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

MECHANIZATION IN AGRICULTURE

МЕХАНИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО



Issue 12
2015

Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12/2015, Sofia, Bulgaria

SCIENTIFIC TECHNICAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
BULGARIAN ASSOCIATION OF MECHANIZATION IN AGRICULTURE

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 LXI БРОЙ 12 / 2015 ISSN 0861-9638 YEAR LXI ISSUE 12 / 2015

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
Доц. д-р инж. Ербол Саркинов – Казахстан	Assoc. Prof. eng. Yerbol Sarkynov – Kazakhstan
Доц. д-р инж. Ян Шчепаняк – Полша	Assoc. Prof. Dr. Eng. Jan Szczepaniak – Poland
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:

MECHANIZATION IN AGRICULTURE

INTERNATIONAL SCIENTIFIC, SCIENTIFIC APPLIED AND INFORMATIONAL JOURNAL

ISSN 0861 - 9638 Year LXI, 12/2015, Sofia

CONTENTS:

ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ И РАЗМЕРНОСТЕЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НАПЛАВКОЙ ПОД ФЛЮСОМ
THEORY OF SIMILARITY AND DIMENSIONS IN THE STUDY OF THE PROCESS OF RESTORATION OF DETAILS OF AGRICULTURAL MACHINERY UNDER SUBMERGED ARC WELDING
J. Katsitadze, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia, Doctor of Technical Sciences, Full Professor……3

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
Д-р тех.н. Костенко Е.М., Дрожчаная О.У., Кривонос С.М……7

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ И МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ
канд. техн. наук, доц. Антощенков Р.В……9

ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ ПЕРИОДИЧНОСТТА И ОБХВАТА НА ДИАГНОСТИРАНЕ НА МАШИНИТЕ
М. Михов – ИПАЗР "Н.Пушкаров", София……12

ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ ПЕРИОДИЧНОСТТА НА ДИАГНОСТИРАНЕ НА МАШИНИТЕ С ОТЧИТАНЕ НА ДОСТОВЕРНОСТТА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗМЕРВАНЕТО
М.Михов - ИПАЗР"Н.Пушкаров", София..... 14

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПОВИШАВАНЕТО НА РАВНИЩЕТО НА НАДЕЖДНОСТТА НА МАШИНИТЕ ВЪРХУ ИКОНОМИЧЕСКИЯ ЕФЕКТ
К.Георгиева - Тракийски университет, Стара Загора 19

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА АМПЛИТУДАТА НА ВИБРАЦИИТЕ ВЪРХУ ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ВИБРОДЪГОВО НАВАРЯВАНЕ В CO2
A RESEARCH ABOUT INFLUENCE OF WIRE ELECTRODE VIBRATION'S AMPLITUDE UPON ELECTRICAL PARAMETERS OF VIBRATING GAS METAL ARC OVERLAYING PROCESS IN SHIELD OF CO2
Assoc. Prof. Mitko Nikolov, PhD 22

ПРОБЛЕМИ НА ПОДДЪРЖАНЕТО НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА В БЪЛГАРИЯ
PROBLEMS RELATED TO MAINTENANCE OF AGRICULTURAL EQUIPMENT IN BULGARIA
Assoc. Prof. Vasil Stoqnov, PhD, Assoc. Prof. Mitko Nikolov, PhD, Assoc. Prof. Daniel Bekana, Prof. Plamen Kangalov, PhD… 25

КРАТКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ГРУЗИИ
Двали Ираклий, Курдиани Гиви 28

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ СРЕДСТВАМИ ДЕФЕКТОСКОПИИ
CONTROL OF THE TECHNICAL STATE OF AGRICULTURAL AGGREGATES BY FACILITIES OF FAULT DETECTION
Кандидат технических наук, доцент Войналович А.В, кандидат технических наук Мотрич М.Н.
Ph.D., associate professor Voinalovych A.V., Ph.D. Motrich M.N. 29

RESEARCH OF KINEMATIC AND STRUCTURAL PARAMETERS OF WORKING TOOLS WHEN PROCESSING THE CYLINDER LINERS
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ
PhD Kelemesh A., PhD Gorbenko O. 32

ORGANIZATIONAL IMPROVEMENT IN TECHNICAL SERVICE OF TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINE IN NORTHWESTERN DISTRICT OF RUSSIA
Dr, professor Kartoshkin A., Phd, professor Belyakov V., Phd, associate professor Shirokov S., Phd, associate professor Ovchinnikova E., Phd, associate professor Belinskaya I. 34

PREPARATION RECOMMENDATIONS FOR THE PROTRACTED STORAGE OF MOTOCULTIVATOR WEIMA 900M
Docent, candidate of technical sciences Lyashenko S. 36

THEORETICAL FOUNDATION OF BIODIESEL FLUSHING *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫВКИ БИОДИЗЕЛЯ*
Polischuk A., Assoc. Prof. PhD Drahniev S., Assoc. Prof. PhD Polischuk V. 39

EMPORIO OLEODINAMICO
hydraulic components

April 1975 - April 2015

A PASSION THAT HAS LASTED 40 YEARS

OUR INDUSTRIES:

Agricultural mechanization

Lifting machinery

Construction Equipment

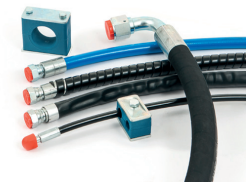
Machinery for the cleaning and maintenance of green areas

Transport and logistics

Industrial machinery

Petrochemical plants

OUR PRODUCTS:


















quaranta 40 1975 2015
oleodinamici






CONSULTANCY WAREHOUSE PRODUCTION LOGISTICS

TRAINING. COMMITMENT. INNOVATION.

EMPORIO OLEODINAMICO
hydraulic components

Via Golfarelli, 88/B
47122 Forlì - FC (Italy)
Tel. +39 0543 724202
Fax +39 0543 725129

www.emporiooleodinamico.com
info@emporiooleodinamico.com
Skype: emporiooleodinamico

ул. Денкоглу, 21 - 1000
София - България
Тел: +359 2 981 1044
Моб:+359 876666359

www.emporiooleodinamico.com
emporiooleodinamicobg@gmail.com
Skype: brusa_gf

UNI EN ISO 9001
Certificato N. 9160. EMPO

ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ И РАЗМЕРНОСТЕЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НАПЛАВКОЙ ПОД ФЛЮСОМ

THEORY OF SIMILARITY AND DIMENSIONS IN THE STUDY OF THE PROCESS OF RESTORATION OF DETAILS OF AGRICULTURAL MACHINERY UNDER SUBMERGED ARC WELDING

J. Katsitadze, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
Georgian Agrarian University:
140Alley of David the Builder, 0159, Tbilisi, Georgia. E-mail:chokhadari@yahoo.com
G.Kuteliya, DoctoralCandidate
Georgian Technical University:
77Kostava Street, 0175, Tbilisi, Georgia. E-mail:Qutelia.giorgi@mail.ru

***Abstract**: The paper studies the process of restoration of worn-out parts of agricultural machinery under submerged arc welding, produces definable and determining similarity criteria characterizing the process and discloses their physical entity. The methodology is developed and the criterion equation is received for determining and optimizing the hardness of metal coatings obtained, which is a scientific basis for conducting targeted experiments. An outfit is made for surfacing ploughshares submerged, that allows changing the basic factors without stepwise method. Experimental studies are conducted, as a result of which an analytic form of criteria equation is produced and optimum modes of the recovery of details under submerged arc welding are established.*
***KEYWORDS**: AGRICULTURAL EQUIPMENT, WEAR, SUBMERGED ARC WELDING, SIMILARITY CRITERION, OPTIMIZATION.*

В настоящее время широко применяются инновационные ресурсосберегающие технологические процессы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники, позволяющие повторно использовать отработанные детали,продлить их срок службы и „вторую жизнь“ машин в целом. К таким способам относится автоматическая наплавка под слоем флюса, которая используется для восстановления крупногабаритных деталей с большими износами.

Твердость металлопокрытий,полученных этим способом ,имеет важное значение для их износостойкости, поскольку зависимость между этими параметрами при абразивном изнашивании является прямопропорциональной[1].

Для исследования твердости покрытий нами была использована теория подобия и размерностей с помощью которой можно заранее планировать эксперименты, установить функциональную зависимость между критериями подобия, учесть их одновременное влияние на параметр оптимизации и разработать рациональные режимы восстановления для получения покрытий с высокой износостойкостью.

Согласно этой теории [2,3] для исследования процесса восстановления деталей необходимо получать характерные критерии подобия,которые являются безразмерными комплексами, установить функциональную связь между ними и оптимизировать процесс.

В нашем случае параметром оптимизации является твердость металлопокрытый,полученных автоматической наплавкой под флюсом.

На основе анализа проведенных исследований и литературных источников [1,5] твердость этих покрытий, зависит от факторов, наименование и размерности которых представлены в таблице.

***Таблица1:**Перечень факторов,влияющих на твердость метоллопокрытий, полученных наплавкой под флюсом.*

№	Наименование параметра оптимизации и факторов	обозначение	Размерность в системе Si	Размерность, выражения символами величин
1	Твердость металлопокрытий	H_μ	МПа	$ML^{-1}T^{-2}$
2	Размер восстановливаемой детали	L	м	L
3	Сила тока	$\mathcal{J}$	А	$\mathcal{J}$
4	Напряжение	υ	В	$ML^2\,T^{-3}\,\mathcal{J}^{-1}$
5	Скорость подачи электрода	V	$м.сек^{-1}$	LT^{-1}
6	Электрическое сопротивление электрода	R	Ом	$ML\,N^{-3}\mathcal{J}^{-1}$
7	Скорость наплавки	V_1	$м.сек^{-1}$	LT^{-1}
8	Плотность электрода	ρ	$кг.м^{-3}$	ML^{-3}
9	Плотность флюса	ρ_1	$кг.м^{-3}$	ML^{-3}
10	Вылет электрода	e	м	M
11	Расход флюса	Q	$кг.сек^{-1}$	MT^{-1}

Функциональная связь между параметром оптимизации и влияющими на него факторами имеет вид:

$$H_\mu = f(L, \mathcal{J}, \upsilon, V, V_1, R, \rho, \rho_1, e, Q) \dots (1)$$

Эту зависимость можно выразить в виде критериев подобия. Их число определяетсяπ – теоремой анализа размерностей [4]:

$$r = N - n$$

N-число величин,n-число основных факторов.Эти факторы необходимо подбирать так, чтобыопределитель показателей степени их размерностей отличался от нуля. С учетом этих требований, в качестве основных факторов принимаем – силу тока – $\mathcal{J}$,производительность-Q , размер восстановливаемой детали – L и скорость наплавки – V.
Размерности этих величин можно представить так:

$$[\mathrm{Q}] = \mathrm{L}^0\mathrm{M}\mathrm{T}^{-1}\mathcal{J}^0$$
$$[\mathrm{L}] = \mathrm{L}\mathrm{M}^0\mathrm{T}^0\mathcal{J}^0$$
$$[\mathrm{V}] = \mathrm{L}\mathrm{M}^0\mathrm{T}^{-1}\mathcal{J}^0$$
$$[\mathcal{J}] = \mathrm{L}^0\mathrm{M}^0\mathrm{T}^0\mathcal{J}$$

Определитель показателей степеней этих величин равен:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1 \neq 0$$

Это значит, то основные факторы подобраны правильно.
Число критериев подобия:

$$r = N - n = 11 - 4 = 7$$

Необходимо получать характерные критерии подобия:

$$\pi = \mathrm{H}_\mu \mathcal{J}^\alpha Q^\beta L^\gamma V^\delta = 1$$
$$\pi_1 = \upsilon \mathcal{J}^{a_1} Q^{\beta_1} L^{\gamma_1} V^{\delta_1} = 1$$
$$\pi_2 = V_1 \mathcal{J}^{a_2} Q^{\beta_2} L^{\gamma_2} V^{\delta_2} = 1$$
$$\pi_3 = R \mathcal{J}^{a_3} Q^{\beta_3} L^{\gamma_3} V^{\delta_3} = 1$$
$$\pi_4 = \rho \mathcal{J}^{a_4} Q^{\beta_4} L^{\gamma_4} V^{\delta_4} = 1$$
$$\pi_5 = e \mathcal{J}^{a_5} Q^{\beta_5} L^{\gamma_5} V^{\delta_5} = 1$$
$$\pi_6 = \rho_1 \mathcal{J}^{a_6} Q^{\beta_6} L^{\gamma_6} V^{\delta_6} = 1$$

Где $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i -$ неизвестные показатели степени.
Чтобы $\pi_i -$ критерии подобия стали безразмерными, показатели степени должны быть такими, чтобы при замене каждой переменной соответствующей комбинацией M, L, T, $\mathcal{J}$,в полученных выражениях ,показатель основной размерности был равен нулю [6];
С учетом этого ,можно получить определяемый критерий подобия:

$$\mathrm{H}_\mu \mathcal{J}^\alpha Q^\beta L^\gamma V^\delta = M L^{-1} T^{-2} \mathcal{J}^\alpha M^\beta T^{-\beta} L^\gamma L^\delta T^{-\delta} = M^0 L^0 T^0 \mathcal{J}^0 = 1$$

Получаем следующие линейные уравнения:

$$1 + \beta = 0$$
$$-1 + \gamma + \delta = 0$$
$$-2 - \beta - \delta = 0$$
$$\alpha = 0$$

Решение этих уравнений дает: $\alpha = 0;\ \beta = -1;\ \delta = -1;\ \gamma = 2$
Соответственно, определяемый критерий имеет вид:

$$\pi = \frac{\mathrm{H}_\mu L^2}{QV}$$

Аналогическим образом получаем определяющие критерии подобия:

$$\pi_1 = \frac{\upsilon \mathcal{J}}{QV^2};\ \pi_2 = \frac{V_1}{V};\ \pi_3 = \frac{R\mathcal{J}^2}{QV};$$
$$\pi_4 = \frac{\rho L^2 V}{Q};\ \pi_5 = \frac{e}{L};\ \pi_6 = \frac{\rho}{\rho_1}$$

Физический смысль полученных критерив подобия следующий: $\frac{\mathrm{H}_\mu L^2}{QV}$- критерий качества – безразмерная твердость металлопокрытий, полученных наплавкой под флюсом. Это определяемый критерий, который должен быть выражен через определяющие критерии подобия. Онже является параметром оптимизации. Остальные являются технологическими критериями подобия.
$\frac{\upsilon \mathcal{J}}{QV^2} -$ определяющий критерии, который учитывает влияние напряжения тока на твердость покрытий при наплавке.
$\frac{V_1}{V} -$критерии, учитывающий скорость наплавки.
$\frac{R\mathcal{J}^2}{QV} -$критерий характеризующий влияние сопротивления тока при наплавке.
$\frac{\rho L^2 V}{Q} -$ критерий, учитывающий, влияние размера восстановливаемой детали.
$\frac{e}{L} -$ критерий подобия, учитывающий влияние вылета электрода.

$\frac{\rho_1}{\rho} -$критерий, учитывающий влияние плотности флюса на качество наплавки.
Связь между определяемни и определяющими критериями подобия можно предстовить тик:

$$\pi = \varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6) \ldots (2)$$

$$\text{или} \quad \frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = \varphi\left(\frac{\upsilon\mathcal{J}}{QV^2}, \frac{V_1}{V}, \frac{R\mathcal{J}^2}{QV}, \frac{\rho L^2 V}{Q}, \frac{e}{L}, \frac{\rho}{\rho_1}\right) \ldots (3)$$

Полученный общий вид критериального уравнения является научной основой проведения заранее планированных экспериментов для поиска оптимальных условий и режимов восстановления деталей наплавкой под флюсом. Для удобства экспериментов последнее уравнение можно представить следующим образом:

$$\frac{\mathrm{H_\mu L^2}}{\mathrm{Qv}} = \varphi\left(\frac{\upsilon\mathcal{J}}{\mathrm{QV^2}}, \frac{\mathrm{V_1}}{\mathrm{V}}, \frac{\mathrm{R}\mathcal{J}^2}{\mathrm{QV}}, \frac{\rho \mathrm{L^2 V}}{\mathrm{Q}}, \frac{\rho \mathrm{Ve^2}}{\mathrm{Q}}, \frac{\rho_1}{\rho}\right) \ldots (4)$$

Связь между определяемым и определяющими критериями имеет вид:

$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c\left(\frac{\upsilon\mathcal{J}}{QV^2}\right)^x;$$
$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c_1\left(\frac{V_1}{V}\right)^{x_1};$$
$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c_2\left(\frac{R\mathcal{J}^2}{QV}\right)^{x_2};$$
$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c_3\left(\frac{\rho L^2 V}{QV}\right)^{x_3};$$
$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c_4\left(\frac{e}{L}\right)^{x_4};$$
$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = c_5\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{x_5}.$$

После логарифмирования и сложения, имеем:

$$6\, lg\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = lgc + lgc_1 + lgc_2 + lgc_3 + lgc_4 + lgc_5 + xlg\frac{\upsilon\mathcal{J}}{qv^2} + x_1 lg\frac{v_1}{v} + x_2 lg\frac{R\mathcal{J}^2}{Qv} + x_3 lg\frac{\rho L^2 V}{Q} + x_4 lg\frac{e}{L} + x_5 lg\frac{\rho}{\rho_1}$$

Проводим потенцирование и получаем

$$\frac{\mathrm{H_\mu} L^2}{QV} = A\left(\frac{\upsilon\mathcal{J}}{QV^2}\right)^a \left(\frac{V_1}{V}\right)^b \left(\frac{R^{\mathcal{J}2}}{QV}\right)^c \left(\frac{\rho L^2 V}{Q}\right)^d \left(\frac{e}{L}\right)^e \left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^f \ldots (5)$$

$$\text{Где } A = \sqrt[6]{c \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5};$$
$$a = \frac{x}{6}; b = \frac{x_1}{6};$$
$$c = \frac{x_2}{6}; d = \frac{x_3}{6};$$
$$e = \frac{x_4}{6}; f = \frac{x_5}{6};$$

Постоянные коэффициенты $c, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$и показатели степени $x, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ характеризуют одновременное влияние отдельных факторов на твердость металлопокрытии.

Для определения этих величин и получения аналитического вида уравнения нами были проведены эксперименты на модифицированной нами установке А-1416 (рис).



Рис.Модифицированная установка для автоматической наплавки деталей под флюсом.

Сушествующая установка позволяла изменять режимы наплавки ступенчатым образом с помощью зубчатых передач ,что затрудняло установление оптимальных режимов. Поэтому, мы модифицировали ее с помощью электрических двигателей и соответствующих приспособлений, что позволило бесступенчатое регулирование режимов в широком диапазоне.

Восстанавлывлись изношенные лемехи плугов с автоматической наплавкой под флюсом с различными режимами. Для восстановления долотообразных лемехов нами было разработано и изготовлено специальное копировальное устройство.

Микротвердость полученных металлопокрытий измеряли с помощью прибора ПМТ-3 с нагрузкой на иденторе 100 Н. Результаты экспериментов обрабатывались методом наименьших квадратов.

После математической обработки был получен аналитический вид критериального уравнения

$$\frac{\mathrm{H}_{\mu}L^2}{QV} = 8{,}2 \cdot 10^{10} \left(\frac{\upsilon \mathcal{J}}{QV^2}\right)^{0{,}24} \left(\frac{V_1}{V}\right)^{-0{,}12} \left(\frac{R\mathcal{J}}{Q\upsilon}\right)^{0{,}02} \left(\frac{\rho L^2 V}{Q}\right)^{0{,}14} \left(\frac{e}{L}\right)^{0{,}3} \left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{0{,}08} \ldots (6)$$

Проверка адекватности полученной математической модели показала, ошибка вычислений не превышает 4%. После анализа полученного уравнения были установлены оптимальные режимы восстановления лемехов плугов автоматической наплавкой под флюсом.

Сила тока

$$\mathcal{J} = 220 \text{ А}$$

Напряжения – $\upsilon = 25$ в

Вылет электрода – $e = 12$ мм

Скорость подачи электрода $V = 0{,}03 \ \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

Скорость наплавки $V_1 = 0{,}001 \ \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

Этим режимам соответствовала микротвердость металлопокрытий $\mathrm{H}_{\mu} = 10000$ МПа.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для восстановления изношенных лемехов плугов рациональным способом можно считать автоматическую наплавку под слоем флюса.
2. Модифицирована установка А-14 16 для наплавки и разработано соответствующее устройство.
3. Выведены характерные критерии подобия для наплавки под флюсом.
4. Получены общий и аналитические виды критериальных уравнений и установлены оптимальные режимы восстановления.

Литература

1. Дж. Кацитадзе – надежность и ремонт машин. Тбилиси, 1999. -189 с.
2. П. М. Алабужев, В. Б. Геронимус, Л. М. Минкевич, В. А. Шеховцев. Теория подобия и размерностей. Моделирование. М. „Высшая школа “, 1988. -210 с.
3. В. А. Веников – Теория подобия и моделирования. М. „Высшая школа“. 1966. -205 с.
4. Проф. Ив. Н. Георгиев – Основи на подобието и моделирането на селскостопанската техника. Земиздам. София, 1973. – 246 с.
5. Дж. Кацитадзе- Ремонт машин, Тбилиси, 2008. – 116 с.

J. Katsitadze, N. Sardjveladze, A.Chizanishvili, I. KapanadzeSeaching processes of renewab details of agricultural technics with the electrosparklingelloy using the theorethicalmethodsof similarity and measurement, xvi International scientific – technical conference, Varna, 2009,

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д-р тех.н. Костенко Е.М., Дрожчаная О.У., Кривонос С.М.
Факультет инженерно-технологический – государственная аграрная академия, Полтава, Украина

Abstract: *в работе предлагаются расчеты выбора оптимальной мощности тракторных двигателей путем минимизации приведенных удельных затрат с учетом объема механизированных работ в напряженный период, агротехнических требований современных технологий, а также рекомендуется использование композитных материалов высокостойких к длительным нагрузкам, что приведет к уменьшению металлоемкости энергосредств и увеличению сроков их службы.*
***KEYWORDS**: ОПТИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ВЫРАБОТОК, НАПРЯЖЕННЫЙ ПЕРИОД ПОЛЕВЫХ РАБОТ, ОБЪЕМ РАБОТ, ЗАТРАТЫ.*

1. Introduction

В агропромышленном комплексе Украины используются тракторы разного тягового класса с разной мощностью двигателей. Как известно все сельскохозяйственные работы необходимо выполнять в оптимальные агротехнические сроки с минимальными затратами труда и средств, с высоким качеством их проведения. Используемые тракторы не соответствуют этим агротехническим требованиям. Мощность их двигателей не приспособлена к объемам полевых работ в напряженные периоды. Поэтому возникает необходимость в разработке методики определения оптимальной мощности тракторного двигателя с учетом объемов работ и агротехнических сроков их выполнения, а также использования современных композитных материалов высокостойких к длительным нагрузкам, что приведет к уменьшению металлоемкости энергосредств и увеличению сроков их службы.

2. Preconditions and means for resolving the problem

Научно-исследовательские работы [1,2] предусматривают направления разработки методики оптимизации мощностных параметров энергосредств по экономическому критерию. Однако предложенные методы не нашли широкого применения, так как были основаны на ложных предположениях: стабильность показателей годовой занятости и структуры работ, отсутствие взаимосвязи с другими типами тракторов в общем парке.

