

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

Vol. 17, No 3

LUBLIN – RZESZÓW 2015

Editor-in-Chief: *Eugeniusz Krasowski*

Assistant Editor: *Jerzy Grudziński*

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Valeriy Dubrovin*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliia Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichołaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Kornacki*, Lublin, *Rostislav Bun*, Lviv

Editorial Board

Dariusz Andrejko, Lublin, Poland
Andrzej Baliński, Kraków, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland
Aleksandr Dashchenko, Odessa, Ukraine
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland
Konstantin Dumenko, Mykolayiv, Ukraine
Dariusz Dziki, Lublin, Poland
Stepan Epoyan, Kharkiv, Ukraine
Jan Gliński, Lublin, Poland
Dimitriy Goncharenko, Kharkiv, Ukraine
Janusz Grzelka, Częstochowa, Poland
Aleksandr Hohubenko, Lugansk, Ukraine
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine
Józef Kowalczyk, Lublin, Poland
Volodymyr Kravchuk, Kiev, Ukraine
Petro Kulikov, Kiev, Ukraine
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland
Andrzej Kusz, Lublin, Poland
Janusz Laskowski, Lublin, Poland
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland
Jerzy Merkiś, Poznań, Poland
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland
Jarosław Mykhajlovych, Kiev, Ukraine
Janusz Mysłowski, Szczecin, Poland

Jaromir Mysłowski, Szczecin, Poland
Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Stanislav Nikolajenko, Kiev, Ukraine
Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Marian Panasiewicz, Lublin, Poland
Sergiej Pastushenko, Mykolayiv, Ukraine
Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Zinovii Ruzhylo, Kiev, Ukraine
Vjacheslav Shebanin, Mykolayiv, Ukraine
Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Volodymyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Stanisław Sosnowski, Rzeszów, Poland
Henryk Sobczuk, Lublin, Poland
Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
Andrzej Stępniewski, Lublin, Poland
Michał Sukach, Kiev, Ukraine
Aleksandr Sydorchuk, Kiev, Ukraine
Beata Ślaska-Grzywna, Lublin, Poland
Wojciech Tanaś, Lublin, Poland
Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Bielarus
Leonid Tishchenko, Kharkiv, Ukraine
Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland

All the articles are available on the webpage: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Teka-Motrol.html>

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Ivan Rohowski*
Typeset: *Ivan Rohowski, Adam Niezbecki*
Cover design: *Hanna Krasowska-Kołodziej*
Photo on the cover: *Natalia Zhytariuk*

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2015

© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2015

© Copyright by University of Life Sciences in Lublin 2015

in co-operation with National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine in Kiev 2015

Editorial Office address

Polish Academy of Sciences Branch in Lublin
Pałac Czartoryskich, Plac Litewski 2, 20-080 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Printing

AgroMediaGroup, Novokonstantinowska Str. 4a, 04-080 Kiev, Ukraine

Publishing Office address

AgroMediaGroup, Novokonstantinowska Str. 4a, 04-080 Kiev, Ukraine

ISSN 1730-8658
Edition 100+16 vol.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

Людмила Титова, Иван Роговский

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Ул. Героев Обороны, 15, г. Киев, Украина. E-mail: titovall@ukr.net*

Lyudmila Titova, Iwan Rohovsky

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine. E-mail: rkalinichenko@ukr.net*

Аннотация. Исследованы оптимальная периодичность и объем работ планирования технического обслуживания машин для лесотехнических работ. Анализ существующих методов определения оптимальных сроков проведения технического обслуживания. При эксплуатации машин для лесотехнических работ необходимо обеспечения высокой вероятности безотказной работы при их минимальном простое. В таких условиях стоимостные критерии или частичные показатели вероятности безотказной работы, коэффициента технического использования, коэффициента готовности взятые в отдельности не могут быть приняты в качестве критерия при определении оптимальности системы обеспечения работоспособности. Поэтому в качестве показателя эффективности использования машины нужно принимать комплексный показатель, который количественно оценивается произведением вероятности безотказной работы на коэффициент технического использования.

Ключевые слова: периодичность, работоспособность, машина для лесотехнических работ, критерий оптимальности, эксплуатация.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Совершенствование системы восстановления работоспособности для лесотехнических работ (далее – машин) включает задачи оптимизации принципов организации, методов и форм проведения технического обслуживания. К таким

задачам относятся также задачи оптимизации проверки или контроля работоспособного состояния, поиска отказав элементов; оптимизации периодичности и объема технического обслуживания; комплексной оптимизации технического обслуживания и другие.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Установление оптимальной периодичности и объема работ составляют основу планирования технического обслуживания машин [1, 2]. Анализ существующих методов определения оптимальных сроков проведения технического обслуживания показывает, что они базируются на нескольких принципиально разных подходах [3, 4]. Рассмотрим некоторые методические подходы к решению этой сложной технической задачи.

Периодичность выполнения отдельных работ по техническому обслуживанию за профессора Д.П. Волковым может быть определена следующими методами: по аналогии; с использованием технико-экономических расчетов; за изменением внешнего вида узла, механизма, соединения (периодичность операций мытья, замены масел и др.); по допустимым значениям и закономерностью изменения параметра, характеризующего техническое состояние (для узлов и агрегатов, подлежащих регулировочным, очищающим и некоторым смазочным работам) [5, 6].

