання насіння у вертикальний канал із діелектричною навиткою реального насіння, що складається із бункера, із якого насіння під дією сили тяжіння постачаються у піддослідні патрубки введення різного діаметру.

3. З'єднаємо із піддослідним патрубком необхідного діаметру вихідний отвір бункера, при чому при зміні діаметрів патрубків, має мінятися і відповідно патрубок, що приєднує бункер до патрубка введення насіння в вертикальний канал.

4. Для визначення середньої продуктивності постачання насіння, тобто продуктивності вільного проходження насінням фракції, що сепарується, через патрубок введення у вертикальний канал, візьмемо для проведення досліджень навіску 5кг.

5. Проведемо із трикратною повторністю вимірювання часу звільнення бункера насінням фракції масою 5 кг, використовуючи для цього електронний секундомір.

6. Повторимо дослідження п.1 по п.5, встановлюючи різні за діаметром кутники пластикової труби, відповідно діаметром - 32мм, 40мм, 50мм, 90мм та 110мм.

За отриманими даними, можливо побудувати графіки залежності пропускної здатності пристрою для введення насіння в вертикальний канал запропонованого сепаратора, в залежності від його діаметру.

*Висновки.* За результатами побудованих графіків можливо зробити висновки, що до раціональної величини швидкості повітряного потоку у середині вертикального каналу сепаратора та раціонального значення діаметру патрубку введення насіння у вертикальний діелектричний канал розробленого сепаратора, а також з'являється можливість порівняти теоретичну пропускну здатність із експериментально отриманими значеннями, для даного діаметру патрубку. З'являється можливість порівняти показники якості сепарації комбінованого діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння з аеродинамічним сепаратором.

Література:

1. *Котов Б.І.* Перспективи розвитку конструкцій зернонасінно-очисної техніки // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин: Кіровоград. 2001. Вип. 31. с. 110-111.

2. *Тищенко Л.Н.* К исследованию разделения фракций зерновой смеси при сепарировании на вертикальном цилиндрическом виброцентробежном решете / Тищенко Л.Н., Пивень М.В. // Вибрации в технике и технологиях. — 2002. — № 5(31). — С. 40—43.

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧНО- АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН

Кюрчев С.В., Шокарев О.О.

*Аннотация* – в статье приведена методика обоснования конструктивно-технологических параметров комбинированного диелектрично-аеродинамического сепаратора семян на этапе экспериментальных исследований. Рассматривается методика установления зависимости пропускной способности устройства для введения семян в вертикальный канал предложенного сепаратора, от его диаметра, а также возможность сделать вывод относительно рациональной величины скорости воздушного потока в середине вертикального канала сепаратора.

**Annotation.** To analyze the seeds separation combine of the stripper type harvester and results was presented in the article to stripped heap separator type choice. The separators with the air flow

**and the electrostatic channel was presented also. The article is indicating the direction of future research.**

**Keywords – root stripping, separation, stripped heap, seeds, electrostatic separator.**

????????? Название, авторы на англ.. яз.????

УДК 631.354.022

## МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ОБЧЕСАНИХ СТЕБЕЛ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ РІЗАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Данченко М.М., к.т.н.,

Шокарев О.М., к.т.н.,

Шегеда К.О., аспірант\*.

*Тайврійський Державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-00-11

**Анотація** – у статті наведені механіко – технологічні особливості поведінки обчесаних стебел з граблинами транспортуючого механізму в зоні вивантажного вікна валкоутворювача різального пристрою комбайна обчісуючого типу.

**Ключові слова** – комбайн обчісуючого типу, різальний пристрій, транспортуючий механізм, валкоутворювач, кінематичний аналіз.

*Постановка проблеми.* Одним з перспективних напрямів комбайнової технології збирання зернових культур є збирання методом обчісування рослин на корню [1, 2].

Однак невирішеність до теперішнього часу проблеми збирання обчесаного стеблестом вважається основним стримуючим фактором при широкому впровадженні в виробництво зернозбиральної техніки обчісувального типу.

На теперішній час відомо декілька типів різальних пристроїв, що забезпечують зрізання обчесаних стеблин перед рушіями комбайнів по всій ширині захвата обчісувального пристрою і укладання їх в валок, який здатні підібрати і утилізувати існуючі комплекси машин [3,4].

Але для підвищення надійності технологічного процесу обчісування зернових культур треба підвищити в першу чергу надійність робочих органів різального пристрою комбайна, зокрема транспортуючого механізму та валкоутворювача.

*Аналіз останніх досліджень.* Дана стаття присвячена дослідженню процесу транспортування та укладки в валок зрізаних, обче-

---

© Данченко М.М., Шокарев О.М., Шегеда К.О.

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Шокарев О.М.

саних стебел зернових культур, які збираються методом обчісування рослин на корені.

Елементи технологічного процесу збирання незернової частини врожаю (обчесаного на корені стеблостою) підпорядковані виконанню наступних технічних і технологічних задач, зумовлених кінцевою метою технології збирання зернових культур обчісуванням рослин на корені.

1) Потік обчесаних стеблів по всій ширині захвату різального пристрою (РП) необхідно розділяти на вузькі паралельні потоки, спрямовані в окремі робочі зони поодиначного зрізання стеблин - **розділення** загального потоку на елементарні паралельні потоки та впорядковане їх **спрямування** до зон різання. Іншими словами, необхідно забезпечити неперервний процес перерозподілу суцільного потоку стеблостою по всій ширині захвату РП на дискретні дрібні його порції та їх подачу (спрямування) в робочі мікрозони різального апарату сегментного типу.

2) Забезпечити **повне зрізання** всіх стеблів по всій ширині захвату РП **на заданій висоті** - гарантоване і своєчасне зрізання в кожній робочій мікрозоні поступивших до неї стеблин з обов'язковим дотриманням вимог на висоту стерні.

3) Забезпечити неперервне очищення зон різання від зрізаних стеблів по всій ширині захвату РП - своєчасне **визволення мікрозон** різання від зрізаних стеблин.

4) Забезпечити транспортування зрізаних стеблів до валкоутворюючого механізму - неперервне **транспортування зрізаних стеблів** із мікрозон різання до місця формування валка.

5) Забезпечити неперервне формування із зрізаних стеблів валок з дотриманням певних агротехнічних вимог (ширина валка, орієнтованість стеблів у валку відносно продольної осі комбайна, зв'язність стеблів у валку та його щільність і товщина, висота відносно ґрунту укладки на стерню валка та ін.)

- **формування валка** та його **укладка на стерню**.

При цьому слід зазначити, що технологічний процес зрізання у валок обчесаних на корені рослин повинен здійснюватися на всьому діапазоні робочих швидкостей комбайну. Тобто різальний пристрій не повинен бути причиною зниження робочої швидкості комбайна, а тому не може бути негативним чинником зниження продуктивності зернозбирання за даною технологією.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Зусиллями науковців проблемної лабораторії зернозбиральних машин ТДАТУ було створено оригінальний різальний пристрій для збирання обчесаного стеблостою у валок [3].



Основні технологічні і конструктивні параметри різального пристрою до зернозбирального комбайну обчислюючого типу мають наступні позначення:

$B$  – конструктивна ширина захвату комбайна (відповідає ширині захвату обчислюючого та різального його пристроїв), м;  $V_m$  – робоча швидкість руху комбайна, м/с;  $\delta$  – зазор робочої мікрозони різального апарату, мм;  $b$  – шаг розстановки робочих мікрозон, мм;  $G$  – густина стеблостою, шт./м<sup>2</sup>;  $V_n$  – швидкість руху різальних сегментів відносно рами РП, м/с; ...

Розрахункова схема щодо обґрунтування параметрів робочої мікрозони різального апарату наведена на рис. 1.

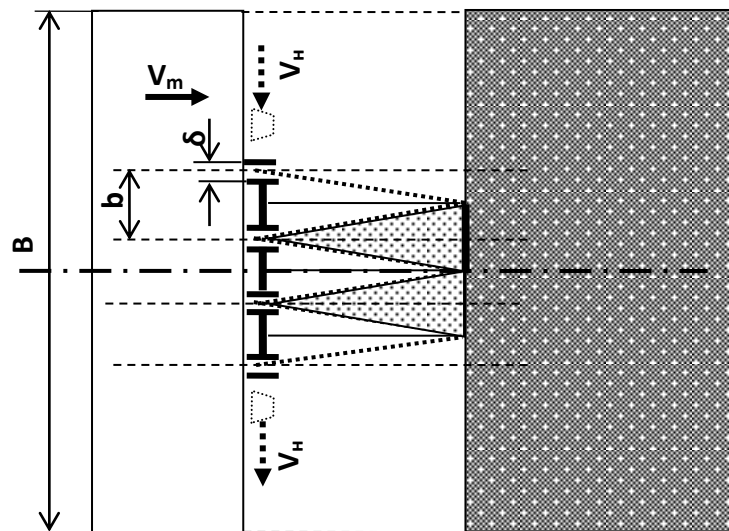


Рис. 1. Розрахункова схема.

З рисунку 1 видно, що в один зазор  $\delta$  робочої мікрозони різального апарату спрямовується потік стеблостою зі смужки поля, ширина якої дорівнює параметру  $b$ . Якщо допустити, що густина стеблостою ( $G$ ) є сталою величиною для даного поля, то за фіксований проміжок часу  $t$  кількість стеблів ( $N_t$ ), що попадає в один зазор  $\delta$ , визначиться формулою

$$N_t = b \cdot V_m \cdot t \cdot G \quad (1)$$

Зробимо ще одне припущення про те, що час  $\tau$  між попаданнями в зазор двох суміжних стеблин є величиною сталою. Тоді на підставі (1) можна записати наступну формулу:

$$\tau = \frac{t}{N_t} = \frac{1}{b \cdot V_m \cdot G} \quad (2)$$

Результати чисельних польових випробувань такого пристрою показали на наявність в ньому конструктивно-технологічної недороб-

ки механізму валкоутворення. До того ж з'ясувалось, що процес взаємодії стебла з відбиваючою поверхнею валкоутворювача достатньо складний з погляду аналітичного його опису. Тому з метою вирішення цієї проблеми були проведені дослідження процесу відбивання зрізаних стеблин обертаючою циліндричною поверхнею з використанням методу фізичного моделювання.

*Основна частина.* Розглянемо схему взаємодії стебла з поверхнею відбиваючого вальця (рис.2).

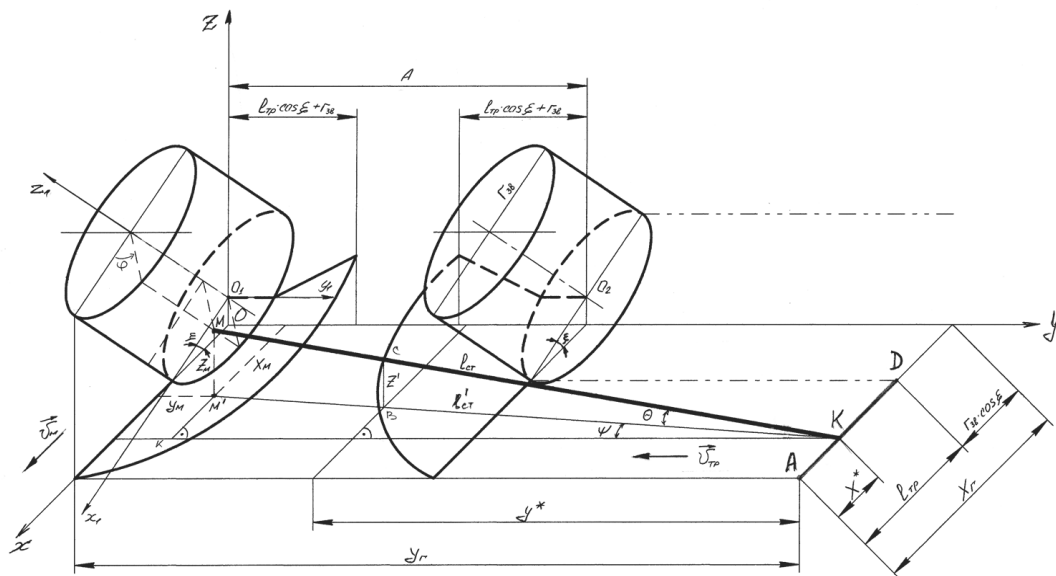


Рис. 2. Схема взаємодії стебла з циліндричною поверхнею відбиваючого вальця.

Для цього введемо наступні дві системи координат:  $OXYZ$  – зв'язану з комбайном, де вісь  $OX$  направимо по ходу руху комбайна паралельно ґрунту, вісь  $OY$  – перпендикулярно напрямку руху комбайна і паралельно ґрунту, вісь  $OZ$  – вертикально вгору (перпендикулярно поверхні ґрунту); і систему координат  $O_1X_1Y_1Z_1$  – зв'язану з вальцем, де вісь  $O_1X_1$  направлена по ходу руху комбайна і під кутом  $\xi$  до осі  $OX$ , вісь  $O_1Y_1$  паралельна з віссю  $OY$ , а вісь  $O_1Z_1$  направимо по осі відбиваючого вальця ( $O_1X_1Z_1 \in OXZ$ ).

Як управляючі параметри варіюватимемо величиною  $X^*$ , що визначає положення краю стебла на транспортуючій грабліні, і кутом  $\psi$ , який складає стебло в площині  $OXY$  з віссю  $OY$ . Величина  $X^*$  може змінюватися в межах від 0 до  $l_{mp}$  (довжина транспортуючої грабліні), проте з рис. 3 видно що діапазон можливих значення  $X^*$ , за умови руху стебла без затискання, реально зменшений до інтервалу від  $[0 ; l_{mp} \cdot \cos^2 \xi]$ . Значення ж кута  $\psi$  при заданому значенні  $X^*$ , може знаходитися в діапазоні від  $\psi=0$  до  $\psi=\psi_{max}$ , яке, згідно вибраній схемі

(рис.3) визначається виразом:

$$\psi_{\max} = 90^{\circ} - \beta = 90^{\circ} - \arctg \frac{l_{mp} \cdot \cos \xi \cdot \sin \xi}{l_{mp} \cdot \cos^2 \xi - X^*} \quad (3)$$

Таким чином, задача про визначення області можливих значень точки удару  $M$  на поверхні відбиваючого вальця зводиться до задачі про розгляд функції двох змінних  $X^*$  і  $\psi$ .

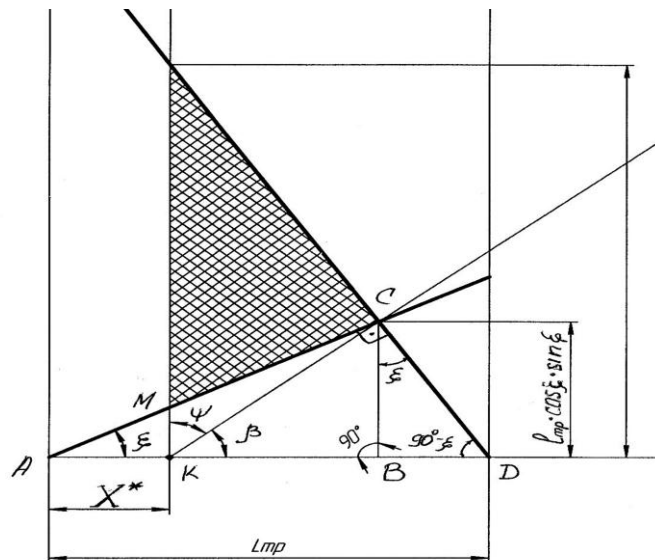


Рис. 3. Розрахункова схема

Початковими даними в даному завданні є: довжина стебла ( $l_{cm}$ ), положення центра мас стебла ( $l_{ц.м.}$ ), відстань між відбиваючими поверхнями ( $A$ ), що обертаються, кут нахилу між осями  $OX$  і  $O_1X_1$  ( $\xi$ ), довжина транспортуючої граблини ( $l_{mp}$ ). Вважаємо, що поверхня, що обертається, має вид циліндра, радіусом  $r_{\sigma} = r_{зв}$ .

Розглядаючи вплив всіх вищеперелічених величин на положення точки удару  $M$  в системі координат  $OXYZ$ , використовуючи як розрахункову схему рис. 2 нами була одержана наступна система рівнянь:

$$\begin{cases} X_M = l_{mp} + r_{зв} \cdot \cos \varepsilon - X^* - l_{cm} \cdot \cos \theta \cdot \sin \psi \\ Y_M = Y_{\Gamma} - l_{cm} \cdot \cos \theta \cdot \cos \psi \\ Z_M = l_{cm} \cdot \sin \theta \end{cases} \quad (4)$$

Проекції точки удару  $M$  в системі координат  $OXYZ$  можуть бути

також визначені з розрахункової схеми, зображеної на рис. 8.