Дальнейшие исследования[3,4] опираются на системный подход к проблеме, при этом для устранения выше указанных недостатков используются современные системные экономико-математические модели оптимизации мощности энергосредств по народнохозяйственному экономическому критерию. Из-за малоэффективности предложенной методологии имеют место случаи, когда высокая потенциальная возможность перспективных энергосредств не используется в полной мере и не приносит результативного экономического эффекта.

Нами предложена методология прогнозирования мощности энергосредств с учетом современных технологий, которая устраняет недостатки действующих.

Расчет оптимальной мощности тракторного двигателя проводится путем минимизации приведенных удельных затрат ($\mathbf{S}_{\mathbf{пр}_{\mathbf{Дк}}}$) с учетом длительности напряженного периода полевых работ ($\boldsymbol{Д_к}$) и их объема (Ω).

Тогда:
$$\boldsymbol{S_{прД_к} = S_{пДк} + E_н \cdot N_e \cdot K \to} \min, \tag{1}$$

где $\mathbf{S}_{\mathbf{п}_{\mathbf{Дк}}}$ - прямые эксплуатационные затраты;

$\boldsymbol{N_e}$ - эффективная мощность;

$\boldsymbol{E_н}$ - норматив эффективности капиталовложений в технику:

$\boldsymbol{K}$ - дополнительные приведенные капиталовложения.

Целевая функция $\mathbf{S}_{\mathbf{п}_{\mathbf{Дк}}}$ обоснования единичной мощности мобильных энергетических средств имеет такую общую структуру, которая включает определенные составные и затраты при соответствующих условиях:

$$S_{пДк} = \sum_{l,p,t,i,j} r_l \mu^l_p c^l_{jl} t_p x^l_{jitp} + \sum_{l,p,t,k} r_l \mu^l_p c^l_{kt} x^l_{ktp} + \sum_{l} \sum_{k \in K_1} r_l e^o_k x^{ol}_k + \sum_{l,n,m} \sum_{k \in K_{2n}} r_l \left(d_{km} x^l_{km} + d^a_{km} u^l_{km} \right) +$$
$$+ \sum_{l} \sum_{k \in K_3} r_l l_k x^l_k + \sum_{n,q,f} \sum_{k \in K_{2nq}} h_{kf} z_{kf} + \sum_{k \in K_2} h_k W_k \to \min. \tag{2}$$

Условия выполнения сельскохозяйственных работ в хозяйствах в полном объеме и в соответствующие напряженные периоды работы при каждом варианте погодных условий выражается зависимостью:

$$\sum_{t,j} \boldsymbol{a^l_{jitp} x^l_{jitp} = A^l_{ip}} \tag{3}$$

Условия согласования взаимозависимых сельскохозяйственных работ в хозяйствах при каждом варианте погодных условий:

$$\sum_{i \in I_s} \sum_{t,j} \boldsymbol{g_{is} a^l_{jitp} x^l_{jitp} \le 0} \tag{4}$$

Баланс между имеющимися и используемыми тракторами в хозяйствах для соответствующих рабочих периодов при каждом варианте погодных условий имеет следующих вид:

$$\sum_{i,j} \boldsymbol{в_{kji} x^l_{jitp} + x^l_{ktp} - \sum_m x^l_{km} = 0, k \in K_2} \tag{5}$$

Баланс для сельскохозяйственных машин, которые агрегатируются с тракторами, выражается формулою:

$$\sum_{i,j} \boldsymbol{в_{kji} x^l_{jitp} + x^l_{ktp} + x^l_k = 0, k \in K_3} \tag{6}$$

Соотношение между имеющимися и используемыми механизаторами в хозяйствах для соответствующих рабочих периодов при каждом варианте погодных условий выражается формулой:

$$\sum_{i,j} \boldsymbol{в_{kji} x^l_{jitp} - x^{ol}_k \le 0, k \in K_1} \tag{7}$$

Условия взаимного соответствия выбранных в хозяйствах типоразмеров тракторов при возможных уровнях эксплуатационной многотипоразмерности выражается формулой:

$$\boldsymbol{x^l_{km} - R \cdot u^l_{km} \le 0, k \in K_2} \tag{8}$$

Условия соответствия выбранных в хозяйствах типоразмеров тракторов с возможным уровнем их эксплуатационной многотипоразмерности выражается формулой:

$$\sum_{k \in K_{2n}} \boldsymbol{u^l_{km} - m \cdot v^l_{mn} = 0.} \tag{9}$$

Условия выбора в каждом хозяйстве одного из возможных уровней эксплуатационной многотипоразмерности в совокупности однородных типоразмеров тракторов имеют следующий вид:

$$\sum_{m} \boldsymbol{v^l_{mn} \le 1.} \tag{10}$$

Условия неотъемлемости беспрерывных поисковых величин имеют следующее выражение:

$$\boldsymbol{\left\{ x^l_{jitp}, x^l_{ktp}, x^{ol}_k, x^l_{km}, x^l_k, z_{kf}, I_k \right\} \ge 0} \tag{11}$$

Целевая функция затрат S и ее коэффициенты $c^l_{jitp}, c^l_{ktp}, l^o_k, d_{km}, \ d^o_{km}, l_k, h_{kf}, h_k$ в зависимости от их состава (затраты средств, рабочей силы, дополнительными верхними индексами (например, $S^1_{пДк}, c^{11}_{jitp}$ и т.д.).

Максимальный объем полевых работ в напряженный период определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{0,36 л_c \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \alpha}{\sum K_i} \qquad (12)$$

Выполнив ряд подстановок в формулу (1) получим зависимость:

$$S_{пр_{Дк}} = \frac{0,36(a'_н + a''_н) \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_г \cdot \sum K_i \cdot C_\Omega \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \tau} +$$

$$+ \frac{0,36 a_p \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_Г \cdot \sum K_i \cdot C_\Omega \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \tau} +$$

$$+ \frac{0,36 a_{TO} \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100 T_г \cdot \sum K_i \cdot C_\Omega \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \tau} +$$

$$+ S_m \frac{0,36 N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} \cdot q_i +$$

$$+ 1,0455 \frac{(m_T \cdot f_{1i} + m_{всп} \cdot f_{2i} + S_i) \cdot 1,046 \cdot 0,36 N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot T_{зм} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7 C_\Omega \cdot \sum K_i \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \tau} +$$

$$+ E_н \cdot N_e \cdot k. \qquad (13)$$

Продифференцировавши приведенные удельные затраты по эффективной мощности и выполнив некоторые преобразования получим выражение для определения оптимальной мощности тракторного двигателя:

$$N_e = \frac{E_н \cdot 100 \cdot C_\Omega \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \sum K \cdot T_Г}{0,78 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{зм} \cdot Д_к \cdot K_{зм} \cdot \alpha \cdot 1,06 \cdot (a'_н + a''_н + a_{TO} + a_p)} -$$

$$- \frac{S_m \cdot 100 \cdot C_\Omega \cdot B_к \cdot V_T \cdot \xi_в \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot q_i \cdot T_г + 1,0455 (m_T \cdot f_{1i} + m_{всп} \cdot f_{2i} + S_i) \cdot 1,046}{7 (a'_н + a''_н + a_p + a_{TO}) \cdot \alpha \cdot k} \qquad (14)$$

Приведенные выше зависимости справедливы для определения оптимальной мощности тракторов любых типов и назначения. Полученная зависимость позволяет рассчитать оптимальную мощность тракторного двигателя в напряженный период взаимосогласованных полевых работ, в условиях взаимного соответствия типов тракторов и возможных уровней эксплуатационной типоразмерности.

Современные методы решения оптимизационной задачи по обоснованию мощности сельскохозяйственных тракторов, в основе которых лежит формула "от энергосберегающей технологии механизированных работ, оптимального парка машин к трактору с двигателем оптимальной мощности", в значительной степени способствуют увеличению тракторов различных модификаций. В данной работе разработана концепция, основанная на формуле "от энергосберегающих технологических операций, трактора с двигателем оптимальной мощности до оптимального парка машин" с элементами использования композитных материалов.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ И МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

канд. техн. наук, доц. Антощенков Р.В.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенка, Украина
roman.tiaxntusg@gmail.com

Аннотация: *Проанализированы конструкции измерительных систем для исследования динамики тракторов и машинно-тракторных агрегатов. Предложена конструкция измерительной системы динамических и энергетических параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов. Обоснован принцип действия измерительной системы. Проведен анализ способов определения буксования колёс трактора. Приведены результаты экспериментальных исследований машинно-тракторных агрегатов с помощью* предложенной измерительной системы.

Ключевые слова: ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, ТРАКТОР, ДИНАМИКА, БУКСОВАНИЕ

1. Введение

Измерительные системы, которые используются для исследования работы тракторов и машинно-тракторных агрегатов на сегодняшний день не в состоянии измерить множество параметров функционирования в динамике при выполнении технологических процессов в сельском хозяйстве. С появлением современных сельскохозяйственных агрегатов вопросы определения качества и количества контролируемых параметров при работе машинно-тракторных агрегатов стали более актуальными.

Известные измерительные системы являются универсальными, или используются в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Недостатком таких систем является то, что с их помощью можно только контролировать промежуточные значения параметров функционирования машинно-тракторных агрегатов [1, 2]. Другие системы имеют небольшое количество датчиков, поэтому измеряют ограниченное число параметров функционирования машин, по которым рассчитываются тяговые и энергетические параметры математически по предложенным методологиям [3]. По расходу топлива с достаточной точностью можно определить энергетические показателей МТА [4, 5]. Траектории движения трактора или автомобиля определяют с помощью GPS приемников [6], устанавливаемые на сельскохозяйственных тракторах или автомобилях.

2. Основная часть

Используя результаты предыдущих исследований [3-5] на кафедре «Тракторы и автомобили» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко создана измерительная система для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин.

Основным элементом данной системы является компьютер (ноутбук) и/или вычислительный модуль. В данном узле происходит обработка и хранение данных с датчиков и измерительных устройств. В качестве накопителя информации используется жесткий диск или USB Flash drive. В вычислительном модуле установлен сенсорный дисплей для отображения записываемых параметров и управления измерительной системой, поэтому его можно использовать без ноутбука.

Структурная схема измерительной системы для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин приведена на рис. 1.

Количество и типы датчиков, которыми оснащается машина при испытаниях, зависит от ее вида и параметров, необходимых для изучения. Для определения динамики трактора или элементов агрегата используется инерциальное измерительное устройство 6, состоящие из гироскопов и датчиков ускорений, количество которых зависит от количества испытуемых элементов.

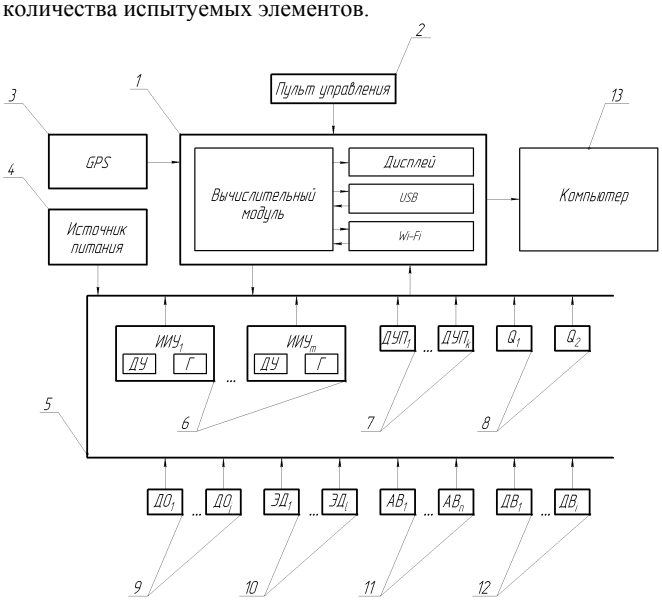


Рис. 1 *Структурная схема измерительной системы для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин:*
1 – вычислительный модуль; 2 – пульт управления; 3 – навигационное устройство; 4 – блок питания; 5 – шина данных CAN; 6 – инерциальное измерительное устройство; 7 – датчик угла поворота; 8 – расходомер топлива; 9 – датчик оборотов; 10 – электронный динамометр; 11 – аналоговые входы; 12 – дискретные входы

Система может обрабатывать данные с восьми инерционных измерительных устройств (ИИУ). Этими устройствами определяются следующие параметры: a_x – ускорение вдоль оси x, $м/с^2$; a_y – ускорение вдоль оси y, $м/с^2$; a_z – ускорение вдоль оси z, $м/с^2$; ω_x – угловая скорость вращения вокруг оси x, $м/с^2$; ω_y – угловая скорость вращения вокруг оси y, $м/с^2$; ω_z – угловая скорость вращения вокруг оси z, $м/с^2$.

Получение навигационной информации, траектории движения, скорости и высоты над уровнем моря происходит с помощью навигационного устройства 3. Для определения углов поворота колес, или излома рам трактора или агрегата применяют датчики угла поворота 7. Датчики расхода топлива 8 устанавливаются в топливопровод трактора в прямом и обратном направлении подачи топлива, то есть система учитывает топливо, сливаемое в бак. Скорость вращения колес, валов трансмиссии, двигателя внутреннего сгорания и ВВП определяется датчиками скорости вращения 9. Между элементами мобильной машины автомобилем и прицепом или в МТА между трактором и сельскохозяйственными машинами

устанавливаются динамометры 10. Устройство дополнительно оборудуется аналоговыми 11 и дискретными входами 12. Коммуникация между датчиками, ИПП и вычислительным модулем происходит по шине CAN 5. Данная шина имеет несколько степеней защиты, в том числе от обрыва сигнальных проводов [7].

3. Датчик скорости вращения колёс

Определение скорости вращения колес мобильной машины основывается на определении угловой скорости вращения колес $\omega_к$ и измеряется с помощью гироскопа ω_z и акселерометра a_z [8].

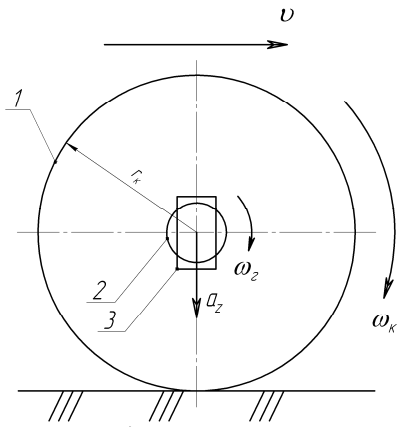


Рис. 2 *Датчик определения скорости вращения колеса мобильной машины:* 1 – колесо; 2 – гироскоп; 3 – акселерометр

В центр колеса 1 мобильной машины (рис. 2) устанавливается датчик скорости вращения, состоящий из гироскопа 2 и акселерометра 3. Центры гироскопа и акселерометра должны совпадать с центром колеса мобильной машины. Ось и плоскость вращения гироскопа параллельные колесу. Соответственно ось акселерометра параллельна продольной плоскости колеса. При движении трактора его поступательная скорость будет равняться υ, соответственно колесо трактора, учитывая буксования, будет иметь угловую скорость вращения $\omega_к$. Угловая скорость, измеряемая гироскопом, будет равняться угловой скорости вращения колеса $\omega_z = \omega_к$. При вращении колеса сигнал акселерометра a_z будет изменяться по синусоидальному закону, а частота данного сигнала будет равняться скорости вращения колеса $\omega_к = f(a_z)$. Угол наклона колеса к горизонту меняет амплитуду сигнала акселерометра, но частота сигнала всегда равна скорости вращения.

Данный способ замера скорости вращения колеса позволяет избавиться от использования дорогостоящих и прецизионных энкодеров и необходимости вносить изменения в конструкции трансмиссии трактора для установки датчиков скорости вращения основанных на эффекте Холла.

В соответствии с ГОСТ 30745-2001 буксование δ для каждого движителя определяется по разности скорости вращения колёс при движении трактора под нагрузкой n_0 и без n_0':

$$\delta = \left(1 - \frac{n_0'}{n_0}\right) \cdot 100\% . \qquad (1)$$

Стандарт ISO 789-9:1990 предполагает измерять буксование по разности количества оборотов колеса пройденного на мерном участке при движении трактора под нагрузкой N_1 и без неё N_0:

$$\delta = \frac{100 \cdot (N_1 - N_0)}{N_1} . \qquad (2)$$

Перечисленные способы позволяют получить усреднённые значения буксования при полном прохождении мерного участка. При использовании датчиков скорости вращения колёс буксование определяется так:

$$\delta = \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega \cdot r_д - \upsilon_д}{\upsilon_д} \cdot 100\% ,$$

где ω – текущая скорость вращений колеса, определённая датчиком; $r_д$ – действительный радиус колеса, определяемый по ГОСТ 25641.1-94; $\upsilon_д$ – действительная скорость движения, измеряемая с помощью GPS приёмника.

Приведенный способ определения скорости вращения колёс трактора позволяет в динамике исследовать буксование для каждого из колёс в текущий момент времени (мгновенное значение).

4. Расходомер топлива

К измерительной системе подключается датчик расхода топлива, состоящий из трех блоков (рис. 3). Датчики расхода топлива 1 и 2 устанавливаются в моторном отсеке. Например, один датчик присоединяется в магистраль подачи топлива, а другой - в сливную магистраль. Топливо подается из впускного отверстия датчика 3, в котором находится датчик температуры 4. Посчитанное топливо выходит из датчика через выпускное отверстие 5. Механические датчики с помощью шнуров 6 соединены с электронным блоком 7.

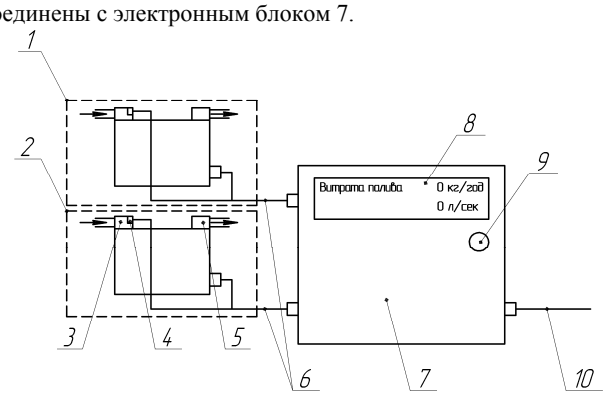


Рис. 3 *Схема датчиков расхода топлива:*
1 и 2 – датчики расхода топлива; 3 – впускной отверстие; 4 – датчик температуры; 5 – выпускное отверстие; 6 – соединительные шнуры; 7 – электронный блок; 8 – блок индикации и управления; 9 – кнопка управления; 10 – CAN шина

На блоке индикации и управления 7 отображается расход топлива и дополнительная информация (на графическом дисплее 8), а кнопкой 9 происходит управление. Данные расхода топлива, температуры поступают к CAN шине.

Датчики расхода топлива устанавливают следующим образом. В двухконтурной системе питания мобильной машины один датчик нужно установить в разрыв топливо провода между фильтром очистки топлива и насосом, а второй датчик в обратный трубопровод (рис. 4).

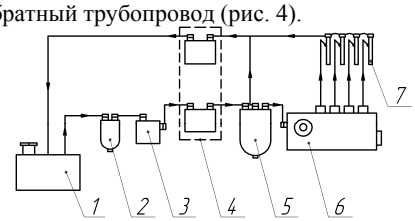


Рис. 4 *Установка датчиков расхода топлива в двухконтурную топливную систему:*
1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – подкачивающий насос; 4 – датчики расхода топлива; 5 –фильтр тонкой очистки топлива; 6 – топливный насос высокого давления; 7 – форсунки

В одно контурной системе питания (рис. 4.3, б) датчик расхода топлива устанавливается между баком и топливным насосом двигателя внутреннего сгорания.

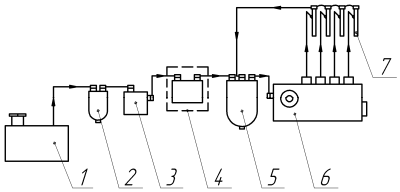


Рис. 5 *Установка датчиков расхода топлива в одноконтурную топливную систему:*
1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – подкачивающий насос; 4 – датчики расхода топлива; 5 –фильтр тонкой очистки топлива; 6 – топливный насос высокого давления; 7 – форсунки

5. Результаты экспериментальных исследований

Измерительная система динамических и энергетических параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов применялась при исследовании четырёх гусеничного трактора ХТЗ-280Т (рис. 6.)



Рис. 6 *Общий вид трактора ХТЗ-280Т и плуга ПЛН-8-35*

Схемы установки датчиков на трактор ХТЗ-280Т приведены на рис. 7.

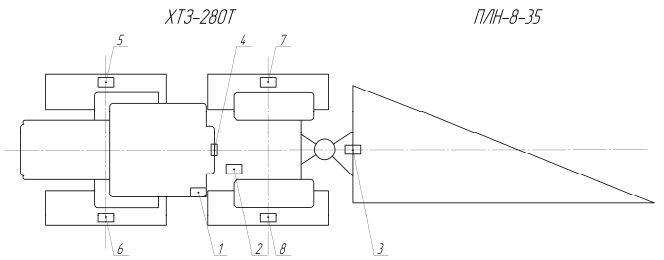


Рис. 7 *Установка датчиков расхода топлива в одноконтурную топливную систему.*

В соответствии с программой экспериментальных исследований использовались сдатчики измерительной системы которые располагались на тракторе в соответствии с рис. 7: 1 – ИИУ (инерциальное-измерительное устройство включающее трёх осевой акселерометр и гироскоп) расположенное на раме кабины трактора, 2 – ИИУ расположенное на задней полураме трактора ближе к шарниру соединяющему полурамы, 3 – ИИУ расположенное на второй полураме трактора вертикально над задней ведущей осью, 4 – антенна GPS приёмника, 5-8 – датчики скорости вращения колёс.

Буксование движителей четырёх гусеничного трактора ХТЗ-280Т при пахоте стерни составило не более 5% (рис. 8). На рис. 8 наведены следующие обозначения: υ_o – действительная скорость движения трактора, м/с; $\upsilon_{m1}, \upsilon_{m2}, \upsilon_{m3}, \upsilon_{m4}$ – теоретические скорости движения движителей трактора определённые по скорости вращения ведущего колеса (звёздочки) (соответственно переднего правого, переднего левого, заднего правого и заднего левого колёс); δ_i – буксование *i*-го движителя, %.

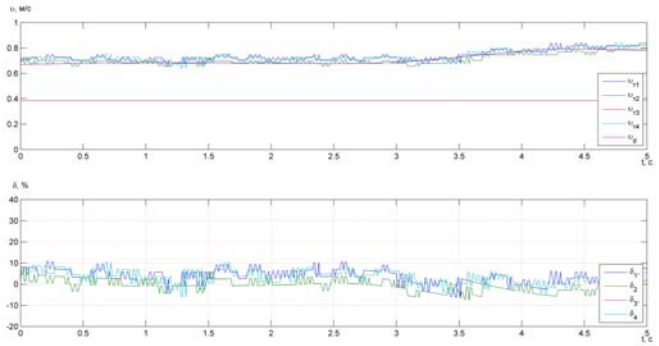


Рис. 8. *Теоретические, действительная скорость движения и буксование:*

6. Заключение

Измерительная система динамических и энергетических показателей тракторов и машинно-тракторных агрегатов позволяет повысить эффективность экспериментальных исследований.

Предложенный способ замера скорости вращения колеса позволяет избавиться от использования дорогостоящих и прецизионных энкодеров и необходимости вносить изменения в конструкции трансмиссии трактора для установки датчиков скорости вращения основанных на эффекте Холла.