Согласно последней метода для

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

определения периодичности определенных работ технического обслуживания необходимо установить закон распределения плотности времени τ достижения предельно допустимого значения параметра $\Pi_{гр}$ (рис. 1). Зная числовые характеристики данного распределения, можно найти исходные значения времени, для случая нормального распределения часто принимается меньше среднего значения на среднее отклонение [7]. Очевидные недостатки определения оптимальной периодичности данным методом в том, что он не оптимизационного характера.

Заслуживает внимания методика профессора А.С. Проникова, согласно которой оптимальный период должен обеспечить, при прочих равных условиях, минимальное значение относительных потерь z за счет рационального соотношения между объемами работ при периодических ремонтах и межремонтному обслуживанию. При формировании структуры ремонтного цикла объединяются группы деталей с кратной долговечностью, а для уменьшения числа видов ремонта объединяются определенные группы [8].

Авторы данной статьи предлагают установить зависимость суммарных относительных ремонтных затрат при межремонтному обслуживании Z_m и при периодических ремонтах Z_n от межремонтного периода TO , для чего сначала подсчитывает суммарные относительные затраты:

$$z = \frac{\tau_1}{T_\phi} + \beta \ln T_o - 1,67 \frac{T_o}{T_{max}} + \left[\left(\frac{\tau_m}{\tau_1} + 1,5 - \beta \ln T_\phi \right) + 0,167 \frac{T_{max}}{T_o} \right], \quad (1)$$

где: τ_1 – трудоемкость ремонта первого вида (группы деталей), T_ϕ – фактический межремонтный период, используемый при эксплуатации, τ_m – существующая трудоемкость межремонтного обслуживания за период T_ϕ , β – коэффициент увеличения трудоемкости ремонта деталей при межремонтном обслуживании за счет увеличения сборочных работ.

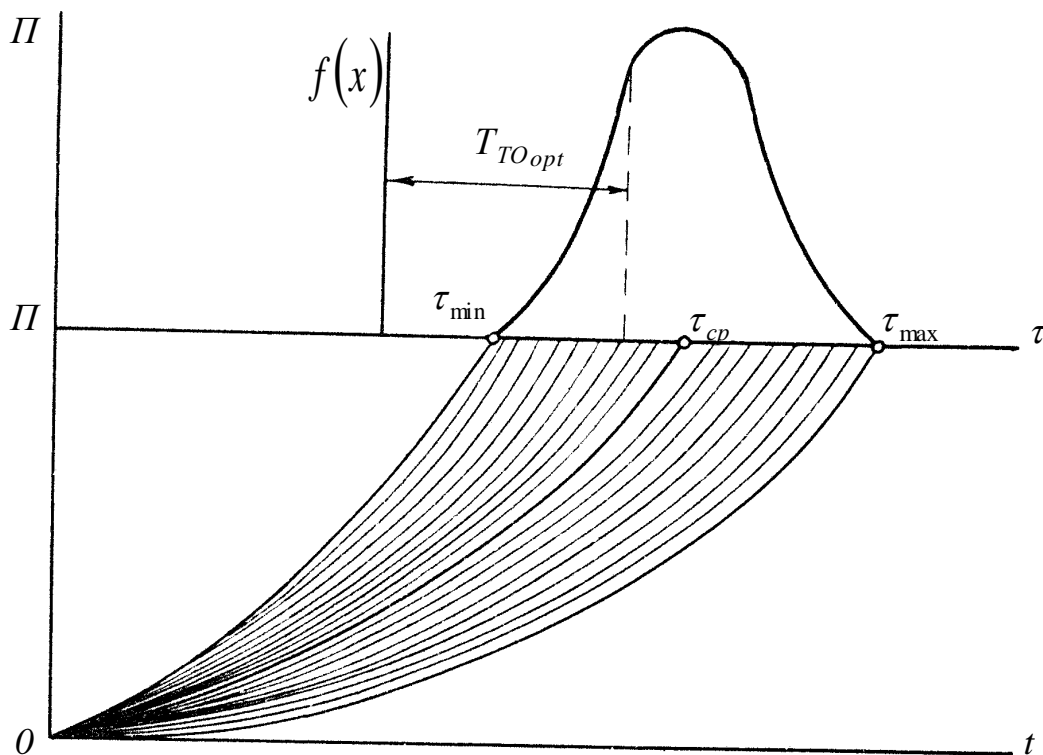


Рис. 1. Схема определения времени периодичности технического обслуживания
Fig. 1. Scheme determine when maintenance intervals

Из выражения (1) следует, что для каждого случая существует значение межремонтного периода, которое обеспечивает минимум ремонтных расходов. Поэтому исследовав на экстремум, получено выражение для оптимального межремонтного периода:

$$T_{opt} = \frac{1.8}{\kappa} \left(\frac{\tau_{\kappa}}{\tau_1} \right) \left(\beta - \sqrt{\beta^2 - 1} \right) \cdot T_{\phi}, \quad (2)$$

где: κ – количество ремонтов в цикле, τ_{κ} – суммарная трудоемкость ремонта машины при одновременном ремонте всех групп деталей (трудоемкость капитального ремонта).

Но, так как изменение фактического значения T_{ϕ} связана только с затратами на ремонт и не накладывает дополнительных ограничений на продолжительность работы, то данный подход к определению оптимального межремонтного периода не может быть использован для машин [9].

