МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО, НАУЧНО ПРИЛОЖНО И ИНФОРМАЦИОННО СПИСАНИЕ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ, НАУЧНО ПРИЛОЖНЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ
INTERTAIONAL SCIETIFIC, SCIENTIFIC APPLIED AND INFORMATIONAL JOURNAL

МЕХАНИЗАЦИЯ на земеделието



Бр. 5
2013

Година LIX, ISSN 0861-9638, бр.5/2013, София

НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ ПО МАШИНОСТРОЕНЕ
БЪЛГАРСКА АСОЦИАЦИЯ ПО МЕХАНИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО

ИЗДАТЕЛИ

НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ ПО МАШИНОСТРОЕНЕ

БЪЛГАРСКА АСОЦИАЦИЯ ПО МЕХАНИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО

PUBLISHERS

SCIENTIFIC-TECHNICAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING

БЪЛГАРСКА АСОЦИАЦИЯ ПО МЕХАНИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО

ГОДИНА LIX БРОЙ 5 / 2013 ISSN 0861-9638 YEAR LIX ISSUE5 / 2013

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ **EDITORIAL BOARD**

Главен редактор: Проф. д-р инж. Михо Михов
Главный редактор: Проф. д-р инж. Михо Михов
Editor-in-chief: Prof. Dr. eng Miho Mihov
Научен редактор: Проф. дтн инж. Христо Белоев
Научный редактор: Проф. дтн инж. Христо Белоев
Prof. D.Sc. eng Hristo Beloev

Акад. дтн Саяхат Нукешев – Казахстан	Acad. D.Sc. eng. Sayakhat Nukeshev - Kazakhstan
Проф. д-р инж. Александър Токарев – Русия	Prof. Dr. Eng. Alexander Tokarev - Russia
Акад. дтн Джемал Катзитадзе – Грузия	Acad. Djemal Katzitadze - Georgia
Проф. д-р инж. Чеслав Вашкиевич – Полша	Prof. Dr. Eng. Cheslav Vashkievich - Poland
Проф. инж. Зденко Ткач – Словакия	Prof. eng Zdenko Tkach - Slovakia
Проф. дтн инж. Айрат Валиев – Русия	Prof. D.Sc. eng. Ayrat Valiev - Russia
Проф. дтн инж. Алексей Василев – Русия	Prof. D.Sc. eng. Alexey Vassilev - Russia
Проф. дтн инж. Георги Тасев – България	Prof. D.Sc. eng. Georgi Tassev
Доц. д-р инж. Неделчо Тасев	Assoc. prof. eng. Nedelcho Tassev
Доц. д-р инж. Георги Капашиков	Assoc. prof. eng. Georgi Kapashikov
Проф. дтн инж. Сава Мандражиев	Assoc. prof. eng. Sava Mandraviev
Доц. д-р инж. Красимира Георгиева	Assoc. prof. eng. Krassimira Georgieva
Доц. д-р инж. Росен Иванов	Assoc. prof. eng. Rossen Ivanov
Доц. д-р инж. Пламен Кангалов	Assoc. prof. eng. Plamen Kangalov
Проф. д-р инж. Михаил Илиев	Prof. Dr. Eng. Mihail Iliev
Доц. д-р инж. Недялко Недялков	Assoc. prof. eng. Nedyalko Nedyalkov

Списанието „Механизация в земеделието е продължител на списанията „Машинизирано земеделие” (1948-1957), „Механизация и електрификация на селското стопанство” (1959-1980) и „Механизация на селското стопанство” (1981-1991)

Адрес на редакцията:
Ул. „Г. С. Раковски” 108
Етаж 4, офис 411
1000 София
Тел/факс 02 986 22 40, тел: 02 987 72 92
www.mech-ing.com, nts-bg@mech-ing.com

За рекламодатели и спонсори:
Банкова сметка:
IBAN: BG70 PRCB 9230 100779 0819,
BIC: PRCBBGSF
Получател: НТС по машиностроене
ПРОКРЕДИТ БАНК:

МЕХАНИЗАЦИЯ на земеделието

научно, научно-приложно и информационно списание

ISSN 0861 - 9638 Година LIX, 5/2013, София

СЪДЪРЖАНИЕ:

Механизация на земеделието

ОБОСНОВАВАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА РАБОТНИ ОРГАНИ ЗА ЕДНОВРЕМЕННО И ПОСЛОЙНО ВНАСЯНЕ НА ВОДОАКУМУЛИРАЩИ МАТЕРИАЛИ В ПОДОРНИЯ СЛОЙ НА ПОЧВАТА
Георги Митев, Красимир Братоев, Живко Демирев, Стилиян Манушков, Тихомир Тодоров 3

ИЗСЛЕДВАНЕ ОТКЛОНЕНИЕТО ОТ ДЪЛБОЧИНАТА НА ПОЛАГАНЕ НА БИОРАЗГРАДИМА ЛЕНТА СЪС СЕМЕНА
Христо Христов 6

ТЕОРЕТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СЪПРОТИВЛЕНИЕТО ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА
Prof. Borisov, B. G., PhD, Assoc. Prof. Kolev, B. R., PhD, Bratoev, K. P., PhD 9

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАДЛЪЖНАТА РАВНОМЕРНОСТ НА СЕЕЩ АПАРАТ ЗА РАПИЦА
гл. ас. д-р инж. Добринов В., доц. д-р инж. Демирев Ж., гл. ас. д-р инж. Братоев К. 14

Ремонт и поддържане на машините

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
Академик академии с/х наук Грузии, дтн, полный профессор Кацитадзе Д.В. 17

ИЗСЛЕДВАНЕ ТРАЙНОСТТА НА НАВАРЕНИ ПОД СЛОЙ ОТ ФЛЮС ПОКРИТИЯ В АБРАЗИВНА СРЕДА
Assoc. Prof. Nikolov M. PhD, As. Slivarov O. PhD 20

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТТА НА НАВАРЕНИ ПОКРИТИЯ В АБРАЗИВНА СРЕДА
Assoc. Prof. Nikolov M. PhD, Prof. Stanev L. PhD, As. Slivarov O. PhD 24

Отопление, вентилация и климатизация на селскостопански обекти

ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗГАРЯНЕТО НА РАСТИТЕЛНИ ОСТАТЪЦИ ВЪВ ВЪЗДУХОПОДГРЕВАТЕЛ ВП - 800 С РЪЧНО ЗАРЕЖДАНЕ НА ГОРИВОТО
Валден Георгиев, ... 27

ОБОСНОВАВАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА РАБОТНИ ОРГАНИ ЗА ЕДНОВРЕМЕННО И ПОСЛОЙНО ВНАСЯНЕ НА ВОДОАКУМУЛИРАЩИ МАТЕРИАЛИ В ПОДОРНИЯ СЛОЙ НА ПОЧВАТА

Георги Митев, Красимир Братоев, Живко Демирев, Стилиян Манушков, Тихомир Тодоров
Русенски университет „Ангел Кънчев”

Abstract: Consider a technical solution which aims to ensure the introduction of natural water holding material layer by layer and simultaneously within the fertile layer of soil. As a result of this activity, improve physical and chemical properties and yields tend to increase sustainable. The article reasoned basic design parameters of working bodies working together in the soil at depths of 0,40 m, 0,50 m and 0,60 m, each of them may make one type of material and / or a combination thereof. In determining the size of the working bodies is taken into account both the impact that would have on the physical properties of soil and the possibility of reducing their traction resistance.

Keywords: soil productivity, water holding materials, soil layer

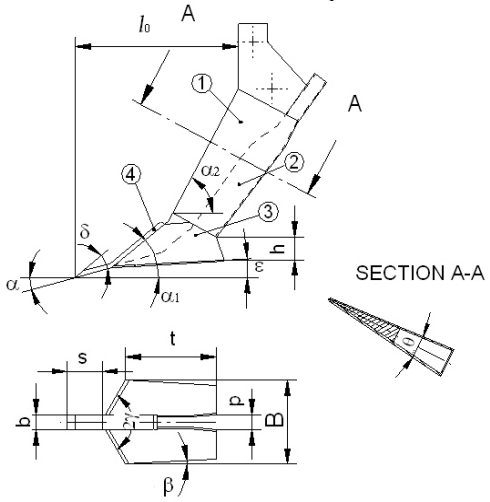
Увод

Обработка на почвата без обръщане на орния й слой е позната и прилагана в случаите, когато подорния й слой е уплътнен над допустимите стойности, водната ерозия е силно изразена, а добивите прогресивно намаляват. Потенциалът на тази вид обработка, в съчетание с иновативни технически решения и подходяща технология, може да се използва за решаване на много проблеми, отнасящи се до запазване и увеличаване на почвеното плодородие.

Установено [1,2,3] е, че внасянето на торове и вода в подорния слой на почвата допринасят за усиленото развитие на кореновата система на растенията, което е фактор за устойчивото им развитие, особено в случаите на силно засушаване на почвата. Това се дължи основно на акумулираната в дълбоките почвени слоеве продуктивна влага, чрез която корените на растенията лесно извличат хранителните вещества от почвата. По такъв начин се избягва стреса върху развитието на растенията през сухите периоди, а това осигурява устойчивост на добивите.

Решение на проучения проблем

Всеки от трите слоя ВАМ се полага от отделен работен орган, като показания на фиг.1. Формата и размерите на подрязващата стреловидна лапа (3) са подбрани така, че в образуваният от тях канал в почвата да постъпи необходимото количество ВАМ, а също така да се постигане добро разрохкване на почвата. Цялостната конструкция на работните органи и на машината е съобразена и със задачата за намаляване на теглителното им съпротивление.



Фиг. 1. Конструктивна схема на работен орган за внасяне на ВАМ

Съществуват голям брой изследвания (теоретични и експериментални) отнасящи се до работата на дълбокоразрохкващите работни органи [4, 5, 6, 7, 9]. На база на заключенията от тях са подбрани тези от параметрите на представения работен орган, които съществено влияят на протичащите физически процеси между него и почвата. Стойностите на тези параметри са посочени в табл.1.

Таблица 1. Конструктивни параметри на работния орган

Параметър	Размерност	Стойност
δ	deg	20
α	deg	15
α_1	deg	40
α_2	deg	60
ε	deg	12
β	deg	2
θ	deg	12
2γ	deg	100
h	mm	80
p	mm	55
b	mm	50
s	mm	35
t	mm	320
B	mm	280

Изнесеното напред острие на длетото (4) с 30÷40 mm намалява специфичното съпротивление на почвата върху остриетата на лапата [4]. Ъгалът му на заточване δ и ъгълът на разтрошаване α са подбрани така, че да осигурят добро задълбаване на работния орган. В задната част на длетото ъгълът на разтрошаване α_1 нараства, като при стълбецът (1) той става най-голям -α_2. Непрекъснатото нарастване на този ъгъл придава на челната страна на работния орган форма на криволинеен клин, което е предпоставка за подобряване на разтрошаването на почвата [7]. При такова разположение на стълбеца спрямо рамата на машината, епюрът на деформациите в надлъжно-вертикалната равнина ще показва, че основната част от пукнатините ще са насочени от дъното към повърхността на полето, а пределната им дълбочина на работа може да се очаква да бъде по-голяма или близка до тази на която ще работят (0,4m, 0,5m и 0,6m). Друг положителен ефект от това положение на стълбеца е, че той ще реже почвата с преплъзване, а това в съчетание с малкия ъгъл θ намалява в значителна степен съпротивлението на почвата пред него [5].

В литературата [4] се препоръчва ъгълът при върха на лапата (2γ) да бъде в интервала от $80^0 \div 100^0$, за да се постигне добро разтрошаване на почвата при относително малко

съпротивление на почвата. Избрана е горната граница на този ъгъл, за да се увеличи напречното сечение на канала образуван от лапата.

Приетият ъгъл на разтрошаване (ε) предизвиква повдигане на почвения пласт в края на лапата с около 7cm. Установеное [4], че по-голямо повдигане на пласта от това е неефективно, тъй като силно нараства съпротивлението на почвата, а степента на разтрошаването ѝ се променя несъществено.

Разполагането на трите работни органа в редица един зад друг предопределя вторият и третият от тях да работят в частично разрохкана почва, което спомага за намаляване на общото теглително съпротивление на машината [6]. Разстоянието между отделните работни органи в редицата е съобразено с изискването за нормално разпространение на деформациите в надлъжно – вертикалната равнина и е определено от израза:

$$L \geq l_0 + a.tg(\alpha + \varphi), \qquad (1)$$

където l_0 е разстоянието от длетото до горния край на стълбеца, мерено по посока на движението, m;

a - дълбочината на работа на работния орган, m;

α - ъгълът на разтрошаване на длетото, ^{0};

φ - ъгълът на триене на почвата по работната повърхност на длетото. Приета е максималната му стойност за песачливо-глинести почви – $\varphi=42^0$ [7].

Трите работни органа оформят една работна секция от машината. Секциите са общо три разположени симетрично спрямо рамата на разстояние 0,7m една от друга. Следователно зоната на деформация в напречно-вертикалната равнина за всеки ред от органи, работещи на еднаква дълбочина ще има форма близка до трапец, чиято голяма основа може да се определи от израза:

$$b_s = B_m + 2.a \ , \qquad (2)$$

където b_s е дължината на горната основа на трапеца, m;

B_m - работната широчина на машината – 1,4m.

Такова разположение на работните органи по рамата на машината означава, че в орния слой на почвата ще има голямо препокриване на зоните на деформация очаквания ефект, от което е значително нарастване на порьозността му (набухване на слоя). Това ще доведе и до промяна на плътността на почвата в този слой. Използвайки известни от литературата зависимости [7,8,9] може да се направи теоретичната връзка между порьозността, плътността, коефициента на обемно смачкване на почвата и нейната твърдост. За целта се разглежда даден участък от почвата в орния слой преди обработка (приет за модел) и след обработката (приет за образец), за които важат едни и същи почвени и агротехнически условия. Приемайки, че твърдата фаза в обем почва от този участък основно определя съпротивлението на почвата против смачкване (газовата фаза участва , като идеален газ, а течната фаза е приета за константа), то една и съща сила на деформиране на почвата от модела и образеца ще се получи при различни стойности на коефициента на обемно смачкване и изместения обем почва, т.е:

$$F = q_m.V_{sm} = q_o.V_{so} = const \ , \qquad (3)$$

където q_m е коефициентът на обемно смачкване на почвата от модела, N/cm^3;

q_o - коефициентът на обемно смачкване на почвата от образеца, N/cm^3;

V_{sm} - обемът почва от модела, изместен от накрайник на твърдомер, cm^3;

V_{so} - обемът почва от образеца, изместен от накрайник на твърдомер, cm^3.

Ако q_m и V_{sm} са предварително известни, а съдържанието на твърда фаза в почвата от модела и образеца е едно и също (за да е в сила равенство (3)), то обема V_{so} може да бъде определен с израза:

$$V_{so} = k.V_{sm}, \qquad (4)$$

където k е коефициент отчитащ промяната на порьозността на почвата от модела и образеца.

Следователно от изрази (3) и (4) може да бъде изведена връзката между коефициентите q_m и q_o:

$$q_o = \frac{q_m}{k} \qquad (5)$$

Известна е [7,8] връзката между твърдостта на почвата и коефициента ѝ на обемно смачкване. В случаи, кагота е необходимо те да бъдат сравнявани е удобно да се използва зависимостта:

$$p_o = p_m.\sqrt{\frac{q_o}{q_m}} \ , \qquad (6)$$

където p_o е твърдостта на почвата от образеца, N/cm^2;

p_m - твърдост на почвата от модела, N/cm^2.

Изрази (5) и (6) показват, че отношението на твърдостта на почвата от образец и модел е равно на квадратния корен на реципрочната стойност на коефициента k:

$$\frac{p_o}{p_m} = \sqrt{k^{-1}} \qquad (7)$$

В литературата [3] има предложени регресионни модели за определяне площта на разрохкване и набухване на почвата при взаимодействието и с дълбокоразрохкващ работен орган, общия вид на които е:

$$y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 \ , \qquad (8)$$

където y е изследваният параметър;

b_0, b_1 и b_2 - опитни коефициенти на модела;

x_1 и x_2 - управляеми фактори на модела, съответно ъгъл на разрохкване (α) и дълбочината на работа на работния орган.

Използването на модела (8) дава възможност на база от експериментални резултати лесно да се определи коефициента k, а от него и твърдостта на почвата след обработването ѝ от представения тип работни органи на машината за внасяне на ВАМ. Същият регресионен модел е предложен, като подходящ за определяне на теглителното съпротивление на дълбокоразрохквач [3].

Количеството на положените във всеки от образуваните почвени канали ВАМ е функция от сечението на канала и плътността на внасяния материал. Конструкцията на стреловидната лапа не позволява цялото сечение на канала да бъде заето с материал, така че за сечение на канала трябва да се използва само заетата с материал част от него. Площта на тази част може да бъде определена със следната формула:

$$S = p.(h + t.tg\varepsilon) + t^2.tg\varepsilon.tg\psi \ , \qquad (9)$$

където p, h, t и ε са конструктивни параметри на стреловидната лапа (табл.1);

ψ - ъгълът на естествения наклон за конкретния вид материал.

С цел повишаване степента на унифициране на машината се използват еднакви стреловидни лапи за всички работни органи. Следователно количеството материал, което ще полага всяка от тях се определя от плътността на материала и ъгъла ψ и трябва да съответства на определена норма. Необходимото количество от даден ВАМ, което трябва да се внесе в почвата се определя основно от неговата водоакумулираща способност, което е задача на друго наше изследване [10].

Заключение

Обосноваването на параметрите на работен орган за внасяне на ВАМ е извършено относно два аспекта: степен на разрохкване на почвата и внасяне на необходимото количество материали на определена дълбочина в почвата. Приетите стойности на разгледаните конструктивни параметри, както и цялостната компановка на машината се очаква да доведат до висока степен на разрохкване на почвата, която да е съпроводена с намалено теглително съпротивление. За тази цел представените зависимости и модели, следва да бъдат проверени експериментално. На експериментално изследване следва да се подложи и съответствието между внесеното от работните органи количество ВАМ и необходимото от гледна точка на водозадържащата способност на почвата количество.

Експерименталното потвърждаване на представената формула (7) в значителна степен би улеснила методиката при определяне твърдостта на почви с различна порьозност. Тази формула обаче не отчита влиянието на течната фаза в почвата върху промяната на твърдостта. За това тя е подходяща в случаи, когато почвените проби имат близка абсолютна влажност.