Приведенный способ определения скорости вращения колёс трактора позволяет в динамике исследовать буксование для каждого из колёс в текущий момент времени (мгновенное значение).

Результаты экспериментальных исследований доказали эффективность использования измерительной системы при проведении полевых и лабораторных испытаний трактор и машинно-тракторных агрегатов.

7. Литература

1. Рославцев, А.В. Средства исследования движения МТА [Текст]/ А.В. Рославцев, В.М. Авдеев, В.М. Третьяк, С.Л. Абдула и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1999. № 3. – С. 26-29.

2. Парк, Дж. Сбор данных в системах контроля и управления [Текст] / Дж. Парк, С. Маккей. – М.: «Группа ИДТ», 2006. – 505 с.

3. Артемов, Н.П., Лебедев А.Т., Подригало М.А. и др. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин [Текст] / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С. Полянский, Д.М. Клец, А.И. Коробко, В.В. Задорожняя. – Харьков. - 2011. – 219 с.

4. Вантюсов, Ю.А. Измерение расхода топлива при испытаниях тракторов [Текст] / Ю.А. Вантюсов, А.В. Макевин // Тракторы и сельхозмашины, 2006, №10 – С. 16-18.

5. Романов, Ф.Ф. Использование параметров расхода топлива для контроля функционирования МТА [Текст] / Ф.Ф. Романов, А.В. Палицын, В.А. Эфвиев // Тракторы и сельхозмашины, 2005, №5 – С. 30-32.

6. Баранов, Г.Л. Навігаційне забезпечення динамічної точності високошвидкісної реалізації агротехнологічних операцій механізованого виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва у зонах ризикованого землеробства [Текст] / Г.Л. Баранов, Р.В. Мельник // Системи управління, навігації та зв'язку: наукове періодичне видання. – К.: ЦНДІ НіУ, 2009. – Вип. 3 (11) – С. 8-12.

7. Дугин, Г.С. BOSCH. Автомобильный справочник: пер. с англ. / Г.С. Дугин, Е.И. Комаров – М.: «ЗАО КЖИ За рулем». – 2004. – 992 с.

8. Пат. 96661 Україна, МПК B60B 39/00. Спосіб визначення буксування коліс мобільної машини / Антощенков Р.В., Антощенков В.М.; заявник Антощенков Р.В., Антощенков В.М. – № u 2014 09937; заяв. 10.09.14; надрук. 10.02.15, Бюл. № 3.

ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ ПЕРИОДИЧНОСТТА И ОБХВАТА НА ДИАГНОСТИРАНЕ НА МАШИНИТЕ

М. Михов – ИПАЗР "Н.Пушкаров", София

Резюме: *Базов елемент на всяка такава съвременна система за обслужване е диагностирането. Адекватният избор на периодичността на диагностиране за определяне на техническото състояние на елементите на машините е основен фактор за повишаване на равнището им на надеждност.*

Разработен е модел за оптимизиране на периодичността на частичното и пълно диагностиране на машините в границите на зададени разходи за извършването им.Моделът е приложим в земеделието за сложните земеделски машини, участвуващи при прибирането на земеделската продукция и при изпълнение на отговорни технологични операции, свързани с разходи поради престой на машините или загуби на продукция.

Ключови думи: диагностиране, профилактика, разходи, откази, интензивност на потока на отказите, периодичност на диагностирането, математически модел, надеждност, коефициент на готовност.

Поддържането на определено равнище на надежност на машините зависи от избраната система на обслужване. Базов елемент на всяка такава съвременна система е диагностирането. Чрез него се определя техническото състояние на отделните елементи и съответно вида на последващото въздействие: почистване, регулировка или ремонт. Адекватният избор на периодичността на диагностиране за определяне на техническото състояние на елементите на машините е основен фактор за повишаване на равнището им на надеждност. За правилната оценка на организацията на диагностиране на машините е най-добре да се използува комплексният показател за равнището им на надеждност – коефициентът на готовност [4] и стойността на диагностиране с отчитане на периодите на пълна и частична диагностика.

В тази връзка научен и практически интерес представлява да се определи максималният коефициент на готовност на машините при зададени разходи за провеждане на пълно и частично диагностиране на елементите й [3].

Нека е известна функцията на коефициента на готовност на машините Кг в зависимост от периодичността на пълното и частично диагностиране t_1 и t_2

(1) $$K_\Gamma = f_1(t_1, t_2),$$

а функцията на стойността на разходите за пълно и частично диагностиране С се представя по следния начин:

(2) $$C = f_2(t_1, t_2).$$

Уравнението за коефициента на готовност K_Γ във формула (1), съгласно [2] има следния вид:

(3)
$$K_\Gamma = \exp\left\{\left[-\lambda_n(t_1 - t_2)\right]\left[1 - \exp(\tau_1 - \tau_2)\right]/\lambda t_2\right\},$$

където λ е интензивността на отказите на обекта на диагностиране;

λ_n - интензивността на отказите,възникнали поради това ,че не са открити по време на частичното диагностиране;

τ_1 - средното време за пълно диагностиране на елементите на машините;

τ_2 - средното време за частично диагностиране на елементите на машините.

Функцията на разходите за диагностиране на машините C в израза (2) може да се представи във вида:

(4) $$C = C_1 + C_2 \ ,$$

където C_1 и C_2 са общите разходи, съответно за пълно и частично диагностиране на машините за време t.

От своя страна

(5) $$C_1 = C_{01}\, t/(t_1 + \tau_1),$$

(6) $$C_2 = C_{02}\, t/(t_2 + \tau_2),$$

където C_{01} и C_{02} са разходите за един диагностичен преглед на машината, съответно при пълно и частично диагностиране.

Тъй като $t_1 >> \tau_1$ и $t_2 >> \tau_2$, то в изразите (5) и (6) може да се приеме, че $\tau_1 \approx 0$ и $\tau_2 \approx 0$. Тогава изразът (4), отчитайки формулите (5) и (6), ще запишем по следния начин:

(7) $$C = C_{01}\, t/t_1 + C_{02}\, t/t_2 .$$

И така, поставената задача може да формулираме математически така: да се намери

(8) $$\max K_\Gamma(t_1, t_2)$$

при спазване на ограничението

(9) $$C(t_1, t_2) \le C_3 ,$$

където $0 < K_\Gamma < 1$.

За оптимизиране на периодичността на пълно и частично диагностиране на елементите на машините t_1 и t_2 при спазване на условията (8) и (9) използуваме известният метод на уравновесяване на чувствителността по елементите на машината [1,2], чиято същност се изразява в следното:

1. Уравнението на чувствителността U_{t1} на машината при изменение на коефициента на готовност K_Γ и стойността й на диагностиране в зависимост от изменение на периодичността t_1 има вида

(10) $$U_{t1} = dK_\Gamma / dC\,|_{\Delta t} = \left[\partial K_\Gamma / \partial t_1\right] / \left[\partial C_1 / \partial t_1\right],$$

където $\partial K_\Gamma / \partial t_1$ е чувствителността на коефициента на готовност към измененението на периодичността на диагностиране t_1;

$\partial C_1 / \partial t_1$ - чувствителността на стойността за диагностиране на машините към измененението на периодичността на пълното диагностиране t_1.

2.Уравнението на чувствителността U_{t2} при условие че изменение на Кг и С от периодичността на частичното диагностиране t_2 определяме от условието

(11) $$U_{t2} = dK_\Gamma / dC\,|_{\Delta t2} = \left[\partial K_\Gamma / \partial t_2\right] / \left[\partial C_2 / \partial t_2\right] \quad .$$

Процедурата на оптимизация на периодичносттите на диагностиране t_1 и t_2 се състои в последователното движение в направление на най-голямата скорост на нарастване на функцията K_Γ на машината, т.е. в последователното повишаване на коефициента на готовност K_Γ за сметка на подбиране на такава периодичност на диагностиране t_1 и t_2,при която чувствителността е най-голяма.

Процесът се повтаря до тогава, докато стойността на диагностиране на машините при частично и пълно провеждане на диагностичните проверки, стане по-малка или равна на зададената стойност на разходите $C_з$. При това положение се уравновесява чувствителността, която е равна на оптималната U_0:

(12) $$U_0 = U_{t1} = U_{t2} \quad .$$

За реализиране на описаната процедура и намиране на оптималните стойности на периодичностите t_1 и t_2 заместваме формулите (3) и (7) в израза (11) и след несложни преобразувания получаваме

(13)
$$U_{t1} = \left[1 - \exp\lambda(\tau_1 - \tau_2)\right] \exp\left[-\lambda_n (t_1 - t_2)\right](-\lambda_n) t_1^2 / (-\lambda t_2 C_{01} t) \quad ;$$

(14)
$$U_{t2} = \exp\left[-\lambda_n (t_1 - t_2)\right](\lambda_n t_2 - 1)\left[1 - \exp\lambda(\tau_1 - \tau_2)\right] / (-\lambda\, C_{02}\, t) \quad .$$

Използувайки изразите (13) и (14), условието за уравновесяване на устойчивостта при пълно и частично диагностиране на машините (12), а така също и израза (7) при ограничението $C=C_з$, ще съставим система от три нелинейни уравнения с три неизвестни:

(15)
$$U_0 = \left[1 - \exp\lambda(\tau_1 - \tau_2)\right] \exp\left[-\lambda_n (t_1 - t_2)\right](-\lambda_n) t_1^2 / (-\lambda t_2 C_{01} t) \quad ;$$

(16)
$$U_0 = \exp\left[-\lambda_n (t_1 - t_2)\right](\lambda_n t_2 - 1)\left[1 - \exp\lambda(\tau_1 - \tau_2)\right] / (-\lambda\, C_{02}\, t) \quad ;$$

(17) $$C_3 = C_{01} t / t_1 + C_{02} t / t_2 \quad .$$

И тъй като левите части на уравненията (15) и (16) са равни, то приравняваме десните им части и в резултат на преобразуването получаваме

(18) $$t_1 = \sqrt{t_2 (1 - \lambda_n t_2) / \lambda_n} \quad C_{01} / C_{02} \, .$$

По-нататък определяме от формула (17) t_1, полученият израз го заместваме във формула (3.34) и получаваме

(19) $$t_2 = (C_3 - C_{02}\, t)^2 / \lambda_n \left[C_{01}^2 t^2 + (C_3 - C_{02})^2\right] \quad .$$

Следователно методиката за оптимизиране периодичността на диагностиране на машините при пълно и частично провеждане на диагностичните процедури по два критерия-коефициент на готовност и стойност за определяне на техническото състояние на машините – се изразява в следното:

1. По формула (19) при известни входни по известни параметри λ_n , C_{01} , C_{02} , t и зададени ограничения за стойността на диагностирането C_3 се определя оптималната периодичност на частично диагностиране на машините t_2 за определяне на техническото състояние на елементите й.

2. По формула (18) се изчислява оптималната периодичност за пълно диагностиране на машините t_1.

3. По формула (7) се извършва проверка за изпълнение на условието (9) за ограничението по стойност на диагностиране на машините $C \le C_3$.

4. По формула (3) намираме максимално възможният коефициент на готовност K_Γ при оптимални стойности на периодичностите на пълно и частично диагностиране t_1 и t_2.

Изводи:

1. Разработен е модел за оптимизиране на периодичността на диагностиране на машините в два режима: пълно и частично диагностиране на съвкупността от елементи на машините.

2. Предложеният модел притежава висока точност и простота на приложение.

3. Моделът е приложим в земеделието за сложните земеделски машини, участвуващи при прибирането на земеделската продукция и при изпълнение на отговорни технологични операции, свързани с разходи поради престой на машините или загуби на продукция.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дедков В., А.Северцев Основные вопросы эксплуатации сложных систем.,М.,1976.
2. Кулаков Н., А.Загоруйко Методы оценки повышения надежности технических изделий по технико-экономическим показателям.М., Наука, 1969.
3. Тасев Г.Оптимизиране периодичността на диагнозиране на машините.-Юб.сб.н.доклади на ЛТУ,С.,2000,с.235-238.
4. Райкин А.Элементы теорий надежности.М.,1967.

ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ ПЕРИОДИЧНОСТТА НА ДИАГНОСТИРАНЕ НА МАШИНИТЕ С ОТЧИТАНЕ НА ДОСТОВЕРНОСТТА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗМЕРВАНЕТО

М.Михов - ИПАЗР"Н.Пушкаров", София
Г.Тасев - ЛТУ, София

Резюме: *Разгледан е процес на експлоатация на сложен технически обект (трактор, автомобил, самоходна земеделска машина и т.н.;), чието техническо състояние се установява със системи за контрол (диагностика). Направен е модел за обслужване при приети за известни: функция на разпределение на вероятността на времето за безотказна работа на обекта, функция на разпределение на вероятността за постъпване на лъжлив отказ от системата с интензивност на постъпване на лъжливите сигнали.*

Математическото описание на модела на система за техническо обслужване е направено с помощта на полумарковски случаен процес. Установено е влиянието на основните параметри върху коефициента на готовност на обекта.

КЛЮЧОВИ ДУМИ: *НАДЕЖДНОСТ, КОЕФИЦИЕНТ НА ГОТОВНОСТ, МАРКОВСКИ СЛУЧАЙНИ ПРОЦЕСИ, ОТКАЗИ, СИСТЕМИ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ, КОНТРОЛ, ДИАГНОСТИКА.*

За да може да се установи равнището на надеждност на обектите в процеса на експлоатация, те трябва периодически се контролират, т.е. да се определя техническото им състояние. По резултатите от диагностиране (контрола) се взема решение за вида и обема на техническото обслужване на обекта.

Разглеждаме процес на експлоатация на сложен технически обект (трактор, автомобил, самоходна земеделска машина и т.н.;), чието техническо състояние се установява с две системи за контрол (диагностика) СК-1 и СК-2.

Системата СК-1 е предназначена за определяне на обема на плановите технически обслужвания с периодичност Т, а така също за контролиране на техническото състояние на елементите на обекта по време на отстраняване на отказите, т.е. по време на непланови технически обслужвания [1-4].

Системата СК-2 следи непрекъснато основните параметри на обекта и подава сигнал, ако има опасност от възникване на отказ. Предполагаме, че системата СК-2 е по-проста по конструкция и затова има по-ниски показатели на достоверност на контрола в сравнение със системата СК-1 ($D_2<D_1$).

В хода на изследването са приети следните основни означения:

- достоверност на контрола D – вероятността за точно определяне на техническото състояние на обекта;
- достоверност на вземане на решение “Обектът е годен” (изправен) $D_г$ – вероятността за това, че приетия за годен обект е действително такъв;
- достоверност на вземане на решение “Обектът е негоден” (неизправен), $D_{нг}$ – вероятността за това, че неизправният обект е правилно приет за неизправен.

Всички тези показатели на достоверност може да бъдат изразени посредством вероятностите за грешка при контрола от 1 и 2 род α и β и априорната вероятност, обектът да се намира в изправно състояние:

(1) $D = (1-\alpha)P_0 + (1-\beta)(1-P_0)$;

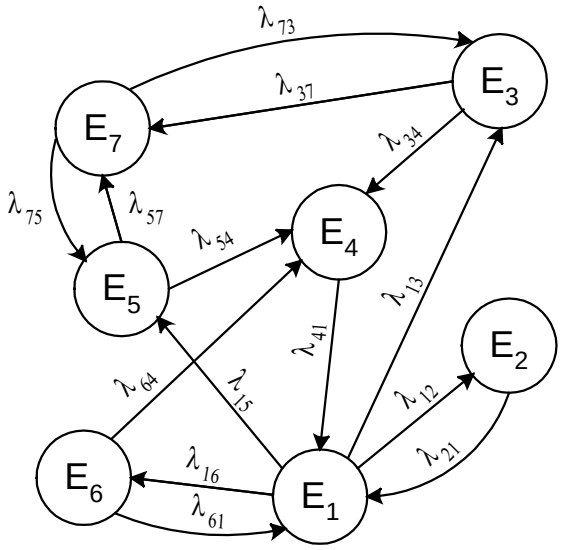
(2) $D_{Г} = (1-\alpha)P_0 / \left[(1-\alpha) + \beta(1-P_0)\right]$;

(3) $D_{НГ} = (1-\beta)(1-\alpha) / \left[\alpha P_0 + (1-\beta)(1-P_0)\right]$.

Означаваме с δ вероятността СК-2 да даде сигнал за появата на отказ в обекта. Като основен критерий, характеризиращ безотказността и ремонтопригодността на обекта, избираме коефициента на готовност Кг, представляващ вероятността обектът да се намира в изправно състояние в някакъв момент t, когато t е достатъчно голямо, т.е.

$$K_{Г} = \lim_{t\to\infty} K(t) .$$

Графическото изображение на разгледания модел на експлоатация и техническо обслужване на обекта е представено на фиг.1. Моделът отчита следните възможни състояния на обекта и системата за контрол: E_1 – обектът се намира във включено изправно състояние; E_2 - системата СК-1 се използва за извършване на ТО, което е започнало при отсъствие на сигнал за отказ от системата СК-2 (в обекта отказ няма); E_3 - системата СК-1 се използва за провеждане на планово техническо обслужване, което е започнало при отсъствие на сигнал от системата СК-2 (в обекта има отказ); E_4 - провежда се не планов (отказов) ремонт; E_5 - системата СК-2 се използва за проверка на състоянието на обекта: проверката започва в случаен момент τ по сигнал от системата за контрол (в обекта има отказ); E_6 - системата СК-2 се използва за проверка на обекта: проверката започва в случаен момент $\tau_л$ след постъпване на лъжлив сигнал за отказ (в обекта отказ няма); E_7 - обектът се използва (работи) при наличието на неоткрит отказ.



Фиг.1 *Граф на състоянията на техническия обект*

За съставяне на модел за обслужване предполагаме, че са известни: функцията на разпределение на вероятността на времето за безотказна работа на обекта / *F(t)* /; функцията на разпределение на вероятността за постъпване на лъжлив отказ от системата СК-2 /Φ(t)/ с интензивност на постъпване на лъжливите сигнали λ, т.е. $\Phi(t)=1-e^{-\lambda t}$.

Математическото описание на такъв модел може да бъде изпълнено с помоща на полумарковски случаен процес. Матрицата на преходните вероятности на предлагания модел има вида:

(4)

$$P(T)=\begin{Vmatrix} 0 & [1-F(t)]e^{-\lambda T} & (1-g)\int_0^T e^{-\lambda T}dF(t) & 0 & g\int_0^T e^{-\lambda T}dt & \lambda\int_0^T e^{-\lambda T}[1-F(t)dt & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D_{1H\Gamma} & 0 & 0 & 1-D_{1H\Gamma} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D_{1\Gamma} & 0 & 0 & 1-D_{1\Gamma} \\ D_{2\Gamma} & 0 & 0 & 1-D_{2\Gamma} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-e^{-\lambda_{\Pi P}T} & 0 & 0 \end{Vmatrix}$$

Коефициентът на готовност на обекта може да се представи с формулата:

(5) $K_\Gamma=\sum_{i=1}^{n}\pi_i(T)\omega_i(T)/\sum_{i=11}^{n}\pi_i(T)\mu_i(T)$,

където $\pi_i(T)$ е средната честота на връщане на обекта в състояние i ;

ω_i - средното време на престой на обекта в изправно състояние;

$\mu_i(T)$ - средното време на престой на обекта в *i* – тото състояние.

За нашия модел средното време на изправна работа ще бъде $\omega_1(T)=M\{\min(\tau,\tau_n T)\}$. Останалите $\omega_i(T)$, $\forall_i=2,3,4,5,7$ са равни на нула. Математическото очакване на продължителността на една крачка (стъпка) при прехода от състояние *i* в състояние *j* се определя с израза:

(6) $M_i(T)=\sum_{j=1}^{n}P_{ij}(t)M\{\tau(i,j)\}=\sum_{j=1}^{n}P_{ij}(t)\int_0^\infty \tau\, dF(\tau,T)$,

където $F(\tau)$ е законът на разпределение на продължителността на прехода от състояние *i* в състояние *j* при избрана стратегия Т ;

$P_{ij}(T)$ - преходните вероятности, определени по формула (4).

Приетите закони на разпределение за даден модел ни позволяват да запишем следните изрази:

$$F_{12}(t)=F_{13}(t)=\delta(t);\quad F_{21}(t)=F_{37}(t)=\delta(t_1+t_T);\quad F_{34}(t)=\delta(t_1);\quad F_{41}(t)=\delta(t_b);$$

$F_{54}(t) = F_{64}(t) = \delta(t_2)$; $F_{57}(t) = F_{61}(t) = \delta(t_2)$; $F_{37}(t) = \delta(T)$.

$$F_{15} = \begin{cases} \dfrac{\int_0^t e^{-\lambda x} dF(x)}{\int_0^T e^{-\lambda x} dF(t)} & , t < T; \\ 1 & , t \geq T; \end{cases}$$

$$F_{16} = \begin{cases} \dfrac{\int_0^t [1 - F(x)] e^{-\lambda x} dF(x)}{\int_0^T [1 - F(x)] e^{-\lambda x} dF(t)} & , t < T; \\ 1 & , t \geq T; \end{cases}$$

$$F_{17} = \begin{cases} \dfrac{\int_0^t e^{-\lambda_{\text{ПР}} x} dx}{\int_0^T e^{-\lambda_{\text{ПР}} t} dt} & , t < T; \\ 1 & , t \geq T; \end{cases}$$

където $\delta(y) = \begin{cases} 0, & t < y, \\ 1, & t \geq y. \end{cases}$

Останалите $F_{i,j}(T)$ са равни на нула.

Заместваме във формула (6) стойностите за $P_{i,j}(T)$ от матрицата (4) и получаваме експоненциална функция на разпределението на вероятността на времето за безотказна работа на обекта във вида

(7) $$M_1(T) = \exp\left[-(-\lambda_0 + \lambda)T\right] + (1-g)\lambda_0 \{1 - \exp\left[-(\lambda + \lambda_0)\right]T\} / (\lambda + \lambda_0) + g(\lambda_0 + \lambda)\{1 - \left[(\lambda + \lambda_0)T + 1\right]\exp\left[-(-\lambda_0 + \lambda)T\right]\} / (\lambda_0 + \lambda)^2 \quad ,$$

където λ_0 е интензивността на отказите на обекта;

$\mu_2(T) = t_T + t_1$; $\mu_3(T) = t_T - D_{1H\Gamma} t_T + t_1$; $\mu_4(T) = t_B$; $\mu_5(T) = \mu_6(T) = \{1 - \exp\left[-(\lambda_{np} T)\right]\} / \mu_{np}$;

Стойностите $\pi_1(T)$ се определят от система уравнения

$$\pi_1(T) = \ldots = \pi_7(T) = \pi(T) P(T)$$

$$\sum_{i=1}^{7} \pi_i(T) = 1$$

Известно е, че ако всички състояния на веригата на Марков, са зададени с матрицата $P(T)$, то винаги е налице едно единствено решение при което $\pi_i(T) > 0$.