Профессор Ульман И.Е., при решении задач обоснования методов и организационных форм технического обслуживания, исходит из условия минимума затрат на проведение работ при ограничении времени пребывания машин в неработоспособном состоянии, которая выражается функцией вида:

$$\sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n C_{Об_i} + \sum_{i=1}^n T_{ПП_i} C_{ПП} \rightarrow \min, \quad (3)$$

при $K_{ТВ} \rightarrow \max,$

где: C_i – убытки от простоя i -й машины из-за несвоевременного устранения неисправности, $C_{Об_i}$ – расходы на обслуживание i -й машины, $T_{ПП_i}$ – суммарное время простоя i -й машины за технических неисправностей ее элементов межремонтный ресурс, $C_{ПП}$ – стоимость одного часа простоя машины, $K_{ТВ}$ – коэффициент технического использования, который определяется по совокупности N машин за определенный период.

На длительность пребывания машин в неработоспособном состоянии и расходы на обслуживание и ремонт влияет принята система обеспечения их работоспособными и ресурсными обменными элементами и

материалами, которая включает номенклатуру, количество, размещение при хранении, периодичность и порядок пополнения последних [10, 11].

В работе Ульмана И.Е. разработана методика определения оптимальной периодичности технического обслуживания машин по критерию минимума суммарных удельных затрат:

$$C(t_i^{TO}) = C_O(t_i^{TO}) + C_{ПП}(t_i^{TO}) \rightarrow \min \quad (4)$$

где: $C_O(t_i^{TO})$ – удельные затраты на техническое обслуживание и устранение отказов, $C_{ПП}(t_i^{TO})$ – удельные потери от простоя машины.

Оптимальная периодичность технического обслуживания определяется по данным расчета, выполненного для различных значений периодичности (рис. 2), но она связана только с затратами и не учитывает фактического изменения технического состояния машин [12].

Оптимальная [12-20] периодичность технического обслуживания и ремонта машин, согласно методу, определяется из условия наибольшей их производительности. Объем выполненной работы за определенный календарный период, при этом, определяется как:

$$V = Q_T t_p = Q_T t_k K_T K_G \cdot (K_{ОРГ} + K_{ОБС} - 1), \quad (5)$$

где: Q_T – техническая производительность машины, K_T – коэффициент технологических потерь, $K_T = tp / (tp + tm)$, K_G – коэффициент готовности, $K_G = (tp + t_T) / (tp + t_T + t_B)$, $K_{ОРГ}$ – коэффициент потерь по организационным причинам, $K_{ОРГ} = (t_k - t_{ОРГ}) / t_k$, $K_{ОБС}$ – коэффициент обслуживания, $K_{ОБС} = (t_k - t_{ОБС}) / t_k$, tp , t_k , t_T , t_B , $t_{ОРГ}$, $t_{ОБС}$, – соответственно время продуктивной работы, время работы без потерь, время работы вхолостую или передвижения машины, время восстановления (устранение отказов), время простоев по организационным причинам и неблагоприятные погодные условия, время технического обслуживания.

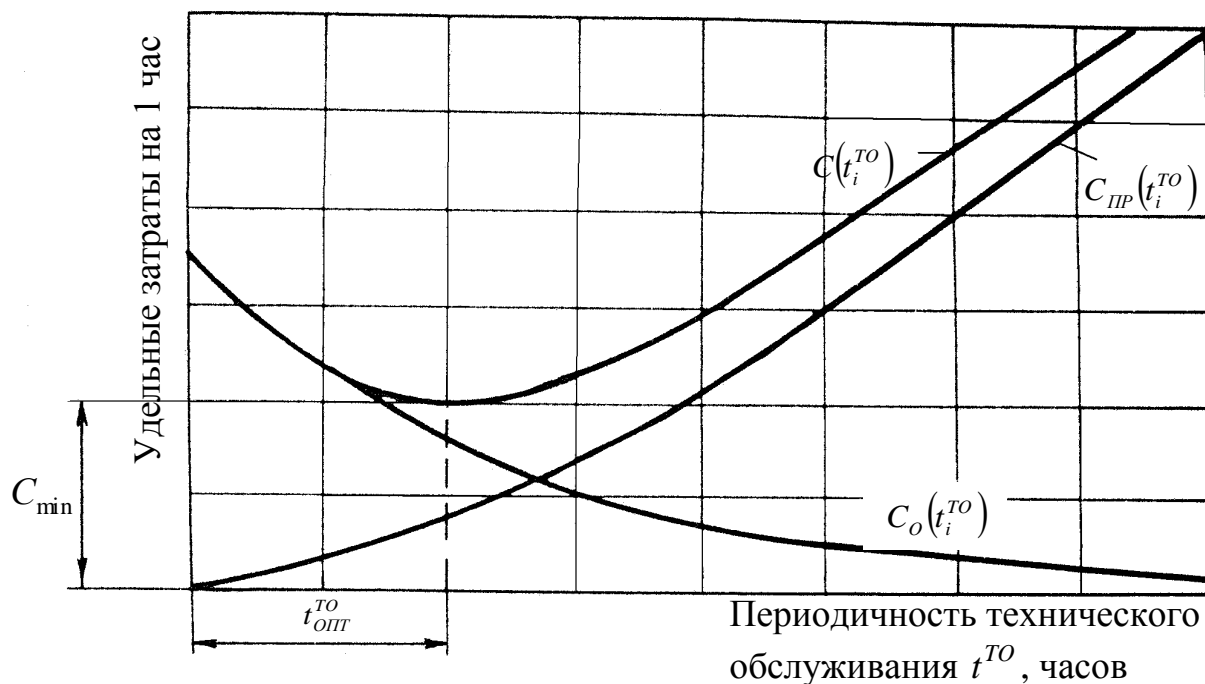


Рис. 2. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания машин
Fig. 2. Determination of the optimal frequency of maintenance machines