Литература

1. Галушка И., И. Овчинников, **Приспособление для локалного внесения минералных удобрений в садах.** Механизация и электрификация сельского хозяйства, Урожай, Киев, выпуск 8, 1967
2. Фищенко Г., **Механизация орошения подпахотного горизонта почвы.** Механизация и электрификация сельского хозяйства, Урожай, Киев, выпуск 8, 1967
3. Марков Н., **Изследване върху длетообразни работни органи на машини за дълбоко разрохкване на повърхностно преовлажнени почви.** Автореферат, София, 1986
4. Вагин А. и др., **Механизация защиты почв от водной эрозии в нечерноземной полосе.** Колос, Ленинград, 1977
5. Панов И., В. Ветохин, **Физические основы механики почв.** Киев, 2008
6. Александров В. и др., **Справочник конструктора сельскохозяйственных машин.** Машиностроение, Москва, том 2, 1967
7. Демирев Ж., К. Братоев, **Земеделски машини I.** Русе, 2012
8. Георгиев И., **Основи на подобието и моделирането на селскостопанската техника.** Земиздат, София, 1973
9. Srivastava ,A. K et al. **Engineering principles of agricultural machines.** American Society of agricultural engineersq 1993
10. Митев Г., А. Павликянова Кр. Братоев, Ст. Манушков, **Изследване на водозадържащата способност на почвени смеси с водоакумулиращи материали.** Научни трудове на РУ "Ангел Кънчев", Русе, 2011

ИЗСЛЕДВАНЕ ОТКЛОНЕНИЕТО ОТ ДЪЛБОЧИНАТА НА ПОЛАГАНЕ НА БИОРАЗГРАДИМА ЛЕНТА СЪС СЕМЕНА

Христо Христов, Русенски университет „Ангел Кънчев”

Abstract: The article analyzes the work of the section laying biodegradable tape embedded with seeds in it and studied the deviation from the specified depth of laying the tape depending on the forward speed of the unit and different depths of sowing method of measuring the depth and statistical methods the processing of data obtained from experiments

.

Увод

Традиционните сеялки за точна сеитба са сложни по конструкция машини снабдени със сеещи секции, всяка от които има кутия за семена, сеещ апарат, браздири или ботуши, заривачи и притъпкващи органи. Използваните в тези сеялки сеещи апарати са обикновенно пневматичен или механичен тип, като първите са във варианти с вакуум или налягане, те намират по-широко приложение в практиката. Реализирането на заложения генетичен потенциал в семената на засяваната култура до голяма степен зависи от качеството на работа на сеялката. Най – общо за качеството на работа на дадена сеялка може да се съди по размера на т. нар. необратими загуби от продукция. Тези загуби са резултат от пропуски в засяването, травмиране на семената и неустойчиви технологични регулировки на машината. Споменатите причини са резултат от заложените конструктивни и технологични принципи в традиционните сеялки от този тип.

С предлаганата машина за полагане на биоразградима лента с фиксирани в нея семена се представят конструктивни и технологични решения, които свеждат до минимум необратимите загуби[7].

Машината е подходяща за засяване на малки площи с различни култури, за които се изисква прилагането пунктиран (точен) начин на засяване на семената им.

Целта на изследването е чрез провеждане на активен експеримент да се установи отклонението на засятите семена от зададена дълбочина, отговаря ли на допустимите по агротехнически изисквания.

Решение на проучвания проблем

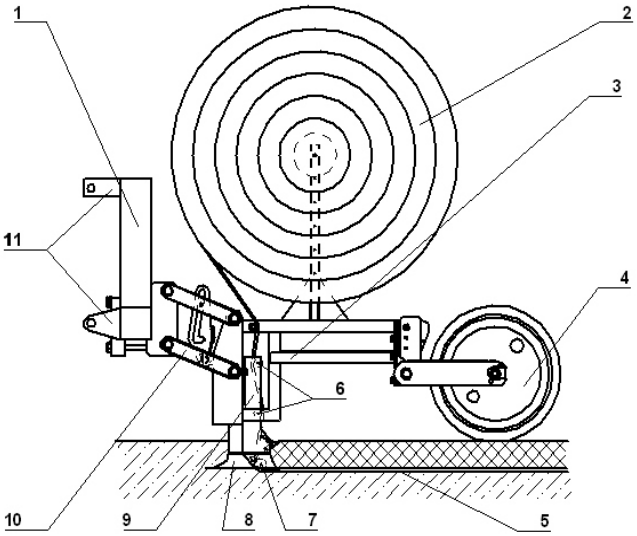
За полагане на биоразградима лента с вградени в нея семена се използва представената на фиг.1 опитна уредба, състояща се от шарнирен четиризвенник 10, едно от звената е закрепено към греда 1 носена от навеска 11 на трактора, към другото звено е закрепен работен орган 8 и притъпкващо колело 4.

Работният (браздообразуващ) орган е подобен на култиваторна стреловидна лапа, в един от вариантите, закрепена на стълбец с П – образно сечение 9. В стълбеца са разположени ролки 6 със специален профил, ролките са монтирани така, че да водят лентата в стълбеца, а в средата на ролките е вдлъбнат пояс, с цел при преминаването на лентата в местата където са семената да се компенсира издутината на лентата. На рамата е монтирана стойка върху която се поставя барабан 2 с лента, а в друг вариант лентата е положена в кутия зигзагообразно, Притъпкващото колело е с възможност за преместване по вертикалата, за задаване на различни дълбочини на полагане на лентата. Между браздообразувателят и притъпкващото колело се поставят заривачи, когато се полагат по-широки размери лента, с цел да се засипе лентата с достатъчно количество почва.

Конкретните опити са проведени с лента с ширина 50 mm, но има възможност да се изработва лента с ширини 100 и 150 mm.

Предвидено е устроиство сигнализиращо при свършване или скъсване на лентата.[6]

Всяка секция е с минимална широчина, което позволява регулиране на междуредовото разстояние в много големи граници, правещо я универсална по отношение на засяваните култури.



***Фиг. 1**. Опитна уредба за полагане на биоразградима лента. 1.Рама, 2. Барабан с лента, 3. Рама на притъпкващото колело, 4. Притъпкващо колело, 5. Биоразградима лента, 6. Водещи ролки, 7. Основна ролка, 8. Браздообразуващ орган, 9. Стълбец, 10. Паралелограмен механизъм, 11. Навеска*

За да бъде извършен контрол на отклонението от зададената дълбочина на сеитба се използва специално конструирано устройство за измерването й.

Устройството представлява: рама с 3 опорни точки; вертикално разположен плъзгач, даващ възможност да се измерва дълбочината на различни точки в напречно направление; прозорче с показалец за отчитане на показанията; опипвач със скала, разграфена в милиметри и петá, допираща се в почвата и след това в лентата, разликата от двете показания дава действителната дълбочина на полагане на лентата; опипвачът е снабден със стопорно устройство, даващо възможност за застопоряването му във всяко едно положение.

Методи и материали

Основни изисквания към работата на класическите сеялки са свързани с поддържането на устойчива сеитбена норма, с равномерното разпределяне на семената в напречна и надлъжна посока, със засяването на семената на еднаква дълбочина и с минимална степен на травмиране на семената [1].

Заложеният принцип на работа на представената сеялка, предопределя от тези изисквания да бъде изследвано равномерното засяване на семената по дълбочина, тъй като останалите не зависят от работата на сеялката, а се изпълняват предварително при подготовката на биоразградимата лента [2].

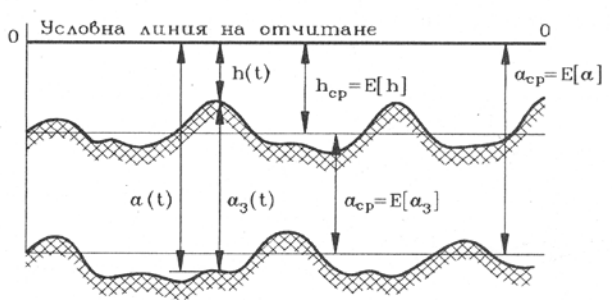
Изследването е проведено с описаната по-горе опитна уредба в лабораторни условия. Полаганата в почвата биоразградима лента е с подредени в нея на разстояние 0,2m семена от хибридна царевица. Задачата, която е изпълнена за постигане на целта е свързана с проверка на хипотези, съпоставящи получените отклонения с допустимите [1].

Механизмът на измерване е следния: след като е минала секцията и е положила лентата, поставяме устройството в положение рамата да бъде перпендикулярна на посоката на

движение на секцията, освобождаваме опипвачът да слезе до нивото на почвата и записваме показанието по скалата, повдигаме опипвачът, застопоряваме го в положение произволно далече от нивото на почвата и внимателно премахваме слоят почва намиращ се над лентата и отново освобождаваме опипвачът да се допре до лентата, отчитаме отново показанието и разликата от двете показания ни дава действителната дълбочина на полагане на лентата. Това повтаряме през всеки 20 cm и записваме показанията, които ще ни дадат представа за равномерноста на полагане на лентата.

При провеждане на експеримента са използвани статис-тическите методи за изследване на земеделска техника [3, 4, 5].

На фиг.2 е илюстрирана методиката на отчитане на дълбочината на засяване на семената.



Фиг.2. *Определяне дълбочината на засяване*

Тя представлява разлика на два процеса: профилът на дъно на браздата $a(t)$ и профилът на повърхността на полето $h(t)$. Двата профила се измерват спрямо условна линия на отчитане, т.е. - $a_з(t) = a(t) - h(t)$. Тази методика показва, че равномерността на засяване на семената зависи от дисперсията на $h(t)$ и на $a(t)$, но провеждането на лабораторни опити дава основание първата от тях да се приеме за постоянна ($\sigma^2_{h(t)} = const$), а минималната стойност на втората означава минимално разсейване от дълбочината на засяване [4].

След проведено предпланиране на експеримента за управляеми фактори на обекта (секцията) са приети скоростта на движение на секцията - $V_м$, km/h и дълбочината на засяване на семената –***a***, cm, а също така е определен и обемът на извадките в отделните опити. Нивата на вариране на факторите са подбрани съобразно агротехническите изисквания, отнасящи се до вида на засяваната култура и препоръчителните скорости за класическите сеялки, с които тя се засява. Обемът на извадката е обоснован от относителната грешка за оценката $\bar{y}$ (средноаритметична стойност на дълбочината на засяване), за която се допуска да е в границите $5 \div 10\%$ [3].

За оценяване на отклоненията в дълбочината на засяване на семената, като критерий е използвано средноквадратичното отклонение, респективно дисперсията на дълбочината на засяване, получени във всеки от опитите. Малките стойности на този критерий означават малко отклонение от средната стойност на наблюдавания параметър (дълбочина на засяване на семената). Използването на този критерий за оценяване работата на секцията, прави подходящо използването на хипотезата за проверка на дисперсията на нормално разпределена случайна величина.

Проверката на тази хипотеза е свързана с разглеждането на случай, при който критичната област на разсейване е двустранно ограничена. В този случай нулевата хипотеза, която трябва да се провери има вида:

$$H_0 : \sigma^2[\bar{y}] = \sigma_0^2, \qquad (1)$$

където σ_0^2 е предварително зададена константа и представлява дисперсията, определена от допустимите отклонения от дълбочината на засяване.

σ^2 - дисперсията получена в конкретния опит.

Алтернативната хипотеза на израз (1) ще има вида:

$$H_1 : \sigma^2[\bar{y}] \neq \sigma_0^2 \qquad (2)$$

Нулевата хипотеза се проверява с помощта на критерия хи-квадрат (χ^2), който се определя от израза:

$$\chi^2 = \frac{(n-1).s^2}{\sigma_0^2}, \qquad (3)$$

където s^2 и n са съответно коригираната дисперсия и обемът на извадката.

Приемането или отхвърлянето на нулевата хипотеза зависи от изпълнението на условието:

$$\chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2});k} \geq \chi^2 \geq \chi^2_{\frac{\alpha}{2};k}, \qquad (4)$$

където $\chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2});k}$ и $\chi^2_{\frac{\alpha}{2};k}$ са критични стойности на критерия при α равнище на значимост и $k = n-1$ степени на свобода. Вземат се от таблици [3].

Отхвърлянето на хипотезата (1) означава приемане на алтернативната (2), от което следва, че опитните отклонения в дълбочината се различават от допустимите. В случай, че опитната дисперсия е по-малка от зададената по изисквания, следва това различие да се приеме , като положителен резултат от работата на сеещата секция.

Резултати и дискусии

Натуралните стойности на управляемите фактори на експеримента, както и получените резултати от тях са посочени в таблица 1. Представените точкови оценки на средната дълбочина на засяване и дисперсията са получени при 25 измервания за всеки от опитите. При такъв обем на извадката допустимата относителна грешка е по-малка от 5%. Във всяко от измерванията дълбочината на засяване на семената (y) е отчитана по метода на условната линия.

Таблица 1. Опитни резултати

№ на опита	Нива на факторите		Точкови оценки	
	$V_м$, km/h	*a*, cm	$\bar{y}$, cm	σ^2, cm^2
1	8	7	7,084	0,979733
2	8	3	3,704	0,3334
3	4	7	7,132	0,647267
4	4	3	3,956	0,199567

Еталонната дисперсия необходима за проверката на хипотеза (1) има стойност единица ($\sigma_0^2 = 1$), което е резултат от изискването, отклонението на засятите семена да е в интервала $\pm 1cm$ от зададената дълбочина. Извършената проверка на нулевата хипотеза (1) показва, че в първия опит изчисленият χ^2 се получава 23,5; във втория опит – 4,8; в третият опит – 15,5; а в последния опит е 8,001. Критичните стойности за този критерии при равнище на значимост $\alpha = 0{,}05$ и степени на свобода $k = 24$ са: $\chi^2_{0.025,24} = 40{,}53$ и $\chi^2_{0.975,24} = 11{,}99$. От представените стойности се вижда, че условието (4) не е изпълнено за всеки от опитите, поради което нулевата хипотеза се отхвърля и следва да се приеме алтернативната (2). Посочените в табл. 1 стойности на σ^2 и приемането на алтернативната хипотеза показват, че разполагането на семената по дълбочина от сеещата секция е равномерно и удовлетворява напълно изискванията за този показател.

От резултатите в табл.1 се вижда, че по-голямо разсейване от дълбочината има при голямата дълбочина, като с повишаване на скоростта, то нараства. Същата промяна по

отношение на скоростта се наблюдава и при малката дълбочина на засяване. Това нарастване на дисперсията може да се обясни с по-големите колебания в динамичните натоварвания на сеещата секция при повишените скорости.

Литература

1. Демирев Ж., К. Братоев, Земеделски машини I. Русе, 2012
2. Митев Г., Х. Христов и др., Проект 2011-ФАИ-01: Разработване на метод и средства за точна сеитба на окопни и зеленчукови култури чрез използване на биоразградими материали. Русенски университет "Ангел Кънчев", Русе, 2011
3. Митков А., Д. Минков. Статистически методи за изследване и оптимизиране на селскостопанската техника – I част. Земиздат, София, 1989
4. Митков А., Д. Минков. Статистически методи за изследване и оптимизиране на селскостопанската техника – II част. Земиздат, София, 1989
5. Митков А. Теория на експеримента. Дунав прес, Русе, 2011
6. Михайлов М.Д., Л. Йорданов, Хр.Христов Система за контрол на засяването при машини за точна сеитба с биоразградима лента. Научни трудове на русенски университет – 2011, том 50, сер1.1.
7. Христов Хр. Анализ на сеялките за точна сеитба на окопни и зеленчукови култури. Научни трудове на русенски университет – 2009, том 48, сер. 1.1.

ТЕОРЕТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СЪПРОТИВЛЕНИЕТО ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА

THEORETICAL MODELING THE INFLUENCE OF RESISTANCETHE MOVEMENT OF FARM MACHINERY

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ НАГРУЗОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Prof. Borisov, B. G., PhD, Assoc. Prof. Kolev, B. R., PhD, Bratoev, K. P., PhD
Angel Kantchev University of Ruse, Bulgaria

Abstract: *In the design and development of new operating equipment, machinery and apparatuses for agriculture, the main criterion for their evaluation is their resistance in a working environment, or, their specific energy consumption, respectively. To define the resistance in progressive or rotary motion, the specific design features, the mode of impact and the environment parameters should be taken into consideration. In progressive motion the resistance depends mainly on the speed. It begins to increase considerably at speeds over 5 km.h$^{-1,}$ when the second gear is of extreme importance. With apparatuses using rotary motion it is important to note that the resistance also depends on the square speed. At idle stroke particularly, the excessively high speeds increase significantly the power needed. With fans the main criterion for minimum specific energy consumption can be determined by the specific relations between the power needed, the rotation frequency, the discharge and pressure head.*

Key words: SIMILARITY, DIMENSION, MASS, LENGTH, TIME.

1. Увод

При извършването на някои основни операции като обработка на почвата, прибиране, обработка и транспортиране на продукцията в селското стопанство и други, се изразходва значително количество енергия. Ето защо, от голямо значение е да се познават много добре, особено от енергетична гледна точка, работните органи и машините, които извършват тези операции, с оглед на тяхното усъвършенстване, с цел повишаване на качествените им показатели при минимален разход на енергия. Усъвършенстването следва да бъде насочено към създаването на нови работни органи и машини, при нови принципи на работа, със значително минимални съпротивления. Не е достатъчно дадена машина само „да върши" работа, както обикновено се практикува. Нейната комплексна ефективност трябва да се оценява основно по енергетичните разходи за изпълняването на определен технологичен процес, който зависи преди всичко от съпротивлението при движението на нейните работни органи в конкретната среда [1,3,8].

2. Метод и обект на изследване

Машините в селското стопанство работят във/или с най-различна среда: почва (твърда), вода (течна), въздух (газообразна) и различни други материали. По принцип съпротивлението *R*, на тяло при постъпателно или въртеливо движение в дадена среда, зависи от вида на средата и нейната плътност ρ, от скоростта на движение *v*, от площта на характерното (миделево) сечение *F* на тялото и неговата форма, и може да бъде изразено като функция в неявен вид по следния начин:

$$R = \varphi\left(\rho, F, v\right). \tag{1}$$

Съгласно теорията на размерностите [3,7,9] съпротивлението *R* може да се изрази като степенен едночлен от вида като

$$R = \rho^{\alpha} F^{\beta} v^{\gamma}. \tag{2}$$

Като се раздели дясната на лявата част се получава критерият на подобие π_m за телата, който може да бъде дефиниран и като коефициента $\Re$, именно

$$\pi_m = \frac{R}{\rho^{\alpha} F^{\beta} v^{\gamma}} = \Re \cdot \tag{3}$$

За да се получат значенията на степенните показатели α, β и γ, така че лявата и дясната част да имат една и съща размерност, съгласно правилото на Фурие, е необходимо да бъдат приравнени съответните символи *R* в *N (kg.m.s^{-2})*, ρ в *kg.m^{-3}*, *F* в m^2 и v в *m.s^{-1}* с техните размерности [3,7], изразени чрез масата *M*, дължината *L* и времето *T* в съответната степен от израза (2), както следва

$$\left[MLT^{-2}\right] = \left[ML^{-3}\right]^{\alpha}\left[L^{2}\right]^{\beta}\left[LT^{-1}\right]^{\gamma}. \tag{4}$$

Изразявайки степенните показатели при съответните размерности на двете части на равенството (4) се получава, че

$$M \rightarrow \quad 1 = \alpha$$

$$L \rightarrow \quad 1 = -3\alpha + 2\beta + \gamma$$

$$T \rightarrow \quad -2 = -\gamma$$

а след решаването на системата се определят съответните стойности на степенните показатели, съответно за α=1, за β=1 и за γ=2.