Поставяме матрицата $P(T)$ в уравнение (9), получаваме система уравнения:

(10) $$\pi_1(T) = \pi_2(T) + \pi_4(T) + D_{2\Gamma}\pi_6(T); \quad \pi_2(T) = a_1 \pi_4(T); \quad \pi_3(T) = a_2 \pi_1(T) + a_3 \pi_1(T);$$

$$\pi_4(T) = D_{1H\Gamma}\pi_3(T) + D_{1\Gamma}\pi_5(T) + (1 - D_{1\Gamma})\pi_6(T); \quad \pi_5(T) = a_4 \pi_1(T) + a_5 \pi_7(T);$$

$$\pi_6(T) = a_6 \pi_4(T); \quad \pi_7(T) = (1 - D_{11H\Gamma})\pi_3(T) + (1 - D_{1\Gamma} - \pi_5(T)); \quad \sum_{i=1}^{7} \pi_i(T) = 1$$

където:

(11) $$a_1=\left[1-F(T)\right]e^{-\lambda T}\ ;\quad a_2=(1-g)\int_0^T e^{-\lambda T}dF(t)\ ;\quad a_3=e^{-\lambda_{np}T}\ ;$$

$$a_4=g\int_0^T e^{-\lambda T}dF(t)\ ;\quad a_5=1-a_3\ ;\quad a_6=\lambda\int_0^T e^{-\lambda T}\left[1-F(t)\right]d(t)\ .$$

Решавайки системата уравнения (10), получаваме

$$\pi_1(T)=M/c\ ;\ \ \pi_2(T)=a_1M/c\ ;\ \ \pi_3(T)=a_2M/c+a_3\left[a_2(1-D_{1H\Gamma})+a_4(1-D_{1\Gamma})\right]/c\ \ ;$$

$$\pi_4(T)=\left\{M\left[D_{1H\Gamma}a_3+D_{1\Gamma}a_4+(1-D_{2\Gamma})\right]+\left[D_{1H\Gamma}a_3+D_{1\Gamma}a_5\right]\left[a_2(1-D_{1H\Gamma})a_4(1-D_{1\Gamma})\right]\right\}/c\ \ ;$$

$$\pi_5(T)=a_4M/c+a_5\left(a_2-d_{1H\Gamma}a_2+a_4-D_{1\Gamma}\right)/c\ ;\quad \pi_6(T)=a_6M/c\ ;$$
$$\pi_7(T)=\left[D_{1\Gamma}(1-D_{1H\Gamma})+a_4(1-D_{1\Gamma})\right]/c\ ,$$

където:

$$c=\left[1+2a_1+a_2+a_4+2a_6+D_{1H\Gamma}a_2+D_{1\Gamma}a_4-D_{2\Gamma}a_6\right]M+\left[a_3(1+D_{1H\Gamma})+a_5(1+D_{1\Gamma})+1\right].$$
$$\left[a_2(1-D_{1H\Gamma})+a_4(1-D_{1\Gamma})\right];$$
$$M=1-a_3(1-D_{1H\Gamma})+a_5(1-D_{1\Gamma})\ .$$

И тъй като случайните величини τ,$\tau_л$ са независими за $F_1(t)=1-e^{-\lambda 0t}$ при определяне на ω_1(T) е необходимо да се намери математическото очакване на случайната величина, чието разпределение се изразява с показателната функция
$$P\left\{\min(\tau,\tau_{Л})>t\right\}=P\left\{\tau>t,\tau_{Л}>t\right\}=P\left\{\tau>t\right\}P\left\{\tau_{Л}>t\right\}=\exp\left[-(\lambda_0+\lambda)t\right].$$

От тук получаваме

(12) $$M\left\{\min(\tau,\tau_{Л})\right\}=\int_0^T e^{-(\lambda_0+\lambda)t}dt=\left[1-e^{-(\lambda_0+\lambda)t}\right]/(\lambda_0+\lambda)$$

Поставяме съответните $\pi_i(T)$, $\mu_i(T)$ и $\omega_1(T)$ във формула (12) и получаваме за $F_1(t)=1-e^{-\lambda 0t}$ коефициент на готовност

$$K_{\Gamma}=\left\{M\left(1-e^{-(\lambda_0+\lambda)t}\right)/(\lambda_0+\lambda)\right\}/Q\quad .$$

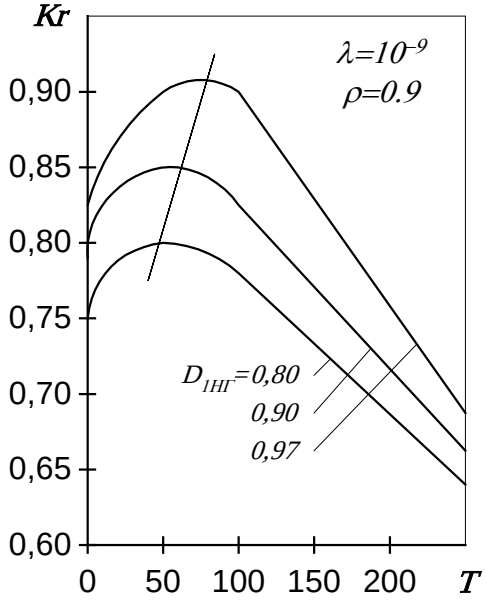
От тук

$$\begin{aligned}Q=\ & M\left[AT+(1-g)\lambda_0BT+(g\lambda_0+\lambda)\right]\left\{1-\left[(\lambda_0+\lambda)T+1\right]e^{-(\lambda_0+\lambda)T}\right\}/(\lambda_0+\lambda)^2+\\ &+A\left[(1-D_{1\Gamma})\lambda_0g+(1-D_{1H\Gamma})(1-g)\lambda_0\right]\left(1-e^{-\lambda_{np}T}\right)/\lambda_{np}(\lambda_0+\lambda)+\\ &+AM(t_T+t_1)+\left\{M(1-g)\lambda B+e^{-\lambda_{np}T}\left[(1-D_{1H\Gamma})((1-g)\lambda_0)+(1-D_{1\Gamma})\lambda_0g\right]B\right\}(t_T-D_{1H\Gamma}t_T+t_1)+\\ &\left\{M\left[D_{1H\Gamma}((1-g)\lambda+D_{1\Gamma}\lambda_0g)B+(1-D_{2\Gamma})\lambda(1-A)/(\lambda_0+\lambda)\right]+\left[D_{1H\Gamma}e^{-\lambda_{np}T}+d_2\left(1-e^{-\lambda_{np}T}\right)\right]\right.\\ &\left.\left[\lambda_0B\left((1-D_{1H\Gamma})(1-g)+g\right)(1-D_{1\Gamma})\right]t_b\right\}+\\ &\left\{(\lambda_0g+\lambda)BM+\left(1-e^{-\lambda_{np}T}\right)\left[\lambda_0B(1-D_{1H\Gamma})(1-g)+g(1-D_{1\Gamma})\right]\right\}t_2\quad ,\end{aligned}\tag{13}$$

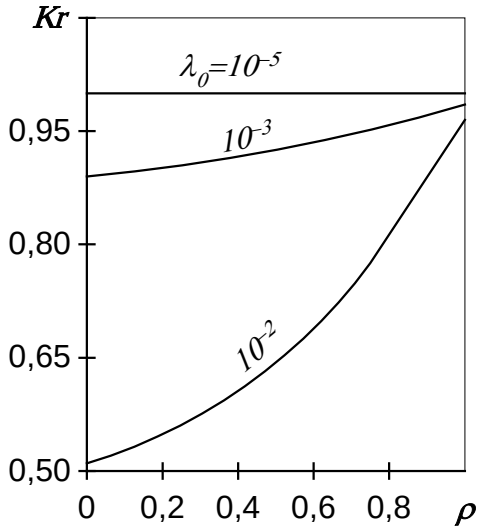
където $A=e^{-(\lambda_0+\lambda)T}$;

$$B=\left(1-e^{-(\lambda_0+\lambda)T}\right)/(\lambda_0+\lambda)\ .$$

Формулата (13) позволява да се установят функционални зависимости на коефициента на готовност на обекта от характеристиките на самия обект, средствата за контрол, стратегията за техническо обслужване и да се оптимизира равнището на надеждност на обекта и системата му на техническо обслужване и ремонт. На фиг.2 и 3. са показани резултатите от изчисляването на коефициента на готовност на обекта, по формула (13) в зависимост от периодичността на обслужване (Т), интензивността на постъпване на лъжливи сигнали за отказ и т.н.



Фиг.2. *Характер на изменението на коефициента на готовност в зависимост от периодичността на техническото обслужване, T h.*



Фиг.3.*Изменение на коефициента на готовност Kr в зависимост от ρ при различни стойности на* λ_0.

Изводи

1. Разработен е и е изследван модел на система за техническо обслужване с помощта на полумарковски процеси.

2. Установено е влиянието на основните параметри върху коефициента на готовност на обекта.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вентцель Е.С.Исследование операции. Задачи, принципы, методология, М., 1988.
2. Соломонкин А.,А.Козак Обоснование метода оценки качества ТО тракторов.-Тр.ГОСНИТИ,т.68,М.,1983,с.43-46.
3. Пасечников Н. Научные основы оптимизации технического обслуживания машин.,Труды ВИМ.,М.,1979,т.85.
4. Тасев Г.Оптимизиране периодичността на диагностиране на машините.-Юб.сб.н.доклади на ЛТУ,С.,2000,с.235-238.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПОВИШАВАНЕТО НА РАВНИЩЕТО НА НАДЕЖДНОСТТА НА МАШИНИТЕ ВЪРХУ ИКОНОМИЧЕСКИЯ ЕФЕКТ

К.Георгиева - Тракийски университет, Стара Загора

Резюме: *Разгледани са методи и критерии използвани за определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността на машините. Предложен е подход за определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността на ремонтируемите обекти по критерия "приведени разходи", отразяващ изменението на разходите в сферата на проектиране, производство и експлоатация на обектите.*

Изведени са зависимости за параметрично и непараметрично определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността на ремонтируемите обекти по основните числени и функционални характеристики на надеждностните показатели.

КЛЮЧОВИ ДУМИ: *ИКОНОМИЧЕСКИЯ ЕФЕКТ, КРИТЕРИИ, НАДЕЖДНОСТ, НАДЕЖДНОСТНИ ПОКАЗАТЕЛИ, ЧИСЛЕНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПАЛАМЕТРИЧНИ МЕТОДИ, НЕПАРАМЕТРЕЧНИ МЕТОДИ, РЕМОНТИРУЕМИ ОБЕКТИ.*

Основа за реализацията на единен методически подход за определяне на икономическата ефективност от повишаване на равнището на надеждността на машините е да се отчетат изискванията, за нормативната ефективност на всички ресурси, използувани при създаване и експлоатация на обектите (машшините). В тези условия вземането на най-доброто решение при оценка на икономическата ефективност, оптимизацията и управлението на равнището на надеждността на обектите може да стане по критерия - "минимум на народостопанските разходи" или по критерия - "максимум резултат".

За определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността е по-целесъобразно да се приложи критерия - "приведени разходи", отразяващ изменението на разходите в сферата на проектиране, производство и експлоатация на обектите.

Известно е, че у нас определянето на икономическата ефективност на инвестиционните проекти става по показатели, посочени в [1,3], а икономическата ефективност на научно-техническите постижения и капиталните вложения - в [2], които взаимно не се изключват. За определяне на икономическта ефективност от повишаването на равнището на надеждността на обектите, използуваме критерия "приведени сумарни разходи" [2,3,4].

За определяне на годишния икономически ефект от повишаване на равнището на надеждността, използуваме следната зависимост:

(1) $И_н = N_1 (Ф_1 + E_н K_1) - N_2 (Ф_2 + E_н K_2)$,

където N_1 е броят на обектите с равнище на надеждност H_1;

N_2-броят на обектите с равнище на надеждност H_2,($H_2 > H_1$);

$Ф_1$-себестойността на обектите с надеждност H_1 ;

$Ф_2$-себестойността на обектите с надеждност H_2 ;

K_1-капиталните вложения за обекти с равнище на надеждност H_1;

K_2-капиталните вложения за обекти с равнище на надеждност H_2;

$E_н$-нормативният коефициент на ефективност на капиталните вложения ($E_н$=0,15);

Броят на обектите, които трябва да се произведат с равнище на надеждност H_2, може да се определи от съотношението:

$$N_2 = N_1 H_1 / H_2 = \eta . N_1,$$

където η е коефициентът на повишение на равнището на надеждността на обектите (η<1,0).

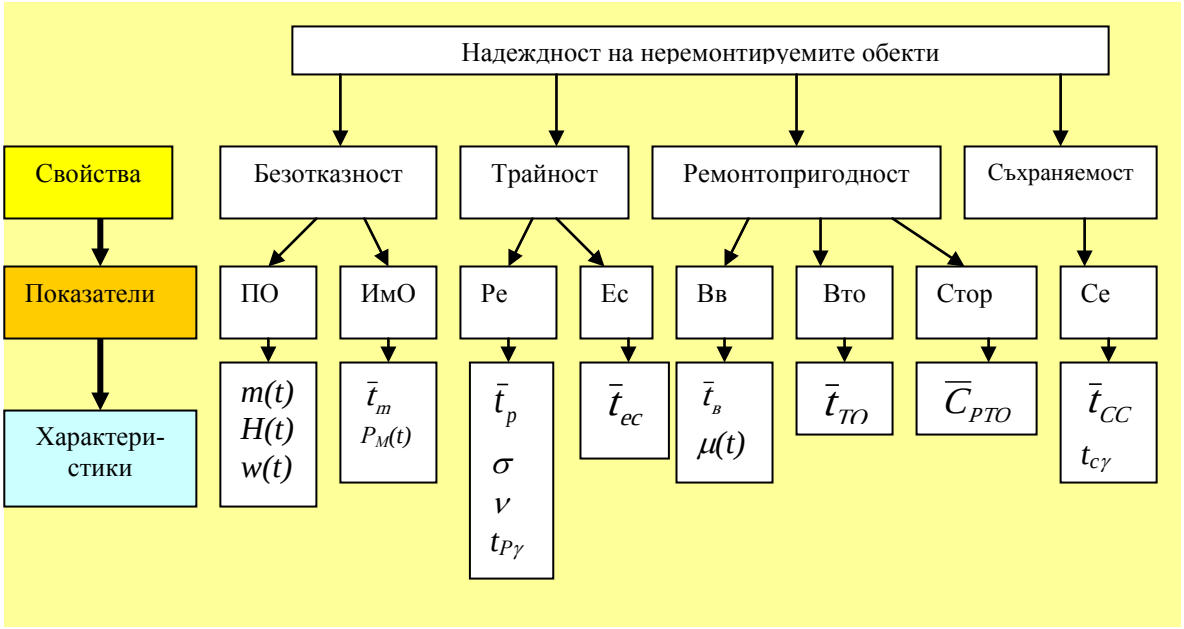
Тогава формула (1) приема следния вид:

(2) $Ин = N_1[(Ф_1 + ЕнК_1) - \eta(Ф_2 + ЕнК_2)]$.

Този подход прилагаме за определяне на икономеческия ефект от повишаване на кое да е свойство на надеждността, т.е. от повешаване на кой да е показател на надеждността на обектите.

По нататък ще изведем зависимости за параметрично и непараметрично определяне на икономическия ефект от повишаване на конкретните надеждностни показатели на ремонтируемите обекти.

На фиг.1 въз основа на системния подход е разработена и предложена йерархическа струкутура на надеждността на три равнища, която изразява надеждността, съставена от свойства, свойствата –от показателите, а показателите –от характеристиките. По такъв начин привеждаме понятиятя "показател" и "характеристика" в съответствие от понятийния апарат на теорията на вероятностите.



Фиг.1. *Схема на взаимовръзката между свойствата, показателите и характеристиките на надеждност на ремонтируемите машини:*
ПО – поток на отказите; ОмО – изработка между отказите; Ре – ресурс; Ес – експлоатационен срок; Вв – време за възстановяване; B_{TO} – време за техническо обслужване; P_{TOP} – разходи за техническо обслужване и ремонт; Сс – срок на съхраняване; m(t) – среден брой откази; H(t) – характеристика на потока на отказите; w(t) – параметър на потока на отказите; $\bar{t}_m$ *- средна отработка между отказите;* $\bar{t}_{ec}$ *- среден експлоатационен срок; $P_M(t)$ – вероятност за безотказна работа;* $\bar{t}_p$ *- среден ресурс;* σ *- средноквадратично отклонение на ресурса;* ν *- коефициент на вариация на ресурса; $t_{P\gamma}$ - гама-процентен ресурс;* $\bar{t}_в$ *- средно време на възстановяване; $\mu(t)$ – интензивност на възстановяване;* $\bar{t}_{TO}$ *- средно време за техническо обслужване;* $\bar{C}_{PTO}$ *- средни разходи за техническо обслужване и ремонт;* $\bar{t}_{CC}$ *- среден срок на съхраняемост; $t_{c\gamma}$ - гама процентен срок на съхраняемост*

Параметрично определяне на икономическия ефект от повишаване на свойството безотказност на ремонтируем обект по числената характеристика – средна обработка до отказ, t_m.

Приемаме, че отработката между отказите е разпределена по закона на Вейбул.

Тогава средната обработка между отказите е

$t_m = c + a\Gamma(1 + 1/b)$,

където $\Gamma(1+1/в)$ е гама функция на $(1+1/в)$.

Оттук коефициентът на повишаване на равнището на безотказността на машините се определя по зависимостта:

$\alpha = [c_1 + a_1\Gamma(1+1/b_1)] / [c_2 + a_2\Gamma(1+1/b_2)]$,

където, c_1, a_1 и $в_1$ са параметрите на разпределението на отработката между отказите на машините преди повишаване на равнището на базотказността им;

c_2, a_2 и $в_2$ – параметрите на разпределението на отработката между отказите на машините след повишаване на равнището на безотказността им.

Тогава годишният икономически ефект от повишаването на свойството безотказност, оценено по числената характеристика "изработка между отказите", ще бъде:

$$И_Б = N_1 \{(Ф_1 + E_н K_1) - [c_1 + a_1\Gamma 1(1+1/b_1)\ (Ф_2 + E_н K_2)] / [c_2 + a_2\Gamma(1+1/b_2)\}.$$

Следователно $И_Б$ е функция на параметрите на разпределяне на отработката между отказите (ai, bi, ci) и икономическите показатели (Фi, Кi, Ен).

Непараметрично определяне на икономическия ефект от повишаване на свойството безотказност на ремонтируемите обекти по средната отработка между отказите, t_m. В този случай средната отработка между отказите се определя по зависимостта

$$t_m = \sum_{i=1}^{n} t_{mi} / n,$$

където t_{mi} е отработката между отказите на i-та машина; n – броят на изпитваните машини; а – коефициентът на повишаване на отработката между отказите–

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n1} t_{mi} / \sum_{i=1}^{n2} t_{m2i},$$

където n_1 е броят на изпитваните машини преди повишаване на безотказността им; n_2 – броят на изпитваните машини след повишаване на безотказността им.

От тук

$$И_Б = N_1 \{(Ф_1 + E_н K_1) - (Ф_2 + E_н K_2) \sum_{i=1}^{n1} t_{m1i} / \sum_{i=1}^{n2} t_{m2i}\}.$$

По аналогичен начин разсъждаваме за всички останали характеристики на свойствата на надеждността на ремонтируемите обекти (фиг.1), а резултатите с коефициентите за увеличаване на равнището на надеждността (α) са дадени в таблица1.

Таблица 1*Коефициент на повишаване равнището на надеждност на ремонтируеми обекти, α*

Свойства	Показатели	Характеристики	Коефициент, α
Безотказност	Поток на отказите	$m(t)$ $w(t)$ $H(t)$	$m_2(t)/m_1(t)$ $w_2(t)/w_1(t)$ $H_2(t)/H_1(t)$
	Обработка между отказите	$\overline{t}_m$ $P_m(t)$	$\overline{t}_{m_1}/\overline{t}_{m_2}$ $P_{m_1}(t)/P_{m_2}(t)$
Трайност	Ресурс	$\overline{t}_p$ t_{py}	$\overline{t}_{p_1}/\overline{t}_{p_2}$ $t_{p_1\gamma}/t_{p_2\gamma}$
	Експлоатационен срок	$\overline{t}_{ec}$	$\overline{t}_{ec_1}/\overline{t}_{ec_2}$
Ремонтогодност	Време за възстановяване	$\overline{t}_b$ $\mu(t)$	$\overline{t}_{b_2}/\overline{t}_{b_1}$ $\mu_2(t)/\mu_1(t)$
	Време за техническо обслужване	$\overline{t}_{то}$	$\overline{t}_{то_2}/\overline{t}_{то_1}$
	Разходи за възстановяване	$\overline{C}_{рто}$	$\overline{C}_{2рто}/\overline{C}_{1рто}$
Съхраняемост	Срок на съхранение	$\overline{t}_c$ t_{cy}	$\overline{t}_{c_1}/\overline{t}_{c_2}$ $t_{c_1\gamma}/t_{c_2\gamma}$

Въз основа на проведени изследвания е изведено следното правило за определяне на α : ако характеристиката на показателя на надеждност, по която се определя икономическия ефект (изработка между отказ, ресурс, срок на съхраняемост, гама процентен ресурс и т.н.), расте при използване на методите за повишаване на надеждност, то α е отношение на характеристиката на надеждност преди (H_1) и след (H_2) нейното повишаване; ако характеристиката на показателя на надеждност, по която ще се определя икономическия ефект (време на възстановяване, време за техническо обслужване, среден брой откази, параметър на потока на отказите, характеристика на потока на отказите и т.н.), намаляват при използване на методите за повишаване на надеждността на машините, то α е отношение на характеристиката на надеждност след (H_2) и преди (H_1) нейното повишаване.

По каква характеристика на показателите на надеждността ще се определя икономическия ефект зависи от предназначението на машината (обекта) и изискванията към равнището на надеждност Например за отговорни обекти, влияещи на безопасната работа на системата съществено значение има вероятността за безотказна работа, а за други обекти – средната отработка между отказите или други характеристики.

В земеделието изискванията към техниката, която е предназначена за отговорни технологични отерации с ограничени агротехнически срокове, изискванията за високо равнище на надеждност се поставят към свойството безотказност и неговите характеристики “вероятност за безотказна работа”, “интензивност на отказите” и т.н. Затова и икономическият ефект от повишаване на равнището на надеждността ще се изчислява по тези характеристики.

ИЗВОДИ:

1. Предложен е подход за определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността на ремонтируемите обекти по критерия “приведени разходи”.

2. Изведени са зависимости за параметрично и непараметрично определяне на икономическия ефект от повишаване на равнището на надеждността на ремонтируемите обекти по основните числени и функционални характеристики на надеждностните показатели.

Литература:

1.Кулаков И.,А.Загоруйко Методы оценки повышения надежности технических изделий по технико-экономическим показателям.-М., 1969.

2.Методика за определяне на икономическата ефективност на инвестиционните проекти.ДВ,бр.91,1988.

3.Наредба N 12,ДВ,бр.72,1980.