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследовать оптимальную периодичность и объем работ планирования технического обслуживания машин для лесотехнических работ.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Исследовав на экстремум выражение (5), получено уравнение:

$$f(K_{\text{ОБС}}) + f'(K_{\text{ОБС}}) (K_{\text{ОРГ}} + K_{\text{ОБС}} - 1) = 0, \quad (6)$$

с которого можно определить оптимальное $K_{\text{ОБС}}$:

$$K_{\text{ОБС}_{\text{опт}}} = \frac{a + b(1 - K_{\text{ОРГ}})}{2b}, \quad (7)$$

где: a, b — коэффициенты.

Профессор С.А. Иофинов обосновал периодичность технического обслуживания по производительности машины, которая уменьшается по мере уменьшения мощности двигателя в результате срабатывания, розрегулировок и старения [9]. А зависимость средней эффективной мощности двигателя $N_{\text{е ср}}$ от периодичности технического обслуживания x имеет вид:

$$N_{\text{е ср}} = N_{\text{ен}} - \frac{\Delta N_{\text{е}}}{2} = N_{\text{ен}} - \frac{x}{2} \text{tg} \alpha,$$

где: $N_{\text{ен}}$ — эффективная номинальная мощность, α — угол наклона прямой $N_{\text{е}} = f(x)$ к оси абсцисс.

После проведения технического обслуживания мощность двигателя восстанавливается, но в процессе дальнейшей эксплуатации машины снова снижается (рис. 3а). Повышение средней мощности путем уменьшения x увеличивает сезонный наработка или производительность машины $W_{\text{сез}}$, а снижение степени использования времени τ путем увеличения затрат времени на техническое обслуживание $[\tau_x = F(X)]$ снижает сезонную производительность машины $W_{\text{сез}}$ (рис. 3б).

Сезонная производительность агрегата в функции эффективной мощности тракторного двигателя можно представить следующим образом:

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{сут}} D_p = W_{\text{см}} \alpha_{\text{см}} D_p = AN_{\text{е ср}} T_{\text{сут}} \tau D_p,$$

где: $W_{\text{сут}}, W_{\text{см}}$ — наработка агрегата в сутки и смену соответственно, D_p — число рабочих дней за сезон, $\alpha_{\text{см}}$ — коэффициент сменности,

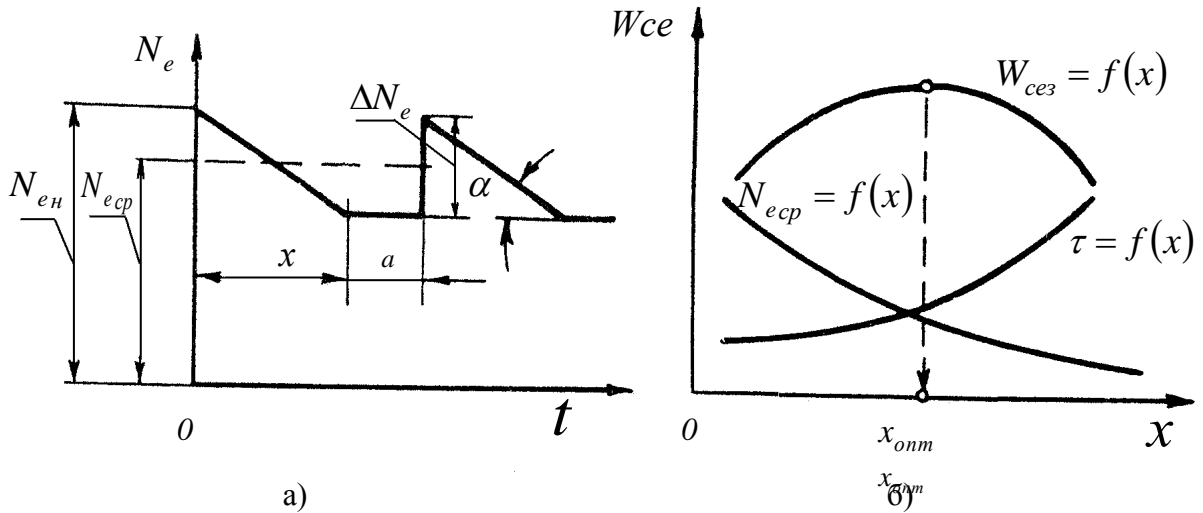


Рис. 3. Изменение мощности N_e (а) и производительности $W_{ceз}$ (б) машины от срока его работы t и периодичности технического обслуживания x

Fig. 3. Change power N_e (a) and performance $W_{ceз}$ (b) of the machine from the period of his work t and the frequency of maintenance x

A – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности агрегата и степень использования тягового усилия трактора, T_{cym} – общая продолжительность рабочего дня за сутки, τ – общий коэффициент использования времени, определяемый как:

$$\tau = \tau' \tau_x = \tau' \left(1 - \frac{t_{TO}}{x}\right),$$

здесь τ', τ_x – коэффициенты использования времени смены без учета и с учетом затрат времени t_{TO} на периодическое техническое обслуживание.