Тогава критерият (коефициентът $\Re$) на подобие π_m от израза (3) ще бъде

$$\Re = \frac{R}{\rho\, F\, v^2} \quad \text{или} \quad R = \Re\ \rho\, F\, v^2, \tag{5}$$

т.е. получава се общоизвестното уравнение на Нютон за съпротивление на тяло, движещо се в конкретна среда и с определена скорост. Значимостта и общо валидността на това уравнение е огромна. То по принцип следва да важи за съпротивлението на какво да е тяло в каква да е среда при възможно движение, като коефициентът на подобие $\Re$ отчита формата на тялото и неговото повърхностно състояние и е еднакъв за подобни тела. По-конкретно, при установяване на съпротивлението на дадено тяло (работен орган, машина) следва да се отчитат неговите особености и тези на средата,

предназначението и конструкцията, видът на движение, скоростта му при това движение и т.н. Известно е и от практиката, че основно влияние оказва скоростта *v*, което се потвърждава и теоретично, тъй като в израза (5) тя е на втора степен [2,4,10].

3. Резултати и обсъждане

<u>Съпротивление на тяло при постъпателно движение в почвата.</u>

От всички операции най-голям разход на енергия има обработката на почвата и по-конкретно оранта, изпълнявана от различни видове плугове.

Известно е от разработките на акад. Горячкин, че теглителното съпротивление на плуга представлява сума от съпротивлението на триене и деформации, изразено с *A,*

(6) $$A = fG + kabn,$$

и съпротивлението от скоростта, изразено с *B,*

(7) $$B = \varepsilon\, abn,$$

където: $a.b = F$ е сечението на пласта от почвата; f - коефициентът на триене; G - силата от теглото на плуга; k - специфичното съпротивление на почвата; ε - коефициентът на скоростното съпротивление, зависещ от формата на плужната повърхност и свойствата на почвата; n - броят на корпусите.

Следователно

(8) $$R = A + Bv^2 = A + \varepsilon F v^2 n,$$

т.е. като се изключат особеностите на конструкцията и работата на плуга, изразена в триенето и деформациите на почвата, вторият член на съпротивлението има аналогична форма на съпротивление на тяло при движение в среда. Действително, ако съпротивлението A е сравнително постоянно, то Bv^2 нараства бързо с увеличение на скоростта v. Особеното тук е, че примерно при скорости над 7 $km.h^{-1}$ обикновените плугове влошават качеството на оран и за по-големите скорости следва да се използват други конструкции на плужните корпуси, работещи с минимален разход на енергия, т.е. с оптимална за конструкцията скорост.

За практическо приблизително пресмятане, при най-често използваните скорости до 5 $km.h^{-1}$, при които скоростното съпротивление не превишава 5% от пълното теглително съпротивление, се препоръчва уравнението

(9) $$R = k_{пл}\, abn = k_{пл}\, Fn,$$

където $k_{пл}$ е обобщеният коефициент за конкретен плуг, отчитащ специфичните особености на конструкцията, както и условията на работа. Ето защо този коефициент не е еднакъв и следва да се определя за всеки конкретен случай.

Особеността на работните органи при постъпателно движение в почвата при сравнително ниски скорости, е че скоростта v не оказва съществено влияние. При култиваторите, ако е изчислено специфичното съпротивление q на единица широчина, то общото теглителното съпротивление R_k зависи от общата широчина *B* т.е.

(10) $$R_k = q.B.$$

Интерес представлява случаят, когато при наличието на данни за специфичното съпротивление на почвата k, за коефициента на скоростно съпротивление ε, за коефициента на триене f, за скоростта v, за теглото на плуга G и за неговото теглително съпротивление R, отнасящи се при работата на даден плуг, условно приети за модел, които ако означим с индекс „*M*" $\left(k_M, \varepsilon_M, f_M, G_M, R_M\right)$, може да бъде определено, без каквито и да е изпитания, теглителното съпротивление R_0 при други условия (почви), за които съответно k_0, ε_0, $G_0 = G_M$ са известни. Съгласно теорията на подобието, приложена към плуговете [3], теглителното съпротивление за същия плуг, но при другите условия на работа ще може да бъде определено по следната зависимост

(11) $$R_0 = R_M \lambda_c - f_M G_M \left(\lambda_c - 1\right),$$

където $f_M G_M = f_0 G_0 = f_0 G_M$ (за един и същ плуг); λ_c - коефициентът на подобие, $\lambda_c = \frac{r_0}{r_M}$ (r - представлява теглителното съпротивление на единица сечение от пласта за извършване на полезна работа от едно плужно тяло, а именно: $r = \frac{R - fG}{ab} = k + \varepsilon\, v^2$, съответно $r_0 = k_0 + \varepsilon_0 v_0^2$ и $r_M = k_M + \varepsilon_M v_M^2$). По принцип $v_0 = v_M$, т.е. съпротивлението R_0 се определя за една и съща скорост.

При постъпателното движение на машини (агрегати, трактори, самоходни машини и др.) теглителното съпротивление също не се влияе съществено от скоростта v при най-често използваните в практиката скорости [3,4,8]. Основно влияние оказва масата (теглото) и тогава вече необходимата мощност *P* ще зависи и от скоростта v т.е.

(12) $$P = \frac{f\, G\, v}{\eta_{mp}\, \eta_{\delta}},$$

където f е коефициентът на съпротивление при търкаляне ($f = 0{,}13$ при движение по стърнище и $f = 0{,}08$ - по пътища с твърдо покритие); G - теглото на машината или агрегата; η_{mp} - механичният к.п.д. на трансмисията, $\eta_{mp} \approx 0.8$; η_{δ} - коефициентът на буксуване, $\eta_{\delta} = 0{,}97 \div 1$.

Следователно съпротивлението на работните органи при постъпателно движение в почвата и движението на машините по почвата не зависят съществено от скоростта, но само в границите на практическото им приложение на този етап от масовото им използване в земеделието.

При постъпателно движение на работни органи и машини в силно овлажнена почва при променливо състояние на свойства на средата, съпротивлението представлява сложна зависимост, но то също не зависи съществено от скоростта v.

<u>Съпротивление на тяло при въртеливо движение</u>

Повечето от работните органи в селскостопанските машини извършват въртеливо движение с определени скорости [2,5,6]. Типични представители са почвообработващите фрези, апаратите за овършаване и наситняване, специализирани вентилатори и метатели (изхвъргачи) и др. Те работят при различни условия, но общото в тях е, че необходимата мощност* е в силна корелация от скоростта.

Ако с P се изрази необходимата мощност за задвижване на работните органи на фрезата в *kW*, с *D* - диаметърът на фрезата в *m*, с ω - ъгловата скорост в s^{-1}, с ρ - плътността на почвата в $kg.m^{-3}$, с $Q = Bhv_n\rho$ - производителността в $kg.s^{-1}$ или в $t.h^{-1}$, то от теорията на

* В случая е по-приемливо да се използва мощността, а оценката на енергоемкостта да става по специфичния разход на енергия $kWh.t^{-1}$.

подобието [3,8,9], приложена към фрезите, може да бъде получен основният критерий на мощността за фрезите π_ϕ,

(13) $$\pi_\phi = \frac{P}{D^2\omega^2 Q} = \frac{P}{D^2\omega^2 Bhv_n\rho},$$

от където специфичният разход на единица производителност ($kWh.t^{-1}$) ще бъде

(14) $$\frac{P}{Q} = C_1 D^2\omega^2 = C'_1 v^2,$$

а на единица работна ширина

(15) $$\frac{P}{B} = C_1 D^2\omega^2 hv_n\rho.$$

В общия случай необходимата мощност за дадена фреза може да бъде определена по следния израз

(16) $$P = C_1 D^2\omega^2 Bhv_n\rho,$$

където $C_1 = \pi_\phi$ е критерият на подобие и представлява обобщаващ коефициент, характеризиращ специфичните особености на даден тип фрези и условията на работа. Ето защо този коефициент не е еднакъв за всички фрези и следва да се определя конкретно.

Съгласно теорията на барабана [3,9], ако в хлабината на вършачния апарат непрекъснато постъпва количество маса Δm за време Δt на удара, то на нея се предава скорост v. Следователно количеството движение, което тя придобива ще бъде равно на импулса на силата на удара F_1 т.е. (при скорост на масата $v_1 = 0$)

(17) $$F_1\Delta t = \Delta m(v - v_1) = \Delta mv,$$

от където

(18) $$F_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t}v = m_t v,$$

където $\frac{\Delta m}{\Delta t} = m_t$ е количеството маса за единица време (секундна маса).

Ако $m_t = Q$ е производителността на вършачния апарат в $kg.s^{-1}$, то необходимата мощност P_{ck} за подходящата скорост на масата v, ще бъде

(19) $$P_{ck} = F_1 v = Qv^2.$$

Мощността за преодоляване на съпротивленията от триене е пропорционална на мощността за овършаване $P_{ов}$, т.е.

(20) $$P_{тр} = f' P_{ов},$$

където f' е коефициентът на претриване, $f' = 0{,}7 \div 0{,}8$.

Тогава, тъй като мощността за овършаване $P_{ов}$ се разходва за предаване на скоростта на масата от P_{ck} и мощност $P_{тр}$ за преодоляване на възникналите съпротивления при движение на масата, то

(21) $$P_{ов} = P_{ck} + P_{тр}.$$

Следователно $P_{ов} = P_{ck} + f' P_{ов}$, то

(22) $$P_{ов} = \frac{P_{ck}}{1 - f'} = \frac{Qv^2}{1 - f'}.$$

Тъй като всеки вършачен апарат има свои особености в конструкцията, то тази зависимост може да бъде валидна за всеки вършачен барабан със свой конкретен коефициент [3] $k_б \approx 0{,}8 \div 1{,}2$, т.е.

(23) $$P_{ов} = k_б \frac{Qv^2}{(1 - f)}.$$

За определяне на общата необходима мощност, за конкретен вършачен апарат, към $P_{ов}$ трябва да се добави и мощността за празен ход $P_{пр.х}$, зависеща основно от периферната скорост на барабана v и коефициентите *A и B:*

(24) $$P_{пр.х} = Av + Bv^3.$$

Скоростта на овършаване е технологично определена за различните култури. Увеличението или намаляването ѝ води съответно до чупене на зърното или недоовършаване.

Мощността необходима за вършачния барабан е непосредствено свързана с инерционния му момент J_δ. Той трябва да бъде достатъчен, като съответства на конкретната производителност на вършачния апарат.

Тогава

(25) $$P_{ов} = J_\delta \frac{d\omega}{dt}\omega = k_б \frac{Q\,v^2}{1 - f'},$$

където J_δ е инерционният момент на вършачния барабан; $\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon$ - ъгловото ускорение.

Следователно инерционният момент на въртящия барабан ще бъде

(26) $$J_\delta = k_б \frac{Q\,v^2}{(1 - f')\omega\frac{d\omega}{dt}},$$

при което, ако барабанът е свързан със задвижването и на други ротори (битери и други въртящи се елементи), то следва да се работи с приведения инерционен момент. Всяка производителност (или такава в определени диапазони) изисква съответен инерционен момент, а не трябва за един и същ барабан да се залагат производителности, примерно 3 $kg.s^{-1}$ и 15 $kg.s^{-1}$. В случая съществено значение има диаметърът на барабана, който се може да се изменя в определени граници, още повече, че с увеличаването му нараства не само J_δ, но и пресевната площ на подбарабана [2,3,6].

При машините за наситняване на фуражите, необходимата мощност може да се определи според [1,3,10] от следния израз

(27) $$P = kA_{ряз}Q,$$

където Q е производителността на нарязващия апарат в $kg.s^{-1}$ или $t.h^{-1}$; k - коефициентът, характеризиращ конструкцията и принципа на наситняване (на рязане) на даден апарат; $A_{ряз}$ - необходимата работата за рязане, $kJ.kg^{-1}$, която по Мельников може да бъде определена по следния израз

(28) $$A_{ряз} = c(\lambda - 1),$$

където c е коефициентът, характерен за отделните фуражи, $kJ.kg^{-1}$, като $c = 0{,}9 \div 1{,}2$ за слама; $c = 1{,}8 \div 2{,}2$ за сено; $c = 1{,}4 \div 1{,}8$ за зелени фуражи [10]; λ - степента на нарязване,

$\lambda = \frac{L}{l}$ (L и l съответните средни дължини на стеблата преди и след нарязването им).

В случая, както за всички ротори в съпротивителна среда и тук важи критерият на подобието π_p,

(29) $$\pi_p = \frac{P}{QD^2\omega^2} = k_0, \quad \text{т.е.}$$

(30) $$P = k_0 QD^2\omega^2 = k'_0 Qv^2.$$

Изразът (30) показва, че необходимата мощност и специфичният разход на енергия зависят от периферната скорост, която трябва да бъде технологично достатъчна и оптимална, т.е. съотношението $q = \frac{P}{Q}$ в $kWh.t^{-1}$ да бъде минимално. Тук не е включена мощността на празен ход, която може да бъде значителна при излишно завишени скорости, тъй като $P_{пр.х.}$ нараства с третата степен на скоростта v, дължащо се на вентилаторния ефект, аналогично на вършачните барабани според израза (24). Ето защо всеки нарязващ апарат трябва да бъде изпитан (проверен) на оптимална скорост [2].

Всяка машина за наситняване на фуражите се характеризира със своя специфичен разход на енергия q. Тъй като той е един и същ за даден тип машина, то е удобно да се използва за определяне на необходимата мощност при други условия на работа (за друга производителност, за различни видове фуражи или при различна влажност на един и същ фураж, което е нормално в практиката) [1,8].

Така при друга производителност ще се получи

(31) $$P_0 = \frac{P_м}{Q_м} Q_0.$$

При една и съща производителност на „модела" и „образеца" $Q_м = Q_0 = Q$, но при промяна дължината на рязане от $l_м$ на l_0 (в практиката се прилага за различните категории животни), необходимата мощност за работа на машината при другите условия, условно приети за „образец", може да бъде получена по израза

(32) $$P_0 = P_м \frac{l_м}{l_0},$$

а в общия случай необходимата мощност трябва да бъде определена според формулата

(33) $$P_0 = Q_0 \left(\frac{P_м}{Q_м}\right) \frac{l_м}{l_0}.$$

При друга влажност W_0 (в границите на възможната работа в практиката), аналогично P_0 ще бъде

(34) $$P_0 = Q_0 \left(\frac{P_м}{Q_м}\right) \frac{100 - W_м}{100 - W_0}.$$

Устройствата, които поглъщат сравнително голямо количество енергия са вентилаторите. Те намират широко приложение в машините за селското стопанство и като самостоятелни машини. Като критерий за използването им следва да бъде специфичният разход на енергия в сравнение с други подходящи решения.

Ако D_2 е диаметърът на работното колело на вентилатора, Q - дебитът, H - налягане, P - необходимата мощност, n – честотата на въртене, ρ - плътността на въздуха, то можем да запишем в общ неявен вид функционалната зависимост между величините с уравнението

(35) $$\varphi(D_2, n, \rho, Q, H, P) = 0.$$

Съгласно теорията на подобие при вентилаторите [3] можем да запишем критериалното уравнение

(36) $$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = 0,$$

където $\pi_1 = \frac{Q}{D_2^3 n}$ - критерий на дебита, $\pi_2 = \frac{H}{D_2^2 n^2 \rho}$ - критерий на напора, $\pi_2 = \frac{P}{D_2^5 n^3 \rho}$ - критерий на мощността.

В зависимост от това какво искаме да определим, тези критерии могат да се използват за определяне на търсените величини. Така при еднакви диаметри ($D_c = 1$) и плътности ($\rho_c = 1$) се получава:

(37) $$Q_0 = Q_м \frac{n_0}{n_м}; \quad H_0 = H_м \left(\frac{n_0}{n_м}\right)^2; \quad P_0 = P_м \left(\frac{n_0}{n_м}\right)^3.$$

При еднаква честота на въртене ($n_c = 1$), аналогично могат да бъдат определяни съответно напорът H_0 и мощността P_0 според диаметрите им по зависимостите

(38) $$H_0 = H_м \left(\frac{D_{20}}{D_{2м}}\right)^2; \quad P_0 = P_м \left(\frac{D_{20}}{D_{2м}}\right)^5.$$

От тези критерии се вижда, че с увеличаването на честотата на въртене и особено на диаметъра се стига до значително увеличаване на налягането и особено на необходимата мощността, а окончателно и разхода на енергия. Това означава, че всеки вентилатор при подходящи за целта конструкция по предназначение следва да работи на такъв режим, щото да осигурява технологичния процес (почистване на зърно, транспорт, сушене и др.) при минимална технологична (оптимална) скорост. Използването на вентилаторите (например при транспортиране на различни материали) следва да се приема след енергетична оценка в сравнение с други подходящи средства.

4. Заключение

При създаването на конкретни машини или апарати за селското стопанство като основен критерий за оценка на същите следва да бъде възможността за осигуряване на минимално съпротивление или по-конкретно на минимален специфичен разход на енергия.

Като обобщаващ случай за вида на съпротивлението може да служи уравнението $R = \Re \rho F v^2$, според израза (5). Приложено към различните случаи, при постъпателно и въртеливо движение, следва да се съобразяваме с особеностите на конструкцията, начина на въздействие и средата.

Така при машините с постъпателно движение съпротивлението започва да нараства значително от v^2 при скорост над 5 $km.h^{-1}$. При по-малки скорости влиянието й е несъществено. Необходимата мощност нараства в първа степен от скоростта ($P = R\,v$).

При апаратите с въртеливо движение необходимата мощност зависи от обработената маса (производителността) и скоростта на квадрат. При излишно голяма скорост мощността на празен ход става значителна.

При създаването на вентилатори за конкретни нужди или избор на известни конструкции при промяна на режима и др., следва да се съобразяваме с конкретните зависимости между P,n,H,Q и др. Основният критерий и тук също следва да бъде за осигуряването на режим с минимален специфичен разход на енергия.

Изследванията са финансирани от Националния фонд „Научни изследвания" по проект ДФНИ-Е01/5 от 2012 г.

Литература

[1] Борисов, Б., Кр. Братоев. Теоретични и изходни предпоставки при проектиране на апарати и машини за наситняване на фуражите. ССТ, Сф., № 1, 2011, с. 5-10.

[2] Борисов, Б. Изследвани нови принципи, работни органи и създадени машини за механична обработка на фуражите. МЗ, № 3, С., 2011.

[3] Георгиев, Ив. Проектиране на селскостопански машини. Русе, Печатна база на ВТУ Ангел Кънчев", 1984, 287 с.

[4] Делчев, Н., Кр. Трендафилов, Обосноваване параметрите на земеделските агрегати във връзка с контролираното им движение по полето по системата на релсовата сеитба. Селскостопанска техника, 2006, №4, 8-11.

[5] Трендафилов, Кр., Влияние на параметрите на активен перков стъблоповдигач за лавандулоприбираща машина върху загубите от неожънат цвят. Селскостопанска техника, 2007, № 3, 15-19.

[6] Трендафилов, Кр., Н. Делчев, Б. Борисов, Сравнителни изследвания при прибиране на лавандула. Механизация на земеделието, 2007, № 5-6, 6-10.

[7] Курдов, З., М.Михов. Величини и единици по БДС-ISO с приложение при изследванията в областта на земеделската техника. Селскостопанска техника, 1998, N1, 4-6.