4.Тасев Г.,Е.Видинова Экономическая эффективность от повышения уровня надежности объектов, III-я МНК ”Эффективность и качество”, Украйна,1994,с.121-124.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА АМПЛИТУДАТА НА ВИБРАЦИИТЕ ВЪРХУ ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ВИБРОДЪГОВО НАВАРЯВАНЕ В CO_2

A RESEARCH ABOUT INFLUENCE OF WIRE ELECTRODE VIBRATION'S AMPLITUDE UPON ELECTRICAL PARAMETERS OF VIBRATING GAS METAL ARC OVERLAYING PROCESS IN SHIELD OF CO_2

Assoc. Prof. Mitko Nikolov, PhD, University of Ruse, Bulgaria, E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

Abstract: *The influence of wire electrode vibration's amplitude upon parameters of vibrating gas metal arc overlaying process in carbon dioxide shield. As main criteria for evaluation are chosen a voltage during periods of short-circuit and beginning of arc burning; welding current during period of short-circuit and its value at the end of arc burning. A significant influence of vibration's amplitude upon parameters of the process was established as optimal values are shown at rate of 0,5 mm.*

Keywords: *Vibrating gas metal arc overlaying process, carbon dioxide, vibrations amplitude*

1. Въведение

Вибродъговото наваряване в среда от въглероден двуокис се прилага широко при възстановяването на детайли от земеделската техника, поради ниската себестойност и високо качество на тези детайли. Вибрациите на електродния тел стабилизират горенето на дъгата и създават възможност електродъговият процес да протичащи при сравнително ниско напрежение (18...20V), с което съществено се намалява изгарянето на въглерода и легиращите елементи, а също така дълбочината на провара и зоната на термично влияние. Вибрациите оказват, освен това особено благоприятно влияние и върху формирането на наварения слой.

Амплитудата на вибрациите е основен параметър на режима на вибродъгово наваряване, като оказва съществено влияние върху параметрите на вибродъговия процес и наварения слой, честотата и продължителността на циклите и техните структурни елементи, параметрите на напрежението и големината на тока в края на късото съединение, в началото и края на горене на електрическата дъга, формирането и грапавостта на наварения слой. Материалът на електродния тел оказва също влияе върху параметрите на вибродъговия процес и наварения слой.

Амплитудата на вибрациите въпреки, че е основен параметър на режима на вибродъговото наваряване в литературата няма достатъчно данни за нейното влияние върху електрическите параметри на вибродъговия процес при възстановяване на детайли от земеделската техника във въглероден двуокис.

Целта на настоящата работа е да се установи влиянието на амплитудата на вибрациите върху електрическите параметри на процеса за получаване на възстановителни покрития в CO_2.

Обект на изследването са възстановените детайли от автотракторната и земеделска техника. Предмет на изследването са процесите на вибродъгово наваряване във въглероден двуокис.

2. Изложение

За входни параметри на модела за изследване са избрани:

- амплитуда на вибрациите (λ);
- материал на електродния тел ($M_т$).

Като основни критерии за оценка качеството на процеса на вибродъгово наваряване във въглероден двуокис са приети (фиг.1):

- параметри на напрежението (U), електрическо напрежение на късо съединение (Uкс) и електрическо напрежение в началото на горене на дъгата (Uнд);
- параметрите на големината на тока (I), големина на тока на късо съединение (Iкс) и големина на тока в края на горене на дъгата (Iкд).

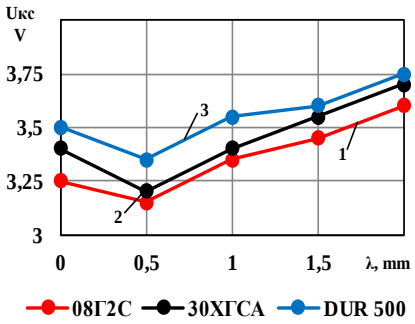
Наваряването на образците за изследване влиянието на амплитудата на вибрациите се извършва на уредба за наваряване в защитни газове с вибродъгов апарат "ЕНТОН – 60" с осов безинерционен вибратор. Наваряването е извършено върху цилиндрични образци от Ст45 с диаметър 50 mm и дължина 250 mm, съответстващи на средностатистическите размери и



Фиг.1 *Модел за изследване процеса на вибродъгово наваряване в защитни газове:* ***λ*** *е амплитуда на вибрациите;* ***Мт*** *– материал на електродния тел;* ***U*** *– параметри на електрическото напрежение;* ***I*** *– параметри на тока.*

маса на детайлите подлежащи на възстановяване [5]. Върху всеки образец се наваряваха по пет шийки с ширина 40 mm с различен електроден тел (Св08Г2С, Нп 30ХГСА и DUR 500) с диаметър 1,6 mm при следния режим: работно електрическо напрежение 20V, големина на електрическия ток 150…180A; скорост на наваряване 1,26m/min; скорост на подаване на електродния тел 2,3m/min; стъпка на наваряване 3mm/tr; излаз на електродния тел 15 mm; честота на вибрациите 46,7 Hz и разход на защитен газ 15 l/min.

Изследването на процеса на вибродъгово наваряване е съпроводено със записване и отчитане на работното електрическо напрежение и големина на тока. За измерване и записване на големината на тока в захранващата верига на вибродъговия апарат са включени подходящи шунтове. Динамиката на изменение на тези параметри се записваше с помощта на аналогово цифровия преобразувател на NATIONAL INSTUMENTS модел NI USB 6210. Осцилограмите на процеса са записани в реално време с помощта на софтуерния продукт "Lab View". За всяка една промяна в амплитудата на вибрациите и материала на електродния тел са проведени по 3 записа, като са определени



Фиг.2 *Влияние на амплитудата на вибрации (λ) върху напрежението на късо съединение (**U**кс) при вибродъгово наваряване в CO_2 с различни електродни телове: 1 - 08Г2С; 2 - 30ХГСА; 3 - DUR500.*

средните стойности на изходните параметри. Записаните данни са обработени с помощта на софтуерния продукт Microsoft Office Excel. Получените данни за електрическите параметри

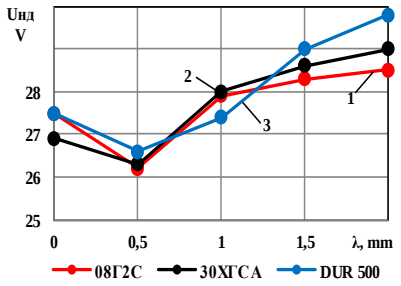
от осцилографирането на вибродъговия процес са обработени с известните статистически методи.

Според [2], напрежението и големината на тока, имат съществено значение за характера на процеса на металопренасяне и формиране на наварения слой. Повишаването на електрическото напрежение води до увеличаване на дъговия промежутък, продължителността на електродъговия цикъл на горене на дъгата, а така също – върху изгарянето на част от въглерода и на легиращите елементи. Увеличаването на тока влияе преди всичко върху геометричните параметри при формиране на отделните шевове, зоната на термично влияние и степента на разпръскване на електродния метал.

След обработване на осцилограмите са получени графическите зависимости за влиянието на честотата на вибрациите върху електрическите параметрите на вибродъговия процес (фиг.2…фиг.5).

На фиг.2 е показано изменението на напрежението на късо съединение. Като цяло, изменението на Uкс има екстремален характер. При увеличаване на амплитудата на вибрациите до 0,5 mm се забелязва понижаване на напрежението и при трите електродни телове, след което Uкс се повишава. Най-ниска е стойността на напрежението на късо съединение за електроден тел 08Г2С от 3,05 V, а най-високо е то при DUR 500 от 3,40 V. Тази тенденция се запазва при всички стойности на амплитудата на вибрациите, като при амплитуда 2 mm разликата е най-малка 0,15 V. По-ниските стойности на напрежението на късо съединение са предпоставка към по-слабо топлинно въздействие върху основния метал, което води от своя страна до по-малка дълбочина на проваряване, по-малка зона на термично влияние и по-малки деформации на детайлите, подлежащи на възстановяване [1].

Един от най-важните параметри на процеса на наваряване се явява напрежението на дъгата. Изменението на този параметър е показано на фиг.3, откъдето е видно, че характера на изменението на електрическото напрежение в началото на



Фиг.3 *Влияние на амплитудата на вибрации (λ) върху напрежението в началото на горене на дъгата (Uнд) при вибродъгово наваряване в CO_2 с различни електродни телове: 1 - 08Г2С; 2 - 30ХГСА: 3 - DUR500.*

хорене на дъгата (Uнд) във функция от амплитудата на вибрациите на електродния тел е има също явно изразен минимум при амплитуда от 0,5 mm. След обработване на резултатите от записите се установи, че напрежението в началото на горене на дъгата се изменя в границите от 27,9 до 29,8 V за трите електродни телове, като при амплитуда на вибрациите 0,5 mm напрежението на начало на горене на дъгата за трите електродни телове се променя в много тесни граници от 26,2 V за тел 08Г2С до 26,2 V за тел DUR 500. Стойностите на електрическото напрежение в началото на горене на дъгата при амплитуда на вибрациите 2 mm е много по-високо от същото напрежение при амплитуда 0 mm. Тази разлика е най-силно изразена за електроден тел DUR 500 от 2,3 V. Повишаването на напрежението на горене на дъгата води до влошаване условията за формиране на наварения слой и намаляване на коефициентите на наваряване и сплавяване, което се дължи на намаляване степента на предварително подгряване на върха на електродния тел, а също повишена степен на разсейване на топлината в околната среда, увеличаване на дължината на дъгата и повишаване степента на изгаряне на въглерода и легиращите елементи.

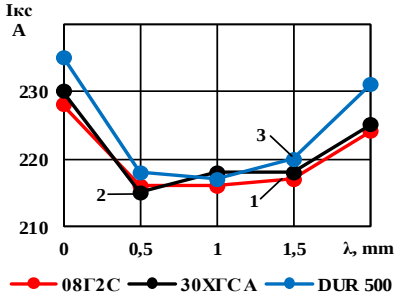
Понижаване големината на напрежението на горене на дъгата води до намаляване делът на участие на основния метал в наварения слой, а така също – до намаляване напречното сечение на наварения слой, с което се дава възможност за получаване на тънкослойни и равномерни наварени възстановителни покрития.

Таблица 1.*Разлика между електрическото напрежение в начало и края на горене на дъгата*

Електродни телове	Стойности на амплитудата на вибрации λ, mm				
	0	0,5	1,0	1,5	2
08Г2С	2,9	2,6	2,85	2,9	2,9
30ХГСА	3,10	2,8	3,0	3,05	3,15
DUR 500	3,10	2,95	3,15	3,20	3,20

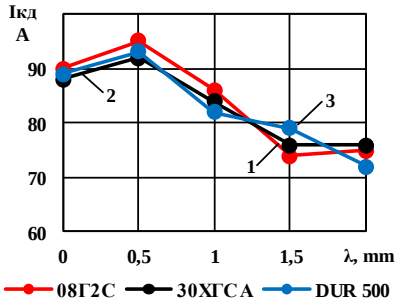
Според [3], разликата между напрежението в началото и в края на горене на дъгата оказва съществено влияние върху качеството на навареното покритие. Колкото по-голяма е разликата между напреженията в началото и края на горене на дъгата, толкова по-голяма е скоростта на охлаждане на метала и се увеличава опасността от образуване на горещи пукнатини. Причините за това се дължат на бързо нарастващите вътрешни напрежения по време на кристализация на течната фаза и преминаване през т.нар. температурен интервал на крехкост, който обхваща интервала от началото на втвърдяване на дендритите до достигане на солидус състояние. В този интервал, металът се намира в полутечно-полутвърдо състояние, за което е характерно рязко понижаване на пластичността му в сравнение с пластичността в твърдо състояние. При тези условия, пластичната деформация на метала се изразява във взаимно преместване на кристалите и тяхното деформиране. Тъй като кристализацията на метала е съпроводена с непрекъснато променящи се вътрешни напрежения, чиято интензивност се повишава с понижаване на температурата, то кристалите не могат да понесат пластичната деформация, при което се наблюдава тяхното разделяне в следствие на зараждащите се пукнатини. От проведените изследвания и резултатите представени в табл.1 се установи, че тази разлика е най-малка при амплитуда на вибрациите 0,5 mm, за трите електродни телове от 2,6…2,95 V. Най-малка е разликата в напреженията в началото и края на горене на дъгата при вибродъгово наваряване с електроден тел 08Г2С.

Амплитудата на вибрациите оказва съществено влияние върху големините на тока на късо съединение и тока в края на горене на дъгата. Изменението на тока на късо съединение е показано на фиг.4. С повишаване на амплитудата на вибрациите, тока на късо съединение Iкс намалява значително от 229…235 А до 215…218 А достигайки минимум при амплитуда на вибрациите 0,5 mm. По-нататъшното увеличение на амплитудата на вибрациите до 1,5 mm не променя съществено тока на късо съединение. Повишаването на амплитудата на 2 mm отново рязко повишава Iкс. Токът на късо съединение оказва влияние върху загубите от разпръскване на електроден метал при откъсване на капката от върха на електродния тел до пренасянето й върху металната повърхност на наварявания детайл.



Фиг.4 *Влияние на амплитудата на вибрации (λ) върху тока на късо съединение (Iкс) при вибродъгово наваряване в CO_2 с различни електродни телове: 1 - 08Г2С; 2 - 30ХГСА; 3 - DUR500.*

Изменението на тока в края на горене на дъгата Iкд има явно изразен екстремален характер. От графиката се вижда, че увеличаването на амплитудата на вибрациите оказва съществено влияние върху изменението на Iкд (фиг.5). Най-високи стойности и за трите електродни телове се получават при амплитуда на вибрациите 0,5 mm, около 95 А. Най-висока е стойността на тока в края на горене на дъгата при електродния тел 08Г2С от 96 А.



Фиг.5 *Влияние на амплитудата на вибрации (λ) върху тока в края на горене на дъгата (Iкд) при вибродъгово наваряване в CO_2 с различни електродни телове: 1 - 08Г2С; 2 - 30ХГСА; 3 - DUR500.*

Стойностите на тока в края на горене на дъгата за трите електродни телове се колебаят в много тесни граници при различните амплитуди на вибрацията на елктродния тел. Стойностите на Iкд при амплитуда на вибрациите 2 mm са значително по-ниски (около 75 А) от същите за амплитуда на вибрациите 0,5 mm (около 90 А). Тази разлика е най-силно изразена за електроден тел DUR 500 от почти 20 А.

Разликата между големините на Iкс и Iкд при конкретните стойности на амплитудата на вибрациите оказва влияние върху степента на нагряване на основния метал, възможността за възникване на деформации в наварявания детайл и неравномерно формиране на наварения слой. От анализът на резултатите се установи, че при амплитуда на вибрациите 0,5 mm за електроден тел 08Г2С разликата в големините на Iкс и Iкд е най-малка – 20 А, което е предпоставка за по-малка степен на нагряване на детайла. Обратно, при амплитуда на вибрациите от 2 mm тази разлика е почти три пъти по-голяма, което от своя страна е предпоставка за повишено разпръскване и изгаряне на електроден метал, а също лошо формиране на наварения метал и висока грапавост.

3. Заключение

1. Амплитудата на вибрациите оказва съществено влияние върху протичането на електродъговия процес при вибродъгово наваряване и неговите електрически параметри (напрежение и големина на тока) при наваряване във въглероден двуокис.

2. Най-ниско напрежение на късо съединеие и начало на горене на дъгата се получава при амплитуда на вибрациите 0,5 mm. Това довежда до по-малка дълбочина на провара, по-малка зона на термично влияние, по-малки деформации на детайлите при възстановяване, а също получаване на тънкослойни и равномерни наварени възстановителни покрития.

3. Най-ниски загуби от разпръскване на метала при вибродъгово наваряване в CO_2 се получава при амплитуда на вибрациите 0,5 mm..

4. От анализът на резултатите се установи, че при амплитуда на вибрациите 0,5 mm за електроден тел 08Г2С разликата в големините на Iкс и Iкд е най-малка – 20 А, което е предпоставка за по-малка степен на нагряване на детайла.

4. Литература

1. Асние А. Е. и др. Сварка в смеси активных газов. Киев: Наукова думка, 1982.

2. Ищенко Ю. С. Характеристики управления переносом капли при сварке плавящимся электродом с короткими замыканиями. Сварочное производство, № 9, 1992, стр. 20-25.

3. Ленивкин В. А. и др. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. Москва: Машиностроение, 1989.

4. Николов М. Влияние скоростта на наваряване върху технологическите параметри при вибродъгово наваряване на износени детайли от транспортната и земеделска техника в аргон. В: Транспорт, екология - устойчиво развитие, том XXI, Еко Варна 2014, Варна, 2014, стр. 72-75, ISBN 2367-6299.

5. Тончев Г. Станев Л. Изследване разпределението на детайлите на тракторите ЮМЗ-6Л и МТЗ-80 по структурни характеристики. В. Научни трудове на ВИММЕСС, том 21, серия 6, Русе: 1979.

ПРОБЛЕМИ НА ПОДДЪРЖАНЕТО НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА В БЪЛГАРИЯ

PROBLEMS RELATED TO MAINTENANCE OF AGRICULTURAL EQUIPMENT IN BULGARIA

Assoc. Prof. Vasil Stoqnov, PhD, University of Ruse, Bulgaria, E-mail: vas@uni-ruse.bg
Assoc. Prof. Mitko Nikolov, PhD, University of Ruse, Bulgaria, E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg
Assoc. Prof. Daniel Bekana, University of ruse, Bulgaria, E-mail: dbekana@uni-ruse.bg
Prof. Plamen Kangalov, PhD, University of Ruse, Bulgaria, E-mail: kangalov@uni-ruse.bg

Abstract: *Maintenance of agricultural equipment is carried out by agricultural equipment dealer in Bulgaria. Their business interests forbid them to implement strategies that decrease maintenance costs, such as proactive maintenance or condition based maintenance. For this reason farmers incur unnecessary financial losses. This article shows the necessity and effectiveness of implementing early diagnosis in agricultural equipment maintenance.*

Keywords: A*gricultural machinery, maintenance, proactive maintenance, thermography, ultrasound, lubrication analysis*

1. Въведение

Селскостопанското производство в България следва едно правило, оцеляване или бавна смърт. Мисията на съществуващия научно технически потенциал в страната ни в областта на земеделието е да повишават знанията и способностите на земеделските производители, като им предлагат най добрите практики, техника и стратегии. Това е валидно и за поддържането и използването на техниката.

2. Изложение

Земеделската техника търпи значителна еволюция през последното десетилетие. Виждали сме големи, тежки и шумни машини с пушещи двигатели. Сега виждаме други, автоматизирани, роботизирани, които използват гориво без сяра и олово, тихи и комфортни.

Регулаторните и пазарните сили са свързани с тези промени. Въпреки, че по начало са производителни и екологично позитивни, те пораждат някои негативни последствия. Вече са с доста висока цена, високи разходи за експлоатация и поддържане, необходимост от почти цялостен компютърен контрол и диагностика на системите, трудности при обучаване на персонала за поддържане и ремонт.

От друга страна преди двадесет години земеделската техника и вградените в нея дизелови двигатели са атакувани умишлено от бизнеса за това, че имат относително леко поддържане и могат да работят надеждно при тежки условия с почти всяко налично гориво. Те могат да не бъдат експлоатирани дълго време или да работят на празен ход неопределено време, след това да бъдат натоварени на пълна мощност без отрицателни последствия.

Основните дейности по поддържането на земеделската техника преди повече от двадесет години е възлагана на собствениците на техниката–АПК(Аграрно-промишлените комплекси). За целта са подготвяни инженерни и технически кадри, който са извършвали техническите прегледи, текущите и средни ремонти. Всяко стопанство е имало изградена база с районен инженер и технически кадри. Притежавали са инструкции, технологии и оборудване за разглобяване, измиване, дефектоване, възстановяване, сглобяване и разработване.

Това е времето когато не е било скъпо да се купи нов двигател или резервни детайли. Днес нещата са доста различни, когато например шест елементна горивна помпа на трактор, може да надхвърли цената на двигателя от онези години. Сега използваме и поддържаме сложни машини с прецизно изработени съединения с хлабини по малки от 2 μm (човешкият косъм е дебел 80-100 μm). Поддържането и ремонтирането на подобна техника не е по възможностите на земеделските фирми. В тях няма назначени инженери специалисти и технически подготвени кадри. Фирмите производители на техниката не предоставят на собствениците необходимата информация за диагностика и ремонт.

Поддържането се възлага на външни- оторизирани или независими, ремонтно-дилърски фирми. Те имат техника, технологии и подготвени кадри специализирани за определени видове и марки машини. Подобен вариант на организация, независимо че на пръв поглед освобождава земеделските производители от лични грижи за поддържане, крие и негативи свързани с незабележимо изсмукване на значителни финансови средства.

Основната причина за негативите от поддържане на машините от външни фирми идва от техните бизнес интереси: по-големи печалби при ниски вложени разходи.

- На земеделските производители се притъпява вниманието към техниката, като им се налага философията: „Вие само експлоатирате, а ние само поддържаме”. Появява се сериозен риск от намаляване на прозрачността за извършените дейности, резултати, последствия, вложени резервни детайли, извършени подобрения.

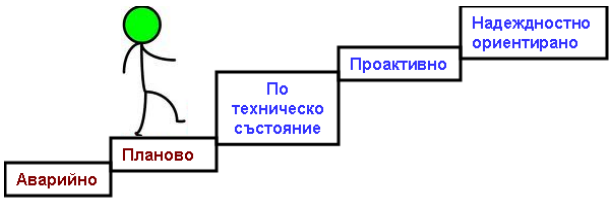
- Трудно се мотивират специалистите от обслужващата фирма да извършват дейности извън тези за който им се заплаща.

- Независимите и оторизирани ремонтно-дилърски фирми са специализирани по марки и поддържат ограничен технически персонал. В кампанийните периоди не са в състояние да покриват всички спешни (аварийни) нужди. За това допринасят и големите райони и отдалеченост на машините. Времето за престой нараства. Това е момент при който обслужващите фирми изсмукват допълнителни печалби. Ако часовата ставка е 50-80 лева(това не е далече от истината), а ремонта изисква три часа работа на двама специалисти, то земеделският производител ще трябва да заплати само за труд (без вложените детайли и загуби от престой) 300-480 лева.

-Едно от най шокиращите неща е че обслужващите фирми се опитват да поддържат машините, като прилагат организационни и технически прийоми, характерни за времето преди повече от 20-30 години.

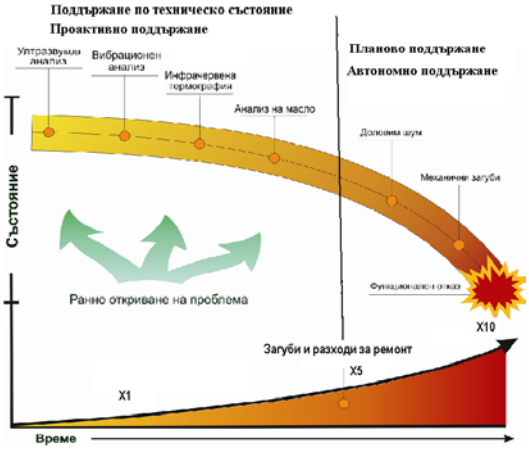
Ремонтно-дилърските фирми прилагат аварийна и планово-периодична стратегия за поддържане. Те се отзовават на аварийни сигнали от собствениците на машините или при предстоящи периодични въздействия-обслужване, прегледи, текущи ремонти. Стратегията е характерна за годините когато усилено се е извършвало механизиране и електрифициране на селското стопанство. Сега се използват вградени, автоматизирани и роботизирани елементи и системи в машините. Аварийното и планово поддържане не осигуряват необходимата надеждност и генерират сериозни финансови разходи и загуби за земеделците и сериозни печалби за сервизите.

Стратегиите за поддържане на военна, авиационна, химическа, индустриална техниката са усъвършенствани. Аварийното и планово поддържане са комбинирани със стратегии: по техническо състояние, проактивно или надеждностно ориентирано (фиг.1).