В цьому випадку одержимо наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} X_M = x_1 \cdot \cos \xi + z_1 \cdot \sin \xi \\ Z_M = r_{36} \cdot \sin \xi + z_1 \cdot \cos \xi - x_1 \cdot \sin \xi \\ Y_M = y_1 = \sqrt{r_{36}^2 - x_1^2} \end{cases} \quad (5)$$

де  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$  – координати точки удару  $M$  в системі координат  $O_1x_1y_1z_1$ .

Розглядаючи взаємозв'язок кутових параметрів руху стебла  $\theta$  і  $\psi$ , використовуючи рис. 2, була встановлена між ними наступна залежність:

$$\theta = \arctan(\operatorname{tg} \xi \cdot \sin \psi) \quad (6)$$

Одержана система рівнянь (4) і (6) дозволяє при фіксованих значеннях  $X^*$  і  $\psi$  визначати положення точки удару  $M$  на поверхні відбиваючого вальця в будь-якій з представлених систем координат.

Задаючись положенням краю стебла на транспортуючій грабліні  $X^*$  і змінюючи значення кута  $\psi$  від  $0$  до  $\psi_{\max}$  (12), за допомогою системи рівнянь (4) – (6) ми одержали масив всіх можливих координат точки удару  $M$  в системах координат  $OXYZ$  і  $O_1x_1y_1z_1$ . Оскільки величина  $X^*$  в реальних умовах руху стебла є величиною випадкової, то і положення точки  $M$  є випадковим. На рис. 5 представлені гістограми щільності розподілу координати  $z_1$  і кутової координати  $\varphi$ .

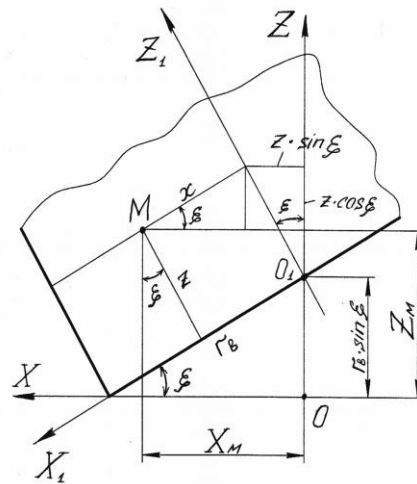


Рис. 4. Розрахункова схема

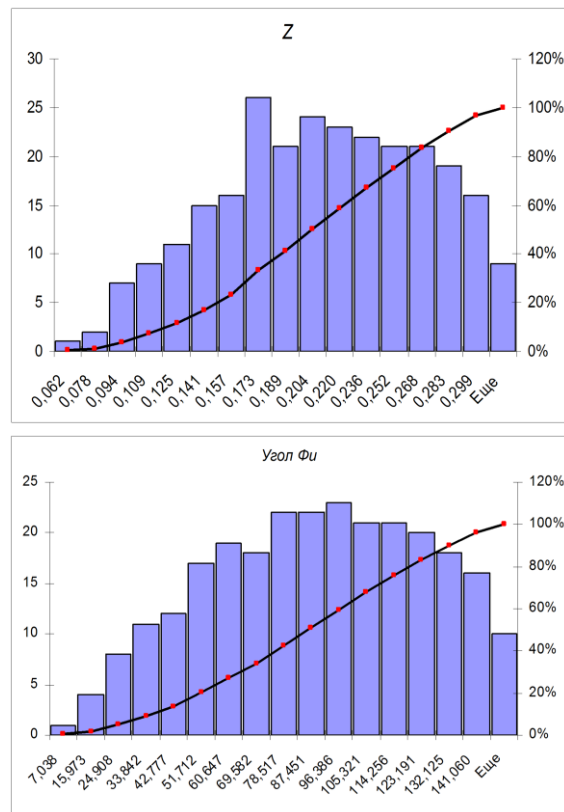


Рис. 5. Гістограми щільності розподілу координати  $z_1$  і кутової координати  $\varphi$

Була проведена статистична обробка отриманих масивів даних. А саме, в системі координат  $O_1x_1y_1z_1$  область можливих значень координати  $z_1$  знаходиться в інтервалі від  $z_{min}=6,2\text{см}$  до  $z_{max}=31,5\text{см}$  при  $\langle z \rangle = 20,2\text{см}$ ,  $\sigma_z = 6,0\text{см}$  (рис.4). Значення кутової координати  $\varphi$  в системі координат  $O_1x_1y_1z_1$  може змінюватися в межах від  $\varphi_{min}=7^\circ$  до  $\varphi_{max}=150^\circ$  при  $\langle \varphi \rangle = 85^\circ$ ,  $\sigma_\varphi = 35^\circ$  (рис.6).

Використання одержаної системи рівнянь дозволяє нам, по-перше, визначити область можливих значень точки удару  $M$  на поверхні відбиваючого вальця, що надалі використовується при моделюванні процесу взаємодії стебла з поверхнею відбиваючих вальців (рис. 7).

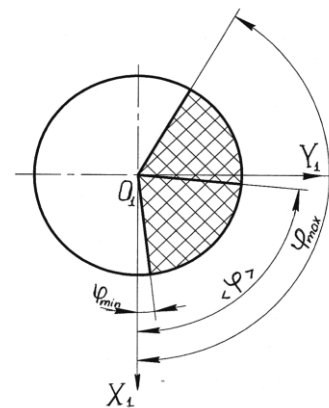


Рис. 6. Розрахункова схема

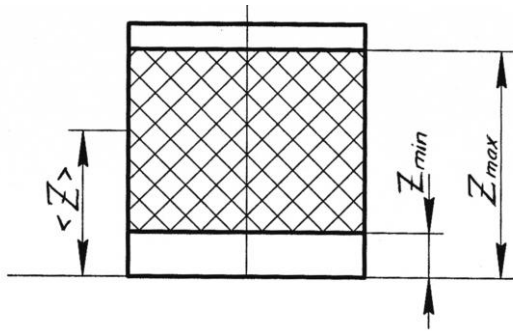


Рис. 7. Розрахункова схема

По-друге, дає можливість визначити максимальну висоту  $Z_{max}$ , якої може досягти стебло при своєму розвороті, що надалі використовується для обґрунтування висоти вальців.

По-третє, знаючи координати  $y^*$ ,  $X_2 - X^*$ , а також кути  $\psi$  і  $\theta$  при розвороті стебла, можемо визначити координати т.  $M$  в будь-якій з вибраних нами систем координат.

*Висновки.* В процесі вивчення механіко-технологічних особливостей взаємодії обчесаних стебел з робочими органами різального пристрою були вирішені наступні завдання: обрана схема транспортування поступаючої маси стебел, що формує і укладає валок між рушіями комбайна; в результаті кінематичного аналізу транспортуючого механізму було визначено, що в місці розвороту граблини складаються сприятливі умови для очищення його від стебел і формування валка. Розроблена фізична модель процесу взаємодії стебла з відбиваючою поверхнею валкоутворювача дає можливість розробити і виготовити лабораторну установку для фізичного моделювання процесу взаємодії зрізаних стебел з обертаючою поверхнею валкоутворювача.

#### Література:

1. Разработать технологические процессы и основные рабочие органы рисоуборочного комбайна и полевой уборочной машины, основанных на принципе обмолота растений на корню. // Заключительный отчет по НИР/ Мелитоп. институт мех. сел. хоз; № ГР02910041798. – Мелитополь, 1990.–60 с.
2. **???**А.С 1165278 СССР, Устройство для обмолота сельскохозяйственных культур на корню. /Голубев И.К., Гончаров Б.И. и др./ - Б.И. – 1985 - №25.
3. **???**А.С. 1601971 СССР, Режущее устройство сельскохозяйственных машин. /Шокарев А.Н. и др./ - Б.И. – 1990 - №20.
4. Шокарев О.М., Данченко М.М. Технічні вимоги до різального пристрою рисозбирального комбайна обчисувального типу та його польові дослідження./ Праці Таврійської держ. агротехн. академії. – Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 18. – с.88-91.

## МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЧЕСАНЫХ СТЕБЛЕЙ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ РЕЖУЩЕГО УСТРОЙСТВА

Данченко М.М., Шокарев О.М., Шегеда К.О.

*Анотация* – в статье приведены механико – технологические особенности поведения очесанных стеблей с транспортирующим механизмом в зоне выгрузного окна режущего устройства комбайна очесывающего типа.

*Annotation* - In the article for definition of cross-sectional moving of the cutting device of a segment type with reciprocal motion of a knife is resulted at the expense of force of inertias. Is indicated on what the value of this moving and measures on reduction oscillations called by force of inertias influences.

*Keywords* – root stripping, segment type, stripped heap, cross-sectional moving.

УДК 631.173

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА БЕЗВІДМОВНОСТІ ПІДСИСТЕМ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-05-70

**Анотація** – у статті розглянуто дослідження довговічності та безвідмовності підсистем молоткових дробарок в процесі їх експлуатації.

**Ключові слова** – довговічність, безвідмовність, експлуатація, подрібнювач концентрованих кормів, відмова, ймовірність безвідмовної роботи.

*Постановка проблеми.* Технології і обладнання підприємств сільськогосподарського машинобудування України морально застаріли, а їх фізичне зношення обладнання досягає 40...90% [1]. Виробничі потужності розраховані на великі обсяги виробництва, а попит на ринку суттєво зменшився [2]. Застарілі технології і обладнання та низька якість конструкційних матеріалів, що застосовуються, не дозволяють виготовляти конкурентоздатні сільськогосподарські машини [3]. Отже, рівень безвідмовності таких машин повинен бути достатньо високим на всіх стадіях використання, але усунення відмов і пов'язані з цим простої наносять значні матеріальні збитки підприємствам [4].

Подрібнення зерна - одна з найважливіших операцій в кормоприготуванні. Для подрібнення існує багато конструкцій кормодробарок, найпоширенішими серед яких є молоткові. На сьогодні парк цих машин, що знаходяться в експлуатації складає біля 20 тисяч штук. Суттєвим недоліком кормодробарок є недостатня їх надійність, яка обумовлена, насамперед, низькою безвідмовністю механізмів, різницею в наробітках на відмови окремих вузлів і деталей.

Проблема забезпечення необхідної надійності пов'язана з особливостями і складністю конструкцій дробарок, а також умовами їх експлуатації: високими швидкостями подрібнення зерна, наявністю вібрації, впливом абразивного середовища, тощо.



*Аналіз останніх досліджень.* Значний вклад в питання вивчення надійності та підвищення довговічності основних робочих органів дробарок, шляхом удосконалення конструкцій машин, їх вузлів і деталей внесли такі видатні вчені, як Фабрикант М.Б., Мельников С.В., Ялпачик Г.С., Золотарьов С.В., Бойко А.І., Пилипенко О.М., Сідашенко О.І., Новицький А.В. та інші [5-8].

В результаті проведених досліджень закладені основи забезпечення надійності машин, але багато важливих питань ще не отримали свого остаточного вирішення. В науковій літературі практично відсутні публікації по дослідженню надійності кормодробарок. Недостатньо висвітлена методологія оцінки надійності дробарок в реальних умовах експлуатації.

Тенденція розвитку техніки показує, що вирішення питань надійності не можливе без системного, комплексного підходу. До сьогодні, знаходяться в стадії розробки розрахункові методи визначення основних показників надійності кормодробарок, дослідження фізики відмов, їх характеру і розподілу. Постає необхідність у проведенні дослідження динаміки спрацювання деталей, що лімітують надійність.

Зростання навантаження на кормодробарки за кількістю переробленого матеріалу поставило питання про підвищення їх довговічності та технологічної надійності. У першу чергу це робочі органи дробарок - молотки та деки.

У процесі експлуатації дробарок інтенсивно спрацьовуються: ротор із молотками, підшипники, сита і деки, шнеки. Досвід експлуатації дробарок свідчить, що найбільше нарікань буває на подрібнювальний ротор із молотками, які спрацьовуються швидше, ніж інші деталі. Встановлено, що основними дефектами вала ротора є спрацювання посадочних місць під підшипники і напівмуфту, а також спрацювання шпоночної канавки.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Дослідити довговічність та безвідмовність кормодробарок в процесі їх експлуатації. Визначити найменш надійну підсистему кормодробарок та розподілення відмов по підсистемах молоткових дробарок.

*Основна частина.*

З позиції надійності, спрощена загальна структурна схеми кормодробарки може бути представлена у вигляді послідовно з'єднаних наступних типових складових підсистем: завантажувального шнека, зернового бункера, подрібнювальної камери, роздільної камери, шнека роздільної камери, вивантажувального шнека. Таке представлення правомірне, виходячи з того, що відмова будь-якої з підсистем, призводить до відмови машини в цілому.

У процесі експлуатації, кормодробарка може знаходитись в різних станах, обумовлених можливістю її роботи або необхідністю тех-

нічного обслуговування та ремонту. З точки зору надійності, найбільший інтерес представляє перехід машини із роботоздатного стану в нероботоздатний і навпаки. Час знаходження об'єкта дослідження в роботоздатному стані і час відновлення після відмови носять випадковий характер [9].

Для оцінки надійності кормодробарок прийняті одиничні показники довговічності, безвідмовності, ремонтпридатності та комплексний показник - коефіцієнт готовності.

Найбільш суттєвими для кормодробарок є показники безвідмовності, оскільки під час приготування кормів необхідно забезпечити роботоздатність машини на протязі певного інтервалу часу без перебоїв у годівлі тварин. Практика свідчить, що тільки через порушення режиму годівлі та поїння відзначається зниження продуктивності дійних корів приблизно на 15%.

Крім цього, важливо мати характеристики ремонтпридатності, так як роботи по підтриманню роботоздатного стану машини бажано проводити в стислі строки, в періоди між змінами по приготуванню кормів.

Ймовірність безвідмовної роботи кормодробарки визначається шляхом дослідження переходів в різні можливі стани.

На основі рівнянь Колмогорова, ймовірності переходів підсистем дробарки і її, як складної системи в цілому, у різні стани можна записати у вигляді системи диференціальних рівнянь [9]:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -aP_0(t) + \mu_i P_i(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \omega_i P_0(t) - (\mu_i + a_i) P_i(t), \end{cases} \quad (1)$$

де  $P_0$  – ймовірність безвідмовної роботи кормодробарки;

$P_i$  – ймовірність відмови, будь якої з і-їх підсистем;

$\omega_i$  – параметр потоку відмов і-ої підсистеми;

$\mu_i$  – параметр потоку відновлень і-ої підсистеми;

$a_i$  – параметр перетворень потоків відмов і-ої підсистеми.

Практичний інтерес для аналізу роботоздатності дробарки з позиції надійності в період тривалої експлуатації після припрацювання до списання, представляє сталий, стаціонарний режим, для якого

$\frac{dP_i}{dt} = 0$ . Тоді система диференціальних рівнянь (1) переходить в алгебраїчну, вирішення якої відносно невідомих, після відповідних математичних перетворень дає:

$$\begin{cases} P_0 = \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\mu_i + a_i} \right)^{-1}; \\ P_i = P_0 \cdot \frac{\omega_i}{\mu_i + a_i}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $n$  – кількість підсистем дробарки.

Аналіз першого рівняння системи (2) показує, що ймовірність безвідмовної роботи дробарки, як цілої системи може тільки асимптотично спрямуватись до максимального свого граничного значення і завжди менше його, оскільки до одиниці додаються ще складові обумовлені конкретними величинами параметрів потоків відмов і відновлень.

З другого рівняння (2) видно, що на ймовірність відмови будь якої з підсистем впливає тільки другий множник, який і враховує особливості їх ймовірнісних характеристик пов'язаних з розподілом відмов і відновлень.

Оскільки отримане значення ймовірності безвідмовної роботи кормодробарки  $P_0$  характерне для моменту часу значно віддаленого від початку експлуатації, а до складу рівнянь входять параметри відмов і відновлень механізмів, то ця ймовірність дорівнює коефіцієнту готовності  $K_G$ , тобто

$$P_0 = K_G. \quad (3)$$

Найменш надійна підсистема дробарок на які першочергово цілеспрямовуються дії по підвищенню довговічності та безвідмовності - подрібнювальна камера, для якої можна виділити п'ять основних елементів, які лімітують її ресурс: молотки, деки, решета, підшипники вала подрібнювального ротора та привідні паси. Відмови цих елементів визначають стан підсистеми, в якому вона може перебувати [3].