[8] Boris Borisov, Nguyễn Năng Nhượng. Đồng dạng và mô hình – Một phương pháp có thể ứng dụng hiệu quả trong lĩnh vực nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy nông nghiệp. Journal of rural industry, Vietnamese Society of Agricultural Enegineering /VSAGE/, 2011, No 1, pp. 17-21. /Подобието и моделирането - метод, използван ефективно при проектиране и изследване на селскостопанските машини, сп. Селска промишленост, Ханой, Виетнам/.

[9] Borissov, B. Resistance of Operating Equipment and Agricultural Machinery During Progressive and Rotary Motion. Bulg.J.Agric. Sci., 2007, No 13, pp. 141-149.

[10] Georgiev, Iv., B. Borisov. On the problem of fooder comminution. Zemedelska Technika, Ceskoslovenska akademie zemedelska, Praha, CS, 1991, No 9, pp. 509-514.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАДЛЪЖНАТА РАВНОМЕРНОСТ НА СЕЕЩ АПАРАТ ЗА РАПИЦА

DETERMINATION OF THE LONGITUDINAL UNIFORMITY OF SOWING MACHINE RAPESEED

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ РАВНОМЕРНОСТЬ ВЫСЕВАЮЩИИ АППАРАТ ДЛЯ РАПСА

гл. ас. д-р инж. Добринов В., доц. д-р инж. Демирев Ж., гл. ас. д-р инж. Братоев К
Русенски Университет „Ангел Кънчев”

Absract/Резюме:
An important prerequisite for obtaining a high yield of a crop is to ensure optimal nutritional area for each plant in the crop. The realization of this condition depends mainly on the quality of bolting, and in particular of the longitudinal uniformity of seed sowing. At present, the sowing of rape is done with drills for cereals, which can not fully satisfy the requirement for longitudinal evenness of seeding in this culture. This results in incomplete use of the resource of the soil and of the genetic potential of the seeds, and the result is to obtain a low yield
It is known that on the longitudinal uniformity of sowing influenced by several factors, in this case is given special attention to the distance between the end of the cord and the furrow. After preliminary analysis attempts set the distance between the cord and the groove is 10, 20 and 30mm on each of which is sought intersection between two indicators characterizing the uniformity of seeding. These indicators are the average number of seeds in the section and number of sections with an average number of seeds on which the best result is obtained at a distance of 10mm, where the intersection pochazva frequency performance more than 50% .. Submitted test data show that the use sowing machine supports sustainable set sowing rate in each of the trials.

KEYWORDS:oil seed rape, longitudinal uniformity, sowing machine

1.Увод

Рапицата се смята за една от стратегическите маслодайни култури, поради широкия спектър на продуктите, които се получават от нея. Особено за перспективно се счита използването на рапично масло за производство на биогорива

Към настоящия момент за сеитба на рапица се използват сеялки педназначени основно за сеитба на зърнено-житни култури. Този тип сеитба не е в състояние да удовлетвори изискването за максимално използване хранителния ресурс на полето, което довежда до получаване на по-ниски добиви от реално възможните.

В други наши изследвания са установени оптималните параметри на сеещ апарат за рапица и влиянието на наклона и диаметъра на семепровода върху равномерността на изсяване [1, 2].

Целта на настоящето изследване е да се определи надлъжната равномерност на изсяване на сеещ апарат за рапица и да се установи влиянието на разстоянието между края на семепровода и браздата върху качеството на изсяване.

2. Предпоставки и начини за разрешаване на проблема

Определянето на надлъжната равномерност в зависимост от разстоянието между семепровода и браздата е извършено в лабораторни условия. За целта е създадена опитна уредба придвижвана в почвен канал с помощта на електротрактор (фиг.1).

Задвижването на сеещия апарат се осъществява от опорното колело на секцията, посредством верижна предавка, като предавателното отношение е подбрано така, че да постигне реална сеитбена норма (фиг.2). След проучване на априорна информация, свързана с разстоянието между семепровода и браздата, са избрани три разстояния с които да се осъществи експеримента – (10, 20 и 30) mm.



Фиг.1. *Опитна уредба за определяне на надлъжна равномерност на изсяване*



Фиг.2. *Задвижване на опитната уредба*

Разстоянието между семепровода и браздата се променя последователно, като се започва от най - малката стойност – 10 mm., и се стигне до най-голямата – 30 mm. Опитният участък се разделя на 100 броя елементарни участъци, всеки един с дължина 80 mm. опитната уредба се пуска с равномерна скорост да премине през цялата дължина на опитния участък. Изброяват се изсетите семена в елементарните участъци, като се попълват в таблица 1.

Таблица 1

Отчетен брой семена в елементарните участъци

№	Разстояние между семепровода и елементарния участък, mm			№	Разстояние между семепровода и елементарния участък, mm		
	10	20	30		10	20	30
1	1	1	1	51	2	2	3
2	3	3	2	52	2	2	1
3	3	3	3	53	3	4	1
4	3	3	1	54	2	1	4
5	2	3	2	55	2	2	2
6	2	3	3	56	2	1	3
7	1	0	3	57	1	3	1
8	2	1	2	58	2	2	1
9	2	2	1	59	2	3	4
10	2	2	1	60	3	2	2
11	2	2	4	61	3	2	2
12	3	2	2	62	1	2	1
13	3	1	1	63	2	1	3
14	3	1	0	64	2	3	2
15	2	3	2	65	2	1	2
16	1	1	3	66	3	2	3
17	3	3	1	67	3	2	1
18	2	4	2	68	1	1	1
19	1	0	0	69	2	2	4
20	2	3	2	70			
21	1	4	3	71	2	3	2
22	2	1	2	72	2	3	2
23	1	2	3	73	1	1	3
24	2	2	1	74	3	4	3
25	3	2	3	75	2	2	1
26	3	2	2	76	2	2	2
27	2	2	1	77	1	3	1
28	3	4	2	78	3	1	4
29	2	1	2	79	2	1	2
30	3	2	1	80	2	3	3
31	2	1	1	81	2	2	1
32	1	2	3	82			
33	2	2	2	83	3	2	2
34	2	3	3	84	2	3	2
35	1	0	0	85	1	1	3
36	2	2	1	86	2	1	1
37	3	2	2	87	2	1	1
38	2	1	2	88	2	4	2
39	2	3	1	89	3	2	3
40	2	2	0	90	3	2	1
41	2	3	1	91	1	2	4
42	1	2	4	92	2	3	1
43	2	2	1	93	2	1	1
44	2	3	2	94	1	2	2
45	3	1	2	95	3	2	2
46	2	1	3	96	2	3	3
47	2	2	1	97	2	3	1
48	2	2	1	98	2	1	2
49	3	3	4	99	2	2	3
50	1	1	2	100	2	2	1

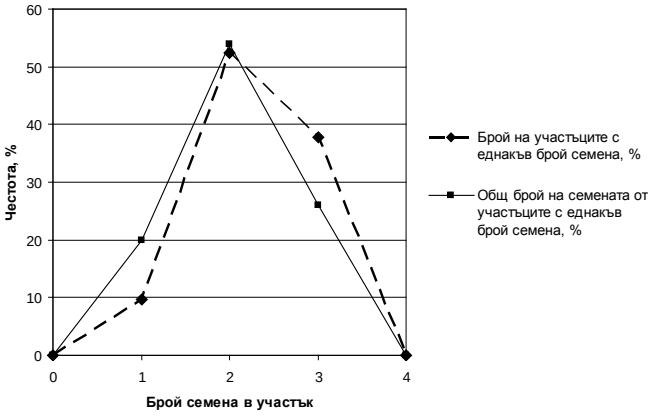
Таблица 2

Обработени резултати от таблица 1

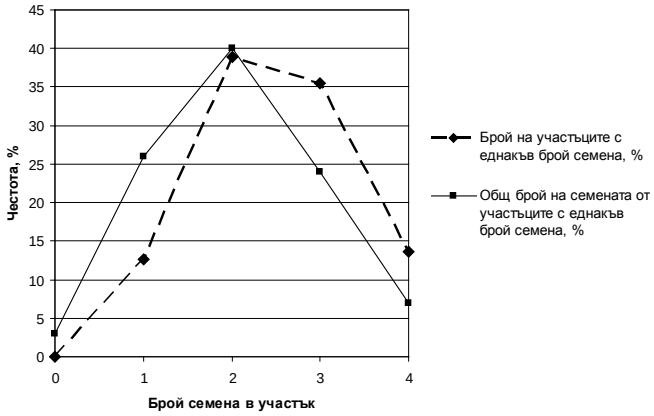
Брой на семената в участъка	**Брой на участъците с n броя семена**					
	Височина на семепровода 10 mm		Височина на семепровода 20 mm		Височина на семепровода 30 mm	
	бр	**%**	бр	**%**	бр	**%**
0	0	**0**	3	**3**	4	**4**
1	20	**20**	26	**26**	33	**33**
2	54	**54**	40	**40**	34	**34**
3	26	**26**	24	**24**	21	**21**
4	0	**0**	7	**7**	8	**8**
Сума	100	**100**	100	**100**	100	**100**

Брой на семената в участъка	**Общ брой на семената в участъците с n броя семена**					
	Височина на семепровода 10 mm		Височина на семепровода 20 mm		Височина на семепровода 30 mm	
	бр	**%**	бр	**%**	бр	**%**
0	0	**0**	0	**0**	0	**0**
1	20	**9.71**	26	**12,62**	33	**16,84**
2	108	**52,43**	80	**38,83**	68	**34,69**
3	78	**37,86**	72	**35,44**	63	**32,14**
4	0	**0**	28	**13,59**	32	**16,33**
Сума	206	**100**	206	**100**	196	**100**

Получените резултати са обработени и нанесени в таблица 2. резултатите от таблица 2 са представени графично на фигури 3, 4 и 5, показващи равномерността на изсяване във функция от трите височини на семепровода.



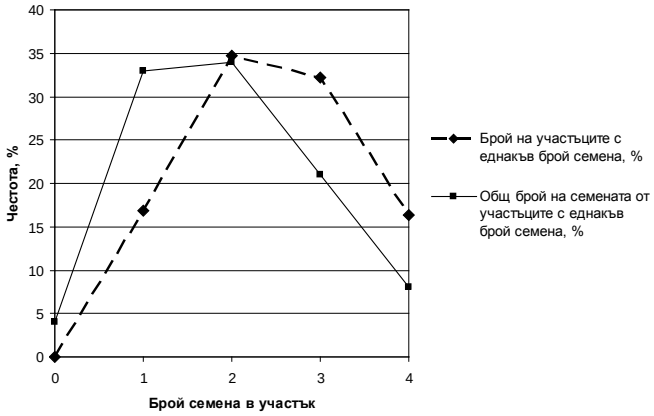
Фиг.3. *График за разпределение на семената надлъжно по реда при разстояние между семепровода и кутията 10mm*



Фиг.4. *График за разпределение на семената надлъжно по реда при разстояние между семепровода и кутията 20*mm

Пресечната точка на двете графики, дава два от показателите, по които се оценява надлъжната равномерност. Първият от тях е средния брой на семената в участъците, а втория – броя на участъците със среден брой семена.

Проследявайки тенденциите на трите криви може да се отбележи, че средният брой семена в участъците почти не се променя. Това може да бъде обяснено с факта, че сеещия апарат устойчиво поддържа зададената сеитбена норма. Видно е, че при устойчиво работещ изсяващ апарат промените в честотата на средния брой семена попаднали в елементарните участъци ще се определя от параметрите на семепровода (диаметър и ъгъл), както и от височината на семепровода от повърхността на почвата (разстоянието до елементарните участъци). В рамките на реализирания опит параметрите на семепровода остават постоянни, като единствения променлив фактор е височината на семепровода.



Фиг.5. *График за разпределение на семената надлъжно по реда при разстояние между семепровода и кутията 30*mm

Вторият показател, характеризиращ пресечната точка на кривите, значително се променя при трите опита. При височина на семепровода спрямо почвата 10 mm се получава най-добър резултат спрямо другите варианти (над 50%). В останалите два варианта този показател е съответно 40% и 35%. Обяснение за получените разлики в честотите може да се даде с увеличаване на разсейването на семената при напускането им от семепровода. От технологична гледна точка, оставянето на разстояние по-малко от 10 mm между края на семепровода и почвата е нежелателно поради възникването на опасност от задръстване на семепровода с частици от почвата при преминаване на семепровода над неравномерни участъци от полето.

3.Заключение

В заключение от извършения опит може да се направи следните изводи:

1. Максимална равномерност на вътередовото разстояние може да бъде постигната при височина на семепровода спрямо почвата – 10mm. При такава височина се постига среден брой семена в кутия – 3 броя, при честота – 50%.
2. Средния брой семена в елементарните участъци остава непроменен, независимо от разстоянието от семепровода до почвата (елементарните участъци).
3. Общият брой изсяти семена и при трите опита остава почти постоянен, което означава, че сеещия апарат поддържа устойчиво сеитбената норма.

4. Литература:

1. Демирев, Ж., В Добринов. Изследване влиянието на параметрите на семепровода върху равномерността на изсяване при точна сеитба на рапица. В: Научна конференция Русенски Университет 2009 г.
2. Добринов В.,Ж.Демирев. Изследване работата на сеещ апарат за сеитба на дребносеменни култури.// Селскостопанска техника, 2003, брой 5-6

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE RECOVERY OF WORN-OUT PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY THROUGH RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES TO INCREASE THEIR RELIABILITY

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Академик академии с/х наук Грузии, доктор технических наук, полный профессор Кацитадзе Д.В[1].,
Грузинский аграрный университет, Грузия, Тбилиси, Аллея Давида Агмашенебели 13-ый км.

Abstract: On the basis of theoretical and experimental studies with the application of the similarity and dimensional theory and planning of multifactorial experiments typical similarity criteria, criterion equations and regression mathematical models of reduction processes are obtained, verification of their adequacy and optimization by means of a steep ascent method is conducted.
The physico-mechanical properties (adhesion strength, hardness, wear resistance) of the obtained metal coatings are investigated and resource-saving technological processes are developed for recovery of worn-out parts of agricultural machinery via iron-plating, electroplating and electric-spark alloying in order to increase their reliability.
As a result of researches the original compositions of electrolytes, accessories and recovery modes are worked out, the novelty of which is justified by appropriate patents and author's certificate for invention.

KEYWORDS: REALIABILITY, AGRICULTURAL TECHNIQUE, RESOURCE, RECOVERY, MODELING, SIMILARITY CRITERIA

Повышение надежности сельскохозяйственной техники весьма важная проблема мирового значения решение которой дает большой экономический эффект. Особенно актуальным является восстановление изношенных деталей новыми материалами и иновационными ресурсосберегающими технологическими процессами ,позволяющими сократить расход дефицитных запасных частей и повысить их срок службы. Проблема особенно актуальна в условиях нынешного экономического кризиса, когда фермеры и частные предприниматели постоянно ищут новые резервы доходов.Так,например, во многих экономически развитых странах(Япония, Канада,ФРГ,франция и,особенно, США) такой подход называют „Цветущим» бизнесом.

Восстановление изношенных деталей выгодно вследствие того,что в это время они яляются исходными материалами (заготовкой) на изготовление которых (руда, выплавка, отливка,механическая, термическая и химико-термическая обработки) расходуются большие материальные и трудовые затраты.

Следует отметить,что, к сожалению, многие ученые и специалисты пройзводства прямо заявляют, что настало время отказаться от повторного использования отработанных деталей и вместо них использовать новые[1]. Считаем,что такой подход неверный,поскольку „Вторая жизнь "машин путем использования новейших технологий,материалов и установок восстановления их изношенных деталей является наиболее рациональным направлением максимальной отдачи техники .

Исходя из вышеизложенного,исследование и разработка новых материалов и ресурсосберегающих технологий восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники является важной технико-экономической проблемой и ее решение вполне соответствует современным требованиям науки и производства.

Для восстановления изношенных деталей с.х. техники во многих странах применяются традиционные способы-ручная газовая и электродуговая сварка и наплавка,автоматическая наплавка под флюсом,вибродуговая наплавка,наплавка в среде углекислого газа и водяного пара,плазменная наплавка,методы пластической и электро-механической деформаций,гальванические способы и др.,которые позволяют восстанавлывать начальные(номинальные) размеры изношенных деталей. Следует отметить,что большинство этих способов,установок и технологий устарело и не дает нужного эффекта, поскольку восстановительные технологии не являются ресурсосберегающими и не позволяют получать металлопокрытия с высокими физико-механическими свойствами(прочность сцепления,твердость,износостойкость).

На инженерно-технологическом факультете Грузинского аграрного университета проводятся комплексные научно-исследовательские и проектно-технологические работы по разработке новых материалов,ресурсосберегающих технологий и установок для повышения надежности и ресурса сельхозтехники. На основе этих исследований опубликовано много научных статей и получено 12 авторских свидетельств на изобретение и патентов [2,3,4,5]. Исследования ведутся по трем направлениям:

-Разработка научно-методических основ повышения надежности машин,планирования экстремальных экспериментов и оптимизации восстановительных процессов.

-Разработка и исследование процесса электроискрового легирования (ЭИЛ) деталей.

-Разработка новых электролитов для получения износостойких электролитических сплавов ,исследование их физико-механических свойств,оптимизация процесса и разработка ресурсосберегающей технологии восстановления изношенных деталей сельхозтехники.

По первому направлению нами разработаны научные основы расчета и повышения надежности сельхозтехники [2,3], которые учитывают специфику конструкции и работы сельхозмашин.Разработаны также оригинальные общие и частные методики для планирования экстремальных экспериментов,математического моделирования восстановительных процессов деталей с применением теории подобия и размерностей с последующей оптимизации. Эти методики апробированы и использованы во многих научных исследованиях[2,3,4,5].

Весьма интересной,по нашему мнению,является новая ресурсосберегающая технология восстановления деталей ЭИЛ. Нами спроектирована и изготовлена оригинальная установка ЭИЛ(рис.1)

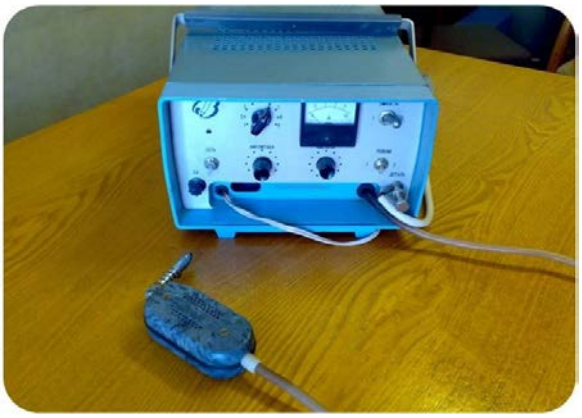


Рис.1 *Установка для электроискрового легирования деталей*

Теоретическими и экспериментальными исследованиями нами получены характерные критерии подобия и разработаны оптимальные условия ЭИЛ :

-Сила короткого замыкания *I=18A*

-Напряжние на конденсаторе V=60 в.

-Время восстановления T=4мин.

На рис.2 показана микроструктура стали 65Г,восстановленной ЭИЛ с применением твердого сплава Т15К6.