Фиг.1 *Развитие на стратегиите за поддържане на техниката*

Характерното за тях е, че се извършва периодичен или постоянен мониторинг за откриване на **тенденции** в промяна на техническото състояние на възли, конструктивни и неконструктивни елементи. Целта е да се открие и отстрани причината или извърши усъвършенстване преди да се стигне до гранично състояние изискващо текущ ремонт. При реализиране на стратегиите за поддържане се използват технологии и техника, който позволяват на място, в полеви условия, да се извършва събиране на информация като: ултразвуков, вибрационен и маслен анализ, инфрачервена термография. (фиг.2). След това подготвени специалисти анализират резултатите, откриват корена на причината и предлагат съответни организационно или технически решения за корекции, подобрения ремонт или подмяна.



Фиг.2 *Планово и проактивно поддържане на техниката*

Тази практика се използва ефективно и без опасения за намалени печалби от оторизирани дилърски фирми на Caterpillar, John Deer и др. Обучават дилърите и притежателите на машините Използват иновативни технологии и преносими уреди за оценяване степента на деградиране на маслото, анализират причините и предлагат корекции на интервала за подмяна (фиг.3).



Фиг.3*.Преносим прибор за оценяване състоянието на маслото*

Термографията се използва за оценяване всички функционални детайли по тракторите и прикачен инвентар, като охладителна система, трансмисия, електрически и електронни компоненти, климатични системи, преди да породят авариен отказ (фиг. 4). Това е неконтактна диагностична техника, която може да проверява машините когато работят.



Фиг.4.*Инфрачервена термография*

Ултразвукът като средство за поддържане по техническото състояние (фиг. 5) се използва при:

- проверка и откриване на нехерметичност при компресорни спирачни и вакуумни системи
- откриване на влошени електрически връзки
- ранни сигнали за проблеми с търкалящи лагери
- оптимизиране на смазване при въртящи се елементи



Фиг 5.*Ултразвуков контрол*

Специалистите по поддържане на машините разглеждат ултразвуковата диагностика като важна технология за откриване на симптомите и причините на механични дефекти. Ултразвука осигурява рано предупреждение, че лагерите развиват дефект и ще влязат в аварийна фаза. Заедно с вибрационния анализ, дават пълна представа за състоянието на ротационни детайли.

Ефектът от прилагане на проактивно поддържане или по техническо състояние води до 5до 10 пъти по малки разходи за поддържане и престой. Логично е да се предполага, че болшинството от ремонтно-дилърските фирми в облата на земеделието у нас не са заинтересовани от прилагането им.

Основният им аргумент е че в съвременните машини има достатъчно вградени системи за следене, който реагират, когато агрегати, възли или елементи стигнат до критично състояние. Подобна информация не винаги отчита тенденциите и причината в промяната на параметри, когато те са в допустимите граници, което е особеност на проактивното или надеждностно ориентирано поддържане.

Наложената в България практика за поддържане на техниката се отразява негативно върху конкурентостта на земеделието. Преодоляването на проблема е трудно по няколко причини:

- Много от земеделските производители не осъзнават в каква степен изтичат от тях излишни разходи за поддържане. Нивото на културата на поддържане на техниката в земеделието е различно от това в индустриалните фирми, транспорта, военната област и др. Те живеят с философията, че високите разходи за поддържане на техниката са „необходимо зло“ от което не може да се избяга.

- Отсъствието на квалифицирани инженерни кадри в земеделските фирми води до неправилна и неефективна експлоатация и поддържане на техниката. Бизнес интересите на ремонтно-дилърските фирми процъфтяват там където земеделските производители нямат добри технически кадри, там където собствениците са доверчиви и технически неподготвени. Случва се предимно при малки фирми с по няколко трактора и комбайни .

Някои от възможните пътища за търсене на решение на проблема са:

- Отказ от философията „Вие само експлоатирате, а ние само поддържаме”. Земеделските производители трябва да се ориентират към автономно и проактивно поддържане и да изискват прилагането му от обслужващите ги фирми. Наложително е активно следене и събиране на информация от собственика за състоянието на техниката. Търсене на самостоятелно организационно или техническо решение за преодоляване на проблема. При затруднения, търсене на външна помощ преди да се стигне до отказ, със задължително изясняване и отстраняване на причината.

- Друга възможност е използване на фирми, които притежават технологиите и оборудването за проактовно поддържане на индустриална техника. Те имат специалисти, които могат да анализират информацията, да откриват корена на причината и да предлагат решения.

Частен вариант е регионално сдружаване на земеделски производители, закупуване на оборудване за ранна диагностика и обучаването на един или няколко инженерни специалисти на щат в сдружението.

Заключение

Нашето земеделие има жизнена необходимост да усвои най добрите практики по поддържане на техниката.

Литература

1. John Deere Werke Mannheim, Germany, use FLIR Systems ThermaCAM™ SC-series infrared camera to optimize its tractors. *http://www.flir.co.uk/cs/display/?id=42522*
2. Caterpillar Introduces Comprehensive Tiered Services Program Delivered by its Dealers http://www.forconstructionpros.com/press_release/11319679/caterpillar-introduces-comprehensive-tiered-services-program-delivered-by-its-dealers
3. Autonomous Maintenance : Increase Operator’s Ownership to their Machine, http://kaizenrms.wordpress.com/2011/08/21/autonomous-maintenance-increase-operator%E2%80%99s-ownership-to-their-machine/
4. Make Diagnoses with an Infrared Gun *http://www.agriculture.com/machinery/maintenance--repair/make-diagnoses-with-infrared-gun_567-ar48619*
5. Ultrasonic Inspection *http://www.reliabilitydirectstore.com/SKF-CMIN-400-K-Inspector-400-Ultrasonic-Probe-p/skf-cmin%20400-k.htm*
6. Ultrasound detectors can hear the trouble spots you can't.*http://www.failureprevention.net/products/products_sdt_ultrasound_detectors*

КРАТКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ГРУЗИИ

Двали Ираклий[1], Курдиани Гиви[2],
Председатель Общества землевладельцев и механизаторов Грузии, доктор наук техники, инженер-механизатор, директор ООО «АГРОСЕРВИСЦЕНТР»[1]
Заместитель председателя Общества землевладельцев и механизаторов Грузии[2]

Как известно, Грузия является аграрной страной и её плодородные пахотные земли составляют до 800,0 тысяч гектаров. Также известно и то, что продвижение и развитие сельского хозяйства невозможно без беспрепятственного и рационального использования сельскохозяйственной техники.

С этой стороны в сельском хозяйстве Грузии не такое уж и завидное положение, поскольку почти 50% плодородных пахотных земель не обрабатываются и являются неиспользуемыми. Одна из основных причин этого положения, вместе с недостатком техники, заключается в том, что надлежащим образом не решены вопросы их технического обслуживания, снабжения запасными частями и производства ремонтных работ.

В сельском хозяйстве Грузии до 1990 года работало до 35 000 тракторов, которыми была обеспечена обработка существующих плодородных земель, садов, виноградников, чайных плантаций и субтропических культур.

Для беспрепятственной работы вышеупомянутой техники действовало 72 мастерских по техобслуживанию и пять ремонтных заводов, которые были оснащены необходимыми станками и инструментами. В стране существовало пять баз по поставке запчастей, что способствовало беспрепятственной работе техники. К сожаленью вышеуказанных технических средств в настоящее время в стране нет. В данный момент в сельском хозяйстве работают 8221 устаревших тракторов, ресурс которых не превышает 30%, и несколько сотен комбайнов по сбору семенных культур. Кроме этого для обслуживания фермеров существует государственная организация с ограниченной ответственностью «Механизатор», которая имеет сравнительно новую технику – 1083 тракторов и 91 комбайнов по сбору семенных культур. С целью техобслуживания, вышеуказанной организацией созданы и работают только 12 сервисных центров, которые пока ещё не оснащены надлежащим образом для осуществления ремонтных работ, не отвечают современным требованиям и не могут обеспечивать полноценное обслуживание фермеров техникой.

Что касается устаревшего тракторного парка, существующего в частной собственности в деревнях, количество которых является важным для их технического обслуживания и качественного производства ремонтных работ, в стране не существует ни одного предприятия, ремонтного завода и поэтому трактористам приходится в примитивных условиях осуществлять ремонтные работы, что отрицательно влияет на качество выполняемых работ. А запчасти приобретают в рыночных условиях, поскольку не организованы поставляющие фирмы, что связано с лишней тратой времени и является довольно дорогим.

В связи с вышеизложенным, в большинстве случаях, тракторные парки находятся в режиме простоя и не удаётся их рациональное использование.

Основной целью нашего участия в работе конгресса является:

- встретиться и пообщаться со специалистами европейских стран, а также с представителями фирм по производству техники (Болгарии, Польши, Германии, Венгрии и т. д.), получить от них информацию, каким образом решены в этих государствах вопросы по использованию сельскохозяйственной техники, техническому обслуживанию, обеспечению запчастями и осуществления ремонта, знания, навыки и опыт которых значительно пригодится нам в нашей дальнейшей деятельности, какова роль государства в деятельности сельскохозяйственных фермеров.

- Также, в случае их заинтересованности предложить им создать совместное предприятие по производству ремонта техники в Грузии, для чего в стране всё ещё сохранился ремонтный завод со времён «сельхозтехники», который осуществлял качественный ремонт сельской техники, выпускал запчасти в определённом количестве и мог изготавливать новую технику (плуги, культиваторы, дисковые бороны и т. д.).

Вышеуказанный завод и в настоящее время может производить ремонтные работы и изготавливать запчасти, поскольку обладает надлежащей закрытой площадью, необходимыми станками, установками и квалифицированными кадрами. Необходимо только приобрести часть станков и установок и создать совместное предприятие вместе с заинтересованной машиностроительной фирмой.

Проведение вышеуказанных мероприятий в сельском хозяйстве страны значительно расширил бы ареал использования техники и продлил бы сроки эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин.

Нас также интересует опыт ведущих фермеров в Вашей стране, как в выращивании сельскохозяйственных культур и деятельности заводов по переработке, так и в обеспечении льготных кредитов со стороны государства.

Думаем, что наше участие в работе конгресса поможет нам наладить контакты с учёными, специалистами, работающими в этой области, а также со специалистами и представителями фирм-производителей, что на будущее пригодится в нашей деятельности.

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ СРЕДСТВАМИ ДЕФЕКТОСКОПИИ

CONTROL OF THE TECHNICAL STATE OF AGRICULTURAL AGGREGATES BY FACILITIES OF FAULT DETECTION

Кандидат технических наук, доцент Войналович А.В, кандидат технических наук Мотрич М.Н.
Ph.D., associate professor Voinalovych A.V., Ph.D. Motrich M.N.,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine
e-mail: voynalov@bigmir.net

Abstract: The work is dedicated to the development of methods for calculating the conditional probability of an emergency condition tractors due to the presence in the details of their units cracks. Possibility to reliably identify the locations of crack propagation in detail tractor units in the case of pulsed portable flaw eddy current type is proved. The research found that the risk of execution of mechanized operations significantly depend on unsatisfactory technical condition of tractors and self-propelled agricultural machines.
***KEYWORDS**: OPERATIONAL DEFECTS IN DETAIL NODES TRACTORS, FLAW DETECTION CONTROL, THE KINETICS OF ACCUMULATION OF OPERATIONAL CRACKS, THE PROBABILITY OF ACCIDENTS*

1. Введение

Сельскохозяйственное производство остается одной из самых травмоопасных отраслей экономики Украины. Наиболее травмоопасной профессией сельского хозяйства считается профессия механизатора, в частности много аварийных ситуаций возникает при выполнении механизированных и транспортных работ с использованием тракторов, большинство которых уже исчерпали свой эксплуатационный ресурс [1].

Статистика аварийных ситуаций с участием мобильной сельскохозяйственной техники показывает, что основными их причинами являются не только нарушения работниками нормативов безопасности труда (правил дорожного движения, технической эксплуатации машин и оборудования) [2], но и неудовлетворительное техническое состояние тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин (ССМ) из-за высокой степени износа их деталей [3].

Уменьшению травматизма механизаторов и других работников будет способствовать введение регламента оперативного, технически оснащенного и систематического контроля состояния мобильной сельскохозяйственной техники. Это позволит выявить эксплуатационные дефекты в деталях тракторов и ССМ на ранних стадиях их образования, своевременно выполнять предупредительные ремонты узлов с заменой поврежденных деталей в ремонтных подразделениях, а не в поле или на дороге в условиях дефицита рабочего времени и необходимого инструмента, отсутствия в механизаторов (водителей) необходимой квалификации для выполнения оперативных ремонтов.

Одним из направлений такого контроля при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники является использование мобильных возможностей дефектоскопов, адаптированных для оперативного диагностирования отдельных деталей тракторов и ССМ [4]. Применение такого подхода должно обеспечить не только раннее диагностирование эксплуатационных дефектов опасных размеров в деталях узлов сельскохозяйственных агрегатов, но и создание карт учета дефектности узлов трактора или ССМ с целью документализации динамики исчерпания их эксплуатационного ресурса и оценки вероятности наступления аварийных ситуаций вследствие разрушения деталей узлов. Это будет весомым аргументом для руководителей и инженерно-технических работников сельскохозяйственных предприятий по недопущению к эксплуатации трактора или ССМ с поврежденными деталями.

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

Анализ изменения технического состояния тракторов и ССМ в процессе эксплуатации показывает, что обнаружение повреждений, особенно трещин и дефектов структуры металла деталей сельскохозяйственных машин, связано с существенными инструментальными трудностями. Визуальный (внешний) обзор, а также методы дефектоскопии, разработанные для контроля лабораторных образцов, не дают должного результата по оперативному обнаружению трещин в общей массе деталей узлов.

Для мобильной сельскохозяйственной техники выполнение дефектоскопического контроля ограничено как из-за отсутствия необходимого количества устройств неразрушающего контроля заданного класса точности и надежности обнаружения дефектов, так и из-за отсутствия методики количественной оценки в вероятностном аспекте последствий внезапного разрушения отдельных деталей и узлов сельскохозяйственных машин.

В рекомендациях по проведению технического контроля сельскохозяйственной техники, например в картах контроля по показателям безопасности, указано, что имеющиеся трещины и повреждения в деталях машин обнаруживают при контроле визуально. Но такой подход позволяет найти только крупные магистральные трещины, зафиксировать разрушения деталей и выход из строя узла трактора, а не спрогнозировать риск эксплуатации агрегата, в деталях узлов которого находятся необнаруженные (нераскрытые до критического размера) трещины.

Поэтому во время ремонтов тракторов и ССМ с разборкой узлов необходимо проводить массовый дефектологический контроль деталей и выявлять трещины на ранних стадиях распространения. Авторами был выполнен сравнительный анализ методов дефектоскопии деталей и элементов конструкций с точки зрения их пригодности для выявления дефектов в деталях тракторов и ССМ. Было установлено, что каждый из используемых в технике методов дефектоскопического контроля имеет определенные аппаратурные и метрологические преимущества, а также ограничения в применении, которые обусловлены: условиями эксплуатации контролируемых деталей; их формой, размерами и физическими характеристиками материала; местом расположения дефектов на поверхности детали и возможностью доступа датчиков к объекту контроля; чувствительностью метода [5].

Эффективность контроля в основном определяет не минимальность параметров (размеров) выявленных дефектов, а необходимое время на его проведение, надежность относительно нахождения трещин, повторяемость результатов, затраты на подготовку (очистка, шлифовка и т.п.) контролируемой поверхности.

3. *Решение рассматриваемой проблемы*

В работе для обнаружения трещин в ответственных деталях узлов тракторов был использован портативный импульсный вихретоковый дефектоскоп [6]. Выбор вихретокового метода дефектоскопии был обусловлен его высокой избирательностью к имеющимся в контролируемом материале малым дефектам типа трещин. Использованный в работе дефектоскоп удовлетворяет требованиям, которые связаны со спецификой контроля деталей узлов тракторов и ССМ. К ним относятся: 1) небольшие размеры и вес прибора; 2) автономность электропитания; 3) универсальность к металлу исследуемых деталей (автоматическая настройка на металл объекта контроля); 4) информативность о наличии повреждений в исследуемых деталях (наименьшие размеры выявленных трещин: глубина – более 0,2 мм, длина – более 3 мм, ширина – более 0,1 мм); 5) возможность изменения чувствительности (способность задавать минимальные размеры выявленных дефектов); 6) не нужно специально готовить контролируемую поверхность детали (дефектоскоп практически не чувствителен к шероховатости поверхности и способен обнаруживать дефекты при шероховатости поверхности Rz 60 и менее); 7) отсутствие эффекта отвода датчика, его износа и краевого эффекта.

Для выявления трещин в деталях различного профиля поверхности были разработаны специальные датчики. Кроме датчика для контроля плоских поверхностей использовали датчики для обследования канавок (конусная форма), шестерен (скошенный край), трубчатых элементов (со сферическим вырезом) и в труднодоступных местах (с боковым симметричным расположением ферритного стержня).

В результате исследований было установлено, что использованный дефектоскоп позволяет выявлять такие дефекты как трещины и несплошности в поверхностных слоях электропроводящих ферромагнитных материалов независимо от наличия лакокрасочного или иного покрова. Допустимый зазор между датчиком и контролируемой поверхностью − не более 3 мм.

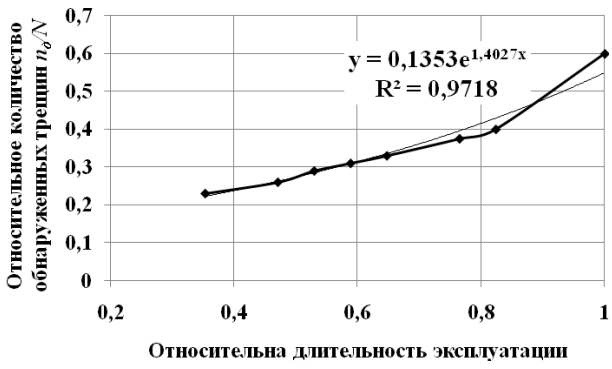
В данной работе была исследована динамика накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 (производства Республики Беларусь). С помощью вихретокового дефектоскопа было проконтролировано наличие трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 с различными сроками эксплуатации. Дефектоскопический контроль проводили во время проведения ремонтов этих тракторов.

Для обследованных тракторов дефектоскопический контроль проводили на деталях двигателя, навесной гидравлической системы, системы рулевого управления, коробки передач и заднего моста. Проанализировав режимы силовой нагрузки на отдельные детали узлов трактора МТЗ-80 и интенсивность их повреждения в результате совместного действия с факторами производственной среды, были установлены детали трактора МТЗ-80, подлежащие дефектоскопическому контролю. Внимание обращали на наличие мест концентрации напряжений, возможность развития в них усталостного, фреттингового и коррозионного повреждения [7-8].

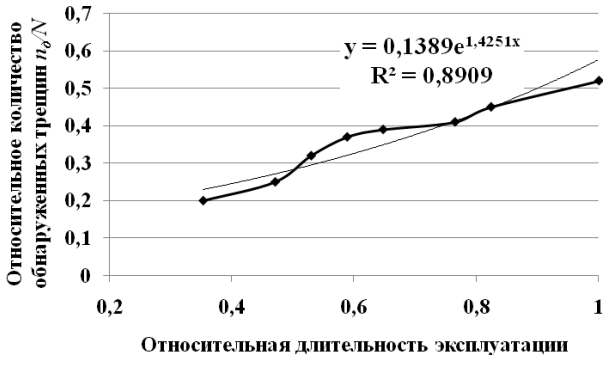
Чтобы конкретизировать объекты дефектоскопического контроля и сузить поле поиска потенциальных трещин, детали отдельных узлов были систематизированы на несколько категорий: а) высоконапряженные детали с высокой вероятностью разрушения; б) детали, техническое состояние которых обусловлено совокупным действием силовых факторов с агрессивными условиями окружающей среды; в) детали, испытывающие небольшое повреждающее воздействие; г) детали, в которых повреждения обнаруживают только визуально (мелкие, неметаллические и т.д.). Исследовав детали первых двух категорий, в рамках предложенной методологии дефектоскопического контроля сельскохозяйственных машин не было учтено потенциальную трещиноопасность и повреждаемость других категорий деталей: крепежных, резиновых, неметаллических и т. п. [9]

4. *Результаты и дискуссия*

По данным дефектоскопии были построены графики динамики накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 различной продолжительности эксплуатации (рис. 1). Координаты графиков следующие: ось ординат – относительное количество выявленных трещин (n_∂ / N) в общей совокупности исследованных, значимых с точки зрения безопасности эксплуатации, деталях; ось абсцисс – относительная продолжительность эксплуатации проинспектированных тракторов МТЗ-80. В качестве базового (относительная продолжительность эксплуатации тракторов соответствует единице) был выбран 17-летний срок эксплуатации тракторов МТЗ-80, что вдвое больше их расчетного ресурса. На рис. 1 тонкими линиями изображены линии тренда, а также записаны их уравнения и достоверность аппроксимирования R^2.



а)



б)

Рис. 1. *Динамика накопления эксплуатационных повреждений в деталях узлов тракторов МТЗ-80: а – навесное устройство; б – система рулевого управления*

Из представленных данных видно, что накопление трещин в деталях узлов тракторов можно представить экспоненциальной зависимостью $y = a \cdot e^{ax}$ при достаточно высокой достоверности аппроксимации. Так, значение R^2 для трех исследованных узлов близко к 0,97, среднее значение достоверности составляет 0,95 (табл. 1).

Таблица 1. *Параметры уравнения линии тренда и достоверность аппроксимации* R^2

Узлы трактора МТЗ-80	Параметры уравнения линии тренда		
	а	*в*	R^2
Навесное устройство	0,14	0,14	0,14
Система рулевого управления	0,138	0,138	0,138
Двигатель	0,143	0,143	0,143
Задний мост	0,15	0,15	0,15
Среднее значение	0,49	0,49	0,49

Проанализировав причины и последствия возможных видов аварийных ситуаций на механизированных процессах в сельском хозяйстве, было показано, что направления надежности машин и безопасности труда современной методологии анализа системы «машина – человек – окружающая среда» базируются на подобных вероятностных моделях оценки риска отказов или риска наступления несчастных случаев. Поэтому оценка вероятности аварийных ситуаций должна основываться на статистике отказов машины или оборудования, в частности таких, которые получены с помощью методов дефектоскопического контроля, что особенно актуально для оценки риска выполнения механизированных и транспортных работ. При этом вихретоковый дефектоскопический контроль наличия эксплуатационных дефектов в деталях узлов тракторов и ССМ позволяет количественно оценить степень безопасности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники по параметру обобщенного повреждения.

Для оценки вероятности аварийных ситуаций при эксплуатации тракторов и ССМ целесообразно использовать статистические методы распознавания задач технической диагностики, когда в методике расчета вероятности аварийных ситуаций анализируют данные не о линейных размерах обнаруженных дефектов, а имеющиеся признаки обнаружения в деталях трещин разной степени опасности. Это позволяет оценить исправность или неисправность трактора или ССМ в вероятностном аспекте, как зависимость от реализаций комплекса признаков, то есть для возможных вариантов наличия или отсутствия трещин различного относительного размера.

5. Заключение

На основе анализа построенных зависимостей динамики накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 различной продолжительности эксплуатации определена продолжительность эксплуатации, после которой интенсивность накопления повреждения существенно возрастает, и соответственно увеличивается вероятность катастрофического разрушения узлов трактора и создания аварийной ситуации на механизированных или транспортных работах. Установлено, что для большинства исследованных узлов тракторов эта величина практически одинакова и находится в диапазоне 0,75-0,8 относительной продолжительности эксплуатации, что составляет 13-14 лет, а значит более 75% тракторов, которые сейчас эксплуатируются в Украине, перешли этот рубеж и являются объектами повышенной опасности.