Відмови по підсистемах молоткових дробарок розподіляються нерівномірно. Найбільша їх кількість припадає на подрібнювальну камеру – 33,6%, завантажувальний шнек – 21,9% та зерновий бункер – 18,5% (рисунок 1). По групах складності відмови формуються наступ-

ним чином: 1 група складності – 13,7% відмов, 2 група складності – 84,2% і 3 група складності – 2,1% відмов від загальної їх кількості.

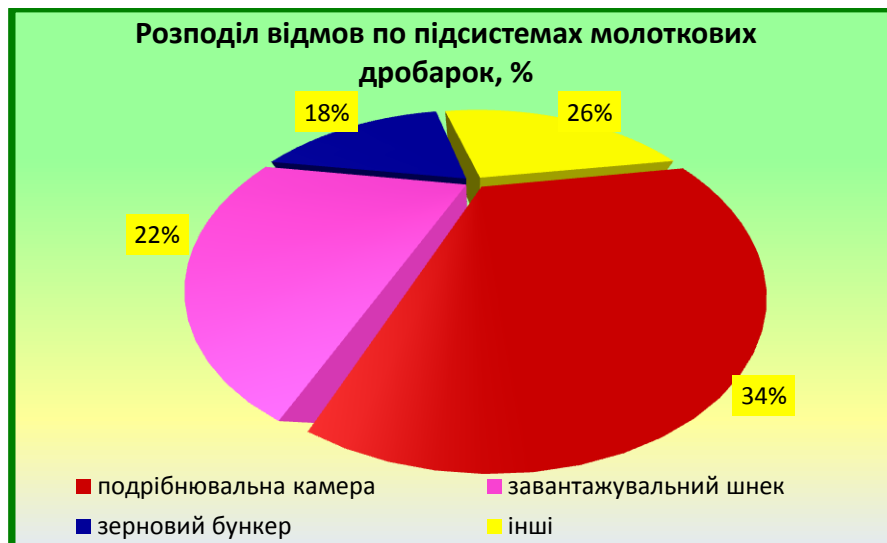


Рис. 1. Розподіл відмов по підсистемах молоткових дробарок, %

Важливим для забезпечення надійності кормодробарки є вивчення впливу окремих видів пошкоджень з визначенням ймовірності їх появи.

Надійність дробарок і їх підсистем залежить від параметрів потоків відмов  $\omega_i(t)$  і відновлень  $\mu_i(t)$ , вплив яких встановлено на основі моделювання станів і процесів переходів структурних одиниць в різні стани. Основний вплив на пошкодження деталей і формування їх відмов чинить процес спрацювання, обумовлений контактною взаємодією робочих органів із зерною масою.

*Висновки.* Значної уваги набули роботи з підвищення довговічності робочих органів і дробарок в цілому конструкторсько-технологічними методами. Такий напрямок в поєднанні з застосуванням деталей підвищеної довговічності дозволяє значно підняти наробіток дробарок, зменшити витрати на проведення технічного сервісу.

Важливим для забезпечення надійності кормодробарки є вивчення впливу окремих видів пошкоджень з визначенням ймовірності їх появи.

Надійність дробарок і їх підсистем залежить від параметрів потоків відмов  $\omega_i(t)$  і відновлень  $\mu_i(t)$ , вплив яких встановлено на основі моделювання станів і процесів переходів структурних одиниць в різні стани.

Основний вплив на пошкодження деталей і формування їх відмов чинить процес спрацювання, обумовлений контактною взаємодією робочих органів із зерною масою.

Перспективним напрямком подальших досліджень в галузі підвищення надійності кормоподрібноувальної техніки слід вважати комплексний структурний аналіз надійності машин на основі системного підходу до їх конструктивних рішень.

Література:

1. *Пастухов В.І.* Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт / Автореф. дис... д-ра техн. наук, 05.05.11. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2006. – 38 с.

2. *Басін В.С.* Надійність як умова подальшого розвитку // Техніка АПК. – 2007. – №10. – С. 14–15.

3. *Гарькавий А.Д.* Конкурентоспроможність технологій і машин / *А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриченко, А.В. Спирін.* – Вінниця: Тірас, 2006. – 73 с.

4. *Басін В.С.* Надійність та конкурентоспроможність // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2007. – Вип.51. – С. 16–21.

5. *Іванов В.І.* Теоретичні положення забезпечення надійності машин підвищенням кореляції між їх елементами (селекція елементів в машині) // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / *В.І. Іванов, В.А.Бантковський, Д.О. Козій.* – Х., 2007. – Вип.67. – Т.1. – С. 145–150.

6. *Бойко А.І., Новицький А.В.* Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ. – 1997. – Т. III. – с. 6-8.

7. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібноуючих машин // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ. – 1998. – Т. IV. – с. 63-68.

8. *Новицький А.В.* Підвищення безвідмовності кормодробарок конструкторсько-технологічними методами на основі структурного аналізу їх надійності. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11. - Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. - НАУ, Київ, 2001.

9. *Сухарєв Е.О.* Експлуатаційна надійність машин. – Рівне: НУВГП, 2006. – 190 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ  
ПОДСИСТЕМ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК В ПРОЦЕССЕ ИХ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Болтянский О.В., Болтянская Н.И.

*Аннотация* – в статье рассмотрено исследование долговечности и безотказности подсистем молотковых дробилок в процессе их эксплуатации.

**RESEARCH DURABILITY AND RELIABILITY HAMMER  
CRUSHERS SUBSYSTEMS IN THEIR OPERATION**

O. Boltyanskiy, N. Boltyanskaya

*Summary*

**The article deals with the study of durability and reliability subsystems hammer crushers during their operation.**

УДК 621.423

## УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА БЮПАЛИВА НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

Мовчан С. І., к.т.н. ,

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-23-85, 42-04-42

**Анотація** – розглянуто існуючі технології виробництва біопалива та удосконалену схему на основі рослинних олій

**Ключові слова** – виробництво біопалива, рослинні олії, ріпакові ефіри, палива на основі рослинних олій

*Постановка проблеми.* Останні події, які спостерігаються на ринку нафтопродуктів підтвердили залежність України від імпорту нафти, яка за даними [1, 4] знаходиться в межах 75...85%. Збільшення її ціни на нафтових біржах неминуче призводить до подорожчання паливно-мастильних матеріалів всередині країни. Така ситуація в черговий раз підтверджує необхідність пошуку та перевід двигунів мобільних енергетичних засобів на альтернативні види палива [1, 3, 5, 10, 12]. Їх широке використання, звичайно, не зможе вирішити всіх енергетичних проблем. Проте за неминучого зростання світових цін на мінеральні палива, альтернативні види, для виробництва яких в Україні є достатні умови і потужності, зможуть задовольнити значну частку внутрішнього попиту на пальне, суттєво зменшити негативний вплив відпрацьованих газів на навколишнє середовище.

*Аналіз останніх досліджень.* Використання альтернативних видів палива в дизельних двигунах внутрішнього згоряння ставить за мету дослідження й визначення використання сільськогосподарської сировини по різних напрямках.

Ріпаково-етиллові ефіри можна використовувати у чистому вигляді. Проте проведеними раніше дослідженнями [6, 7] встановлено, що його ефективніше використовувати в суміші з дизельним пальним або газовим конденсатом, оскільки в такому разі його найважливіші фізико-хімічні та експлуатаційні показники наближаються до показників стандартного палива. Рекомендоване співвідношення компонен-

тів суміші – 50...60% ріпаково-етилових ефірів та 50..40% газового конденсату [8]. Досліджуючи роботу двигуна на різних режимах, можна підтвердити доцільність використання цього альтернативного виду палива та обґрунтувати склад компонентів суміші.

Палива на основі рослинних олій. Хімічний склад рослинних олій різноманітний: існує різниця не тільки між оліями різних рослин, але і між оліями однієї тієї ж рослини, що визначає технологію її збирання та переробки. Оскільки олії мають близьку до дизпалива самозаймистість і теплоту згоряння, то вони створюють йому хорошу альтернативу. Із багатьох відомих видів олій найбільш придатною для виробництва пального для дизельних двигунів в Україні є ріпакова.

Існує декілька технологій використання біопалива для ДВЗ, виробленого з насіння ріпаку.

Необроблена холодно пресована олія. Аналіз опублікованих досліджень показує [5], що під час роботи дизелів на рослинних оліях з безпосереднім їх впорскуванням в системі паливоподачі і на стінках камери згоряння утворюються смоло- і лакові відкладення. Це призводить до збільшення витрати олії і прискореного зносу деталей циліндропоршневої групи. Щоб усунути даний недолік необхідно, щоб робочий процес відбувався за більш високих температур [8].

Інший недолік зумовлюється надто високою в'язкістю ріпакової олії, яка приблизно у 15 разів перевищує відповідний показник ДП. Щоб її використовувати необхідно певним чином модифікувати систему паливоподачі двигуна. Порівняно невисока температура застигання олії (мінус 2°C) викликає потребу в її додатковому підігріві [8].

Ріпакова олія холодного пресування з присадками. Шляхом додавання присадок до холодно пресованої, фільтрованої з насіння ріпаку олії одержують паливо, яке придатне для використання у двигунах різних поколінь без конструктивних змін. В'язкість даного палива значно вища, ніж в'язкість дизельного пального, а її цетанове число при цьому вище, ніж у необробленої олії [1].

Ріпакова олія холодного пресування в суміші з дизельним паливом. Через надмірну густину і незадовільні фізико-хімічні властивості виникає проблема у приведенні багатьох показників до таких, що відповідають вимогам ДСТУ для палива, що використовується в дизельних двигунах. В даному випадку пропонується змішувати ріпакову олію з дизельним паливом. За таких умов можна дещо зменшити її незадовільні експлуатаційні властивості. На даний час співвідношення суміші ріпакової олії та дизельного палива рекомендується в широких межах - від 0,75:0,25 до 0,25:0,75 [5, 7].

Ріпакові ефіри. Даний вид пального одержують в результаті процесу етерифікації – обміну молекули гліцерину з трьома молекулами метанолу за високої температури і в присутності каталізаторів.



Важливою ознакою даного пального є те, що при його використанні паливна апаратура не потребує змін в конструкції. Однією із перешкод широкого впровадження ріпакових ефірів, як альтернативного пального для дизельних двигунів, є його нижча, порівняно з дизельним, якість за основними фізико-хімічними показниками [2, 5, 7, 8]. Дослідження [5] свідчать, що динамічна в'язкість ефірів порівняно з дизельним паливом збільшується майже вдвічі, що призводить до зменшення кута розкриття струмини пального та збільшення далекобійності. Внаслідок цього до 79% пального потрапляє на стінки камери згоряння, що зменшує частку об'ємного сумішоутворення і негативно впливає на процес згоряння. Дані негативні показники можна зменшити, якщо дане паливо виготовляти за чітко визначеною схемою виробництва. Фізико-хімічні показники залежать також і від якості ріпакової олії, тобто сортів та процесу переробки насіння ріпаку.

Використання альтернативних видів палива в дизельних двигунах внутрішнього згоряння наведено в роботі [13]. Детальний аналіз та представлені напрями застосування сільськогосподарської сировини є основою для розроблення технологічних рішень.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Наведений аналіз використання різних олійних культур визначає напрямок досліджень, який полягає в удосконаленні технологічної схеми виробництва біопалива на основі рослинних олій.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз напрямків використання альтернативних видів палива у виробничій діяльності.
2. Удосконалити технологічну схему виробництва біопалива на основі рослинних олій.

*Об'єктом досліджень* фізико-хімічні процеси виробництва біодизельного пального.

*Предметом досліджень* виступає схема виробництва біопалива на основі рослинних олій.

*Основна частина.* Удосконалення схеми виробництва біопалива на основі рослинних олій базується на існуючих технологіях виробництва біопалива на основі рослинних олій.

Розглянемо деякі з них та визначимо позитивні характеристики, які мають місце.

Традиційна технологія виробництва біопалива з рослинних олій полягає в реалізації реакції етерифікації рослинних олій за допомогою метилового спирту в присутності каталізатора [9, 11].

Ефіри на основі оливи рідко олійної отримують в реакторах, розроблених для ефективною етерифікації рослинних олій. Всі компоненти біодизеля - олива, метиловий спирт, каталізатор, стисле повітря

повинні бути безводними. Спирт застосовують чистий 99,9%. Гідроокис натрію повинен бути індустріальним, також 99,9%, у формі кристалів. Ніякі інші компоненти не допустимі.

Оливу ретельно титрують, щоб можна правильно визначити кількість необхідного каталізатора. Її кислотне число повинне бути не менше, ніж сім. Олію подають в реактор за температури 55-60°C.

Кількість метанолу становить 17%...20% від об'єму оливи. Маса каталізатора, який використовується, може змінюватися між 4 і 8 грамами гідроокису натрію на 1 літр оливи. Якщо за наслідками титрування необхідно більше 8 грам каталізатора на 1 літр олії – значить вона має підвищену кислотність, і отримане паливо буде низької якості.

До нагрітої оливи поволі додають метиловий спирт. Після цього засипають їдкий натрій, не більш ніж 0,5 кг в хвилину, суміш нагрівають до температури 85 °С. Після цього її інтенсивно перемішують впродовж 15-20 хвилин. За цей час проходить реакція етерифікації, в результаті якої утворюються ефіри та гліцерин, який відділяють від них шляхом осаджування.

З метою спрощення конструкції обладнання, зменшення витрат на отримання біопалива нами розроблена нова технологія виготовлення біопалива на основі ріпакової олії.

Її «now hau» полягає в новому способі етерифікації олії. На запропонований спосіб подані необхідні матеріали для отримання патенту України на винахід.

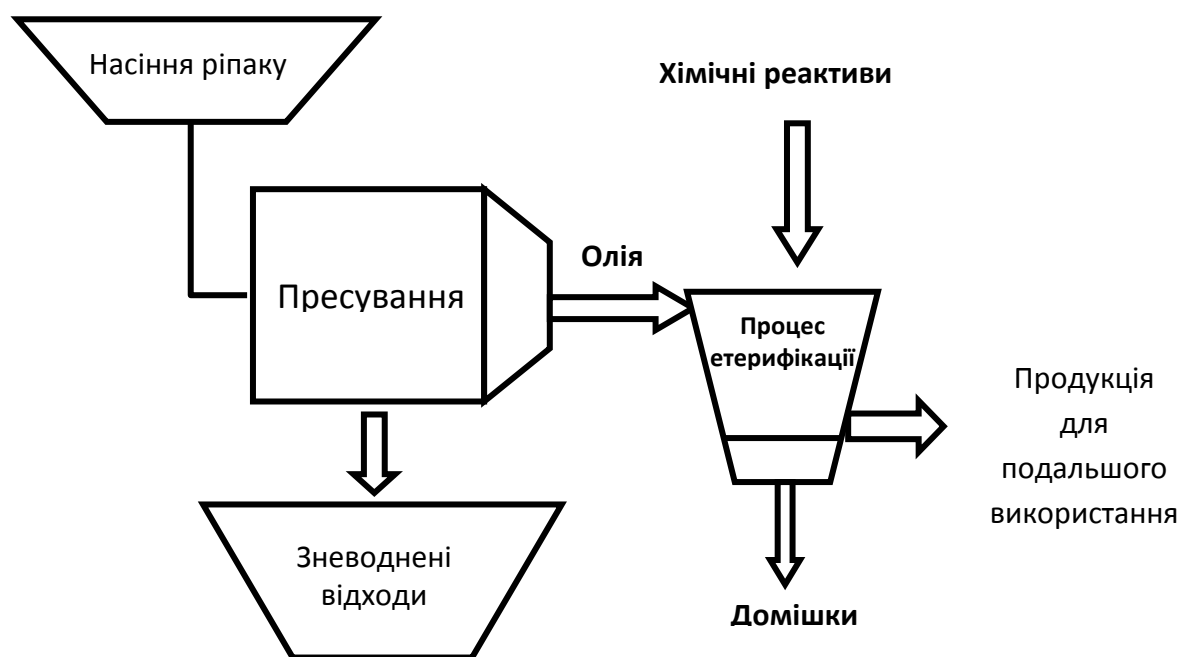


Рис.1. Удосконалена схема виробництва біопалива на основі рослинних олій

Завдяки новому способу отримання ріпакових ефірів суттєво спрощується технологічна схема їх виробництва, яка передбачає виконання тільки двох операцій: пресування насіння ріпаку з метою отримання олії та її етерифікацію.