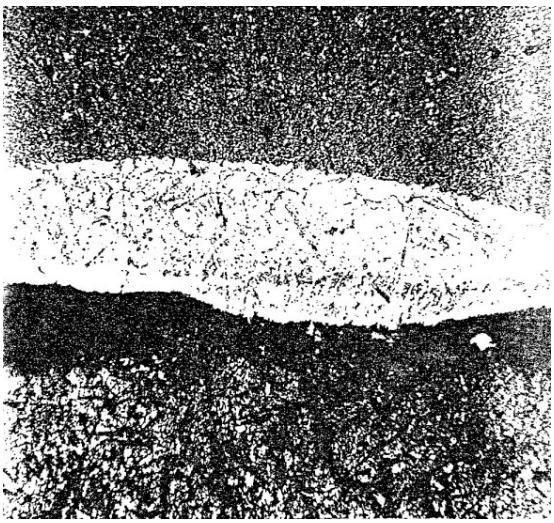


Рис.2 *Микроструктура стали 65Г,восстановленной ЭИЛ с применением твердого сплава Т15К6.*

Исследования показали,что переходная зона состоит из упрочненного т.н."белого» слоя образование которого происходит при высоких давлениях и температурах,что обуславливает получение неустойчивых структур неигольчатого мартенсита.

На рис.3 представлены детали, восстановленные ЭИЛ .



Рис.3 *Детали,восстановленные ЭИЛ*

Разработанная нами ресурсосберегающая технология ЭИЛ позволяет повысить срок службы деталей в 1,5...2,0 раза.

Весьма интересными являются также новые материалы и технологии восстановления деталей гальваническими покрытиями, в частности железнением. Нами на уровне авторского свидетельства на изобретение получен принципиально новый железо-никелевый электролит,позволяющий получать качественные покрытия высокой ударной износостойкости[4].

Нами проведены комплексные исследования физико-механических свойств железо-никелевых покрытий(прочность сцепления,твердость,износостойкость). Ниже приведена последовательность исследования их твердости с применением теорий подобия и размерностей и планирования многофакторных экспериментов.

Параметр оптимизации(твердость покрытий) зависит от множества факторов, учесть одновременное влияние которых в обычных экспериментах не представляется возможным.Поэтому,попытались использовать комплексно методы теории подобия ,размерностей и планирования экстремальных экспериментов[6,7,8,9].Такой подход к вопросу позволяет учесть одновременное влияние большого количетва факторов на параметр оптимизации,получить надежные и обоснованные результаты в виде регрессионных уравнений,провести оптимизацию технологического процесса и обобщить результаты исследований. Изучали влияние технологических критериев подобия на твердость железо-никелевых покрытий. Задачу ставили так-получить функцию отклика твердости в зависимости от критериев подобия[6,7,8,9,10]:

$Y = f(\pi_1, \pi_2, \pi_3)$ . . . (1)

Y-твердость покрытий, Мпа

$$\pi_1 = \frac{ED_K}{KV}, \qquad \pi_2 = \frac{t}{t_1}, \qquad \pi_3 = pH$$

Е-электрохимический эквивалент ,$\frac{кг.А}{сек}$

D - катодная плотность тока,$\frac{А}{м^2}$

К-отношение концентраций хлористого и сернокислого железа

t-температура электролита, ^0C.

t-температура термообработки, ^0C.

V-скорость увеличения катодной плотности тока, $\frac{А}{м^2 сек}$

Планирование экспериментов и обработку данных производили по плану Бокса-Бенкина[6] и методике, разработанной нами[10].При небольшем числе экспериментов-N=15 данный план удобен вследствие того,что критерии подобия изменяются на трех уровнях и обладает хорошими статистическими характеристиками. Математическая модель имеет вид:

$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i \pi_i + \sum_{i<j}^{3} b_{ij} \pi_i \pi_j + \sum_{i=1}^{3} b_i \pi_i^2$ . . .(2)

b_0 -постоянный коэффициент.

b_i И b_{ij} -коэффициенты регрессионного уравнения.

Была составлена матрица планирования экспериментов (таб.1)

Таб.1 Матрица планирования экспериментов

Кодовое обозначение факторов				Буквенное обозначение
π_0	π_1	π_2	π_3	
+1	+1	-1	-1	α
+1	-1	-1	-1	(1)
+1	+1	+1	-1	αb
+1	-1	+1	-1	b
+1	+1	-1	+1	ac
+1	-1	-1	+1	c
+1	+1	+1	+1	abc
+1	-1	+1	+1	bc

В таблице2 даны уровни и интервалы варьирования факторов.

Таб.2 уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование	π_1	π_2	π_3
Основной уровень	35	60	2,0
Интервал варьирования	15	20	1,0
Верхний уровень	50	80	3,0
Нижний уровень	20	40	1,0

Определениие твердости покрытий проводили по стандартной методике[11,12],а микротвердость замеряли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на инденторе 100н.

В таблице 3 представлены результаты экспериментов.

Таб. 3 Результаты экспериментов

№ Опыта	π_0	π_1	π_2	π_3	Y
1	+1	50	20	1,0	4576
2	+1	20	20	1,0	5282
3	+1	50	80	1,0	4574
4	+1	20	80	1,0	5286
5	+1	50	20	3,0	4933
6	+1	20	20	3,0	4934
7	+1	50	80	3,0	4938
8	+1	20	80	3,0	4932

После обработки экспериментальных данных получено адекватное регрессионное уравнение

$Y=5270-355\ \pi_2 - 339\ \pi_1^2$ . . ,(3)

Путем оптимизации уравнения получены отимальные условия железнения и состав элоктролита:

Хлористое железо- 250г/л

Хлористый никель- 15 г/л

Сернокислое железо-200г/л

Сернокислый никель- 10 г/л

Катодная плотность тока-D=2000$\frac{A}{м^2}$

Температура электролита-t=62, ^0C.

Водородный показатель- pH=3,0

По результатам теоретических и экспериментальных исследований нами была разработана ресурсосберегающая технология восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники.

Проведенные эксплуатационные испытания восстановленных железо-никелевым покрытием деталей показали,что их ударная износостойкость увеличивается в 1,5..1,8 раза.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

-Разработаны теоретически основы и методики планирования экстремальных экспериментов при восстановлении изношенных деталей сельхозтехники иполучены характерные критерии подобия .

-Получены критериальные и регрессионные уравнения для исследования процессов восстановления деталей ЭИЛ и гальваническим железнением,проведена их оптимизация и установлены рациональные режимы.

-Разработаны новые установки,приспособления и ресурсосберегающие технологические процессы восстановления деталей,которые позволяют увеличить их срок службы в 1,5...2,0 раза.

Литература

1.Кацитадзе Дж.В. , Сарджвеладзе Н.Н. Технический сервис ммашин. Тбилиси, 2008,287 с

2. 3.Кацитадзе Дж.В. Надежность и ремонт машин, Тбилиси, 1999,189с.

3. Кацитадзе Дж.В. – Некоторые вопросы рачета сель ьхозмашин на надежность. Труды ГАУ, том. 70, Тбилиси, 2001, с.2 270...276.

4. Кацитадзе Дж. В. Ремонт машин,Тбилиси,2001,141с.

5. Кацитадзе Дж. В. – Технология и техническое средство д для восстановления изношенных деталей , Труды ьмежд.научн.конференции,Кутаиси,2010,С.46...50.

6. Адлер Ю. П. – Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. М. НаукаЭ 1981 – 270с.

7. Налимов В. В. – Теория эксперимента. М. наука, 1986 207с.;

8. Седов Л. И. – Теория подобия и размерностей в механике. М. 1991 -447с.;

9.Георгиев Ив.Н. Основи на подобието и моделирането на селскоскопанската техника,Земиздат,София,1973,246с.

10.Katsitadze J.,Sarjveladze N. Process of optimization Regeneration the Word out details Agricultural Technicians electrosparkling elloy, “trns&MOTAUTO-11,”Varna,2011,s.54…57.

11. Лазаренко Н. И. – Электрическое легирование металлических поверхностей. М. Машиностроение 1986 – 288с.

12. Katsitadze J.,Sarjveladze N. Searshing processes of reneval details of agrikuitural technics with the elektrosparkling elloy,using the theoretical methodsof similarity and measurement, “trns&MOTAUTO-09,”Varna,20091,s.142…144.

ИЗСЛЕДВАНЕ ТРАЙНОСТТА НА НАВАРЕНИ ПОД СЛОЙ ОТ ФЛЮС ПОКРИТИЯ В АБРАЗИВНА СРЕДА

Methodology for examination of abrasion resistance of weld coatings in abrasive medium

Assoc. Prof. Nikolov M. PhD[1], As. Slivarov O. PhD[2]
University of Ruse[1], University of Plovdiv[2], Bulgaria,
E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg, oslivarov@dir.bg

Abstract: *The results for submerged arc overlaying coatings of parts of agricultural, transportation, construction and forest machinery are achieved. The highest wear resistance was achieved through DUR 600 solid wire electrode, FBTT flux and intermediate alloy of Lincolnweld 860 flux. The wear of the coatings is very slightly increased for long period of time that provides conditions for long-term predictions about their general condition and remaining resource.*

Keywords: *abrasion wear, submerged arc welding and overlaying*

1. Въведение

Трайността на съвременната земеделска, транспортната, строителната и горска техника се определя до голяма степен от износването на техните съединения в процеса на използване. Този тип техника работи в абразивна среда което ускорява значително износването. Естествено стремежът на изследователите и технолозите е да се намали износването и да се повиши трайността техниката.

Повишаване на трайността при ремонта на земеделската, транспортната, строителната и горска техника се постига чрез възстановяване на износените детайли. Един от основните методи за възстановяване на детайли от ходовата система на верижните машини е наваряването под слой от флюс. Възникването, развитието и интензивността на протичане на износването се определя от свойствата на възстановителните покрития, тяхното качество, а също външните въздействия и условия.

Основната цел на тази статия е установяване на трайността на възстановени чрез наваряване под слой от флюс голямогабаритни детайли от верижни трактори работещи в абразивна среда.

2. Изложение

Методиката за изследване трайността на наварени под слой от флюс покрития е разработена въз основа на съвременните разбирания за научното изследване.

За входни фактори на кибернетичния модела на изследване са приети: векторът на параметрите на абразивната среда **Тр** (вид и състояние на абразивната среда, взаимодействие на абразива и образеца); **Рр** векторът на режима на триене (натоварване, скорост на движение, температурен режим, продължителност на опитите и др.); **Крп** векторът на параметрите на покритието (вид на покритието, качествени характеристики на покритието).

За изходен параметър, характеризиращ процеса на триене и износване на образците в абразивна среда е приет векторът на абразивно износване на образците в процеса на лабораторно изпитване **Iаи** (големина, динамика, интензивност на износването и износоустойчивост).

Методиката за изследване износоустойчивостта на наварени покрития предвижда използването на специално изработен от нас стенд за триене и износване в свободна абразивна среда СТ-1, позволяваща износване на триещата се повърхност при плъзгане.

При избора на абразивна среда се ръководехме от условието за максимално подобие между лабораторните и реални условия на триене и износване. Изпитването се извърши при използването на абразивен материал формовъчна смес тип К16 с едрина на зърната 0,016 mm. Формовъчната смес тип К16 се използва в металолеенето при изготвяне на форми, със своя състав тя се доближава до характеристиките на средата, в която работят земеделските, мелиоративните, горските и някои транспортни машини.

Изследването се проведе при две нива на влажност на абразивната среда „суха” (с влажност W 10 % от пределната почвена влагоемкост) и „мокра” (с влажността W 90 % от ППВ). Хидроабразивната среда се получава чрез използване на специална приставка към уредбата за трибологично износване СТ-1. За постигане на постоянна влажност на абразивната среда, в специален резервоар е налята вода, която изтича с определен дебит към абразивната среда. Нивото на абразивния прах преди изпитване трябва да покрива образците, монтирани на диска.

Схемата на взаимодействие между опитния образец и абразивната среда, възпроизвеждана от уредбата СТ-1 може да бъде с долен абразив или горен абразив. При схемата на изпитване с „долен абразив” се осъществява натиск между образците и абразивната среда, което се съпровожда с интензивно триене, по-голямо износване и по-голямо общо загряване на средата. При работа по схемата с „горен абразив” образците повдигат намиращата се над тях абразивна смес, като натискът, а оттам триенето и износването са значително по-малки.

Изборът на конкретна схема на изпитване зависи от условията, при които работят изпитваните детайли и трябва максимално да ги наподобява. Изпитванията при установяване трайността на наварените под слой от флюс покрития са направени по схемата “долен абразив” на обработени до зачистване плоски образци.

Честотата на въртене на образците е 80 min^{-1}, тя е константа и не се променя по време на експеримента. Радиусът на въртене на образците е 120 mm. Температурата в процеса на изпитване съответства на температурата на околната среда. Образците се закрепват на диска под наклон 30°, т.е. фронтът на атака позволява на абразива да се трие интензивно в изпитвания образец. Зареждането с прахообразния абразив, както и поставянето и снемането на диска с изпитваните образци се извършва чрез снемане на капака.

В съответствие с избраната методика, общата продължителност на изпитването на образците в среда от формовъчна смес тип К16 е 48 часа (2880 min), разпределени в 6 опита по 8 часа (480 min) за образците от всяка група. След изтичането на общата продължителност, абразивната среда се подменя с нова. Броят на опитите се определя в съответствие с изискванията на теорията на вероятностите и математическата статистика [3].

Изхождайки от модалните и средните значения на статистическото разпределение на износените детайли е избран детайлът - "модел" за лабораторните изследвания отговарящ на детайлите от земеделската и транспортната техника. Значителна част от голямогабаритните детайлите, подложени на абразивно износване са ротационни. За това приехме наварените образци да бъдат също ротационни.

Избраният "модел" има следните характеристики: материал - Ст 45, твърдост на основния метал - 200...220 НВ, диаметър 100 mm, дължина 200 mm и тегло 12 kg, дебелина на навареното покритие 10 mm [5]. Покритието е получено чрез наваряване с междинен слой поради по-доброто му формиране и по-малката прибавка за механична обработка [6]. Режимът за наваряване под слой от флюс е посочен в табл. 1.

От наварените модели се изрязват образци за изпитване на триене и износване в абразивна среда със следните параметри:

дължина L = 50 mm, ширина B = 35 mm, дебелина b = 5 mm, маса на подложката G = 70...80 g [1].

Таблица 1

Параметри на режима на многослойно наваряване на ротационни образци

Показатели	Стойност
Напрежение на дъгата, V На първия слой На втория слой	 33 28
Големина на тока, A	180-200
Вид на тока	прав
Скорост на наваряване, m\min	1,26
Стъпка на наваряване, mm\ min^{-1} На първия слой На втория слой	 3 3
Скорост на подаване на електродния тел, m\min На първия слой На втория слой	 0,9 0,9
Диаметър на електродния тел, mm	1,2
Излет на електродния тел, mm	15
Обща дебелина на наварения слой, mm	3,6 – 6,8

Детайлите от ходовата система на верижните машини работят в условията на силно абразивно износване придружено с значителни ударни натоварвания. Те имат значително износване, което може да се компенсира чрез наваряване на шевове на няколко слоя. Последният слой трябва да бъде износоустойчив, до като междинните имат други функции.

Многослойното наваряване е подходящи и за това, че последния слой може да се изпълни от скъп износоустойчив добавъчен материал, който задоволява изискванията за надеждност на възстановения детайл, а останалите слоеве да служат като основа. Тези изисквания в голяма степен се постигнат и при полагане на няколко слоя от един и същ добавъчен материал, тъй като последния слой съдържа по-малка количество от основния метал и повече добавъчен материал, което придава твърдост на покритието. При наваряване на първия слой, твърдата сплав неизбежно се смесва с основния метал на детайла и в първия наварен слой съдържанието му е повече, поради което твърдостта и износоустойчивостта са по-малки. С всеки следващ слой се увеличава процентното отношение в полза на твърдата сплав.

Многослойното наваряване спомага за намаляване на скоростта на охлаждане на наварената повърхност, като се препоръчва всеки следващ слой да се полага преди да е напълно изстинал възстановявания детайл. Освен това всеки следващ слой термообработва лежащия под него слой. Поради това многослойните шевове имат повишена пластичност и жилавост. Друго положително качество на многослойното наваряване е това, че наваръчното покритие става по-равномерно при всеки следващ нанесен слой.

Таблица 2

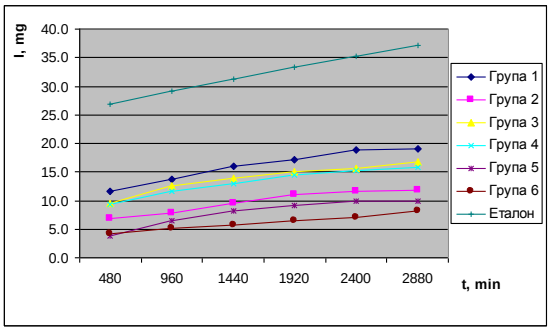
Материали за многослойно наварени ротационни образци с разлика в използвания флюс на всеки слой

№	Електроден материал	Флюс	
		междинен	износоустойчив
1	Св - 08Г2С	Lincolnweld 860	CS 350
2	Св - 08Г2С	Lincolnweld 860	ОК 1096
3	30ХГСА	Lincolnweld 860	FBTT
4	Нп-18ХГСА	Lincolnweld 860	FBTT
5	DUR 500	Lincolnweld 860	FBTT
6	DUR 600	Lincolnweld 860	FBTT

Изследваните наварени покрития са получени чрез многослойно наваряване под слой от флюс върху ротационни детайли. Покритията са съставени от два слоя, с различни материали и флюси (табл.2). Наварените образците са групирани в групи, според добавъчния материал и според използвания флюс, като всяка група съдържа 6 образеца.

Подбраните електродни телове за наваряване се отнасят към неръждаемите и топлоустойчиви стомани и са близки по химически състав до основния метал, от който са изработени голямогабаритните детайли. Добавъчния материал е с диаметър 1,2 mm. Избраният защитен флюс ОК 10-96, производство на фирмата ESAB, има добри металургични качества, а флюсовете CS 350 и FBTT добри легиращи свойства с оглед увеличаване износоустойчивостта на наварените работни повърхности.

Големината на износването на навареното покритие се определя по тегловия метод, чрез измерване масата на образците



Фиг. 1. *Динамика на големината на износване на еталонни и наварени с междинен слой образци в суха абразивна среда от формовъчна смес тип К16*

в началото и края на всеки опит на аналитична везна тип WA 33 PRLTA 13/1 с точност до 0,1 mg. Изменението на масата на образците след всеки опит, дава възможност да се получи динамиката на изменение на износването в процеса на абразивно износване. Динамиката и интензивността на износване на еталонните и наварените образци се определя по методиката, посочени в ГОСТ 23.208 – 79 [2].

Динамиката на изменението на големината на сумарното износване на еталона и възстановителните покрития са показани на фиг.1 и фиг.2.