6. Литература

1. Войналович О.В., Д.Г.Кофто, В.П.Голод Незадовільний технічний стан мобільної сільськогосподарської техніки як одна з основних причин виробничого травматизму // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 13-15 травня 2014 р. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 39-44.
2. Єсипенко А.С., О.А. Сліпачук, М.М. Мотрич, Г.О. Оберемок. Дослідження впливу втоми трактористів на дотримання ними вимог безпечної праці // Проблеми охорони праці в Україні. Збірник наукових праць, – 2012. – Вип. – 24. – С. 58-72.
3. Зінчук М. Дослідження зміни рівня безпечності технічних засобів для сільськогосподарського виробництва в процесі експлуатації // Техніка і технології АПК, 2012. – № 5 (32). – С. 25-27.
4. Войналович О.В. Методи дефектоскопії для виявлення експлуатаційного пошкодження у деталях і елементах конструкцій мобільних сільськогосподарських машин // Науковий вісник НУБіП України, 2014. – Вип. 196. – Ч. 1. – С. 204-213.
5. Войналович А. Методология определения риска травмирования механизаторов за данными дефектоскопического контроля / MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture. An International Journal on Operation of Farm and Agri-food Industry Machinery. – 2014. – Vol. 16. – No 3. – P. 130-137.
6. Войналович О.В., І.М.Васинюк, М.М.Мотрич. Застосування портативного вихоструменевого дефектоскопа для виявлення тріщин в деталях сільськогосподарських машин / Праці І-ї міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин», 4-7 жовтня 2004 р. – Тернопіль, 2004. – С. 609-613.
7. Шалапко Ю.І, А.Л.Ганзюк, М.А.Разуваєва. Прихованість фреттинг-процесів у з'єднаннях автомобільної техніки та їх вплив на безпеку експлуатації // Вісник Хмельницького національного університету, 2010. – № 5. – С. 165-169.
8. Томіленко Л.А., С.І.Крук, І.О.Олійник та ін. Динаміка змін умов праці на тракторах і комбайнах в залежності від строків їх експлуатації // Вісник СНАУ. – 2010. – Випуск 1 (21). – С. 14-18.
9. Войналович А.В., М.Н. Мотрич. Подходы к оценке безаварийности мобильной сельскохозяйственной техники / Сборник научных трудов Sword.– Иваново: Маркова А.Д., 2014. – Вып. № 4 (37). – Том. 7. – С. 88-92.

RESEARCH OF KINEMATIC AND STRUCTURAL PARAMETERS OF WORKING TOOLS WHEN PROCESSING THE CYLINDER LINERS

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

PhD Kelemesh A., PhD Gorbenko O.,
Engineering and Technology Faculty – Poltava State Agrarian Academy, Ukraine
antonkelemesh@gmail.com

Abstract: *Viewed the theoretical questions regarding the kinematic and structural parameters of the working tool when rolling out the cylinder liner.*
***KEYWORDS**: TEHNOLOGIES, CYLINDER LINER, SURFACE LAYER, ROLLIN, DEFORMATION.*

1. Introduction

One of the key technological issues that increase the durability and technical readiness of the engines is using of progressive technological processes of details` recovering that enhance the quality of recovery and, accordingly, the resource of refurbished machines.

The quality of the treated surface of the part is largely determined by the type of processing workflow. The condition of the surface layer determines the processes arising from the interaction of the machining tool with the treated surface. The quality of the surface layer of parts has a significant impact on the performance parts, assembly units of the machine. In this regard, the research questions at the option of the kinematic and structural parameters of the working tool when rolling out the cylinder liners are relevant.

2. Preconditions and means for resolving the problem

The surface layer of the processed material of details endowed with excess energy, as the surface atoms and molecules because of the presence of dangling bonds promote occurrence of phenomena such as adhesion, sticking, due to which the surface layer acquires a special structure.

The surface layer is formed by different processes that impart desired surface shape, material properties, and also cause a change in properties at the surface of the items. At the same time physical parameters of the surface layers, the structure is largely different from those of the rest of the workpiece material.

One of the promising technological processes, which considerably enhance the physical properties of the surface layer, is a combined method of treatment by rolling the cylinder liners in combination with an anti-friction treatment. This method allows not only to harden the surface layer but also obtain more ductile copper coating which reduces the friction coefficient and accordingly to improve durability of the entire node [1].

3. Results and discussion

One of the reasons that hinder the implementation process at the repair facilities for rolling cylinder liners is the relative complexity and lack of study of the kinematics of these tools. In the course of studying the literature [2, 3], it can be concluded that the productivity of the process depends on the kinematic scheme of rolling operation.

Thus, according to G.M. Azarevich and G.S. Bernstein [2, 3] there are several possible options for rolling liners depending on the driving member and the availability of zero speed at individual units.

Considering applied rolling scheme under the condition (Fig.1): unrolling (ball) is rotated (n_t); housing (separator) revolves with balls (n_s); processed liner is fixed ($n_{liner} = 0$); unrolling has forced displacement (S) along the axis of the liner; sliding of balls missing.

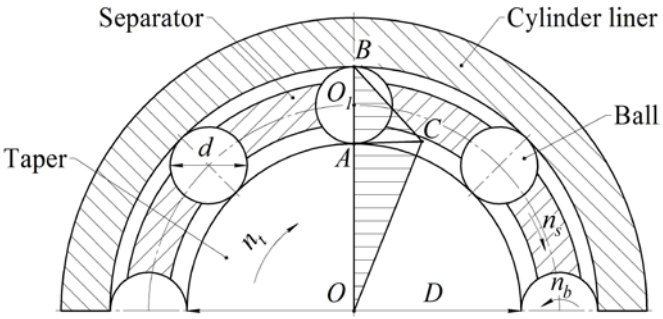


Figure 1. Scheme of rolling of liner by rotating tool

In this scheme, the linear velocity of the point A can be defined by mathematical expression:

$$V_A = \omega_b \cdot R = \frac{\pi n_t}{30} R = \frac{\pi n_t d}{60}, \quad (1)$$

where d – diameter of the ball; n_t – speed of rolling taper; ω_b – the angular velocity of the ball; R – radius of the ball.

At the same time the speed of the ball V_b at point A is numerically equal to the speed of rolling and defines by the vector:

$$V_b = \overline{V_t} = \overline{AC}. \quad (2)$$

The absolute velocity of the center of the ball O_1 is:

$$V_{O_1} = \frac{V_b}{2} = \frac{\pi n_t d}{120}. \quad (3)$$

Velocity of the center of ball is equal to its carrying speed. Point B is the instantaneous center of velocity for the ball. Then build the velocity profile for the ball, connect the dots in the end of the vector AC. The relative angular velocity of the ball is equal to:

$$\omega_b^r = V_A \cdot d = \frac{\pi n_b^r}{30}. \quad (4)$$

From this we can find the speed of the relative motion of the ball:

$$n_b^r = \frac{30 V_A \cdot d}{\pi}. \quad (5)$$

Rotational speed of the ball in a figurative movement is:

$$n_b^c = \frac{n_b}{2}\left(\frac{D-2d}{D-d}\right). \quad (6)$$

The rate of deformation of the liner is defined as the drive speed of the point of contact between the ball and the deformable surface:

$$V_d = \pi D \frac{n_b}{2}\left(\frac{D-2d}{D-d}\right). \quad (7)$$

Kinematic parameters of rolling and experimental results allow us to determine the process parameters of rolling for getting optimal roughness and physical and mechanical properties of the surface (Table 1).

Table 1. *Technological parameters of rolling of cylinder liners*

Parameters	Value
Roughness before treatment, microns	0,63
Rotational speed of rolling, rpm	500
Radial feed, mm	0,12
Feed of rolling on turnover, mm/r	0,1
The magnitude of interference, mm	0,1
Speed of rolling, m/mm	144

4. Conclusion

In the static indentation of the ball in the deformable surface remains the imprint that in the process of rolling passes in the trace of the deformed portion of the ball. The collection of such traces and forms the final roughness of the machined surface.

5. Literature

1. Balabanov V.I. Bezrazbornoe vosstanovlenie trushhixsya soedinenij avtomobilya. / V.I. Balabanov – M.: Astrel, 2002. – 64 s.
2. Azarevich G.M. Chistovaya obrabotka cilindricheskix otverstij poverxnostnym plasticheskim deformirovaniem / G.M. Azarevich. – M: ONTI. 1990. – 71 s.
3. Otenij Y.N. Progressivnye metody obrabotki glubokix otverstij / Otenij Y.N., Smolnikov N.Y., Olshanskij N.V. – Volgogorad: VolGGTU,2003. – 136 s.

ORGANIZATIONAL IMPROVEMENT IN TECHNICAL SERVICE OF TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINE IN NORTHWESTERN DISTRICT OF RUSSIA

Dr, professor Kartoshkin A., Phd, professor Belyakov V., Phd, associate professor Shirokov S., Phd, associate professor Ovchinnikova E., Phd, associate professor Belinskaya I.
Saint Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg-Pushkin, Russia
e-mail corresponding Author: belinska@yandex.ru

Abstract: in the article organizational improvement in technical service of tractors are considered by creating universal diagnostic modular mobile laboratory and developments of its organizational structure.

KEYWORDS: *TRACTORS, UNIVERSAL DIAGNOSTIC MODULAR MOBILE LABORATORY, ORGANIZATIONAL IN TECHNICAL SERVICE*

Intoduction

Analysis of tractor technical support of the northwest district, including Leningrad region of Russian Federation, is shown that the mixed park of tractors consists of domestic (4%) and foreign (19%) tractors under warranty, domestic (13%) and foreign (39%) tractors out of warranty, domestic (4%)and foreign (21%) secondary market tractors. Taking into consideration that dealers are responsible for tractor technical support of the mixed park, who, because of efficient technical scarcity doctrine, impose their conditions on the market, define their own pricing policy and refuse from secondary market tractor support.

Differential quantitative and qualitative composition, rosemarket, design features tractors, large territorial service areas, uneven annual loading tractors and personnel require specific technical services in the Northwest region. In addition, the existing maintenance system does not take into account the peculiarities of functioning of dealer technical centers equipped with diagnostic equipment of domestic and foreign production.

Preconditions and means for resolving the problem

At the Department of Automobiles, tractors and technical services", Saint-Petersburg State agrarian University developed universal mobile modular diagnostic laboratory (Fig. 1). The laboratory is used for diagnosing mixed fleet of tractors and tractors aftermarket; to diagnose harvesters, mobile agricultural units; determine the status of land, as well as being the operator of the agricultural machine. Laboratory (UMMDL) formed on the basis of an all terrain vehicle (four-wheel drive vehicle with a diesel engine, comprises a diagnostic module (Fig. 1, a) and repair of the module (Fig. 1, b). UMMDL has patented (patent for useful model № 151681).

Justified the complication of tools, devices, diagnostic tools and technological equipment, as well as versatility, portability, and modularity diagnostic and repair modules offered UDML.

Diagnostic module serves for the diagnosis and routine maintenance. Repair module is used for repair and maintenance work and emergency waivers of tractors and agricultural machines in the field. UMMDL also can be effectively used for field and environmental issledovanii, including monitoring local technical dirt.

Instruments, devices and diagnostic equipment is placed in the body (2) special versions of the diagnostic module (Fig. 1, a).

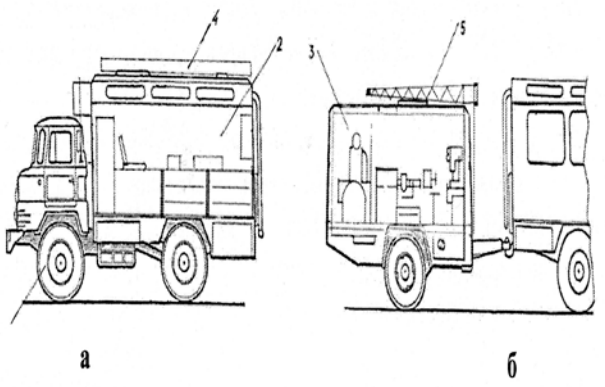


Fig. 1. *Universal modular diagnostic mobile laboratory (a) repair the module (b): 1 – vehicle terrain; 2 – body special design: 3 – single axle trailer repair module; 4 – tent (tent); 5 – console lifting device.*

With the use of the mobile laboratory it is possible to determine the technical condition of tractors and assign appropriate preventive work and even perform them in the field. Application diagnosis if simple maintenance is performed on the temporary Parking lot or in the field.

If you are just testing whether a particular device (e.g., control unit fuel pump or suspension) tester or scanner is connected directly to a socket Assembly through available in the laboratory of special adapters. To conduct non-complex repair of impact in the field UMMDL close to the tractor. If necessary, install the canopy 4. Under these conditions it is possible to conduct maintenance impacts, such as replacing a fuel pump, subsequent adjustment and tuning of the entire fuel system, then you need to record diagnostic parameters in the electronic control unit on-Board computer of the tractor.

In addition to the above equipment to the laboratory attached to a single axle covered trailer, which houses a diesel generator, small-sized lathe and milling machines, drilling machine, electronical, electric and gas welding machines, universal tool kit. The presence of the trailer allows for relatively easy repair in the field. For more complex repair of impact in the field (for example, the suspension system repair with the necessity of removing the unit and the inability to transport the tractor to the place of deployment; in the case where the integrated agricultural unit is difficult or impractical, demonti face and transported to the Central database management) developed by us technology allows repair impact in the field without dismantling the unit. Laboratory (1) repair the module (3) p is extended in accordance with the scheme (Fig. 2). In this scheme of organization of the repair area difficult repair the affected individual tractor (or a mobile agricultural machine).

Diagnostic laboratory (1) repair the module (3) are placed at an angle of 90 0 to leeward. Repair area is covered with a canopy (4) and is mounted jib crane boom (5). Repair area shall be organized in such a way that the failure of a tractor or agricultural unit was in the area.

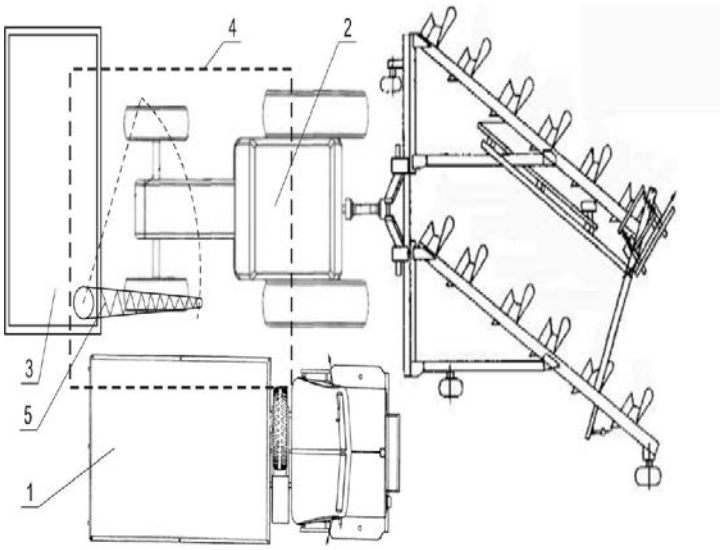


Fig.2. *. Organization of the repair zone in field conditions: 1 – UMMDL; 2 – tractor unit repaired; 3 – repair module; 4 – cover; 5 – rotary valve; 6 – integrated agricultural unit*

Conclusion

The developed technology all repair effects in the field do not violate the requirements of manufacturability of products (GOST 14.205 – 83).

Application service according to the proposed technology, often carried out with tractors of the secondary market, both domestic and foreign production. In this complex the repair actions are applied mainly to domestic tractors.

In our opinion, the use of universal mobile diagnostic units are aimed at improving the technical and instrumental support field research. In addition, significantly increasing opportunities for diagnosing and Troubleshooting in field work, reduces the downtime of the units, eliminating the dependence of agricultural enterprises from the dictates of a few dealers. This is especially true of service tractors aftermarket. The results of operational research technology diagnostic of the domestic production of tractors show that the proposed technology by the time of diagnosis is reduced by 27 %.

Literature

1. V.Minin, V.Belyakov, A. Kartoshkin, S. Shirokov, E. Ovchinnikova, S. Lubimov, I. Belinskaya. 2011. Towards regional system of service to field research and experiments in agriculture and related sciences in their conducting and mechanization. In: Proceeding of the Fourteenth International Conference on Mechanization of Field Experiments, 2012 October 12-14, China, Qingdao, 15-18.
2. A.Kartoshkin, V.Belyakov, 2011. Technical aspects of ecological safety farm industry. In: Efficient and safe processes in sustainable agriculture and forestry. XXXIV CIOSTA CIGR V conference, 2011, June 29-July 01, Austria, Vienna, 93-95.
3. A.Kartoshkin, V.Belyakov, 2009. Local technical monitoring of the environmental state of the Baltic Sea. In: Book of abstracts of the X International environmental forum "Baltic Sea Day", 2009, March 17-19, Russia, Saint-Petersburg, 136-138.

PREPARATION RECOMMENDATIONS FOR THE PROTRACTED STORAGE OF MOTOCULTIVATOR WEIMA 900M

Docent, candidate of technical sciences Lyashenko S.
Poltava state agrarian academy, Ukraine

Abstract: *the analysis of technological operations of preparation is considered to storage of WEIMA 900M. Improved technological process of preparation to protracted storage of motocultivator, due to development of recommendations necessary to implementation. Control the system storage of facilities of small mechanization, which is based on collection and use of database about damages that breakages which arise up in the period of storage of technique, is offered. Due to the developed system, possibility to control the technical state during the period of exploitation appeared.*

KEYWORDS – PREPARATION, STORAGE, TECHNOLOGICAL OPERATION, TECHNICAL STATE, EXPLOITATION.

RAISING OF PROBLEM.

Purchasing a motocultivator a consumer runs into a problem what technological operations for a technique must be executed before its storage, while in instruction of plant manufacturer this information is not presented in general. In these terms the users of facilities of small mechanization need careful description of technological operations which are necessary to do before rising on storage with the aim of charges reduction on maintenance of motocultivator.

AIM AND RESEARCH TASKS.

Aim: increasing of efficiency usage of motocultivators by development of complex of technological operations before rising on storage, sent to maintain in working and good condition all of its knots during the purpose use.

The basic *tasks* of researches are: to analyze the rules of storage of agricultural technique due to GOST 7751-85; to work out recommendations to implementation of technological operations before rising on storage motocultivator WEIMA 900M.

ANALYSIS OF BASIC RESEARCHES AND PUBLICATIONS WHERE THE DECISION OF PROBLEM IS FOUNDED IN.

Review of basic results of researches and publications on given question, showed that the basic requirements to storage of agricultural technique, envisaged by GOST (government standard) 7751-85 [1]. An analysis of the last researches and publications Molodyk M.V., Gykov J.S., Morgun A.M., Makarenko M., Kosachenko O.V. showed that research of reliability of machines during exploitation, technical service, repair and storage, are related to the quality of providing services during all period of exploitation [2-5]. It is possible to draw conclusion on results of the works analysis of leading specialists, that exactly on question of preparation to storage the facilities of small mechanization there is not enough existing information. That's why, for development of technological operations, that is executed before rising on storage, it is necessary to work out a database, that would contain the accumulated information about a damage and disrepairs that arose up in the period of storage and would allow to use her for development of recommendations for effective preparation of facilities of small mechanization to storage.

RESULTS OF RESEARCHES.

In order that a motocultivator worked reliably and long, it is necessary to retain him in the proper state. As a rule, the proprietors of motocultivators treat their "mechanical horses" with enough care and use all necessary facilities that they could spent winter successfully. But it's not always completely successful, first there's not much information about the types of works that must be done before rising on storage, second, conditions are not satisfying, as a result of absence of sufficient area of placement, or coverage. And third, we not always take into consideration some important recommendations.

The general recommendations for the period of exploitation are presented as the extended table 1.

Table 1 *- Recommendations to implementation of technological operations before rising on storage of motocultivator of WEIMA 900M.*

Operation of technical service	Reasons, remarks
1	2
PROTRACTED STORAGE of MOTOCULTIVATOR WEIMA 900M (interruption in the use for more than two months)	
1.1 Execute cleaning from plant bits and pieces and technological contaminations.	1.1 The surfaces of details can contain sticking of soil, that needs usege of special scrubbers and brushes.
1.2 Execute washing.	1.2 Component parts, that forbid water splashes (magneto, relay) is necessary to close by cover or polyethylene tape. The painted surfaces of motocultivator shoul be washed bu the stream of water force-feed 0,3…0,5 MPa, not painted - force-feed to 2 MPa. The surfaces of details can contain leftovers of oils, it is necessary to use

Prolongation of table 1

1	2
	Washing of motocultivator must be executed on the special ground, where is provided neutralization of effluents and washing solutions, or to collect water in a reservoir for defending, filtration and repeated use during the duty washing.
1.3 Execute drying.	1..3 For drying it is recommended to use the compressed air. Whereupon additionally to wipe by dry fabric all surfaces of knots and mechanisms.
1.4 Disconnect a hanging equipment.	1.4 To use supporting prop.
1.5 Set in position that eliminates the involuntary rolling.	1..5 A haste at positioning of motocultivator results in its unsteady position, it is recommended to use antirecoil supports.
1.6 Transfer fuel petcock in its "closed" position.	1.6 Petrol is a self-lighting and explosive substance. Do not smoke and make sure, that next to a fuel there's no fire and sparks.
1.7 Set a motocultivator on supports.	1.7 To provide minimum distance from a terrene to the wheel at 100 mm. To use the special supports that fixates motocultivator in hang up position reliably at least in three points.
1.8 Execute preservation of internal cavities of engine.	1.8.1 Pour out oil from a crank case. 1.8.2 Wash off the oil system by the mixture of 80% of diesel fuel and 20% of agile oil. 1.8.3 For preservation of internal cavities

	of engine use working preservation oil that is agile oil for this engine with addition of 5% of inhibitory additive AKOR-1 (GOST 15171-70). Working preservation oil is prepared at the temperature of agile oil, not lower than 15 ^{0}C, and warmed-up additive AKOR-1 - not higher than 60 ^{0}C. 1.8.4 Use oil that is in a crank case, if it did not work the set term and is not a subject for replacement. Mixture must be carefully mixed. It's forbidden to flow AKOR-1 or other inhibitory additive directly in a crank case, as they stick on walls and has no effect. 1.8.5 Inundate preservation oil in a crank case. 1.8.6 Start the engine of motoblock on 5...8 min. 1.8.7 For preservation of cylinder of engine through opening for the switch candle inundate 30…40 gr. of working preservation oil and scroll a crankshaft during a 3...5 s. Set a candle into place.
1.9 Execute prevervation of internal cavities of reducing gear of transmission.	1.9.1 Pour out oil from the reducing gear of transmission. 1.9.2 Wash off the reducing gear of transmission by the mixture of 80% of diesel fuel and 20% of trasmission oil. 1.9.3 For preservation of internal cavities of reducing gear of transmission use working preservation oil, that is agile oil for this reducing gear with addition of 5% of inhibitory additive AKOR-1 (GOST 15171-70). Working preservation oil is prepared at the temperature of trasmission oil, not lower than 15 ^{0}C, and warmed-up

Prolongation of table 1

1	2
	additive of AKOR-1 - not higher than 60 ^{0}C. Use oil that is in the reducing gear of transmission, if it did not work the set term and is not a subject for replacement. Mixture must be carefully mixed.
	It's forbidden to flow AKOR-1 or other inhibitory additive directly in the reducing gear of transmission, as they stick on walls and has no effect. 1.9.4 Inundate preservation oil in the reducing gear of transmission. 1.9.5 Start the engine of motoblock, switch a transmission and give it to work for 1...2 min
1.10 Execute the sealing-in of all opening, cavities through that atmospheric precipitations can get inside.	1.10 To execute the sealing-in of opening and cavities using lids, corks and chokes of corresponding diameter. The use of fabric is forbidden.
1.11 Take off rubber passes in case of storage motocultivator on outside for over a month.	1.11 After a removal rubber passes must be washed in warm water (in 10 l. of water dissolve 50…100 gr. of soap and 100 gr. of trisodium phosphate), after that they are dried out. Later powder by talc and place in the suspended state on pegs indoors (with relative humidity of 50…70%, air temperature from 5 to 25 ^{0}C, daily
	allowance vibrations of not more than 10 ^{0}C). Wedge like passes are keeped unfolded on pegs with rounding heads. (by a radius a 100...200 mm)
1.12 Inflict slushing oil on the working surfaces of pulleys and stretched rollers.	1.12 Inflicting slushing oil on the working surfaces of pulleys and stretched rollers is necessary with a brush, covering all surface.
1.13 Clean rubber passes in case of maintenance motocultivator indoors.	1.13 Cleaning of rubber passes should be executed by the solution you can see in p. 2.9.
1.14 Execute unloading of tires motocultivator that is set on supports.	1.14 Pressure is decreased to 70% of working. The surfaces of tires are covered by a beeswax or other protective material in case of storage motocultivator outdoors.
1.15 Execute the external preservation of motocultivator.	1.15.1 Preservation of surfaces is executed according to the requirements of GOST 7751-85, GOST 9.014-78. 1.15.2 Execute preparation of surfaces applaying protective covering. Places that are damaged by corrosion is necessary to process by the rust converter or by the modifier of corrosion. 1.15.3 Clean the surface and inflict paint into damage area. 1.15.4 For the external preservation it is recommended to use universal waxen mixtures and polymeric coverage. They protect painted surfaces, unpainted metallic and rubber-textile wares, and details from a plastic. A specialty of these mixtures lay in unnecessarily of

Prolongation of table 1

1	2
	depreservation for beginning of exploitation of motocultivator. 1.15.5 Preparation of surface to the external preservation and implementation of preservation must be conducted at air humidity of not higher than 70%, and the ambient air temperature not below + 5 ^{0}C.