Етерифікація олії, разом з іншими складовими, передбачає використання етилового спирту. За запропонованою технологією даний процес не потребує нагрівання сумішей і відбувається за температури навколишнього середовища (не вище 20 °С) та займає не більше однієї години.

На відміну від вище проаналізованих, запропонована нами схема має низку переваг:

- олію та складові компоненти, що беруть участь в процесі її етерифікації, не потрібно нагрівати. Даний процес проходить за температури навколишнього середовища (не вище 20 °С);

- виключає виконання багатьох технологічних операцій, як фільтрацію та додаткову очистку олії, нагрівання суміші, вимивання і випарювання метилового ефіру, що суттєво зменшує кількість необхідного технологічного обладнання для виробництва біопалива;

- дозволяє інтенсифікувати процес отримання ріпакових ефірів, оскільки за часом він займає не більше однієї години, тоді як в розглянутих вище схемах – не менше 2 годин;

- передбачає використання етилового спирту, що з одного боку суттєво зменшує агресивний корозійний вплив на кольорові метали, а з іншого – підвищує нижчу температуру згоряння біопалива.

За даною технологією з 1 т насіння ріпаку можна отримати 300 літрів ефірів.

*Висновки.* Для умов переважної більшості територій країни найбільш ефективною та придатною культурою, з насіння якою отримують оливу як сировину для виробництва біопалива, є озимий ріпак.

Внаслідок виконаного аналізу існуючих технологій запропонована схема виробництва біопалива на основі рослинних олій забезпечує повний цикл виробничих процесів, які відповідають стандартам на даний вид продукції.

Література:

1. Адаменко О. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О. Адаменко, В. Височанський [та ін.]. - Івано-Франківськ. 2000. – С. 43.

2. Білоконь Я.Ю. До питання про замітники дизельного палива // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. Теорія и розрахунок сільськогосподарських машин. – Київ. 1999.–т VI. – С. 46–49.

3. *Васильєвих Л.А.* Перспектива створення стратегічної паливної системи для агропромислового комплексу України. //Вісті академії інженерних наук України. 1999 №1(10) С. 8-11.

4. *Вірьовка М.І.* Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій // М.І. Вірьовка [та ін.]. - Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2002. – Вип. 86. – С. 290-294.

5. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакової олії / *А.П. Марченко, В.Г. Семенов, Д.У. Семенова, О.Ю. Ліньков.* // Вестник ХГПУ.: Сб. науч. тр.– Харьков, 2000. Вып. 101–С. 159-163.

6. *Ковалишин С. Й.* Вплив попередньої очистки ріпакової олії на в'язкісні властивості біопального // С. Й. Ковалишин [та ін.]. - Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Агромех – 2004”. - Львів, 2004. – С. 118-122.

7. *Масло І.П.* До питання використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві. // І.П. Масло Механізація та електрифікація сільського господарства. – Випуск 85.– Зб. наук. пр. – Глеваха, 2001.-300с. (45–49).

8. *Ожоча А.І.* Альтернативні палива для дизельних двигунів сільськогосподарської техніки //Конструювання виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – КДТУ. – Вип.33. – 2003.

9. *Редзюк А.* Чи є перспектива у використанні ріпакової олії як моторного пального в Україні. // Пропозиція.– 1999 №5. С.55-56.

10. *Семенов В.Г.* “Біодизель”: “у них” и у нас. // Автодвор. – 2001. –№1. – С. 6.

11. *Семенов В.Г.* Фізико-хімічні показники альтернативних біопалив на основі похідних ріпакового масла //Экотехнологии и ресурсосбережение.–2001.–№ 2.– С. 8–10.

12. *Штефаньо І.* Стан і перспективи виробництва рослинного пального для дизельних двигунів у європейських країнах. // І. Штефаньо Пропозиція.– 1999 №5. С.54.

13. *Болтянська Н. І.* Аналіз шляхів використання біопалива на основі ріпакової олії та його суміші з дизельним паливом / Н.І. Болтянська, С.І. Мовчан, О.В. Болтянський // Праці ТДАТУ .-Вип. 13, т. 6 - Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – С. 142 – 151.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

С.И. Мовчан, О.В. Болтянский, Н.И. Болтянская

***Аннотация*** – рассмотрены существующие технологии производства биотоплива и усовершенствованная схема на основе растительных масел.

## **IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION OF BIOFUELS BASED ON VEGETABLE OILS**

S. Movchan, O. Boltyanskiy, N. Boltyanskaya

### ***Summary***

**Considered existing biofuel technology and improved on the basis of vegetable oils.**

УДК 662.756.3

## УСТАНОВКИ ТА ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РІПАКО-МЕТИЛОВОГО ЕФІРУ ТА СУМІШЕВОГО БІОПАЛИВА

Кушлик Р.Р., аспірант\* ,

Назаренко І.П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619)42-11-52

**Анотація** – в роботі проведено аналіз сучасних установок та пристроїв для виробництва ріпако-метилового ефіру та сумішевого біопалива.

**Ключові слова** – дизельне паливо, сумішеві біопалива, пристрої, ріпако-метиловий ефір, установки.

*Постановка проблеми.* Виготовлення сумішевого біопалива потребує змішування його компонентів (рослинної олії, ріпако-метилового ефіру) з дизельним паливом. Дві різнорідні і не змішувані рідини - спирт і рослинна олія при перемішуванні створюють емульсію типу «спирт в олії». Якщо швидкість складної хімічної реакції визначається швидкістю її найбільш повільної стадії, то швидкість елементарних реакцій - їх енергією активації. Її визначають як енергію, необхідну для здійснення ефективного зіткнення молекул, що приводить до хімічної взаємодії. У хімічну взаємодію вступають тільки активні молекули, що володіють енергією, достатньою для здійснення даної реакції. Для перекладу неактивних молекул в активні їм потрібно повідомити необхідну додаткову енергію. Від вибору відповідного обладнання або пристроїв для зазначеної стадії процесу, по суті, залежить ефективність використовуваної технології [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз установок та пристроїв для виробництва ріпако-метилового ефіру (РМЕ) та сумішевого біопалива показує, що вони мають ряд серйозних недоліків. Так в роботах Дідур В.А., Буряков А.С., Лискутіна А.П, Малахов К.С., Шматок О.І., Фокін Р.В., Громаков А.В., Кіреєва Н.С., та інших дослідників показано, що основні з них, це: неможливість проведення безперервного процесу, велика маса та габарити, недостатньо якісне перемішування суміші,

---

© Кушлик Р.Р., Назаренко І.П.

\* Науковий керівник – д.т.н., доц. Назаренко І.П.

малий термін зберігання приготовленого біопалива, розшарування палива.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* В статті поставлена задача провести аналіз установок та пристроїв для виробництва РМЕ і сумішевого біопалива і визначити шляхи обробки сумішевого біопалива з метою отримання більш стійких емульсій.

*Основні матеріали дослідження(основна частина).* Для виробництва (РМЕ), застосовують технологічні лінії, які включають в свій склад ємності для олії, метанолу, каталізатора КОН і реактор, в якому проходить постійне змішування компонентів за допомогою мішалки на протязі 8 годин при температурі 40<sup>0</sup>С. Внаслідок хімічної реакції утворюються дві нові речовини – РМЕ, відомий також як біодизель і гліцерин. Після закінчення реакції суміші дають відстоятись. На загал частка біодизелю в одержаному продукті становить в середньому 75%, решта – гліцерин [2].

Недоліком даної технології виробництва РМЕ є невисокий вихід метилових ефірів, неможливість проведення безперервного процесу, велика маса і габарити.

В міру збільшення потреби в біодизельному паливі відбувався пошук найбільш ефективних технологій та біореакторів. Виявлено, що традиційну циклічну технологію витіснила багато реакторна безперервна технологія, що використовує кілька біореакторів, об'єднаних в єдиний ланцюг.

Недоліком багато реакторної технології в цілому, включаючи проведення трьох стадійного безперервного метаноліза, є складність технологічного процесу, в якому тривалість реакції залежить від числа реакторів, а велика маса і габарити установок зумовлюють високу вартість отримання біодизельного палива.

Гідродинамічні змішувачі є ефективними апаратами, які одночасно виконують дві функції: змішування і перекачки рідини і їх можна застосовувати як в технологічних лініях для виробництва РМЕ, так і для приготування сумішевого біопалива. На рис. 1 приведено технологічну схему гідродинамічного змішувача[3].

Недоліками гідродинамічного змішувача є недостатньо якісне перемішування суміші, недотримання заданого відсоткового співвідношення змішуваних рідин, неможливість зміни об'ємних витрат рідини і контролю інтенсивності процесу змішування в змішувачі.

Для активації молекул метанолу та триацилгліцеридів рослинної олії пропонується використовувати біореактор, реакційний обсяг якого заповнений феромагнітними частинками, які вчиняють під дією зовнішнього обертового електромагнітного поля складні імпульсно-коливальні рухи. Обертове електромагнітне поле не тільки приводить

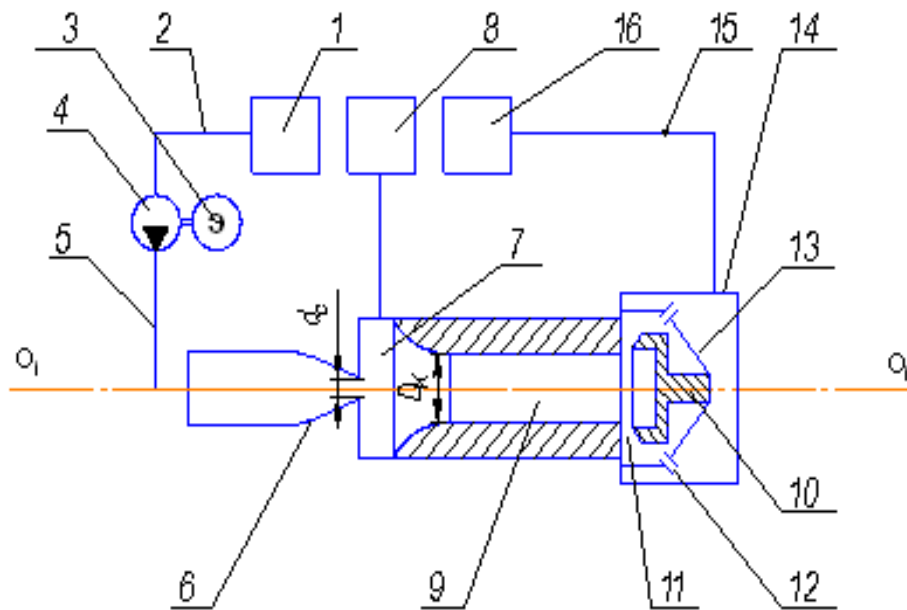


Рис.1. Технологічна схема гідродинамічного змішувача: 1 – ємність з ДП; 2 – усмоктувальна гідролінія; 3 – електродвигун; 4 – насос; 5 – напірна гідролінія; 6 – сопло; 7 – приймальна камера; 8 – ємність з РМЕ; 9 – камера змішування; 10 – відбивач; 11 – щілинне сопло; 12 – отвір; 13 – конус; 14 – корпус; 15 – зливна гідролінія; 16 – ємність з біопаливом

в рух феромагнітні частинки, що перемішують реакційну масу, але й чинить додатковий вплив на реагенти. Ефективність перемішування призводить до зміни параметрів масо передачі в бік її інтенсифікації, вплив електромагнітного поля - до різкого підвищення енергії активації вихідних сполук і збільшенню швидкості хімічної реакції [1].

Недоліком даної технологічної лінії є те що після сепаратора незначна частина сирого гліцерину залишається в РМЕ, малий термін зберігання приготовленого біопалива, розшарування палива.

Для ефективної роботи автотракторних дизелів розроблені механічні пристрої для отримання біопалива, які забезпечують підтримку необхідного складу суміші при заправці трактора. Прикладом таких апаратів є роторно-пульсаційні апарати в яких реалізується комплекс факторів впливу на оброблюване середовище (рис. 2).



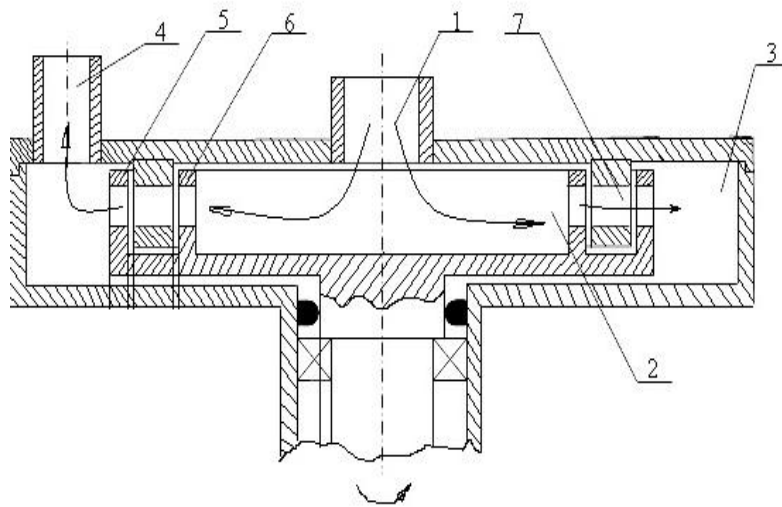


Рис. 2. Схема модифікованого роторного апарату

Модифікований роторний апарат складається з вхідного патрубку 1, порожнини ротора 2, робочої камери 3, вихідного патрубку 4, каналів зовнішнього ротора 5, каналів внутрішнього ротора 6 і каналів статора 7.

В роторних апаратах відбувається багатофакторний енергетичний вплив на оброблювані рідкі різномірні середовища в імпульсній формі, яка обумовлює інтенсифікацію кінетики метаноліза рослинних олій, процесу змішування нафтового дизельного палива та біопалива, а також зниження енерговитрат (до 35%) при проведенні технологічних процесів отримання біопалива в порівнянні з традиційними апаратами з механічним перемішуванням і ТЕНами. У робочому об'ємі роторного апарату локалізується істотна потужність: оброблювана рідина при русі через апарат піддається багатофакторному впливу, що полягає в пульсаціях тиску і швидкості її потоку, розвиненій турбулентності, інтенсивній кавітації, пульсаціях тиску в локальних її обсягах при пульсаціях і захлопуванні кавітаційних бульбашок, жорсткому кумулятивному впливі, високих зсувних зусиллях, її активації. Все це призводить до різкої інтенсифікації процесу метаноліза і поліпшенні якості палива за рахунок деструкції його молекул[4].

Одним із шляхів підвищення ефективності використання біопалива є обробка його ультразвуком безпосередньо в системі живлення двигуна. Це дозволяє поліпшити фізико-хімічні властивості сумішевого біопалива (рис. 3).

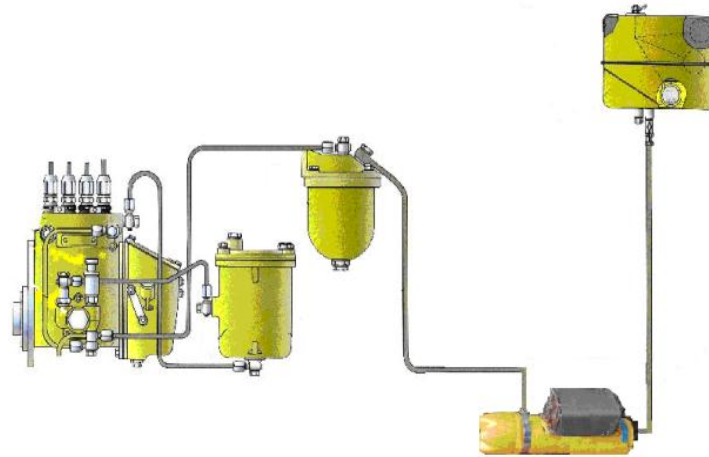


Рис.3. Схема установки ультразвукового приладу в системі живлення паливом трактора

У ємність вмонтовані вхідний і вихідний патрубки. Біопаливо В20, надходячи з паливного бака, потрапляє в ємність, де обробляється ультразвуком. Ультразвуковий генератор встановлений безпосередньо на ємності з випромінювачами ультразвуку. Прилад підключається до електричної системи трактора [5].

Недоліком даного пристрою для ультразвукової обробки біопалива є незначне зниження в'язкості палива, у зв'язку з малою пропускнуною здатністю ультразвукового випромінювача, а так само робота пристрою тільки при позитивних температурах повітря, так як в пристрої не передбачено підігріву біопалива.