Наварените образци (Фиг.1) имат значително по-малко износване в сравнение с еталонните в суха абразивна среда. За еталона и всички групи наварени образци се забелязва сравнително равномерно и плавно увеличаване на количество снет материал при изпитване. Това свойство е благоприятно при експлоатационните условия, тъй като не предизвиква резки колебания на размерите на детайлите при износването им.

Съгласно (Фиг.1), образците от групи 2, 5 и 6 достигат стойности на износване от 10 mg в края на изпитването, до като за останалите образци в края на цикъла сумарно снетия материал е 15...20 mg, а за еталона е 37 mg.

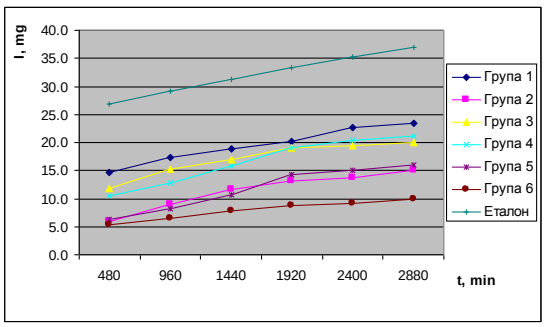
Най-голямо сумарно износване имат образците от група 1, което в края на изпитването достига 19 mg. Най-малко сумарно износване имат групите № 5 и 6 – съответно 10 mg и 8 mg в края на цикъла, което е два пъти по-малко от износването на образци от група 1. За група 6 големината на износването след първия опит се е увеличила само с 3 mg.

Изследването на износване във влажна среда е съпроводено със значителни усилия за преодоляване на уплътнения абразивен материал от страна на образците относно изследването в сух абразивен материал. За това в този случай износванията са по-големи от тези в сух материал.

Изменението на сумарното износване във влажна абразивна среда има аналогичен характер както при сухия абразив, но влажния абразив повишава сумарното износването на образците от 2 до 8 mg (Фиг.2). При изпитването, сумарното износване на образците от групи № 2, 5 и 6 имат най-ниски стойности. В края на цикъла те са съответно 15 mg, 16 mg, 10 mg.

Най-голямо сумарно износване във влажна абразивна среда имат отново образците от групи 1, 3, и 4, както при сухия абразив, на с по-високи стойности.

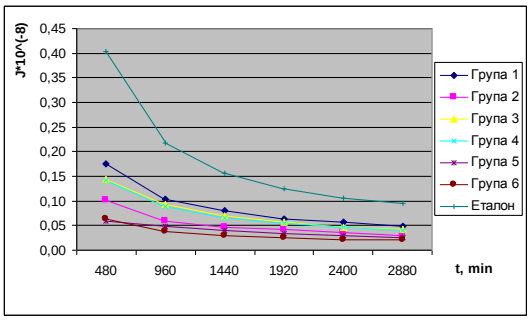
Износването на образци от група 6 имат най-малко сумарно износване в суха и влажна абразивна среда, като увеличението на износването след първия опит е в границите на 3...5 mg,



Фиг. 2. *Динамика на големината на износване на еталонни и наварени с междинен слой образци във влажна абразивна среда от формовъчна смес тип К16*

което съставлява 30...40 % от общото сумарно износване. Това плавно нарастване на износването позволява в практиката да се предвиди износването на голямогабаритните детайли и да се правят прогнози за промяна на ресурса им.

Освен големината на износването важно значение за оценка на износването на триещите се повърхности има интензивността на износване, която е една от главните триботехнически характеристики. Интензивността на износването дава възможност да се сравнява износването на възстановените детайли от различни материали. Тя ни дава информация относно загубата на материал в зависимост от пътят изминат от изследваната повърхнина на износване, както и от плътността на материала на същата повърхнина. Едно от главните изисквания към наварения материал се явява достатъчната износоустойчивост в зададените условия на работа, която се характеризира с интензивността на износването.



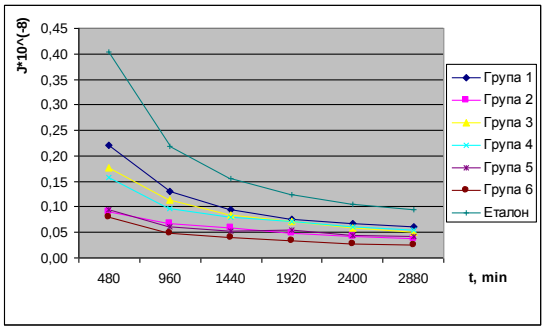
Фиг. 3. *Интензивност на износване на еталонни и наварени с междинен слой образци в суха абразивна среда от формовъчна смес тип К16*

Съгласно (Фиг.3), интензивността на износване намалява интензивно в първите 24 часа, след което остава почти постоянна, като в графиките се наблюдава плавен преход от стръмната част към полегатата част. Това може да се обясни с по малката твърдост на формовъчна смес тип К16. Закономерно е еталоните да имат по-голяма интензивност на износване в сравнение с изпитваните образци.

Образците от групите 5 и 6 притежават най-ниска интензивност на износване (Фиг.3), а най-висока е тя при групи 1, 3 и 4, което показва по-висока трайност на възстановителните покрития от групи 5 и 6.

Съгласно (Фиг.4) интензивността на износване на образците изпитвани във влажна абразивна среда е по-голяма от тази на образците изпитвани в суха абразивна среда, което е потвърждава и от резултатите в [4]. Образците изпитвани в среда от формовъчна смес тип К16 от групите 5 и 6 имат най-ниска интензивност на износване в сравнение с останалите групи.

Най-висока е интензивността на износване във влажна абразивна смес на еталонните образци, след това на образците от групи № 1, 3 и 4.



Фиг. 4. *Интензивност на износване на еталонни и наварени с междинен слой образци във влажна абразивна среда от формовъчна смес тип К16*

Износоустойчивостта на наварените под слой от флюс голямогабаритни детайли е комплексно свойство и зависи от много фактори, като процентното съдържание на въглерода и легиращите елементи, получените закалъчни структури, жилавостта и крехкостта на наварения метал и др. С увеличаване на твърдостта на наварения метал, като правило се увеличава износоустойчивостта на детайлите работещи в условията на абразивно износване.

Резултатите за износоустойчивостта и относителната износоустойчивост на наварените под слой от флюс образци е представена в (табл.3). Относителната износоустойчивост е определена спрямо еталона.

Таблица 3

Износоустойчивост и относителна износоустойчивост на образци, наварени с междинен слой

Образци	Износоустойчивост		Относителна износоустойчивост	
	Суха	Влажна	Суха	Влажна
Група 1	0,08	0,07	2	1,75
Група 2	0,15	0,16	3,75	4
Група 3	0,10	0,09	2,5	2,25
Група 4	0,11	0,10	2,75	2,5
Група 5	0,23	0,16	5,75	4
Група 6	0,25	0,19	6,25	4,75
Еталон	0,04	0,04	1	1

От приведените в (табл.3) данни се вижда, че най-висока износоустойчивост в суха и влажна абразивна среда имат наварените покрития от групи 5 и 6, като за сух абразив износоустойчивостта на група 6 е почти два пъти по-висока от износоустойчивостта на останалите групи. Това се потвърждава и от резултатите за износването на образците от тази група представени на (Фиг. 1 и 3). Най-ниска е износоустойчивостта на наварени покрития от групи 1, 3 и 4.

Получените резултати от трибологическите изследвания на наварените под слой от флюс покрития за детайли от ходовата система на земеделската, транспортната, строителната и горска техника работещи в условията на абразивно износване, показват, че най-малко износване и най-голяма износоустойчивост в тези условия имат наварените покрития от група 6

3. Заключение

1. Възстановителните покрития имат плавно нарастване на сумарното износването, което позволява в практиката да се предвиди износването на детайлите от ходовата система на земеделската, транспортната, строителната и горска техника работещи в условията на абразивно износване, като се правят прогнози за промяна на ресурса им.

2. Наварените под слой от флюс покрития с електродна тел DUR 600 и флюс FBTT и междинен слой с флюс Lincolnweld

860 имат най-малка големина на сумарното износване в края на изпитването 8...10 mg.

3. Най-ниска интензивност на износване притежават наварените под слой от флюс покрития с електродна тел DUR 600 и DUR 500 което показва висока трайност в условията на абразивно износване на тези покрития.

4. Най-голяма износоустойчивост в условията на абразивно износване имат наварените под слой от флюс покрития от група 6.

4. Литература

1. Гавазов, Св., Друмева,Ст., Станев Л. Изследване сработваемостта и износоустойчивостта на възстановителни покрития под слой от флюс. Юбилейна научна сесия, НИМЕСС, София, 1999

2. ГОСТ 23.208 – 79 (Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы).

3. Митков А. Теория на експеримента, Русе:, Дунав прес, 2011.

4. Сливаров О, Станев Л., Гавазов Св. Изследване износоустойчивостта на наварени под слой от флюс покрития във влажна абразивна среда. Еко Варна 2007.

5. Сливаров О, Изследване влиянието на кинематичните параметри върху дебелината (височината) на наварения метал при наваряване под слой от флюс. НК Смолян 2009.

6. Сливаров О. Изследване качеството и надеждността на възстановени голямогабаритни детайли от автотракторната и земеделска техника. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен “Доктор”: Русе. 20011.

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТТА НА НАВАРЕНИ ПОКРИТИЯ В АБРАЗИВНА СРЕДА

Methodology for examination of abrasion resistance of weld coatings in abrasive medium

Assoc. Prof. Nikolov M. PhD[1], Prof. Stanev L. PhD[2], As. Slivarov O. PhD[2]
University of Ruse[1], University of Plovdiv[2], Bulgaria,
E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg, oslivarov@dir.bg

Abstract: *A method for testing the abrasion resistance of welded coatings in abrasive environment is developed. A major criterion of repair coating's durability evaluation is determined. CT-1 stand for friction and wear resistance in abrasive free environment modeling the working conditions of the details of running gear and transmission chain wheel agricultural machinery has been designed and built up.*

Keywords: *methodology, abrasion wear, welding*

1. Въведение

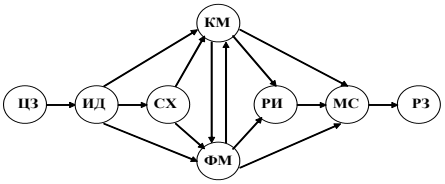
Съвременната теория на подобието и моделирането е свързващо звено между теоретичните и експерименталните методи за изучаване на природни явления. Тя дава определен подход за планиране на научните изследвания, за обработка и обобщаване на експерименталните резултати и за прогнозиране на поведението на изучавания обект.

Важен момент за установяване изменението на трайността на възстановените чрез наваряване детайлите при абразивно износване е разработването на методика за лабораторно изпитване на наварените покрития в абразивна среда.

Моделирането на абразивното износване представлява сложен процес, който ни дава възможност да: възпроизвеждаме свойствата на обекта в лабораторни условия; да наблюдаваме изследвания обект; да направим анализ на получените резултати.

2. Изложение

Методиката за изследване е разработена въз основа на съвременните разбирания за научното изследване, като връзката между основните елементи и структурата на методиката са показани на (Фиг. 1) с помощта на теорията на графите.



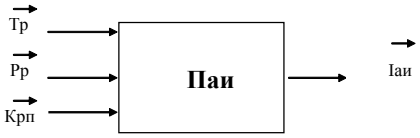
Фиг.1 *Структура на методиката за изследване износоустойчивостта на наварени покрития:*
ЦЗ–цел и задачи на изследването; ИД–износени детайли; СХ–структурни характеристики; КМ–кибернетичен модел; ФМ–физически модел; РМ–режим на изпитване; МС–методи и средства за измерване; РЗ–резултати от изследването .

Структурата на методиката за изследване износоустойчивостта на наварени покрития включва цел и задачи, въз основа на разпределението на структурните характеристики на износените детайли се избират параметрите на физическия модел. Според приетите критерии се определят основните входните фактори и изходни параметри на кибернетичен модел и се изработва плана за провеждане на експериментите. След това се определят методите и средствата за измерване, обработване и представяне на резултатите от изследването.

За входни фактори на кибернетичния модела (Фиг.2) на изследване са приети: векторът на параметрите на абразивната среда **Тр** (вид и състояние на абразивната среда, взаимодействие на абразива и образеца); **Рр** векторът на режима на триене (натоварване, скорост на движение, температурен режим, продължителност на опитите и др.); **Крп** векторът на параметрите на покритието (вид на покритието, качествени характеристики на покритието).

За изходен параметър, характеризиращ процеса на триене и износване на образците в абразивна среда е приет векторът на абразивно износване на образците в процеса на лабораторно изпитване **Іаи** (големина, динамика, интензивност на износването и износоустойчивост) .

Освен кибернетичния модел методиката за трибологичните изследвания на свойствата на наварените покрития включва



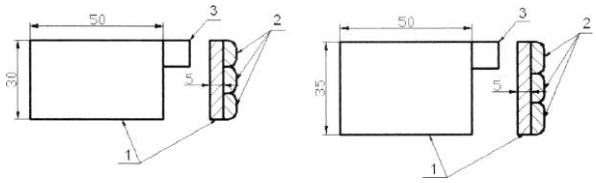
Фиг.2. *Модел за изпитване на износване в среда от свободен абразив: Тр-вектор на параметрите на абразивната среда; Рр-вектор на режима на триене; Крп-вектор на параметрите на покритието; Іаи-вектор на абразивно износване на образците.*

физическия модел за изследване и свързаните с него методи и средства за измерване параметрите на процеса за абразивно износване на възстановените детайли.

Параметрите на физическият модел за изследване на износоустойчивостта на наварени покрития в абразивна среда са четири вида: геометрически, механически, физически и технологически. Тези параметри се избират въз основа на статистическия анализ на конструктивно - технологическите и експлоатационни характеристики на износените и възстановявани детайли.

Геометрическите параметри включват: размерите на двойцата, макро и микрогеометрията на триещите се повърхности. Механическите параметри включват: вътрешните напрежения, макро и микротвърдостта на триещите се повърхности. Физическите параметри включват: масата на образците. Технологическите параметри включват: дебелина на покритието, макро и микроструктурата на повърхностния слой на наварените образци.

Изхождайки от модалните и средните значения на статистическото разпределение на износените детайли е избран детайлът - "модел" за лабораторните изследвания отговарящ на детайлите от земеделската и транспортната техника.



Фиг.3*. Характеристики на детайла - "модел" за изследване на износоустойчивостта на наварените детайлите: 1-подложка; 2-покритие; 3-монтажен палец.*

Избраният "модел" има следните характеристики [1]: материал на подложката - Ст 45, твърдост - 200-220 НВ, дебелина на подложката - b = 5 mm, дължина на подложката - L = 50 mm, ширина на подложката B = 30/35 mm, маса на подложката - G = 70-80 g, покритието е получено чрез наваряване с междинен слой поради по-доброто му формиране и по-малката прибавка за механична обработка [6]. Структурни характеристики на детайла - "модел" е показана на (Фиг.3).

Изработването на образците от детайла - "модел" се извършва в следната технологична последователност: отрязване на подложката с размери 51/31/(36)/5,5 mm; закрепване в стиска и

фрезоване на дължината на подложката до $50^{+0.2}$ mm; закрепване в стиска и фрезоване на ширината на подложката до $30^{+0.2}$ mm; закрепване в стиска и фрезоване дебелината на подложката до $5^{+0.1}$ mm; изработване и заваряване на монтажен палец с размери 15/7/7 mm; наваряване на възстановително покритие при съответните режими.

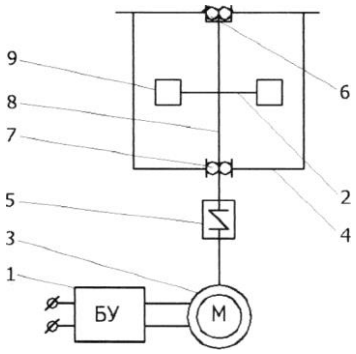
Тясно свързан с кибернетичния модел на методиката за трибологически изследвания е режимът за изследване на триещата се повърхност, който се определя с три вида параметри: динамически, кинематически и термодинамически. Динамически са параметрите на натоварването на триещата се повърхнина (големина, степен, скорост и време за натоварване); кинематически – честотата на въртене и скоростта на плъзгане на триещите се повърхности и термодинамически – температурата на триещата се повърхност.

Болшинството от износените детайли се повреждат при триене на плъзгане [2, 5]. Физическият модел на процеса на триене при плъзгане съответства на движението на наварените образци в свободна абразивна среда.

Съществуващите уредби за изследване на видовете абразивно износване моделират възвратно - постъпателно или ротационно движение на изпитвания образец при прилагане или отсъствие на определено натоварване и подходящ избор на абразивната среда и ориентацията на образеца спрямо нея, съгласно условията на работа на реалния детайл в режим на експлоатация.

Методиката за изследване износоустойчивостта на наварени покрития предвижда използването на специално изработен от нас стенд за триене и износване в свободна абразивна среда СТ-1, позволяваща износване на триещата се повърхност при плъзгане.

При проектирането на стенда е използвана идеята, използвана от японските изследователи и учени, наречен способ “Myano”, т.е. износване на образците при въртенето им в свободна абразивна среда [7]. Уредбата СТ-1 моделира условията на работа при движението на детайла в абразивен прах или хидроабразивна смес. При такива условия работят детайлите от ходовата система и трансмисията на верижните и колесните селскостопански машини, автомобилите с висока проходимост и др.



Фиг.4. *Кинематична схема на уредба СТ - 1 за триене и износване в свободна абразивна среда.*
1-блок за управление; 2-диск; 3- електродвигател; 4-тяло; 5-еластичен съединител; 6 и 7-лагер; 8-вал; 9-изпитван образец.

Кинематичната схема на уредбата СТ-1 е представена на (Фиг.4). Приетата схема на конструкцията на уредбата е съобразена с направените проучвания на съществуващи конструкции и съображения от конструктивен и технологичен характер. От блока за управление 1 се включва и изключва електродвигателя 3, както и се регулира времето (продължителност) на работа в min на стенда. Задвижването на диска 2 се извършва чрез вала 8, който е съединен към електродвигателя, посредством еластичния съединител 5.

Лагеруването на вала се извършва в два лагерни възела - горен и долен. Долният лагерен възел се намира във вътрешността на стенда и е подложен на агресивното влияние на абразивната работна среда.

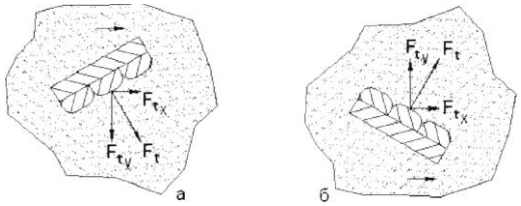
В тялото 4 е оформена камера, която е запълнена с абразив в която се върти диска 2 със закрепени 8 образеца за изпитване. Нивото на абразивния прах преди изпитване трябва да покрива образците, монтирани на диска. Честотата на въртене на образците е 80 min^{-1}, тя е константа и не се променя по време на експеримента. Радиусът на въртене на образците е 120 mm. Температурата в процеса на изпитване съответства на температурата на околната среда. Образците се закрепват на диска под наклон 30°, т.е. фронтът на атака позволява на абразива да се трие интензивно в изпитвания образец. Зареждането с прахообразния абразив, както и поставянето и снемането на диска с изпитваните образци се извършва чрез снемане на капака.