Тогда формула для определения производительности агрегата за период x :

$$W_{ceз} = B \left(N_{eH} - \frac{x}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \left(1 - \frac{t_{TO}}{x} \right), \quad (8)$$

где: коэффициент $B = AT_{доб} \tau' D_p$.

Исследовав выражение (8) на экстремум профессор А.Б. Коганов получил значение оптимальной периодичности $x_{опт}$, принимая во внимание только положительные значения величины:

$$x_{опт} = \sqrt{\frac{2N_{eH} t_{TO}}{\operatorname{tg} \alpha}} = \sqrt{\frac{2t_{TO}}{\operatorname{tg} \alpha} N_{eH}}. \quad (9)$$

Выражение (9) показывает, что подкоренной выражение, определяет $x_{опт}$, прямо пропорционален затратам времени на

техническое обслуживание t_{TO} и обратно пропорционален относительной скорости падения мощности двигателя.

Аналогичным образом можно определить оптимальную периодичность технических обслуживаний по критерию минимума прямых или приведенных затрат и других показателей [10]. Но существенным недостатком данного метода по методу является то, что в качестве критерия оптимальности и выходных зависимостей принимаются средние значения величин без учета их вероятностного характера, который есть в действительности. Эти методы не позволяют строить гибкие ремонтные циклы с различными видами групповой профилактики и эффективны лишь для крупномасштабного прогнозирования и планирования потребности в ремонтных действиях при установленной системе обслуживания и ремонта [11].

Техническую готовность оценивают коэффициентом технического использования:

$$K_T = t_{cym} / (t_{cym} + t_{рем} + t_{обс}),$$

где: t_{cym} , $t_{рем}$, $t_{обс}$ – соответственно суммарная наработка, время восстановления работоспособности и время на проведение технических обслуживаний за определенный период.

$$t_{cym} = Tm, \quad t_{рем} = T_г m, \quad t_{обс} = T_n m_n,$$

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

где: T , T_e , T_n – средние значения наработки на отказ, времени восстановления работоспособности, времени одного обслуживания соответственно, m , m_n – количество отказов и частота проведения обслуживания.

Вероятность безотказной работы, в большинстве случаев, имеет следующий вид:

$$P(t) = \exp-(t/a)^b,$$

где: a , b – коэффициенты для распределения Вейбулла.

Тогда, вероятность того, что до начала работы оборудования будет находиться в исправном состоянии в течение расчетного периода времени t , равного времени между техническим обслуживанием T'_n (вероятность эффективного использования $P_{e.s}$):

$$P_{e.s} = K_T P(t) = \frac{\exp-(T'_n/a)^b}{1 + B + K_{TO} m_n / m}, \quad (10)$$

где: $B = T_B/T$ – коэффициент восстанавливаемости, $K_{TO} = T_n/T$ – коэффициент технического обслуживания.

Приняв во внимание, что время между обслуживаниями $T'_n = m(T + T_e)/m_n$, наработка на отказ $T = aK_b$, коэффициент готовности $K_T = T/(T + T_e) = 1/(1 + B)$, получено выражение:

$$P_{e.s} = \frac{1}{1/K_T + K_{TO} m_n / m} \exp- \left(\frac{mK_b}{m_n K_T} \right)^b. \quad (11)$$

Исследуя выражение (11) на экстремум, автором получены выражения для расчета оптимальной частоты проведения технического обслуживания за расчетный период эксплуатации и оптимального времени между техническими обслуживаниями:

$$m_{n\ opt} = m \frac{K_b}{K_T} \sqrt{b/(b+1)}, \quad T_{n\ opt} = \frac{T}{K_b \sqrt{b/(b+1)}}.$$

С точки зрения управления техническим состоянием, надежностью машин описаны методики имеют пассивный характер, так как определяют лишь правило остановки эксплуатации, но не влияют на формирование эксплуатационной надежности до остановки [12].

Значительный интерес представляет метод профессора Б.С. Иванова, по которому техническое состояние машины в процессе эксплуатации изменяется под действием следующих факторов:

– действие факторов, ухудшающих техническое состояние, можно представить функцией $y = \varphi(S, Z, D, M)$, где S – старение, Z – износ, D – деформация, M – прочность,

– действие факторов, восстанавливают техническое состояние, можно представить функцией $z = \varphi(V, K, O, Y)$, где V – стоимость обслуживания, K – контроль и проверка; O – обслуживание, Y – восстановление и устранение неисправностей.

Поэтому было предложено использовать при оптимизации периодичности технического обслуживания зависимость изменения технического состояния x за время t :

$$\frac{dx}{dt} = Q(x, y, z, t).$$

Изменение технического состояния машины под действием эксплуатационных факторов определяется совокупностью появления внезапных и постепенных отказов. Для характеристики их влияния используют функцию вероятности безотказной работы:

$$F(t) = 1 - [1 - F_1(t)][1 - F_2(t)],$$

где: $F_1(t)$ и $F_2(t)$ – вероятность безотказной работы при постепенных и внезапных отказах.