Змішувачі-фільтри мінерального палива і рослинної олії знайшли застосування в системі живлення дизелі в автотракторній техніці (рис. 4).

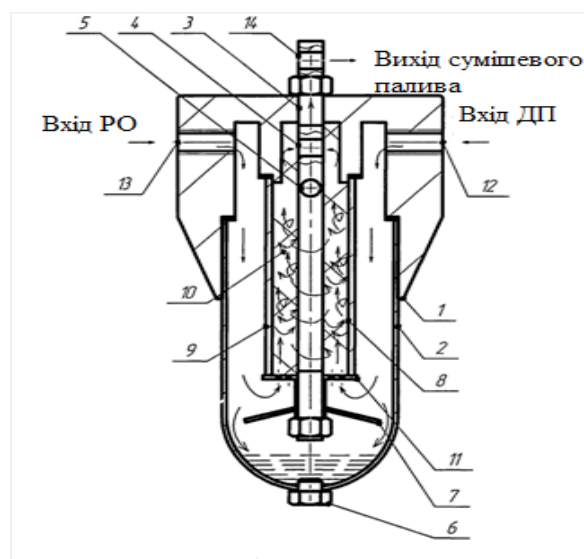


Рис. 4. Змішувач-фільтр мінерального палива і рослинної олії

Змішувач-фільтр мінерального палива і рослинної олії включає корпус 1 з вхідними 12, 13 каналами, розташованими діаметрально. У нижній частині корпусу 1 закріплений стакан 2, що має зливну пробку 6. Всередині склянки 2 розташована пустотіла вісь 3 з двома радіальними отворами 4, 5 і вихідним каналом 14, розміщена співвісно склянці 2 і корпусу 1. На осі 3 закріплений фільтруючий елемент 8, а в нижній частині осі встановлений заспокоювач 7. Фільтруючий елемент 8 являє собою втулку 9 з сітчастою набивкою 10 і багатодирчату шайбу 11. Технічний результат полягає в додатковому очищенню та підвищенні інтенсивності перемішування мінерального палива і рослинної олії [6].

Недоліком змішувача-фільтра є недостатньо якісне перемішування мінерального палива і рослинної олії, а також неможливість додаткового очищення в процесі змішування.

Для змішування компонентів сумішевого біопалива безпосередньо в потоці доцільно використовувати апарат струминного типу, в якому здійснюється процес інжекції [7]. Принципова схема струминного змішувача наведена на рис. 5.

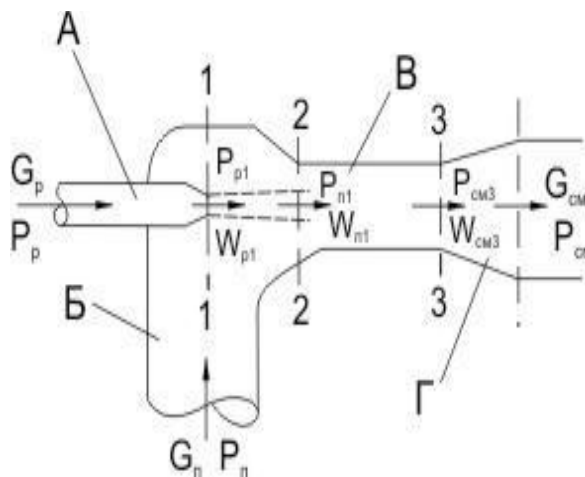


Рис. 5. Принципова схема струминного змішувача: А – робоче сопло; Б – приймальна камера; В – змішувальна камера; Р – дифузори; G – масова витрата, кг/с; P – тиск, Па; W – швидкість потоку рідини, м/с

*Висновки.* Недоліком практично всіх існуючих технологій виробництва біопалива є використання ємнісних апаратів з перемішувачами пристроями, у яких неможлива суттєва інтенсифікація тепло масообмінних процесів, а також його розшарування з часом на вихідні складові – дизельне паливо і рослинне масло, або РМЕ, що ускладнює експлуатацію дизельного двигуна. Експериментально встановлено, що для інтенсифікації процесу отримання біодизельного палива тільки кавітаційного і термічного впливу на рослинні олії і метанол недо-

статньо. Необхідний подальший пошук ресурсозберігаючих технологій отримання якісного біодизельного палива, подальший розвиток нових конструкцій біореакторів, в яких інтенсифікація процесу досягається за рахунок багатофакторного впливу на реагенти зовнішніх силових полів різної фізичної природи. Безсумнівний інтерес у цьому плані представляють технічні рішення, спрямовані на створення змішувачів з механічним, кавітаційним, електричним та електромагнітним впливом.

Література:

1. *Малахов К. С.* Технология непрерывного получения дизельного смесового топлива с улучшенными свойствами: Дис. канд. тех. наук: 05.20.03 / *К.С.Малахов*, Мичуринск, 2010 – 163 с.

2. *Коротич П.* «Самогон» для залізних коней / *П. Коротич* / Пропозиція. - 2006.-№6 – С.17-19.

3. *Громаков А. В.* Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет применения биотоплива: Автореферат дис. канд. тех. наук: 05.20.01 / *А. В. Громаков*, Ростов-на-Дону, 2012 – 21 с.

4. *Фокин Р.В.* Разработка комплексной технологии получения смесового топлива с улучшенными свойствами для дизельных двигателей: Автореферат дис. канд. тех. наук: 05.20.03 / *Р. В. Фокин*, Мичуринск-Наукоград РФ, 2008 – 24 с.

5. *Загородских Б. П.* Пат. 88396 РФ, МПК F02M 27/08. Устройство для ультразвуковой обработки биотоплива / *Б. П. Загородских*, *С. А. Фадеев*: заяв. и патентообладатель СГАУ им. Н.И.Вавилова. - № 2009127033/22; 14.07.2009, опуб. 10.11.2009, Бюл. №31.

6. *Уханов А. П.* Пат. 2486949 РФ, МПК B01F5/06. Смеситель фільтр мінерального топлива и растительного масла / *Уханов А. П., Уханов Д.А., Крюков В. В., Сидоров Е. А., Година Е. Д.*; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия" заявл. 06.04.2012, опубл. 2013, Бюл. №11.

7. *Островский Е.А.* Комплекс транспортно-складского и заправочного оборудования для обеспечения сельскохозяйственной техники смесевым биотопливом на основе рапсового масла: Автореферат дис. канд. тех. наук: 05.20.03 / *Е.А.Островский*, М., 2009 – 16 с.

**УСТАНОВКИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
РАПСО-МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ И СМЕСЕВОГО  
БИОТОПЛИВА**

Кушлик Р.Р., Назаренко И.П.

***Аннотация*** – в работе проведен анализ современных установок и устройств для производства рапс-метилового эфира и смешанного биотоплива.

**INSTALLATION AND DEVICE FOR RAPE-METHYL ESTER AND  
MIXED BIOFUEL**

R. Kushlyk, I.Nazarenko

***Summary***

**The analysis of modern facilities and equipment for the production of rapeseed methyl ester and blend biofuels.**

УДК 66.086.2

## ОЧИЩЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

Назаренко І.П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-11-52

**Анотація** – в роботі розглянуто особливості очищення трансформаторної оливи в біжучому електричному полі.

**Ключові слова** – трансформаторна олива, очищення, електрод, електричне поле.

*Постановка проблеми.* Трансформаторна олива є рідким діелектриком, що отримується шляхом перегонки нафти. Діелектричні властивості трансформаторної оливи знаходяться в прямій залежності від ступеня його зволоження і забруднення різними домішками: чим більше в маслі вологи і механічних домішок, тим нижче його електрична міцність. У ремонт поступають пошкоджені трансформатори, що знаходилися в роботі тривалий час, тому олива в них буває зазвичай настільки сильно зволоженою і забрудненою, що повторно використовувати її можна тільки після очищення і сушки. Очищення трансформаторної оливи від механічних домішок, що містяться в ній, і вологи зазвичай проводять за допомогою спеціальних апаратів - центрифуги і фільтр-преса. Процес очищення в таких апаратах є дуже енерговитратним. Тому застосування менш енерговитратних технологій є актуальним завданням. До таких технологій відноситься очищення діелектричних рідин в електричному полі, зокрема в біжучому. [1,2,3].

*Аналіз останніх досліджень.* Використання біжучого електричного поля в пристроях очищення діелектричних рідин має суттєві переваги: достатньо високий ступінь очищення; відсутність накопичення частинок домішок на електродах; відсутність потреби зупинки процесу для розвантаження вловлених частинок домішок.

Для підвищення ефективності роботи таких пристроїв потрібно зменшувати відстань між електродами та діаметр циліндричних електродів. Як показано в роботі [4], при цьому збільшується сила, що діє на поляризовану в електричному полі частинку. В міжелектродному просторі системи циліндричних електродів поле сили, що діє на час-

тинку в електричному полі, неоднорідне. Особливо ця неоднорідність має місце поблизу електродів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* В статті поставлена задача провести аналіз поля сил поблизу поверхні електродів, що створюють біжуче електричне поле, і визначити можливість затримки частинок домішок на електродах.

*Основні матеріали дослідження.* Біжуче електричне поле створюється за допомогою рядів циліндричних електродів, на які подають багатофазну, зокрема, трифазну напругу.

Для опису електричного поля таких систем електродів був застосований метод комплексного потенціалу з конформним перетворенням областей [4]. Були отримані рівняння що описують поле сили [5].

$$\left. \begin{aligned} \vec{F} &= A \cdot \frac{B}{D} \cdot \frac{\bar{D} \cdot \bar{C} - \bar{H} \cdot \bar{B}}{(\bar{D})^3}; \\ z &= \frac{h}{\pi} \sum_{k=1}^n \ln(\varpi - a_k) + \frac{h}{\pi} \sum_{i=1}^m \ln(\varpi - c_i); \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$B = \frac{dW_{\varpi}}{d\varpi} = \frac{1}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{U_{1(k-1)} - U_{1k}}{\varpi - a_k} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{U_{2i} - U_{2(i+1)}}{\varpi - c_{i+1}} + \frac{U_{1n} - U_{21}}{\varpi - c_1} \right); \quad (2)$$

$$C = \frac{d^2W_{\varpi}}{d\varpi^2} = -\frac{1}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{U_{1(k-1)} - U_{1k}}{(\varpi - a_k)^2} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{U_{2i} - U_{2(i+1)}}{(\varpi - c_{i+1})^2} + \frac{U_{1n} - U_{21}}{(\varpi - c_1)^2} \right); \quad (3)$$

$$D = \frac{dz}{d\varpi} = \frac{h}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{1}{\varpi - a_k} + \sum_{i=1}^m \frac{1}{\varpi - c_i} \right); \quad (4)$$

$$H = \frac{d^2z}{d\varpi^2} = -\frac{h}{\pi} \left( \sum_{k=1}^n \frac{1}{(\varpi - a_k)^2} + \sum_{i=1}^m \frac{1}{(\varpi - c_i)^2} \right); \quad (5)$$

де  $F$  - сила, що діє на поляризовану частинку в електричному полі, Н.

$A$  - параметр, що характеризує поляризацію частинки, Н·м/В<sup>2</sup>.

$W$  - комплексний потенціал, В;

$z$  - функція, що конформно відображає верхню півплощину комплексної площини  $\varpi$  на багатокутник;

$h$  - розмір міжелектродної області (відстань між рядами електродів), м;

$a_k, c_i$  - параметри функції, що відображає;

$U$  - потенціал електродів, В.

Топологія поля сил відповідно рівнянням (1)...(5) будувалась за допомогою програмних засобів MATLAB. Діюче значення потенціалів на електродах приймалось таким, що дорівнює 1 В. Співвідношення розмірів міжелектродної області -1.

Побудовані на рис.1, рис. 2 складові поля сил показують, що  $Y$ -складова сили в міжелектродній області має однаковий знак, тому завдяки цій складовій, частинки домішок будуть рухатись вздовж рядів електродів в зону вивантаження з технологічного блоку.

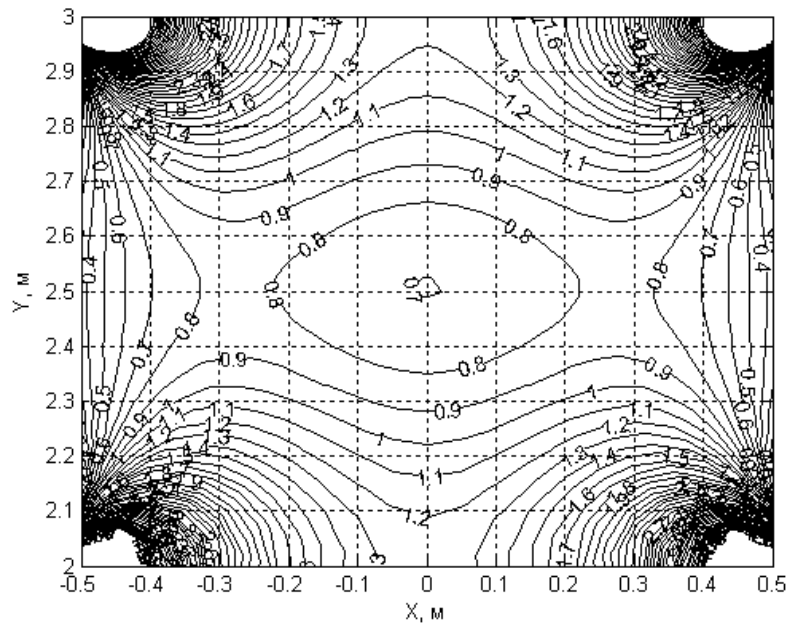


Рис. 1. Поле  $Y$ - складової сили, що спрямована вздовж рядів трифазних електродів

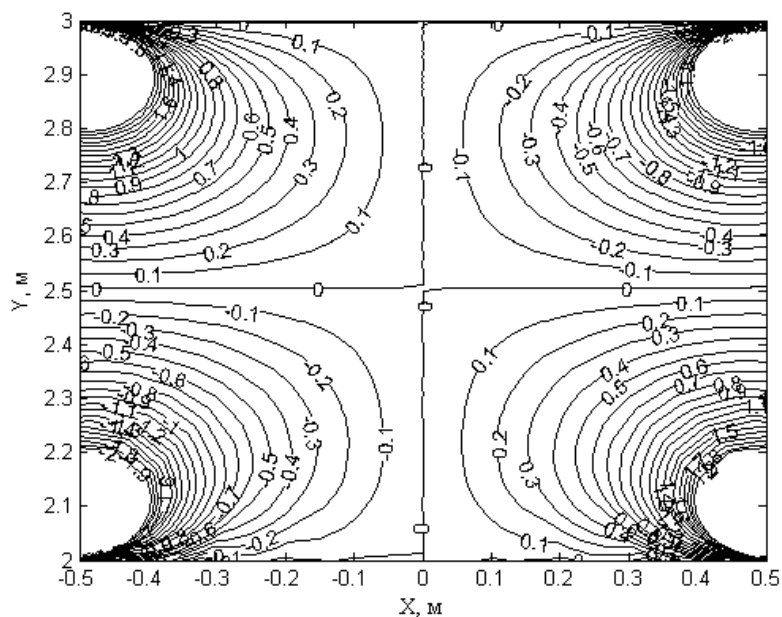


Рис. 2. Поле  $X$ - складової сили, що спрямована перпендикулярно



рядом трифазних електродів

X- складова сили при русі растинки вздовж рядів електродів (вздовж координати Y) змінює знак і тому при певних значеннях сили, може бути осадженою на електрод (рис. 3).

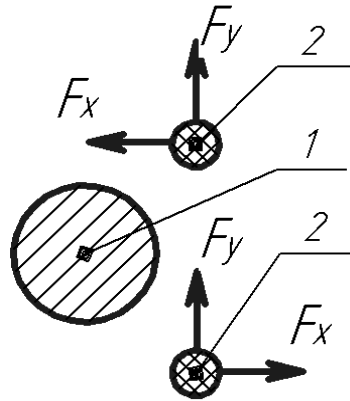


Рис. 3. Сили, що діють на частинку поблизу електроду: 1 - електрод; 2 - частинка

Для оцінки можливості осадження частинки на електрод потрібно розглянути поле сили поблизу електроду (рис.4, рис. 5).