Към уредбата СТ-1 може да се присъединява приставка за добавяне на различни течности (например морска вода, горива, смазки и др.) към абразивната среда, с цел наподобяване на условията на работа във влажна и агресивна абразивна среда. Тя дава възможност за равномерно и регулируемо подаване на съответните хидравлични добавки към абразива.

Времето за изпитване се определя съобразно приета методика. Настройването на блока за управление се извършва от реле за време, което изключва електродвигателя при достигане на зададената продължителност, след което се пристъпва към изваждане на образците, претегляне или нова серия от изпитвания.

Изследването се извършва едновременно на 2 еталонни образеца и 6 образеца от всяка група, по две различни схеми на взаимодействие между образеца и абразивната среда.

Схемата на взаимодействие между опитния образец и абразивната среда, възпроизвеждана от уредбата СТ-1 може да бъде с долен абразив (Фиг.5.а), с горен абразив (Фиг.5.б), както и триене в суха абразивна среда и в хидроабразивна (влажна) среда. Изпитването в хидроабразивна среда може да се проведе и по двете схеми.



Фиг.5. *Схема на взаимодействие на опитните образци с абразивната среда: а-долен абразив; б-горен абразив*

При така наречениият “долен абразив”, изпитваните работни повърхности са обърнати с наварената част надолу и в процеса на абразивното износване участва силата от съпротивлението на абразива, получена от уплътняването му. При схемата на изпитване с долен абразив се осъществява натиск между образците и абразивната среда, което се съпровожда с интензивно триене, по-голямо износване и по-голямо общо загряване на средата.

При така наречениият “горен абразив”, изпитваните работни повърхности са обърнати с наварената част нагоре и триещият абразив действа на повърхността само със собствената си маса. При работа по схемата с горен абразив образците повдигат намиращата се над тях абразивна смес, като натискът, а оттам триенето и износването са значително по-малки.

Изборът на конкретна схема на изпитване зависи от условията, при които работят изпитваните детайли и трябва максимално да ги наподобява. Изпитванията са направени по схемата “долен абразив” на обработени до зачистване плоски образци.

Изпитването се извърши при използването на два вида абразивен материал. Първият представлява формовъчна смес тип К16 с едрина на зърната 0,016 mm. Вторият вид абразивен материал е абразивен прах тип White corund - 1A-F 20 F46 Al_2O_3 с едрина на зърната 0,014 mm.

Формовъчната смес тип К16 се използва в металолеенето при изготвяне на форми със своя състав тя се доближава до характеристиките на средата, в която работят земеделските, мелиоративните, горските и някои транспортни машини.

Изследването се проведе при две влажности на абразивната среда „суха” (с влажност W 10 % от пределната почвена влагоемкост) и „мокра” (с влажността W 90 % от ППВ). Хидроабразивната среда се получава чрез използване на специална приставка към уредбата за трибологично износване СТ-1. За постигане на постоянна влажност на абразивната среда, в специален резервоар е налята вода, която изтича с определен дебит към абразивната среда.

В съответствие с избраната методика, общата продължителност на изпитването на образците в среда от формовъчна смес тип К16 е 48 часа (2880 min), разпределени в 6 опита по 8 часа (480 min) за образците от всяка група. Общата продължителност на опитите за абразивен прах тип White corund – 1A-F 20 F46 Al_2O_3 е 6 часа (360 min), отново разпределени в 6 опита по 1 час (60 min). След изтичането на общата продължителност, абразивната среда се подменя с нова. Броят на опитите се определя в съответствие с изискванията на теорията на вероятностите и математическата статистика [4].

Изследване износването на наварените покрития в абразивна среда се извършва в следната последователност:

1. Подготовка и тариране на машината за триене и износване, системите, приспособленията и детайлите към нея;
2. Подготовка и измерване на образците за изследване;
3. Измерване параметрите на образците преди и след всеки опит;
4. Измерване и записване на входните и изходни параметри на процеса на износване;
5. Обработване на опитните данни и представяне на получените резултати аналитично, таблично и графично.

Подготовката за изпитване включва закръгляване на острите ръбове, почистване от корозия и други замърсявания чрез шкурка, маркиране на образците (шест наварени и два еталонни), претегляне на всеки образец и записване стойността на теглото им, измерване макро и микротвърдостта в зоната на триене и в зоната на прехода от възстановителния слой и основния метал. След завършване на всеки опит, образците се измиват с бензин от полепналия по тях абразив, подсушават се и отново се претеглят.

Големината на износването на навареното покритие **Iаи** се определяше по тегловия метод, чрез измерване масата на образците в началото и края на всеки опит на аналитична везна тип WA 33 PRLTA 13/1 с точност до 0,1 mg. Изменението на масата на образците след всеки опит, дава възможност да се получи динамиката на изменение на износването в процеса на абразивно износване.

Динамиката и интензивността на износване на еталонните и наварените образци се определя по методиката, посочени в ГОСТ 23.208 – 79 [3]. Тази методика изисква при изследване на износване, освен шестте наварени образци да се изследват и 2 еталона. При изчисление на относителната износоустойчивост е използвано средното износване на еталонните образци.

За по-голяма прегледност, изменението на износването на еталоните е представено в една осреднена графика.

При провеждането на изпитването, анализа и интерпретация на резултатите от изследването се използват сравнителния, комплексния, системния, кибернетичния и физическия подходи за изследване, статистическите методи и методите за еднофакторно планиране на експеримента .

3. Заключение

1. Разработена е методика за изследване износоустойчивостта на наварени покрития в абразивна среда.

2. За основен критерий за оценка износоустойчивостта на възстановителни покрития е приет вектора на износването (големина и интензивност на износване, износоустойчивост).

3. Проектиран и изработен е стенд СТ-1 за триене и износване в свободна абразивна среда, моделиращ условията на работа на детайлите от ходовата система и трансмисията на верижни и колесни земеделски машини.

4. Литература

1. Гавазов, Св., Друмева,Ст., Станев Л. Изследване сработваемостта и износоустойчивостта на възстановителни покрития под слой от флюс. Юбилейна научна сесия, НИМЕСС, София, 1999

2. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Москва, Машиностроение, 2000.

3. ГОСТ 23.208 – 79 (Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы).

4. Митков А. Теория на експеримента, Русе:, Дунав прес, 2011.

5. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания. М.: Машиностроение, 1989.

6. Сливаров О. Изследване качеството и надеждността на възстановени голямогабаритни детайли от автотракторната и земеделска техника. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен “Доктор”: Русе. 20011.

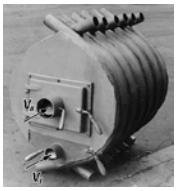
7. Хасуи А. Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985.

ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗГАРЯНЕТО НА РАСТИТЕЛНИ ОСТАТЪЦИ ВЪВ ВЪЗДУХОПОДГРЕВАТЕЛ ВП - 800 С РЪЧНО ЗАРЕЖДАНЕ НА ГОРИВОТО

Валден Георгиев, ИПАЗР „Н. Пушкаров", София

ABSTRACT:The results from combustion testing of air heater АН - 800 with vineyard pruning, tobacco powder briquettes, poplar logs and branches from apple trees pruning, with a certain moisture content and fractional composition are presented. The influence of excess air - **α** on the efficiency of the combustion process - **q** of the heater and its environmental indicators: the content of **CO_2**, **O_2**, **CO** and **NO** in flue gas is investigated.
Keywords: *air heater, plant residues, combustion, excess air, efficiency of the combustion process, environmental indicators.*

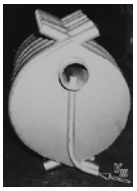
В условията на частно стопанисване на земята, малките ферми се нуждаят от подходящи топлоенергийни съоръжения за задоволяване на специфични топлинни потребности, свързани с характера на земеделското производство развивано в тях. В [1] е разгледана конструкцията на въздухоподгревател ВП - 800, разработен в ИПАЗР - София и предназначен предимно за изгаряне на растителни остатъци (клони от резитбата на овощни дървета и лозя, царевични какалашки и др.), а също дърва, въглища и брикети. Въздухоподгревателят създава естествена циркулация на подгрявания въздух, без наличие на вентилатор. Конструкцията му е опростена, разработена на модулен принцип и предоставя гъвкави възможности за многоцелево използване: отопление на животновъдни, производствени и битови помещения, малки оранжерии, хижи, вили, сервизи, търговски обекти и др., както и сушене на зърно, билки, горски плодове и др.



Фиг.1 Общ вид на ВП – 800



Фиг. 2 Скарни решетки на ВП - 800



Фиг.3 Димоотводна тръба и тръба за третичен въздух

На фиг. 1 е показан общ вид на въздухоподгревателя ВП - 800. Той има две врати с клапи. Долната врата служи за почистване на пепелта и регулируемо подаване на първичен въздух през клапата й (тръба Ø 86 х 4) в подскарното пространство, а горната - за подаване на гориво, почистване от пепел и регулируемо подаване на вторичен въздух през клапата й (тръба Ø 125 х 5). В горивния обем, между споменатите две врати, хоризонтално са разположени 4 броя скарни решетки (светло сечение на отделната скара 34,8 %), вложени в носачи (светло сечение на огледалото на горене 23,3 %) - фиг. 2. В задната част на горивната камера е монтирана димоотводна тръба (тръба Ø 168 х 8) - фиг. 3, с удължена навътре част. Вътре в тръбата, в долната и част е разположена тръбна система (тръба Ø 42 х 4) с Т - образна форма. Надлъжната и част е свързана с въздуха около съоръжението, а напречната е разположена вътре в горивното пространство, непосредствено преди началото на димоотводната тръба и има множество отвори с малък диаметър, през които се подава подгрят третичен въздух, необходим за турболизиране и пълно догаряне на газовете в тръбата за отвеждане на димните газове. Благодарение на непрекъснатата циркулация на въздух, засмукван от ниските нива на помещенията, загряван в тръбните дъги (тръба Ø 70 х 4) от горивния процес в пещта и изтласкван през горните краища на дъгите, се получава бързо подгряване на въздуха на отопляваните помещения, без използване на вентилатор. В Таблица 1 са показани някои общи технически данни на въздухоподгревателя ВП - 800.

Изпитването на ВП - 800 бе осъществено в ИПАЗР - София за отопление на автомобилен сервиз и се извърши с: раздробени лозови пръчки (средна дължина на наситняване – 50 мм), брикети от тютюнев прах (диаметър Ø 80), цепеници от топола и клони от резитба на ябълкови дървета (средна дължина на наситняване – 50 мм). В Таблица 2 е показано влагосъдържанието на горивата, с които бе проведено изследването на ВП - 800.

Таблица 1 Общи технически данни на въздухоподгревателя ВП - 800.

Показател	**Стойност**
• Габаритни размери, m:	
• дължина	1,2
• широчина	0,8
• височина	1,0
• Размери на горивната камера, m	
• дължина	0,84
• диаметър	0,63
• Маса, kg	260
• Максимален разход на гориво, kg/h	20
• Максимален отопляем обем на помещението, m^3	800

Таблица 2 Влагосъдържание на горивата използвани при изпитване на ВП – 800

Показател	Вид на горивото			
	Лозови пръчки	Брикети от прах от тютюн	Цепеници от топола	Клони от резитбата на ябълкови дървета
Съдържание на влага на работна маса - W^p, %	7.07	7.14	28.91	32,08

В Таблица 3 са показани някои резултати от първоначалното изпитване на ВП – 800.

Таблица 3 Някои резултати от първоначалното изпитване на ВП – 800

Параметър	Вид на горивото			
	Лозови пръчки	Брикети от прах от тютюн	Цепеници от топола	Клони от резитбата на ябълкови дървета
Маса на заредената гориво, kg	57	40	50	57
Време за достигане на максимална температура на въздуха на изхода на тръбните дъги, h	2	2	2 ½	2 ¾
Максимална температура на въздуха на изхода от тръбните дъги, ^oC	198	185	194	192
Средна температура на въздуха на изхода от тръбните дъги след 30 - та минута от запалването, ^oC	150	158	157	143

Целта на изследването бе: при определен вид растително гориво (лозови пръчки, брикети от тютюнев прах, цепеници от топола, клони от резитбата на ябълкови дървета), с определено влагосъдържание и фракционен състав, да се определи влиянието на коефициента на излишък на въздух – **α** върху коефициента на полезно действие на горивния процес - **q** на въздухоподгревателя и екологичните показатели: съдържание на **CO_2, O_2, CO** и **NO** в димните газове.



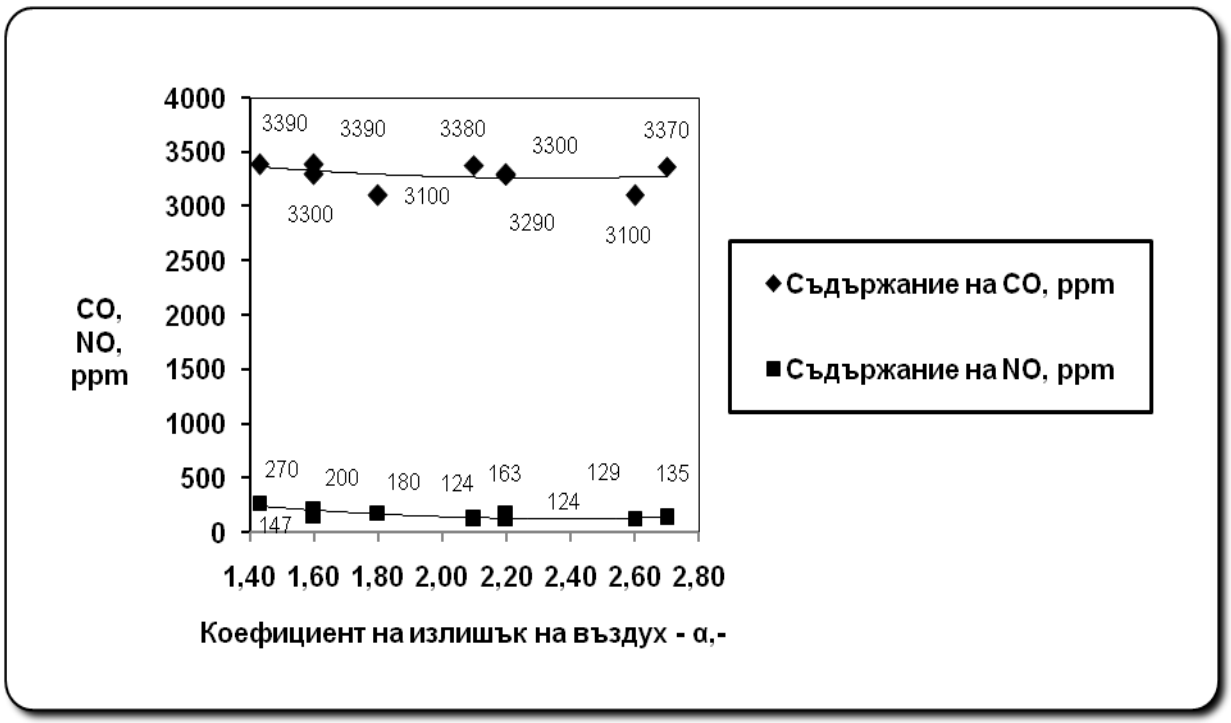
Фиг.4 Анализ на димните газове получени при изгаряне на растителни остатъци във ВП - 800

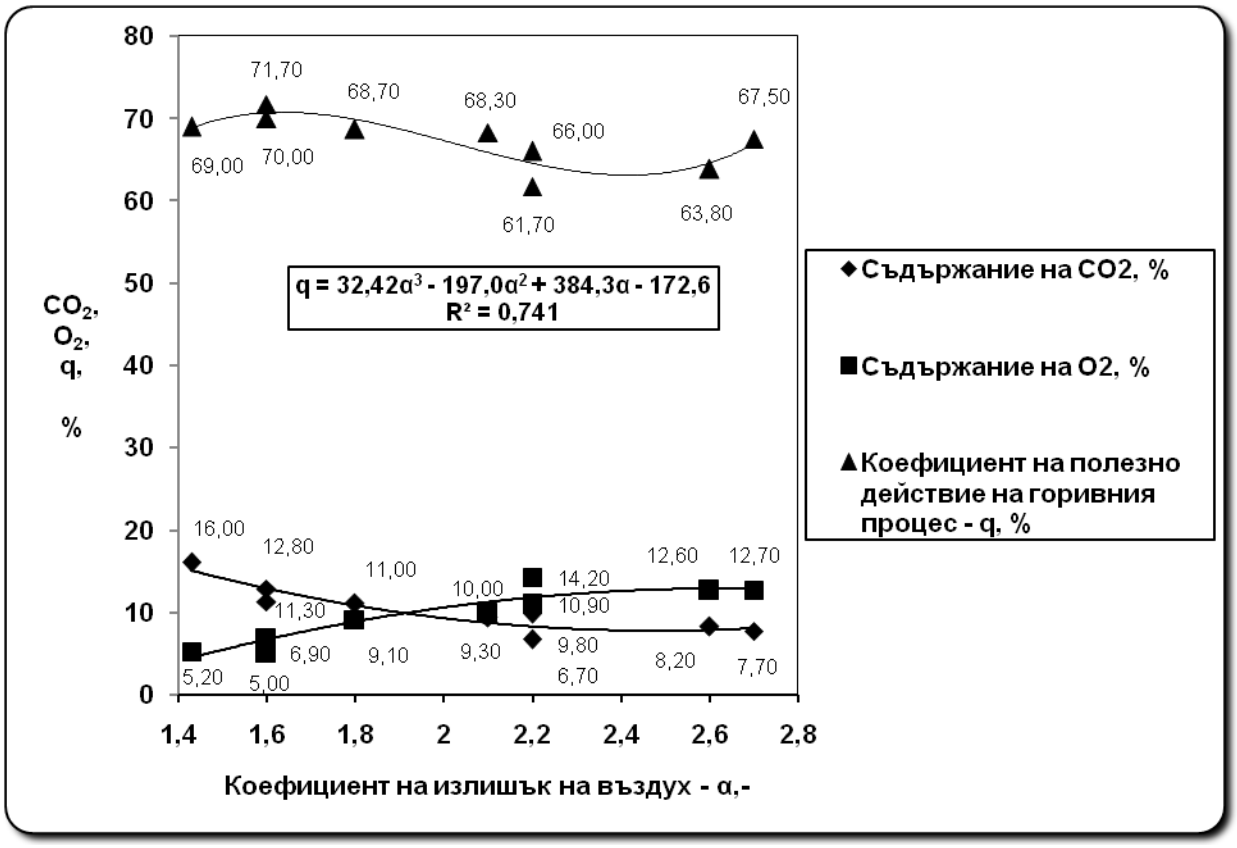


Фиг.5 Газоанализатор TESTO 335

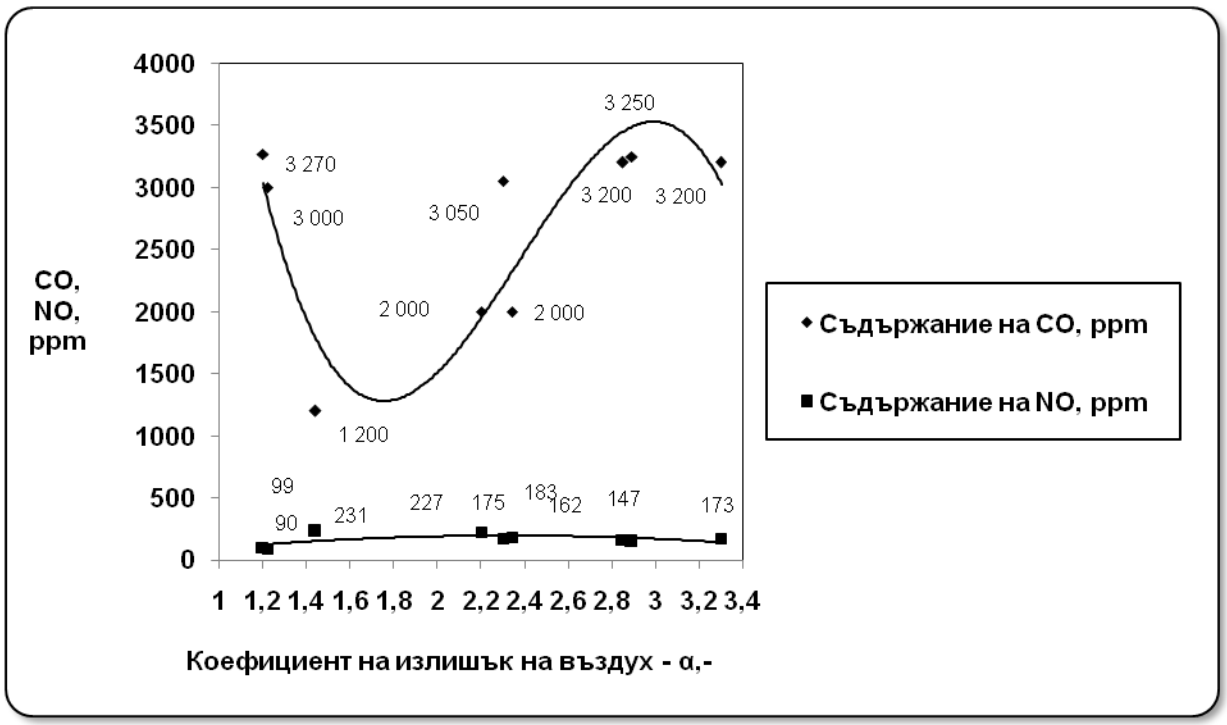
На Фиг.4 е показано извършването на анализ на димните газове, получени при изгаряне на растителни остатъци във ВП – 800 с газоанализатор TESTO 335 (Фиг.5)