На основе статистики отказов можно установить закономерность изменения вероятности безотказной работы данного типа машин, например как на рис. 4.

Расчет восстановления от фактического уровня технического состояния перед обслуживанием отображает условия эксплуатации:

$$\Delta F_{Bi} = (1 - F_i) \cdot P,$$

где: F_i – техническое состояние перед очередным обслуживанием с учетом предыдущего обслуживания:

$$F_i = F'_{i-1} \left\{ 1 - \left[\sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\omega \cdot t)^k}{k!} e^{-\omega t} \right] (1 - e^{-\lambda t}) \right\},$$

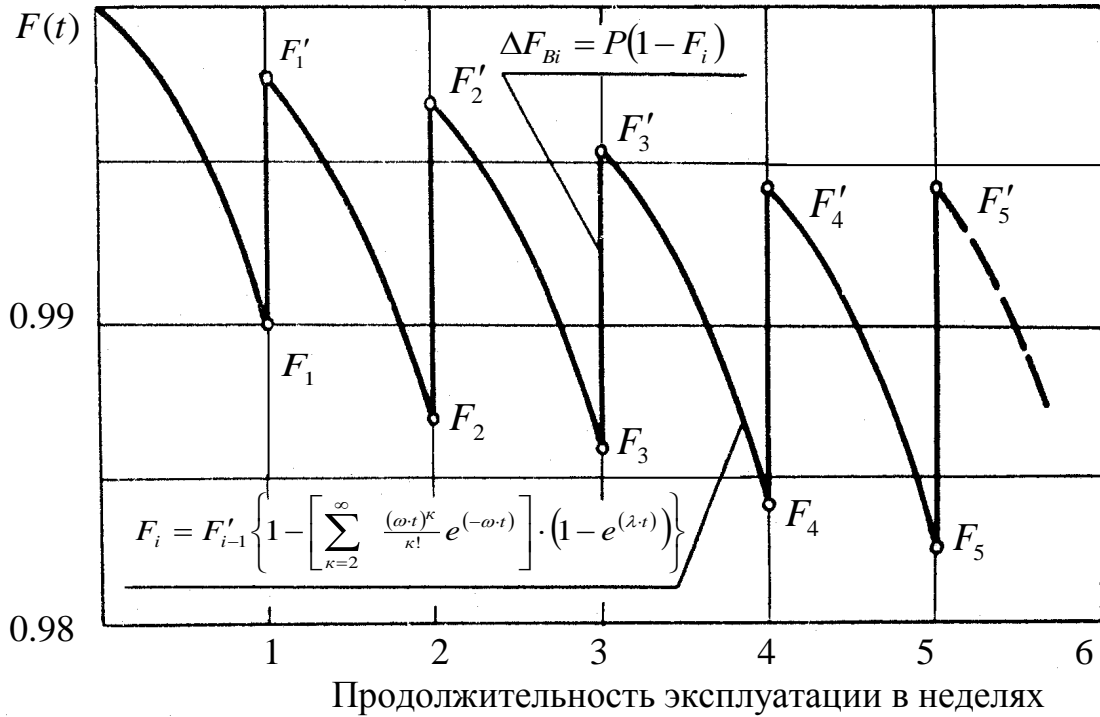


Рис. 4. Модель изменения технического состояния машин
Fig. 4. The model change of technical condition of machine

где F'_{i-1} – техническое состояние в начале периода; выражение в фигурных скобках есть функция изменения технического состояния за межремонтный период, P – вероятность нахождения и устранения неисправности при обслуживании.

В работах профессора Новикова С.Н. основной информацией при обоснованные параметров ремонтного цикла являются характеристики надежности агрегатов и узлов и капитальный ремонт машины назначается тогда, когда один из агрегатов достиг предельного состояния, а остаточный ресурс r меньше нормируемого (оптимизированной) величины:

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{T_i} \gamma_i, \quad (12)$$

где: E_i – остаточный ресурс агрегата, γ_i – коэффициент его весомости, который определяется отношением стоимости капитального ремонта агрегата в стоимости капитального ремонта машины, T_i – средний доремонтного ресурс.

Такое решение вопроса позволяет установить момент остановки эксплуатации машины с учетом фактического остаточного технического ресурса агрегатов, а не

накопленных расходов [13]. Но данный метод является недостаточно эффективным, поскольку агрегат при этом выступает неделимым объектом, и решения, принимаемые для машины в целом никак не влияют на формирование эксплуатационной надежности агрегатов остановки их эксплуатации. Поэтому эти решения имеют ограниченную эффективность.

В некоторых работах в качестве критерия остановки эксплуатации машин используются прямые или побочные показатели, учитывающие нужный уровень надежности (вероятность безотказной работы). Так, по мнению профессора Ю.Г. Кулика критериям оптимальности периодичности технического обслуживания отдельных агрегатов и узлов могут быть приняты следующие:

- при достижении необходимой надежности работы в межремонтный период при минимальных затратах на техническое обслуживание и устранение отказов,
- условия закономерности развития отказов агрегатов.