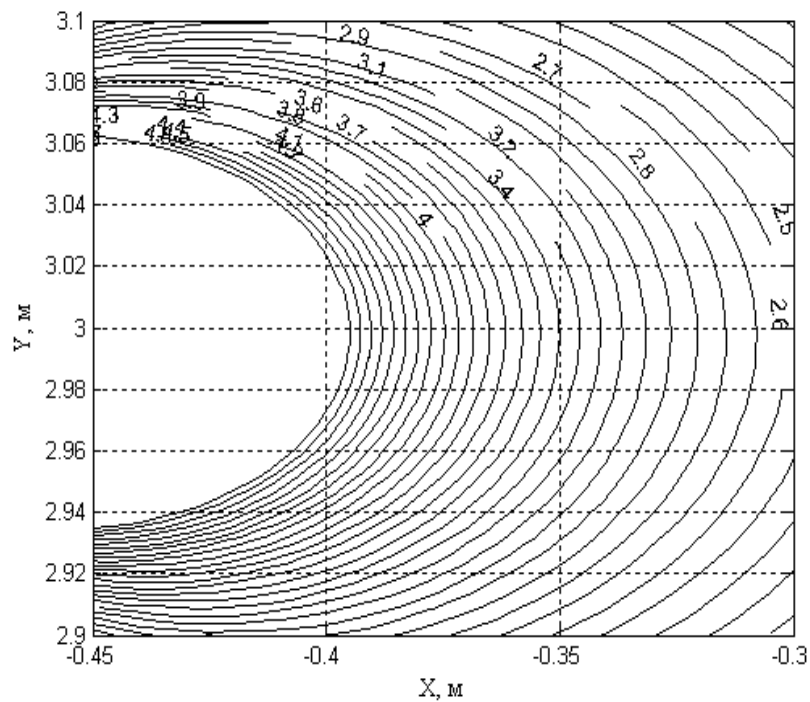


Рис. 4. Поле Y- складової сили, поблизу електрода

Середнє значення  $Y$ - складової сили поблизу електрода складає 3,8 Н.

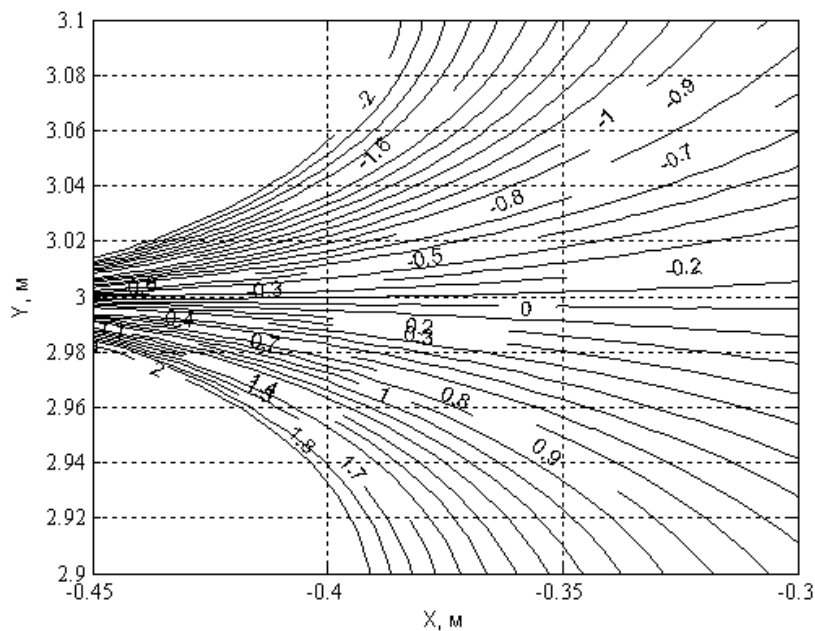


Рис. 5. Поле  $X$ - складової сили, поблизу електрода

Середнє значення  $X$ - складової сили поблизу електрода складає 0,8 Н.

*Висновки.* Аналіз величини та напрямку  $X$  та  $Y$ - складових сили показує, що умови, при яких частинка може затриматись на поверхні електрода, відсутні. Тобто при русі частинки під дією  $Y$ - складової сили біжучого поля вздовж електродів  $X$ - складова сили відхиляє частинку, що набігає від електрода, а потім повертає її до початкового напрямку руху.

#### Література:

1. *Эфендиев О.Ф.* Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / *О.Ф. Эфендиев.* – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 149с.

2. Пат. 94810 Україна, МПК В 01D35/6. Спосіб електричної очистки діелектричних рідин / *І. П. Назаренко, В. А. Дідур* (Україна). - № а 200911592; заявл. 13.11.2009 ; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

3. *Назаренко І.П.* Сепарація діелектричних суспензій в біжучому електричному полі / *І.П. Назаренко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Редкол.: *Д.О. Мельничук* (відп. ред.) та ін. – К., 2010.- Вип.148.- С. 117-122.

4. Назаренко І.П. Теоретичні дослідження взаємодії електричного поля з діелектричними суспензіями в багатоелектродних системах / І.П. Назаренко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2012. - Вип. 12, т. 1. - С. 35-45.

5. Лаврентьев М.А. Методы теории функции комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат.- М.: Наука, 1987. – 740 с.

## **ОЧИСТКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

Назаренко И.П.

**Аннотация** – в работе рассмотрены особенности очистки трансформаторного масла в бегущем электрическом поле.

## **PURIFICATION OF TRANSFORMER OIL IN ELECTRIC FIELD**

I. Nazarenko

### ***Summary***

**In work the features of purification of transformer oil are considered in the moving electric field.**

УДК 621.436.004.67

## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОК-КАРТЕРА

Паніна В.В., к.т.н.,

Полудненко О.В.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-20-74

**Анотація** – у статті розглядається питання ресурсозберігаючого способу відновлення блок-картера в умовах господарства.

**Ключові слова** – базисна деталь, епоксидні смоли, блок-картер.

*Постановка проблеми.* Сьогодні велику увагу приділяють використанню у народному господарстві вторинних матеріальних ресурсів, також спостерігається тенденція впровадження новітніх технологій з ремонту сільськогосподарської техніки, які дозволяють більш раціонально використовувати засоби виробництва та економити кошти господарства, тому створення ресурсозберігаючого способу відновлення блок-картеру є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* Для базисних деталей характерна наявність систем точно оброблених основних отворів, координованих між собою та відносно площин, кріпильних систем і інших дрібних отворів. Для деталей коробчастого типу характерним є наявність множини плоских поверхонь і основних отворів на декількох осях. Ці деталі часто виконують роз'ємними в діаметральній площині основних отворів (наприклад, корпус коробок передач гусеничних машин) або з роз'ємною кришкою, на якій монтують другу опору валу. У деталей фланцевого типу плоскі поверхні зазвичай є торцевими поверхнями основних отворів і мають виточки або виступи, що визначає їх обробку точінням [1].

Таблиця 1 – Дефекти блок-картеру, частота їх виникнення.

Найменування дефектів	Частість, %
Тріщини перемичок між циліндрами	60
Тріщини в стінках водяної сорочки	75
Зношення гнізд вкладишів підшипників	100
Знос або порожнини гнізд вкладишів корінних підшипників	77
Жолоблення привалочної площини, сполученої з головою циліндрів	41
Знос гнізд під втулки розподільного валу	88
Знос різьб в тілі блоку	25
Знос отвору під штовхач	71
Знос торцевих поверхонь корінних опор під упорне кільця	34

Найпоширеніші дефекти блок-картеру такі: тріщини перемичок між циліндрами; тріщини в стінках водяної сорочки; знос, відхилення від співвісності гнізд вкладишів корінних підшипників; знос торцевих поверхонь корінних опор під упорні півкільця; жолоблення привалочної площини, сполученої з головою циліндрів; знос гнізд під втулки розподільного валу; знос різьби (зрив, злам шпильок) в тілі блоку; знос отвору під штовхач.

Частини корінних опор блоку піддаються зношуванню. Вони працюють в умовах динамічних навантажень. Тому виникає необхідність поліпшення умов роботи та факторів, що впливають на якість ремонту при відновленні блоку циліндрів картера.

Проведення робіт по уніфікації та стандартизації конструкцій, а також типізації технологічних процесів зводять до обмеженого числа типових схем процесів обробки базисних деталей.

Зношені отвори під установочні штифти кожухів, розподільних шестірень, зчеплення, задніх балок і інших деталей розгортають у зібраному вигляді. При незначному зносі отвори під штовхачі в блок-картері розгортають до ремонтного розміру [1].

При значному (більш 0,7 мм) зносі – отвір розсвердлюють, запресовують втулку з натягом 0,02... 0,05 мм або встановлюють її на епоксидному клеї, а потім розгортають до нормального розміру.

Пошкоджені різьбові отвори відновлюють до нормальних розмірів постановкою різьбових перехідних втулок або рассверливають і нарізають різьблення збільшеного розміру. Можна відновити різьбовий отвір постановкою різьбових спіральних вставок. Для цього різьбові отвори розсвердлюють, нарізають наступний стандартний розмір

різьблення, в який вкручують спіральну вставку, використовуючи комплект пристосувань ПІМ-5331. Постіль під вкладиші корінних підшипників, що вийшли з допустимих розмірів або з порушеною співвісністю, відновлюють до нормальних розмірів. Для цього знімають шар металу 0,3...0,5 мм з торців кришок корінних підшипників шліфуванням (фрезеруванням, обпилюванням); розточують, а потім приварюють до них сталеву стрічку (півкільця); наплавляють шар металу або наносять шар клею на основі епоксидної смоли (при незначному зносі) на поверхні гнізд. Наплавлення постелі проводять маловуглицевими електродами або електродами на нікелевій основі [2].

Кавітаційний знос на стінках блоку близько ущільнювальних кілець гільз відновлюють розточенням на алмазно-розточувальному верстаті моделі 278Н з подальшою постановкою на епоксидному клеї чавунного кільця з виточкою під гумове кільце.

Жолоблення привалочної поверхні блок-картеру до головки блоку усувають фрезеруванням або шліфуванням відповідно на фрезерному або плоско-шліфувальному верстатах. Шорсткість обробленої поверхні повинна бути не більше 1,25 мкм, допускається жолоблення - 0,05...0,08 мм. Жолоблення нижньої привалочної поверхні блок-картеру усувають аналогічно. Неперпендикулярність передньої і задньої стінок до загальної осі опор корінних підшипників не повинна перевищувати 0,2 мм.

Торцеву поверхню виточок блоку під верхні посадочні бурти гільз циліндрів відновлюють торцевими фрезами відповідного діаметру на фрезерному верстаті або різцем на алмазно-розточувальному верстаті 278Н до виведення слідів зносу на одну й ту саму глибину. Знятий шар металу при установці гільз компенсують постановкою мідних або латунних кілець.

Пробоїни на бічних стінках блок-картеру і на стінках водяної сорочки, які не проходять через площини роз'єму, усувають постановкою латок на болтах з картонною прокладкою, змащеною суриком, зашпаровують композицією епоксидних смол або приварюють латки з листової сталі товщиною 3 мм з відбортовкою її по краях на 4...5 мм. У чавунних блок-картерах тріщини в перемичках між отворами під гільзи усувають приваренням електродами МНЧ-1 сталевий накладки. Перед зварюванням перемичку оброблюють фрезеруванням або шліфуванням) свердлять отвір, нарізають різьбу і закріплюють накладку. Тріщини на ребрах жорсткості заварюють з установкою зміцнюючих скоб, потім приварюють накладку і зачищають напливи обертовим шліфувальним колом. При зламі фланців на краю зламу знімають фаски під кутом 40...45 °С з однієї або двох сторін (в залежності від товщини), після, до блок-картеру болтами або струбциною прикріплюють

фланець і приварюють його за місцем електродами ОЗЧ-1 дугового зварювання постійним струмом зворотної полярності. Після заварки тріщини блок-картер випробовують на герметичність під тиском 0,4...0,5 МПа протягом 3 хв на стендах. Підтікання води і потіння швів не допускається.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Постілі корінних підшипників зношуються через прокручування вкладишів. Це зазвичай відбувається внаслідок зношування підшипників. Іноді для компенсації зносу під вкладиші підкладають щільний папір або фольгу. Але цей прийом не дуже надійний, тому що точно компенсувати знос важко.

*Основна частина.* Ремонт таких отворів тільки розточенням не дозволяє забезпечити високі експлуатаційні характеристики, тому що досить складно забезпечити стабільний розмір і необхідні геометричні параметри отворів по всім шийкам. Велика небезпека прослабити отвір, виникає через труднощі обробки навареного шару або через наявність наклепу після провороту вкладишів. Висока шорсткість обробленої поверхні погіршує тепловідвід. Тому при ремонті отворів опор коленвалу з метою забезпечення мінімальних геометричних похибок, жорсткого допуску і необхідної шорсткості слід застосовувати в якості фінішної операції - хонінгування.

Випускаються в даний час за кордоном верстати для розточування корінних опор колінчатого валу, а якщо сюди додати інструмент і устаткування для хонінгування, вартість ремонту значно зростає. Крім того, імпорتنі хонінгувальні головки для відновлення постелей колінвалу мають малий діапазон обробки, знижену радіальну і осьову жорсткість, в них застосовуються тільки дорогі абразивні бруски імпортного виробництва.

Виготовити круглу оправку завдовжки трохи більшу за довжину блоку і діаметром, відповідним номінального діаметру постілі вкладишів. Поверхня оправки повинна бути оброблена до шорсткості не грубіше 8-го класу. Зношену постіль і її кришку очищають до металевого блиску, отвір масляної магістралі закривають, поверхню знежирюють і вкривають епоксидним клеєм. Оправку змазують маслом або обертають тонким (копіювальним) папером. Встановивши оправку в постіль, ставлять на місце кришки підшипників і їх болти затягують зівстановленим моментом. Зайвий клей видавлюється з постілі, а довга оправка через весь блок забезпечує співвісність постелей. Затвердіння клею при кімнатній температурі відбувається протягом доби. Після чого оправку виймають, края постілі очищують від затверділого клею і отвір масламагістралі раскупорюють.

Технологічний процес відновлення постелей блок-картеру:

010 Знежирення внутрішніх поверхонь опор.  
Знежирення.

Вана з лужним розчином. Склад розчину: 50 г на 1 л води.

$T_o = 2$  хв,  $T_6 = 0,5$  хв.

Промивання.

Вана з водою.

$T_o = 1$  хв,  $T_6 = 0,5$  хв.

Сушіння.

Пристрій для подачі гарячого повітря (технічний фен).

$T_o = 3$  хв,  $T_6 = 0,5$  хв,  $t = 40^\circ \text{C}$ .

015 Встановлення блок-картеру на стенд.

$T_o = 4$  хв,  $T_6 = 1$  хв.

020 Нагрів місця відновлення технічним феном.

$T_o = 18$  хв,  $T_6 = 2$  хв,  $t = 50^\circ \text{C}$ .

025 Приготування полімерної композиції в скляній тарі.

Склад композиції: ЕД-2 - 0,915 кг, пластифікатор МГФ-9 - 0,138 кг, графіт (ГОСТ 5279-61) - 0,138 кг, затверджувач-поліетиленполіамин (ПЕПА) - 0,109 кг.

030 Укладання полімерної композиції.

$T_o = 9$  хв,  $T_6 = 1$  хв.

035 Підігрів постелей з використанням фену.

$T_o = 18$  хв,  $T_6 = 2$  хв,  $t = 80^\circ \text{C}$ .

040 Охолодження на повітрі.

$T_o = 40$  хв,  $T_6 = 5$  хв,  $t = 10-20^\circ \text{C}$ .

045 Розбирання оснащення.

$T_o = 4$  хв,  $T_6 = 0,5$  хв.

Встановлено, що для кращих адгезійних властивостей композиції на основі акрилових смол оптимальна кількість графіта є 10 мас.ч., а для композиції на основі епоксидних смол – 15 мас.ч. Такі композиції мають достатньо високий рівень адгезії (прилипання) до поверхні металів, малу усадку, високі характеристики міцності, та високі антифрикційні властивості.

Використання полімерних матеріалів для відновлення постілі значно спрощує технологічний процес, виключає термічний вплив на деталі, зменшує трудомісткість і собівартість ремонту.

Якщо немає можливості виготовити оправку, то у постілі встановлюють вкладиші і колінчастий вал. Вкладиші, які встановлені у відновлювану постіль, змазують з тильної сторони маслом. Перед установкою кришок корінних підшипників на корінні шийки колінчастого валу накладають стільки паперу, щоб при затягуванні болтів був усунений зазор в підшипниках.