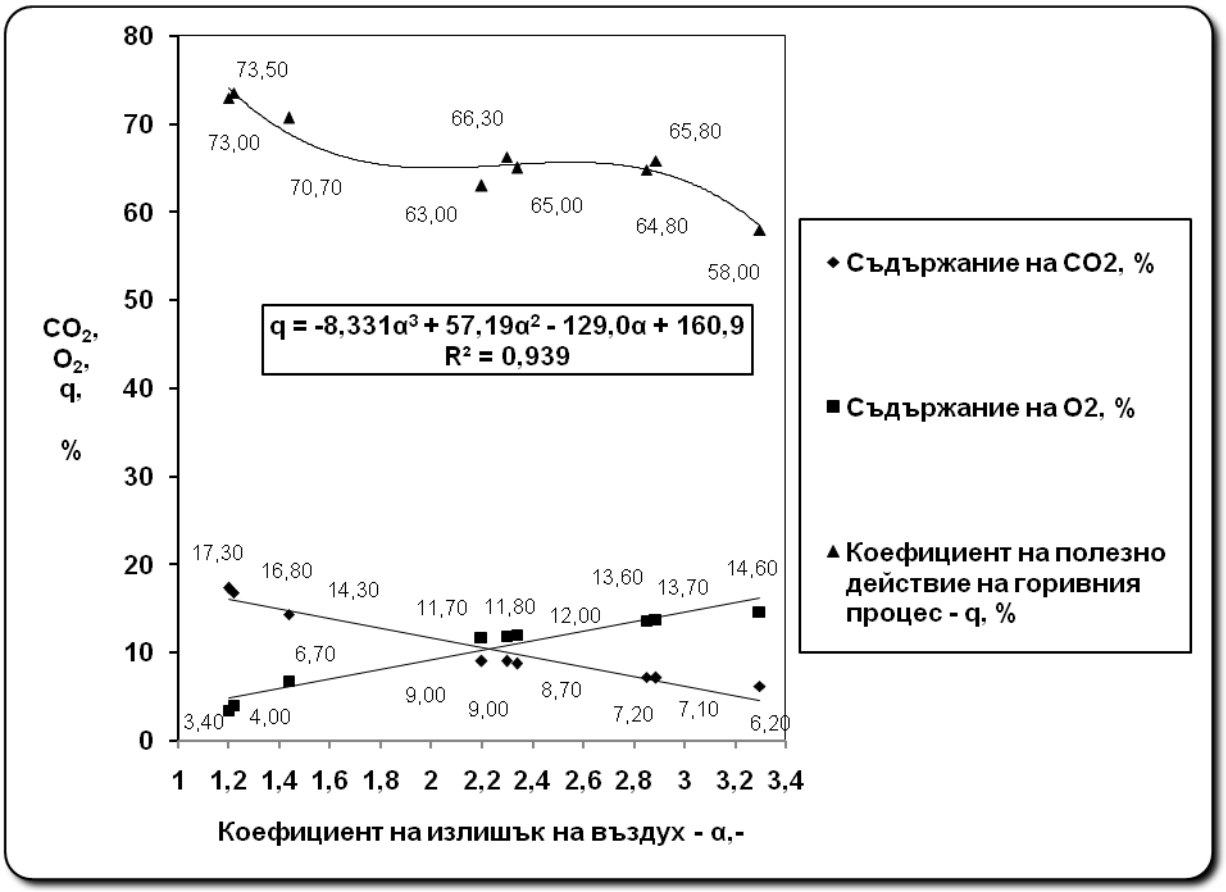
На Фиг. 6 - Фиг. 9 е представено влиянието на коефициента на излишък на въздух – **α** върху коефициента на полезно действие на горивния процес - **q** на въздухоподгревателя и съдържанието на **CO_2, O_2, CO** и **NO** в димните газове. при изгарянето на лозови пръчки, брикети от тютюнев прах, цепеници от топола и клони от резитбата на ябълкови дървета.



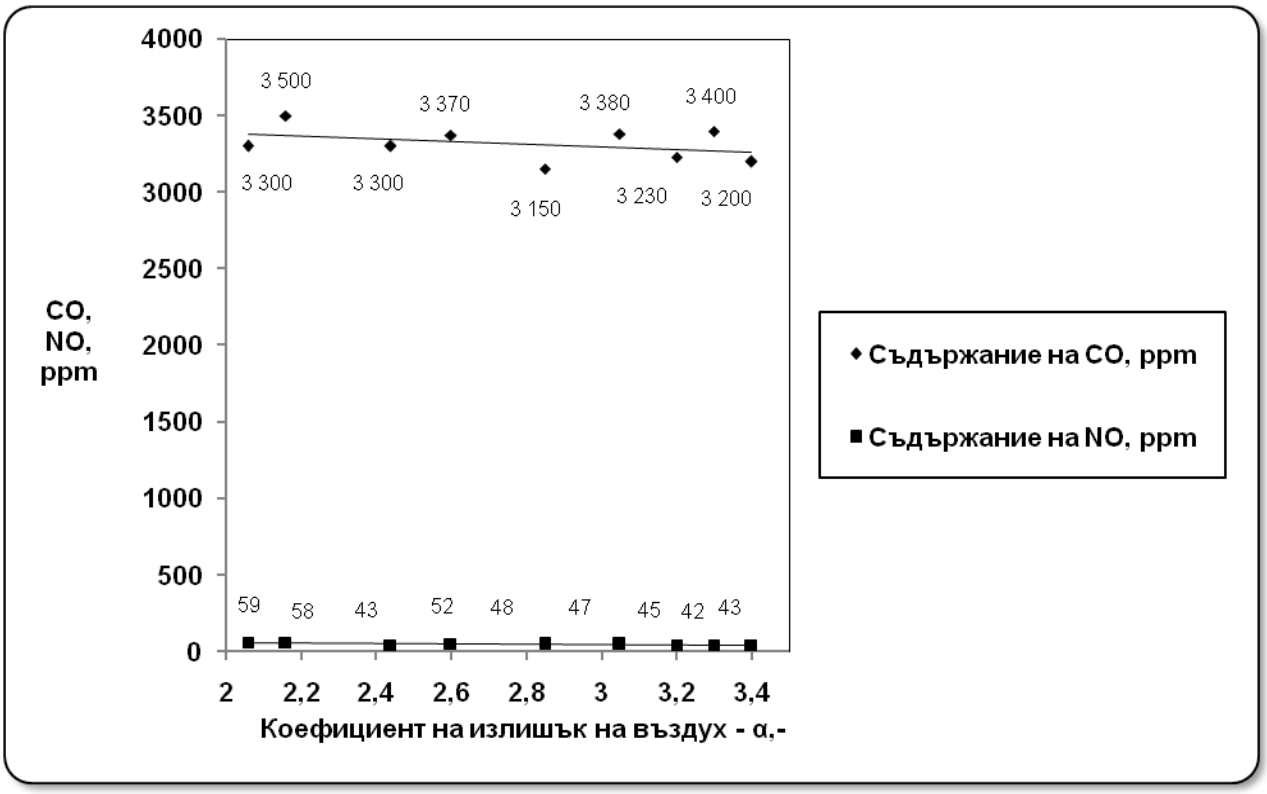


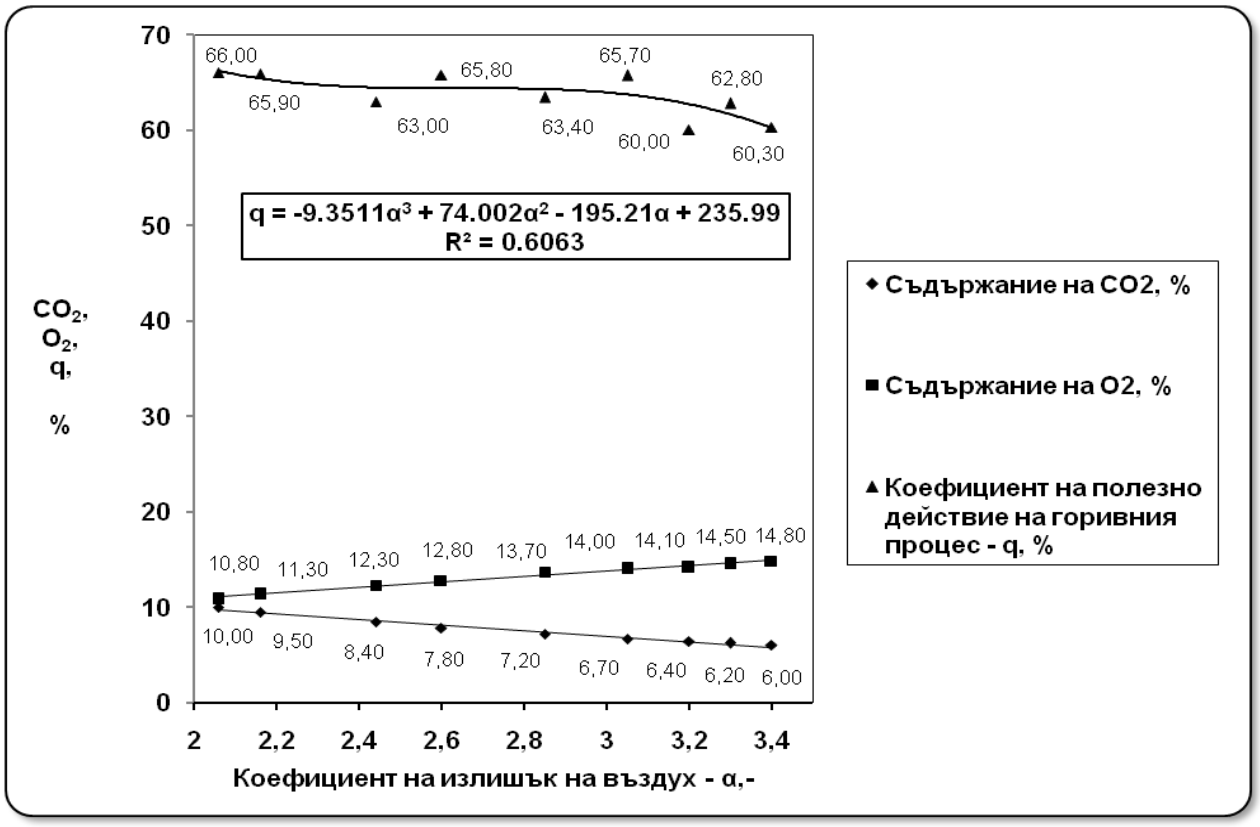
Фиг. 6 Резултати от изпитанието на ВП - 800 с гориво лозови пръчки.





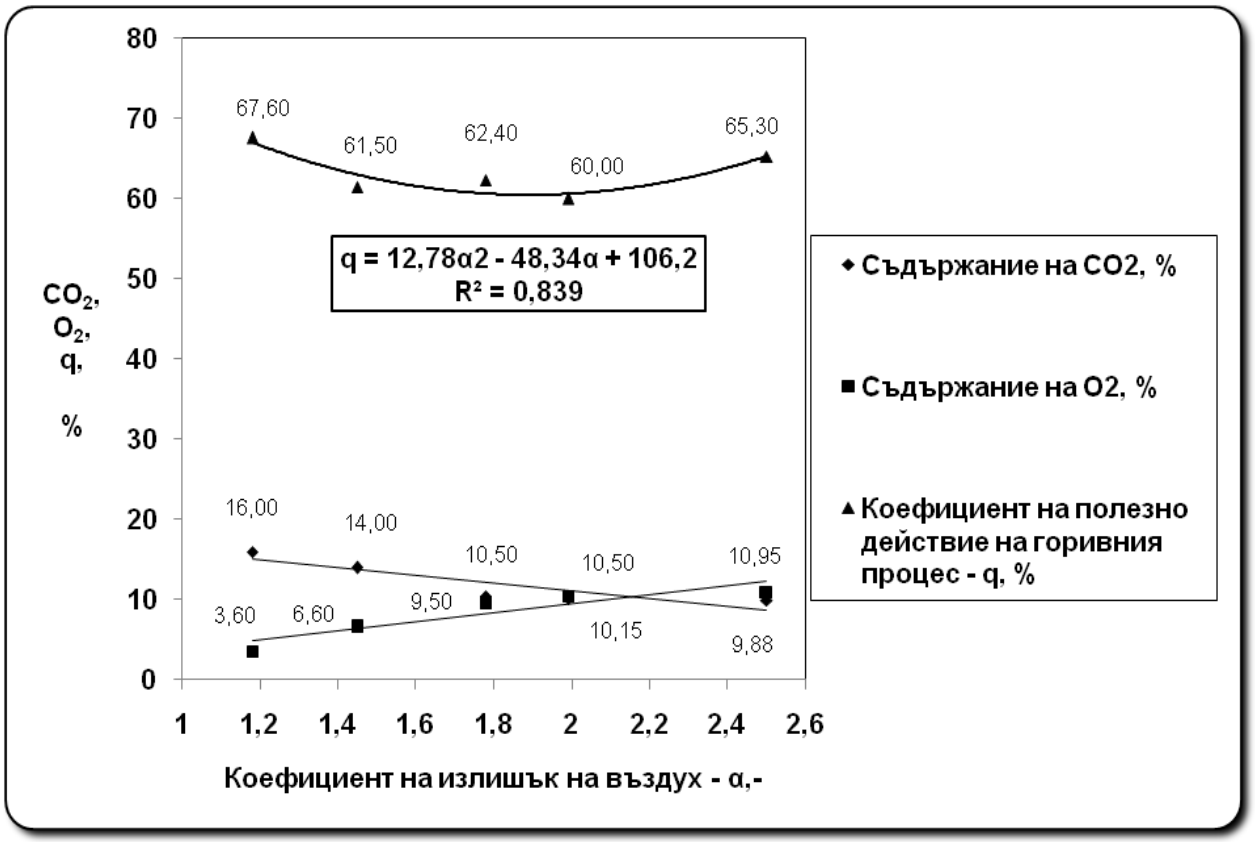
Фиг. 7 Резултати от изпитанието на ВП - 800 с гориво брикети от тютюнев прах.





Фиг. 8 Резултати от изпитанието на ВП - 800 с гориво цепеници от топола





Фиг. 9 Резултати от изпитанието на ВП-800 с гориво клони от резитбата на ябълкови дървета

ИЗВОДИ:

1. **Лозовите пръчки** са приемливи като гориво за ВП-800. За кратко време от запалването на въздухоподгревателя (на 30-та минута – Таблица 3) се постига висока средна температура на изхода от тръбните дъги – 150 ^{o}C и се постига най-висока максимална - 198 ^{o}C, което се дължи на ниското им влагосъдържание на работна маса – 7,07 % (Таблица 2) и най-високо съдържание на въглерод, в сравнение с останалите растителни остатъци от изпитанието, което им позволява по-продължително време да поддържат жар. По-висока средна дължина на наситняване от използваната (до max 500 мм) , не би влошила съществено коефициента на полезно действие на горивния процес - **q**, който при изпитанията за изгаряне на това гориво във ВП-800 достига максимална стойност **q** =71,7 % при коефициент на излишък на въздух **α** = 1,6 (Фиг. 6).
2. **Брикетите от прах от тютюн** също са приемливи като гориво за ВП-800. При тях по време на изпитанията бяха постигнати най-високи стойности на **q** - 73.5 %, при **α** = 1,22 (Фиг. 7).
3. **Цепениците от топола** поради по високото си влагосъдържание на работна маса – 28,91 % (Таблица 2) изискват по-дълго време (2 ½ часа) за достигане на максимална температура на въздуха на изхода на тръбните дъги -194 ^{o}C (Таблица 3). Стойностите на **q** при това гориво са по-ниски, което се обяснява с високото влагосъдържание и значително по-големите размери на цепениците - максималната стойност на **q** е 66,0 % при **α** = 2,06 (Фиг. 8).
4. **Клоните от резитбата на ябълкови дървета** поради най-високото си влагосъдържание на работна маса – 32,08 % (Таблица 2) изискват най-дълго време (2 ¾ часа) за достигане на максимална температура на въздуха на изхода на тръбните дъги - 192 ^{o}C (Таблица 3). Високото влагосъдържание при това гориво също води до по-ниски стойностите на **q** - максималната стойност на **q** е 67,6 % при **α** = 1,18 (Фиг. 9).
5. При изгарянето на изпитваните растителни остатъци във ВП - 800 **емисиите на NO в димните газове** имат ниски стойности – под 300 ppm.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев В. Създаване и изследване на въздухоподгреватели за изгаряне на земеделски отпадъци в условията на малки ферми, Селскостопанска техника, № 1,1997, 23 - 26.