В первом случае рассматривается решение, при котором оптимальная периодичность обслуживания и ремонта

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

агрегатов лесотехнических машин определяется из условия достижения максимального значения отношения:

$$\Pi = \max \left[\frac{P(t)_{mn}}{T_{TO}} \right], \quad (13)$$

где: $P(t)_{mn}$ – необходимая надежность агрегата в межремонтный период, T_{TO} – издержки на выполнение технического обслуживания и устранения отказов.

Максимальное значение отношения Π определяется при заданном уровне надежности $P(t)_{mn}$ и минимизированных затратах $T_{TO} = \min$, или при заданном уровне затрат T_{TO} и распахнутое уровне надежности $P(t)_{mn} = \max$. Очевидно, что $P(t)_{mn}$ определяется с учетом параметра потока отказов. Значение максимума Π можно получить построением графика $\Pi = f(x)$ в соответствующем диапазоне значений x (рис. 5), или приравняв к нулю производную развернутого выражения для Π , имеет такой вид:

$$\Pi = \frac{\exp(-\lambda \omega x)}{T_y \lambda \omega x + T_n \frac{\tau_n}{x}}, \quad (14)$$

где: λ – интенсивность потока отказов агрегата (узла), ω – средняя частота отказов в период между техническим обслуживанием, x – периодичность технического обслуживания, варьирует как непрерывная величина в пределах возможных минимальных и максимальных значений, T_y , T_n – затраты на устранение отказов и на выполнение периодических обслуживаний, τ_n – действующая периодичность технического обслуживания (до оптимизации).

При оптимизации периодичности технического обслуживания по условиям закономерности развития отказов находят максимум вероятности совместной события: неисправности $P_H(t)$ и неявки отказа $P_{H.v}(t)$. При этом считают, что устранением неисправностей в установленный срок предотвращается возникновение отказов. Как видно из рис. 6 (а), с начала эксплуатации $t_0=0$ начинает развиваться неисправность появляется в случайный момент времени t_1 . С данного момента начинается вторая стадия развития отказа, которая продолжается до случайного момента времени t_2 .

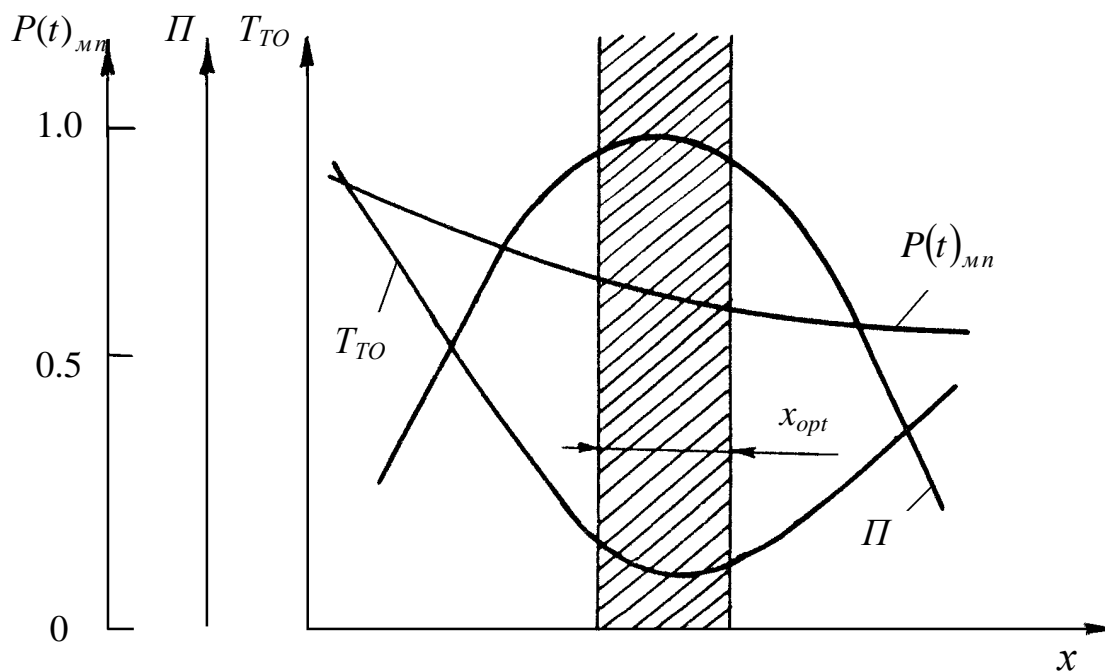


Рис. 5. График нахождения оптимального значения периодичности технического обслуживания и ремонта