As evidently from a table 1 the worked out recommendations for implementation of technological operations for storage preparation of motocultivator WEIMA 900M in the personal agriculture give us an opportunity to prolong the term of its the effective usage. On the basis of the accumulated database about malfunctions and failures, for the period of storage, and using a table 1 it is possible to control the technical state of motocultivator during all period of exploitation.

CONCLUSION.

1. Basing of analysis of existent rules of storage of agricultural technique it's set, that for increasing of usage efficiency of motocultivators WEIMA 900M it is necessary to adapt the list of necessary operations of preparation for storage.

2. Offered recommendations on storage of motocultivators give an opportunity to increase shock-absorbing terms of their work up to 25...30%.

3. It is set that violation of rules of storage of facilities of small mechanization reduces their period of the effective usage in 2...3 times.

BIBLIOGRAPHY

1. GOST 7751-85 Technique used in agriculture. Rules of storage.

2. Lyashenko S.V. An improvement of chart of realization and expansion of list of necessary operations of technical maintenance of facilities of small mechanization based on the results of their tests on homestead lands [Text] / S.V. Lyashenko // PDAA Bulletin. - Iss. 3. - Poltava, 2014. - p. 178-182.

3. Conception of perspective development of technical service of AIC of Ukraine / J.S. Gykov, M.V. Molodyk, A.M. Morgun and others. - Glevaha: NSC IMEAK, 2004. – 59 p.

4. Makarenko M. Storage of machines in a non-working period // Agribusiness Today. - №23 (246), 2012. - p. 36 - 40.

5. Kosachenko O.V. Problems and prospects of development of technical service of machines of AIC [Text] / O.V. Kosachenko // KNTUAK by P. Vasylenko Bulletin. - Iss.145. - Kharkiv, 2014.- p. 3 -7.

THEORETICAL FOUNDATION OF BIODIESEL FLUSHING

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫВКИ БИОДИЗЕЛЯ

Polischuk A., Ass. Prof. PhD Drahniev S., Ass. Prof. PhD Polischuk V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine – Kiev, Ukraine
E-mail: polischuk.v.m@gmail.com, svdragnev@gmail.com

Abstract: *The settling dynamics of aqueous solution potassium citrate plates and water droplets in the bulk of biodiesel were considered. The settling time of their deposition was determined. Rational water droplet sizes for washing biodiesel were defined.*
KEYWORDS: BIODIESEL, DEPOSITION RATE, POTASSIUM CITRATE PLATE, WATER DROPLETS, REYNOLDS.

1. Introduction

The calcium salts (citrate) are formed during biodiesel neutralization with citric acid, which together with water are connected in a plate shape similar to the shape of a cylinder with a maximum diameter about 1,5-3 mm. These plates are broken down into smaller maximum diameter of approximately 50 μm under the mixing of biodiesel during the neutralization. The ratio of the height of the plate an aqueous solution of potassium citrate to its diameter is approximately 1/10. The density is 1237 kg/m^3.

Calcium salts should be removed from biodiesel to reduce its alkalinity after neutralization. This can be done by the settling.

2. Preconditions and means for resolving the problem

The particle in a vertical channel of liquid is sustained the gravity force: $P_g=m_ч g=V_ч\cdot\rho_ч\cdot g$ [1], the Archimedes force $P_A=V_ч\cdot\rho_p\cdot g$ [2],

where $M_ч$ – the mass of particle, kg; $V_ч$ – the particle volume, m^3; g – the acceleration of gravity, m/s^2; $\rho_ч$, ρ_p – respectively the density of the particle and fluid, kg/m^3.

If $P_a>P_A$, the particle starts to fall in the bulk liquid. The force acting on the particle at this point is:

$$P_a-P_A=V_ч\cdot\rho_ч\cdot g-V_ч\cdot\rho_p\cdot g=V_ч\cdot g\cdot(\rho_ч-\rho_p). \quad (1)$$

When the particle motion starts toward the bottom of the tank, beginning to act the resistance force, which opposing the difference of the forces $P_g–P_A$: $P_o=\zeta\cdot S_÷\left[\left(\rho_p v_÷^2\right)/2\right]$ [1],

where ζ – coefficient of resistance; $S_ч$ – the projected area of a particle on the horizontal plane, m^2; v – the velocity of the particle, m/s.

The particle moves with acceleration at the initial settling. But with increasing speed, the resistance of the medium is increased and consequently the acceleration is decreased. Very soon it will come the equilibrium: the environment resistance force P_o compares with the power of moving particles $(P_a–P_A)$ and will come to a dynamic equilibrium: $P_o=P_a–P_A$. From this point, the particle will move uniformly with constant velocity. This velocity is called the settling rate v_{oc}.

The settling velocity can be found from the condition of equality of the forces driving the particle and the environment resistance force $P_g-P_A=P_o$ [2]:

$$V_ч\cdot g\cdot\left(\rho_ч-\rho_p\right)=\zeta\cdot S_ч\left[\left(\rho_p v_ч^2\right)/2\right]. \quad (2)$$

Hence the settling velocity of particles is:

$$v_{oc}=\sqrt{\frac{2\cdot V_ч\cdot g\cdot\left(\rho_ч-\rho_p\right)}{\zeta\cdot S_ч\cdot\rho_p}} \quad (3)$$

Coefficient of resistance ζ depends on the mode of particle motion at the settling $\zeta=f(\mathrm{Re})$, which is characterized by the Reynolds number [2]:

$$\mathrm{Re}=\frac{\rho_p d_ч v_{oc}}{\mu_p}, \quad (4)$$

where Re – Reynolds number; $d_ч$ – the particle diameter, m; μ_p – the dynamic viscosity of the liquid, Pa·s.

There are different modes of particles settling, all of them depends on the certain value of the Reynolds number Re.

In laminar mode Re<2 the ratio of the environment resistance is defined as $\zeta=24/\mathrm{Re}$. With the development of turbulent flow the local turbulence begins to appear and the transition zone occurs (Re=2-500). The resistance coefficient of the medium is defined as $\zeta=10/\mathrm{Re}^{0,5}$. Since some values of the Reynolds number, when fully developed turbulent flow is $500<\mathrm{Re}<2\cdot10^5$, the frictional resistance can be neglected, since the main force becomes a drag. For the turbulent region the ratio of the environment resistance is $\zeta=0{,}44$ [2]. When $\mathrm{Re}\geq2\cdot10^5$ the crisis resistance begins, and the value ζ is sharply drops (4-5 times) [3]. Given values ζ are fair, when the moving particle has the shape of a sphere.

For other bodies with regular geometric shape the experimental values ζ do not amenable to exact generalization of empirical formulas. With some approximation, we can calculate the value ζ for particles of irregular geometric shapes in the above formulas for spherical particles using the sphericity coefficient φ_c, the value for particles of cylindrical shape range $h=(1/2)\cdot d\ldots(1/30)\cdot d$ can be approximated by the expression $\varphi_c=\left(0{,}2233\cdot\ln(a)+0{,}9869\right)$ when $R^2=0{,}9993$, where a – the multiplier in the range from 1/2 to 1/30.

The coefficient of non-spherical particles for the laminar regime is $\varsigma=28{,}47/\left[\mathrm{Re}_e\cdot\lg\left(\varphi_c/0{,}065\right)\right]$, where Re_e – the equivalent Reynolds number, which is defined as $\mathrm{Re}_e=\left(\rho_p d_e v_{oc}\right)/\mu_p$,

where d_e – the equivalent diameter of equal sphere, m. Equivalent diameter equal of the sphere is determined from the expression $d_e=\sqrt[3]{6\cdot V/\pi}$. For turbulent regime the coefficient of non-spherical particles is defined as $\varsigma=5{,}31-4{,}87\cdot\varphi_c$ [3]. In the area of the transient regime for non-spherical particles is recommended to use a value ζ, listed in [3, c. 70]. They can be approximated by the expression $\varsigma=19{,}848\cdot\mathrm{Re}_e^{-0{,}3858}$ when $R^2=0{,}899$.

However, formula (3) is difficult to use in practice, because it includes a coefficient that depends on the Reynolds number and mode of particle motion. At the same time, the mode of the particle motion and the Reynolds number, in turn, depend on the settling velocity.

Therefore, **the aim of our research** is development a mathematical model of the aqueous solution potassium citrate plates settling, which will allow to set and optimize the velocity and time of their settling.

3. Results and discussion

Due to the difficulty of applying the formula (3), the particles settling in the bulk liquid is useful to consider in the dynamics. According to [1], the equations of particles motion in the bulk liquid can be recorded as a system of differential equations:

$$\begin{cases} m_ч\dfrac{dv_ч}{dt}=P_O-\left(P_g-P_A\right) \\ \dfrac{dl_к}{dt}=v_ч \end{cases} \quad (5)$$

where $l_к$ – is the length of the channel (distance, which passes settling particles in bulk of biodiesel), m.

Substituting in the expression (5) the values of the forces of gravity, resistance and Archimedes, we get the system of differential equations describing the particles settling in the static liquid located in the bore of $D_к$:

$$\begin{cases} \dfrac{dv_÷}{dt} = \dfrac{\zeta \cdot S_÷ \cdot \rho_p \, v_÷^2 \cdot \left(1 - \left(\dfrac{d_÷}{D_ê}\right)^2\right)}{2 \cdot m_÷} - \dfrac{V_÷ \cdot g \cdot \left(\rho_÷ - \rho_p\right)}{m_÷} \cdot \\ \dfrac{dl_ê}{dt} = v_÷ \end{cases} \quad (6)$$

By solving the system of equations (6), it is received dynamics of change in time of the settling velocity of particles, Reynolds number and the settling time.

Dynamics of change of the settling velocity of aqueous solution potassium citrate plates in time is shown in Fig. 1. As can be seen from the table 1, plate diameter ranging from 10 μm to 100 μm are settled in laminar mode, because Re<2.

Table 1

Indicators of aqueous solution potassium citrate plates settling in biodiesel

Parameter	The plate diameter, microns		
	10	50	100
Re	$2{,}39 \cdot 10^{-13}$	$7{,}47 \cdot 10^{-10}$	$2{,}39 \cdot 10^{-8}$
v_{oc}, m/s	$3{,}125 \cdot 10^{-7}$	$7{,}82 \cdot 10^{-6}$	$3{,}125 \cdot 10^{-5}$
t_{oc}*, days	37	1,48	0,37

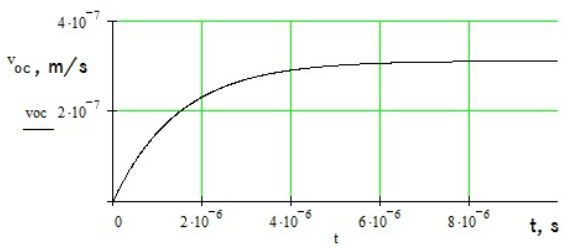
* – the settling time of aqueous solution potassium citrate plates in the biodiesel column with height 1 m

The settling velocity of aqueous solution potassium citrate plates is gradually growing, as can be seen from Fig. 1. After stopping the mixer the gravity force acts on the plate, gradually it begins to exceed the Archimedes force and effect resistance, the settling velocity increases according to the law, which is close to linear. However, starting from some point in time, due to increased resistance, the acceleration of the plate decreases and at a certain point, when the force of gravity is balanced by the Archimedean force and the resistance force, the settling velocity is stabilized.

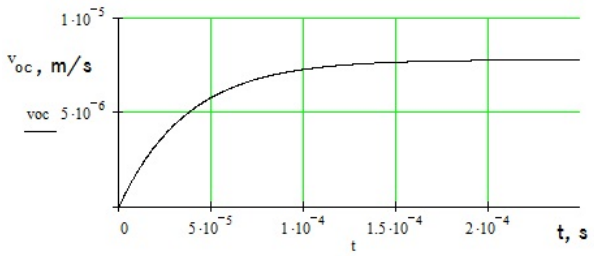
If the aqueous solution potassium citrate plates would be kept the size that they form by neutralizing biodiesel with aqueous solution of citric acid (0,5 to 1,5 mm), the settling time would take from 2 to 20 minutes in the thickness of biodiesel with height of 1 m.

However, during neutralization the formed plates are broken with a mechanical stirrer into smaller ones, their settling time increases substantially. If the settling time of plates with a diameter of 100 μm is about 10 hr, then plates with a diameter of 50 μm are settled within 1,5 days, and with a diameter of 10 μm is up to 40 days. The situation is complicated by the fact that there is a wide polydispersity of the aqueous solution potassium citrate plates in the biodiesel after neutralization, resulting in incomplete cleaning of potassium hydroxide.

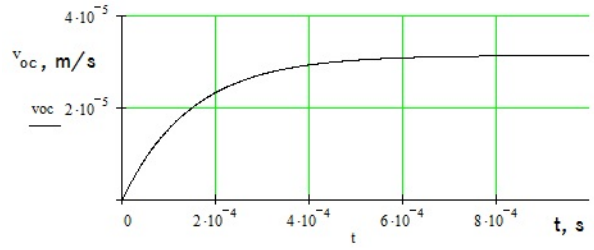
1)



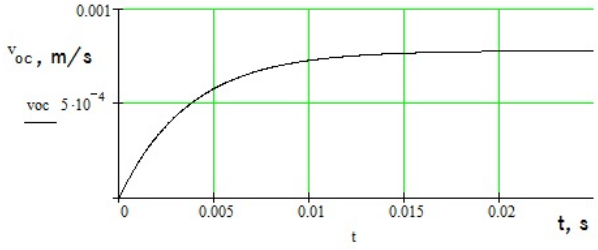
2)



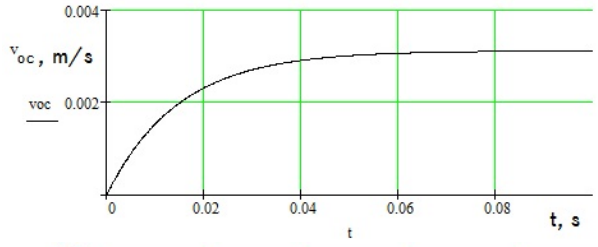
3)



4)



5)



6)

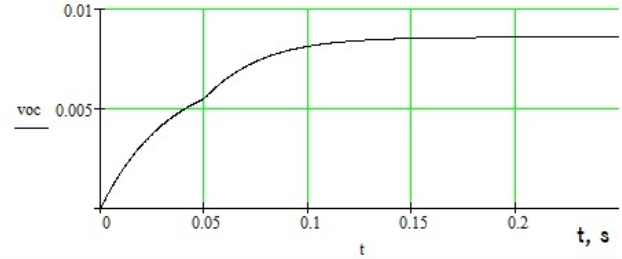


Fig. 1*. The settling velocity of the aqueous solution potassium citrate plates (the ratio of height to diameter 1/10) in the biodiesel column, where the diameter of the plate: 1 – 10 μm; 2 – 50 μm; 3 – 100 mm; 4 – 500 μm; 5 – 1000 μm; 6 – 1500 μm*

One of the ways to increase the efficiency of biodiesel purification is flushing with water by spraying it over the surface of the biodiesel with the subsequent movement of water droplets toward the bottom of the tank. During the movement of liquid droplets are connected with the plates of pollutants and captured them.

Dynamics of change of the water drops settling velocity over time in the absence of the initial velocity are shown in Fig. 2. As can be seen from the table 2, droplets with a diameter of 2 mm are settled in laminar regime (Re<2), by increasing the diameter of the drops of more than 2000 μm their settling is carried out in a transient mode.

The action mechanism of the forces: gravity, Archimedes and resistance on the drop is similar to the action of these forces on the plate with a cylindrical shape.

Table 2

Indicators of water droplets settling in biodiesel

Parameter	The plate diameter, microns					
	100	500	1000	1500	2000	2500
Re	$3{,}2\cdot10^{-6}$	0,01	0,24	0,8	1,9	3,7
v_{oc}, m/s	$3{,}6\cdot10^{-4}$	$9{,}1\cdot10^{-3}$	0,031	0,047	0,062	0,078
t_{oc}*, s min.	2778 46,3	110 1,8	32 0,54	21 0,35	16 0,27	12,8 0,21

* – the settling time of water droplets in the biodiesel column with height 1 m

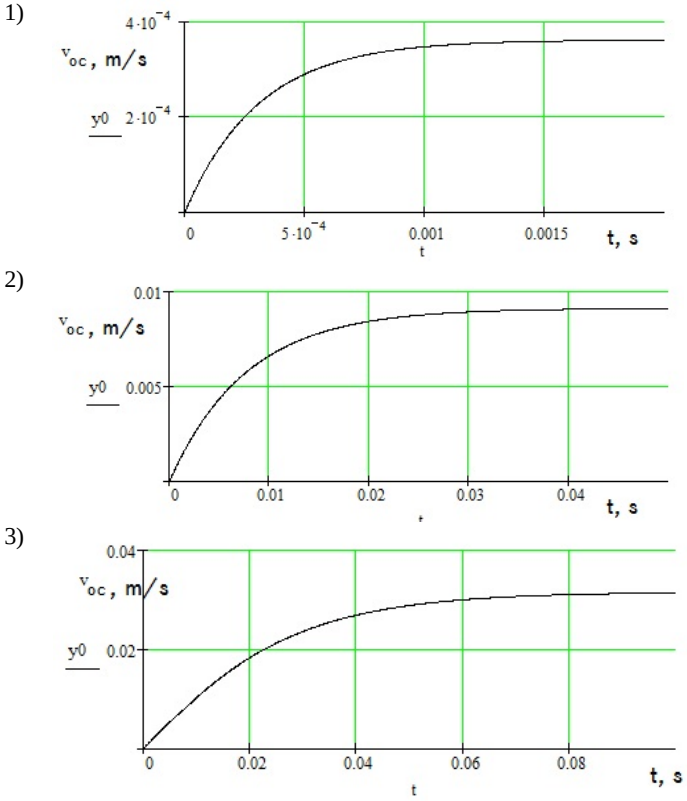
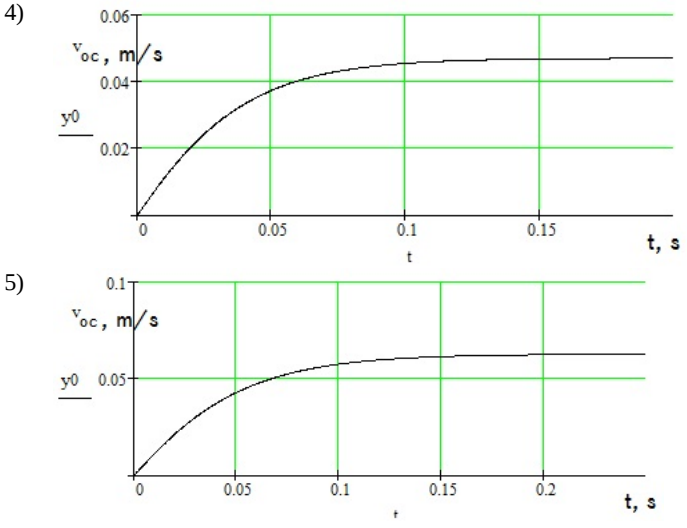


Fig. 2. *The settling velocity of water drops in the biodiesel column, where their diameter: 1 - 100 μm; 2 - 500 μm; 3 - 1000 μm.*



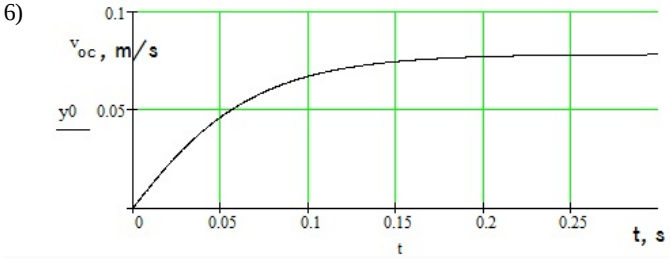


Fig. 2. (continued) The settling velocity of water drops in the biodiesel column, where their diameter: 4 - 1500 μm; 5 to 2000 μm; 6 - 2500 μm

4. Conclusions

1. The settling time of aqueous solution potassium citrate plates is from 0,5 to 40 days during the biodiesel cleaning from the catalyst. Therefore, to speed up this process, it is recommended to spray into the biodiesel column the water droplets that attach to themselves contaminant particles and transport them to the reactor bottom.

2. From the water droplets diameter 1 mm further increase of their dispersion do not significantly affect the settling velocity. It is therefore desirable to wash the biodiesel by water drops spraying in it with a diameter of 0,5 to 1 mm. The settling velocity of these drops does not exceed 2 minutes. Decreasing the dispersion drops their settling velocity increases significantly.

5. References

1. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – М:. Колос, 1976. – 344 с.

2 Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій: [Навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів] / В.С. Шалугін, В.М. Шмандій. – К: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.

3. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: [Учебн. пособие для студ. вузов] / Н.И. Гальперин – В двух книгах. – М: Химия, 1981. – 812 с.