*Висновки.* Удосконалено технологічний процес відновлення постілі за рахунок уникнення механічної обробки після нанесення ком-



позиції, заміни хонінгування на поверхнево-пластичну деформацію. Це дозволяє покращити структуру поверхні, надає твердості втулці, знижує спрацювання деталі. Встановлено, що епоксидна композиція має задовільні антифрикційні та адгезійні властивості, також витримує знакозмінні навантаження, і не змінює фізичних властивостей при зміні температури під час роботи двигуна.

Література:

1. *Батищев А.Н.* Обоснование рационального способа восстановления деталей / *А.Н. Батищев* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1992. – №9 – с.12.

2. *Зорин А.И.* Рекомендации по способам восстановления деталей в мастерских хозяйств / *А.И. Зорин.* - Ижевск: Ижевский СХИ, 1989. – 97с.

3. *Чернин И.З.* Эпоксидные полимеры и композиции/ *И.З. Чернин* [и др.] М.: Химия, 1982. – 232 с.

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЛОК-КАРТЕРА

Панина В.В., Полудненко О.В.

**Аннотация** – в статье рассматривается вопрос ресурсосберегающего способа восстановления блок-картера в условиях хозяйства.

## RESOURCE-SAVING WAY OF RESTORATION CRANKCASE

V. Panina, O. Poludnenko

### *Summary*

**The article discusses ways to restore conservation crankcase under management.**

УДК631.3.004.67

## МИФЫ О КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МАШИН

Серий И.С., к.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (0619) 42-20-74

**Аннотация** – раскрывается объективная необходимость капитального ремонта машин как эффективный путь экономии живого овеществленного труда и ресурсосбережения.

**Ключевые слова** – капитальный ремонт машин, трудоемкость изготовления и ремонта машин, ресурсосбережение.

*Постановка проблемы.* Необходимость капитального ремонта машин как эффективный путь экономии живого овеществленного труда и ресурсосбережения.

*Формулирование целей статьи (постановка задания).* Миф – это неправда, которую принято считать правдой. В нашем случае важно мнение производителей машин, потребителей, эксплуатирующих машины, ученых, работающих в области эксплуатации и ремонта машин.

*Основная часть.*

Миф 1. Капитальный ремонт необходим, так как производители машин не в состоянии произвести необходимое их количество.

Апологет автостроения кандидат технических наук Кугель Р.В. выступая на симпозиуме ученых ремонтников стран Совета Экономической Взаимопомощи так обосновал это мнение, «Капитальный ремонт машин – это производство второсортной продукции, которой в СССР занимается 2 млн человек. Дайте нам, автомобилестроителям эти 2 млн и мы завалим страну новыми первоклассными машинами». При этом ни слова не было сказано о том, что для этих 2 млн человек надо построить автозаводы, по крайней мере 2 города миллионика с жильем и всей необходимой инфраструктурой (транспорт, магазины, рынки, предприятия общественного питания, поликлиники, больницы, родильные дома, ясли, детсады, школы, вузы, дома культуры и прочее).

Все это со временем было сделано, но капитальный ремонт машин остается.

В США, в самой автомобильной стране мира, которая борется за рынки сбыта своих автомобилей, еще в 80-е годы прошлого века работало 115 тысяч мастерских по обслуживанию и ремонту машин и 105 тысяч мастерских по капитальному ремонту агрегатов и автомашин в целом. Мастерскими в США считаются предприятия с числом работающих менее 300 человек [1].

Значит, первый миф остается мифом, а капитальный ремонт существует.

Миф 2. «Трудоемкость изготовления машин всегда будет меньше трудоемкости капитального ремонта тех же объектов» - это цитата из учебного пособия для вузов механизации сельского хозяйства [2].

Это укоренившееся мнение не только большинства производителей и потребителей, занимающихся эксплуатацией и ремонтом машин, но, как видим, оно проникло и в умы ученых и преподавателей, готовящих кадры. Мотивируется это тем, что капитальный ремонт включает все элементы машиностроительного производства, а также специфические технологические операции такие, как разборка с очисткой, дефектация и т.д. При этом не учитывается, что по данным ЗИЛ и ГАЗ стоимость материалов и заготовительных работ при производстве автомобилей составляет 75% всех затрат на их изготовление. Примерно такое же их соотношение в тракторной промышленности [3].

Действительно, изготовление генератора, стартера или гидрораспределителя требует затрат труда во много раз больше, чем трудоемкость их установки на трактор или автомобиль, которую только и включают при изготовлении машины, а в трудоемкость капитального ремонта входит и ремонт электрооборудования, агрегатов гидросистем. Поэтому неосновательны сопоставления несравнимых величин. Тем более нельзя эти мифы преподносить как истину при подготовке будущих инженеров-механиков сельского хозяйства.

Миф 3. «Качество капитально отремонтированной машины всегда намного ниже, чем новой».

В нормативных документах советского периода даже определялось, что межремонтный срок машины после капитального ремонта должен составлять 80% от новой. В условиях плановой экономики такое количественное определение качества ремонта было необходимо для определения потребности в ремонтно-обслуживающих воздействиях и составления финансового плана.

В условиях рыночной экономики требуемое качество ремонта машины определяет потребитель и от этого зависит конкурентоспособность отремонтированной машины. Но это не значит, что более низкое качество отремонтированной машины является объективно обоснованным. История знает, что, например, известная страховая

фирма «Лойд», имеющая заводы по производству судовых двигателей, принимала двигатели своего производства и осуществляла их капитальный ремонт на этих же заводах. Долговечность отремонтированных двигателей составляла 150% от новых. И это не фантазия, а просто объясняемая объективная реальность.

Блоки цилиндров 12-ти цилиндровых однорядных двигателей после отливки проходят перед механической обработкой старение для снятия внутренних напряжений. Однако, старение, проходимое в температурных условиях далеких от реальных условий на работающих двигателях. Поэтому процесс старения, следовательно, и перераспределение внутренних напряжений сопровождающееся деформациями и изменением расположения поверхностей и осей продолжалось в процессе работы.

Обязательное при капитальном ремонте восстановление базовых деталей, включая блок цилиндров, создавало стабильные условия для работы кривошипно-шатунного механизма и долговечность двигателя, увеличивалось. Понятно, что в 4-х цилиндровых двигателях мобильной техники эти деформации меньше, но и там они присутствуют.

Поэтому снижение долговечности отремонтированной машины не является объективно обоснованным, а вызывается несовершенством технологического процесса ремонта, где полное восстановление размеров базовых деталей при капитальном ремонте машин не всегда производится.

Сразу уточним, что все вышесказанное относится к машинам производственного назначения, таким как тракторы, комбайны, грузовые автомобили и часть легковых, таких как такси, машины скорой помощи, инкассаторские и т.п.

Легковые машины личного пользования подчиняются совершенно другим законам, в том числе зависят от моды.

В США была в ходу поговорка, что «время заключения контракта обратно пропорционально длине автомобиля, на котором приехали заключать контракт».

То есть автомобиль играет роль визитной карточки. Поэтому здесь технико-экономические расчеты не работают.

Трудно поверить в то, что одними логическими рассуждениями можно изменить укоренившееся мнение о сомнительной целесообразности капитального ремонта машин и считать его только вынужденной мерой.

Чтобы доказать целесообразность капитального ремонта машин как пути сокращения затрат живого и овеществленного труда, энерго и ресурсосбережения, необходимо перейти к языку цифр.

*Выводы.* Капитальный ремонт машин не вынужденная временная мера, а объективно необходимая часть жизненного цикла продукции, экономящая живой и овеществленный труд и обеспечивающая энерго- и ресурсосбережение.

Литература:

1. *Волчок И.П.* Системы современных технологий/ И.П. Волчок, С.П. Беликов. – Запорожье: «Мотор-Січ», 2004.-332 с.
2. Ремонт машин/ *О.І. Сідашенко* [та інш.]. – Київ:Урожай, 1994. – 462 с.
3. *Казарцев В.И.* Ремонт машин/ *В.И. Казарцев.* – М.: Сельхоз. издат, 1964. – 255 с.
4. *Тельнов Н.Ф.* Восстановление изношенных деталей – важный резерв обеспечения материалресурса и повышение надежности машин/Н.Ф. Тельнов. – М.:МИИСХ, 1970 – 230 с.
5. *Конкин М.Ю.* Проблемы ресурсосбережения при использовании и утилизации техники/М.Ю. Конкин. – М.:ФПУ Росинформагротех, 2004- 200с.

## МІФИ ПРО КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ МАШИН

Серій І.С. ??

***Анотація*** – розкривається об’єктивна необхідність капітального ремонту машин як ефективний шлях економії живої матеріалізованої праці и ресурсозбереження.

## MYTHS ABOUT OVERHAUL MACHINES

Series I.

*Summary*

**Expands objective need major repairs of machinery as an effective way to save the live of embodied labor and resources.**

УДК 620.178.16.004

## ВЛИЯНИЯ АБРАЗИВНОСТИ БИОТОПЛИВА НА ИЗНОС ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД

Журавель Д.П., к.т.н.,

Юдовинский В.Б., к.т.н.,

Коломоец В.А., к.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (061)42-13-54

**Анотация** – работа посвящена влиянию абразивности топлива на износ плунжерных пар ТНВД.

**Ключевые слова** – абразивность топлива, абразивное изнашивание, гидравлическая плотность, время простоя.

*Постановка проблемы.* Эксплуатационные характеристики дизельных двигателей во многом зависят от надежности топливной аппаратуры, в частности от сопряжения плунжер – гильза. Даже незначительный износ элементов плунжера и гильзы, резко сказывается на давлении впрыска и объеме топлива, подаваемого в цилиндр. Это приводит к снижению мощности двигателя и тяговых характеристик трактора.

*Анализ последних исследований.* Плунжер изнашивается в определенных местах, от чего эти участки получили название местных износосов. В основном это зависит от абразивности топлива [1,2].

Статистический анализ замера износосов деталей плунжерных пар топливных насосов ДВС, выбракованных на ремонтных предприятиях, позволил установить величины местных износосов плунжера и гильзы.

*Формулирование целей статьи(постановка задания).* Целью статьи является исследования влияния абразивности топлива на износ плунжерных пар ТНВД.

*Основная часть.* Суммарный износ плунжерных пар ТНВД в процессе эксплуатации зависит от размеров абразивных частиц и концентрации абразива в топливе. Особенно это наблюдается в южных регионах Украины. Эти зависимости представлены на рисунках 1 и 2.

В процессе работы происходит изнашивание деталей сопряжения плунжер – втулка за счет трения плунжера по втулке из-за больших скоростей движения топлива в период перекрытия плунжером отвер-

стий. Прецизионные детали, вблизи которых топливо движется с большой скоростью, изнашиваются быстрее [2].

Быстрее всего изнашивается поверхность плунжера вблизи верхней его кромки, обращенная при работе к впускному окну корпуса, и поверхность, прилегающая к отсечной кромке со стороны отсечного окна. Зеркало втулки (корпуса) изнашивается в зонах впускного и отсечного окон, то есть плунжерные пары изнашиваются в определенных местах, от чего эти участки получили название местных износов.

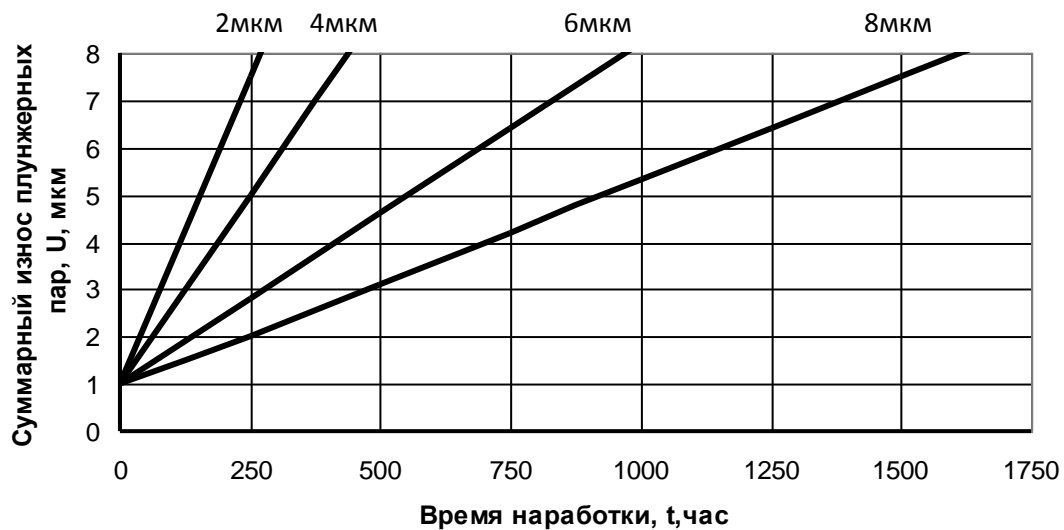


Рис. 1. Зависимость суммарного износа плунжерных пар ТНВД в процессе эксплуатации для разных размеров абразивных частиц при концентрации абразива 100 г/т

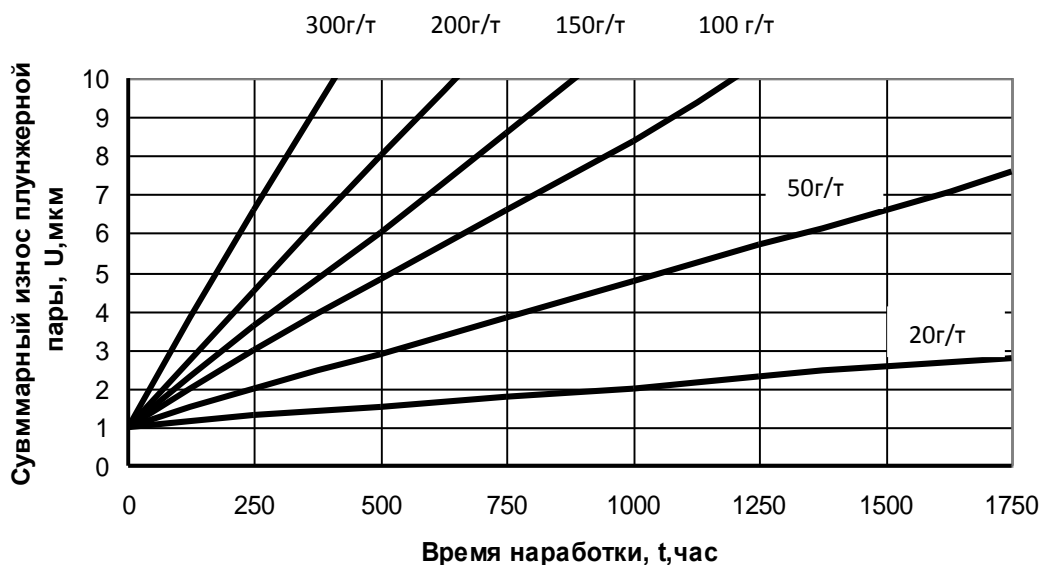


Рис. 2. Зависимость суммарного износа плунжерных пар ТНВД в процессе эксплуатации при разной концентрации абразива в топливе при диаметре частиц абразива 6 мкм

Из этих зависимостей видно, что увеличение степени загрязнения топлива абразивом, сокращает период наработки в 50 - 100 раз.

Концентрация абразива в топливе влияет на суммарный износ плунжерной пары топливного насоса, который влияет на гидравлическую плотность плунжерных пар. Эта зависимость представлена на рисунке 3.

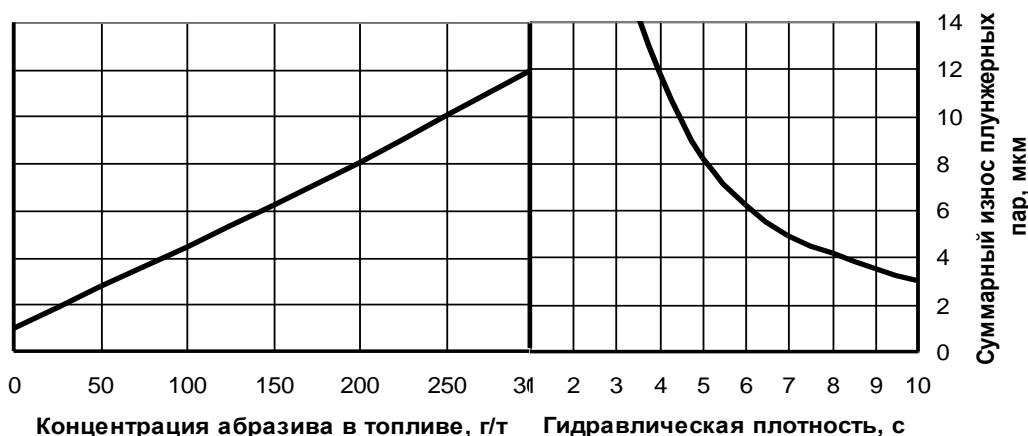


Рис. 3. Влияние концентрации абразива в топливе на гидравлическую плотность плунжерных пар ТНВД

Величина суммарного износа плунжерных пар зависит от частоты вращения приводного вала.

При работе топливных насосов на метиловых биотопливах, суммарный износ плунжерных пар ТНВД зависит от времени простоя дизеля. Зависимость изменения суммарного износа плунжерных пар, а следовательно и гидравлическая плотность, от времени простоя представлены на рисунке 4.

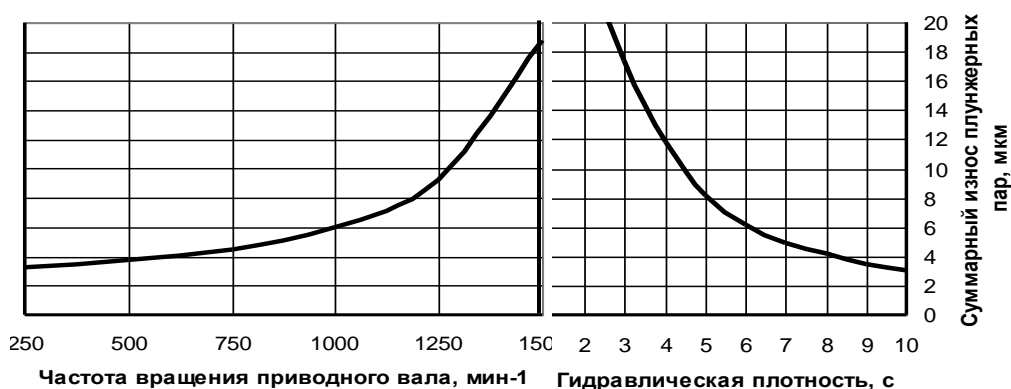


Рис. 4. Зависимость изменения суммарного износа плунжерных пар и гидравлической плотности от времени простоя



Эти зависимости суммарного износа плунжерных пар и их гидравлической плотности от частоты вращения приводного вала, концентрации абразива в топливе и величины простоя, позволили провести ускоренные испытания плунжерных пар с определением их ресурса.

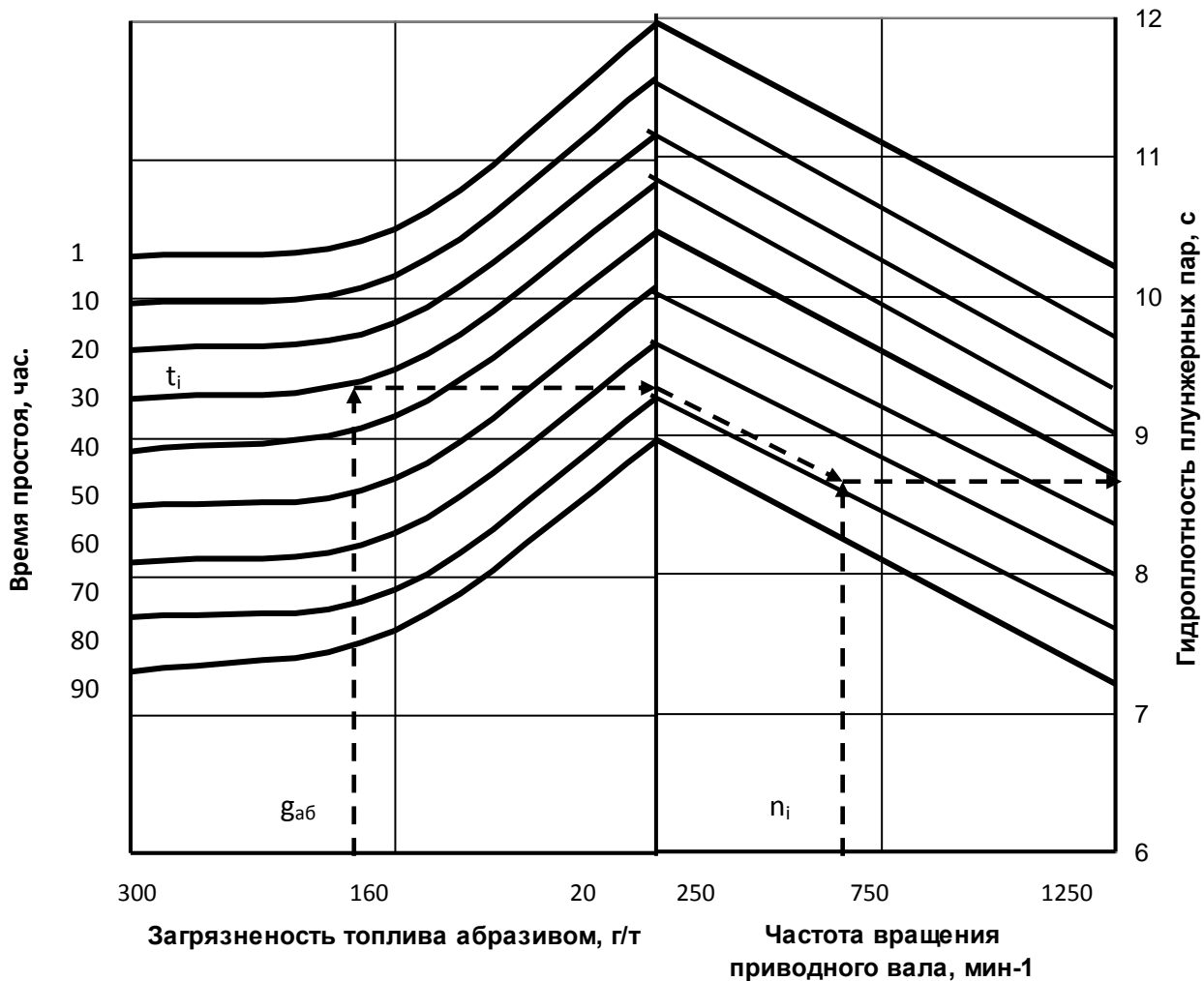


Рис. 5. Номограмма определения гидравлической плотности плунжерных пар ТНВД от степени загрязнения абразивом топлива, от времени простоя и от частоты вращения приводного вала топливного насоса.

Ключ номограммы:  $t_{пр} \rightarrow g_{аб} \rightarrow n_i \rightarrow ГП$

В качестве параметров процесса изнашивания элементов плунжерных пар были выбраны: частота вращения приводного вала -  $n_n(X1)$ , время простоя -  $t_{пр}(X2)$  и степень загрязненности абразивом биотоплива -  $g_{аб}(X3)$ . В качестве выходной функции была принята

гидравлическая плотность плунжерной пары, которая зависит от величины суммарного износа плунжера и гильзы  $U_{\Sigma}$ , и определяет ресурс сопряжения. Уровни вариации параметров ускоренных испытаний износа плунжерных пар ТНВД представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни вариации параметров ускоренных испытаний износа плунжерных пар ТНВД

	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
	Частота вращения приводного вала, $n_n, \text{мин}^{-1}$	Время простоя, $t_{пр}, \text{час.}$	Степень загрязненности абразивом биотоплива, г/т
Нижний предел	250	1	20
Верхний предел	1250	90	300
Уровень вариации	500	44,5	140

Принимаем матрицу активного эксперимента  $2^{2-3}$ .

Были проведены ускоренные испытания топливных насосов высокого давления с изменением выбранных параметров.

Математическая модель имеет вид (используются только значимые коэффициенты  $B_{ij}$ ):

$$Y_i = 8,25 \cdot X_0 - 0,9 \cdot X_1 - 1,35 \cdot X_2 - 1,5 \cdot X_3$$

Из уравнения регрессии видно, что наибольшее влияние на величину гидравлической плотности плунжерных пар оказывает загрязненность абразивом биотоплива. Наименьшее влияние на величину гидравлической плотности плунжерных пар оказывает частота вращения приводного вала и время простоя.

По установленной гидравлической плотности, можно определить остаточный ресурс плунжерной пары ТНВД (Рис.6 )

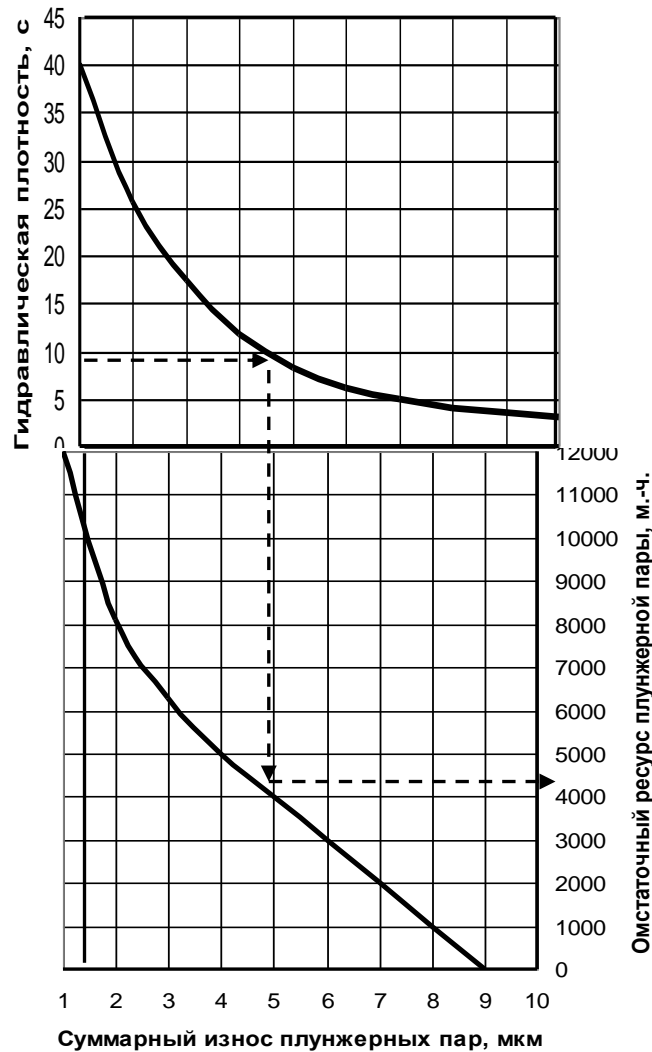


Рис. 6. Номограмма определения остаточного ресурса плунжерной пары по величине гидравлической плотности, изготовленной из стали ШХ15

*Выводы.* Таким образом, проведенные ускоренные испытания плунжерных пар, изготовленных из стали ШХ15, подтвердили математическую модель прогнозирования ресурса плунжерных пар топливных насосов высокого давления дизельных двигателей.

Литература:

1. Фанлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей /Б.Н. Фанлейб// - Машиностроение, 1974, - 263 с.
2. Журавель Д.П. Прогнозирование ресурса плунжерных пар топливных насосов / Д.П.Журавель// - Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. - Кіровоград: КНТУ, 2012. - Вип.39.- с.347-352.

3. Гидроаэромеханика и ее использование в энергетике АПК /В.А. Дидур, Л. И. Грачева, Н.Н. Радул, А. Н. Орел// - Москва: МГАУ, 2008. – 395 с.

### **ВПЛИВ АБРАЗИВНОСТІ БІОПАЛИВА НА ЗНОС ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ТНВД**

Журавель Д.П., Юдовинський В.Б., Коломоєць В.О.

**Анотація – робота присвячена впливу абразивності палива на знос плунжерних пар ТНВД.**

### **INFLUENCE OF THE ABRASIVE BIOFUEL WEAR PLUNGER PUMP**

D.Juravel, V.Yudovinskiy, V. Kolomoec

#### *Summary*

**Work is devoted to the influence of abrasion wear on fuel injection pump plunger.**

## ЗМІСТ

<i>Лурье З.Я., Панченко А.И., Соловьев В.М., Гасюк А.И.</i> Трехмерное численное моделирование рабочего процесса оптимального шестеренного насоса	3
<i>Анісімов В.В., Єрмаков П.П.</i> Аналіз основних математичних моделей кавітації	31
<i>Андренко П.М., Дмитрієнко О.В.</i> Побудова стохастичної моделі електрогідравлічного мехатронного модуля руху	42
<i>Фабричнікова І.А., Коломісць В.В.</i> Методика розробки комплексного способу зміцнення тонких різальних інструментів на прикладі бурякорізальних ножів	58
<i>Панченко А.И., Волошина А.А.</i> Вследование динамики гидравлической системы насос-клапан-гидровращатель	66
<i>Антощенков Р.В., Антощенков В.М., Кашин Д.В.</i> Аналіз експериментальних досліджень динаміки буксування рушіїв гусеничних та колісних тракторів	80
<i>Шацький В.В., Дем'яненко Д.В.</i> Розробка математичної моделі одношарового переміщення зернового матеріалу по похилій круговій віброповерхні	86
<i>Панченко А.И., Кравець О.В., Ялпачик О.В.</i> Методичні аспекти визначення економічної ефективності додаткових капіталовкладень при впровадженні у виробництво інноваційних технологій подрібнення кормів	96
<i>Соловьев В.М., Початовский С.В., Стримовский С.В.</i> Повышение параметров подвижности транспортных средств военного назначения	100
<i>Лук'яненко В.М.</i> Математичний опис безвідривного руху ізольованого насіння по похилій віброуючій неперфорованій поверхні	125
<i>Скляр О.Г., Скляр Р.В.</i> Механізовані технології утримання перепелів	135
<i>Рудницька Г.В.</i> Особливості вимірювання температури повітря у плодкових насадженнях	142
<i>Шуляк М.Л.</i> Вплив рельєфу несучої поверхні на коливання швидкості руху МТА	149
<i>Панченко А.И., Волошина А.А., Панченко И.А.</i> Экспериментальные исследования области изменения выходных характеристик гидравлических вращателей планетарного типа	157
<i>Морозов В.И.</i> До обґрунтування економічної ефективності кормозбиральних машин	175

<i>Болтянський Б.В.</i> Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною)	182
<i>Кюрчев С.В., Верхованцева В.А.</i> Особенности хранения зерновых запасов	189
<i>Мілько Д.О., Бакарджиев Р.О.</i> Рекомендації щодо створення повнорационних кормів для молодняка великої рогатої худоби	195
<i>Кувачов В.П.</i> Оцінка стійкості руху ширококолієвих енерготехнологічних засобів механізації сільськогосподарського виробництва	204
<i>Стефановський О.Б.</i> Спосіб врахування високотемпературних властивостей сталі при конструюванні теплонапружених деталей двигунів	211
<i>Буніна Л. М., Мельник К.Л.</i> Кінцеве розкислення сталей для поковок	218
<i>Мілько Д.О., Бакарджиев Р.О.</i> Тернарне представлення поверхні відклику трифакторного експерименту	224
<i>Кюрчев С.В., Юдовинський В.Б., Пеньов О.В., Мирненко Ю.П.</i> Підвищення зносостійкості деталей машин технологічними методами обробки	230
<i>Сушко О.В.</i> Якість обробленої поверхні при лезвійній обробці матеріалів інструментами на основі нітриду бору	235
<i>Стефановський А.Б., Гуйва С.Д.</i> Альтернативные двигатели внутреннего сгорания. Методы форсирования двигателей	240
<i>Кюрчев С.В., Колодій О.С.</i> Аналіз повітряно-решітно-трієрних машин	255
<i>Мілаєва І.І.</i> Моделі мінітракторів ХТЗ	262
<i>Гуйва С.Д.</i> Эволюция развития автомобиля	267
<i>Мілаєва І.І.</i> Особенности оппозитного двигателя	274
<i>Шокарев О.О., Кюрчев С.В.</i> Методика обґрунтування конструктивно – технологічних параметрів діелектрично-аеродинамічного сепаратора насіння	280
<i>Шегеда К.О., Данченко М.М., Шокарев О.М.</i> Механіко-технологічні особливості взаємодії обчесаних стебел з робочими органами різального пристрою	287
<i>Болтянський О.В., Болтянська Н.І.</i> Дослідження довговічності та безвідмовності підсистем молоткових дробарок в процесі їх експлуатації	296
<i>Мовчан С. І., Болтянський О.В., Болтянська Н.І.</i> Удосконалення схеми виробництва біопалива на основі рослинних олій	303



Наукове фахове видання

Праці

Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск \_\_. Том. \_

Свідоцтво про державну реєстрацію  
Міністерство юстиції  
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Панченко А.І.

---

Підписано до друку 06.05.2015 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.  
10,2 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10  
тел. (06192) 6-88-38