Fig. 5. Graf of finding the optimal value of frequency of maintenance and repair

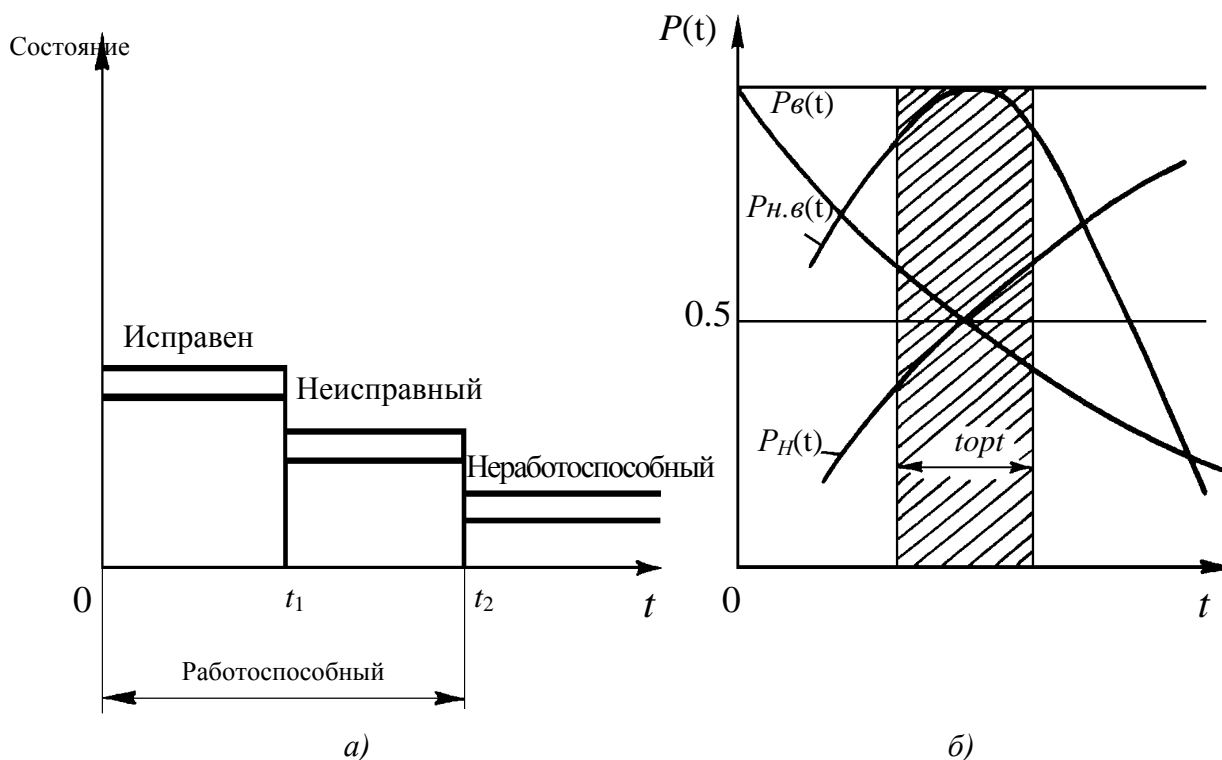


Рис. 6. Схема процесса развития отказа (а) и график зависимости параметров вероятности от времени (б)

Fig. 6. The process scheme of the fault (a) and a graph of the probability of the parameters of the time (b)

Отказ элемента возникает в момент времени $t_в = t_1 + t_2$. Между тем неисправности и отказом существует вероятностная или функциональная зависимость. Элемент вероятности совместной события неисправности и не появления отказа выражается как произведение двух составляющих:

- вероятности того, что от момента времени t к проведению технического обслуживания t_{TO} в агрегате возникнет отказа,

- вероятности возникновения неисправности за малый промежуток времени перед началом проведения технического обслуживания, то есть:

$$dP_{н.в}(t) = [1 - P_2(t_{TO} - t)]P_1(t)dt. \quad (15)$$

Просуммировав данное выражение в интервале от нуля до t_{TO} и в случае, если при возникновении неисправностей t_1 и отказов t_2 имеет экспоненциальный закон распределения, то вероятность совместной события принимает вид:

$$P_{н.в}(t) = \int_0^{t_{TO}} \lambda_2 \exp[-\lambda_2(t_{TO} - t)] \lambda_1 \exp(-\lambda_1 t) dt, \quad (16)$$

характер изменения которой изображен на графике (рис. 6,б).

Отсюда можно получить выражение для оптимального срока технического обслуживания агрегата (узла) – наименьший корень выражения:

$$\frac{dP_{н.в}(t_{TO})}{dt_{TO}} = 0. \quad (17)$$

Методики профессора Ю.Г. Кулика для определения периодичности технических обслуживаний эффективны для составных частей машины, которые нуждаются контрольно-смотровых, регулирующих вмешательств. Для других составляющих описаны методики недостаточно эффективны, так как оценивается уровень надежности с экономической точки зрения.

В приведенных решениях функция изменения параметра аппроксимируется зависимостью:

$$U(t) = Vt^\alpha + \Delta\Pi, \quad (18)$$

где: V – коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра технического состояния, $\Delta\Pi$ – показатель изменения параметра за период приработки, α –

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

показатель, характеризующий динамику изменения параметра.

При решении задачи правил назначения ремонтно-обслуживающих работ оптимизируются допустимое отклонение параметра (D_o) и периодичность контроля (t_m) на основе исследования целевой функции минимума суммарных удельных затрат на эксплуатацию и ремонт:

$$G = \min_{\substack{0 < D < 1 \\ 0 < t_m}} \left\{ \frac{AQ(D_o, t_m)}{T_o(D_o, t_m)} + \frac{C[1 - Q(D_o, t_m)]}{T_o(D_o, t_m)} + \frac{BK(D_o, t_m)}{T_o(D_o, t_m)} \right\}, \quad (19)$$

где: A , B , C – средние затраты на устранение последствий отказов по параметру, предупредительное восстановление, диагностирования соответственно, $Q(D_o, t_m)$ – вероятность отказа по параметру, $K(D_o, t_m)$ – количество проверок составных частей за период эксплуатации при установленных D_o и t_m , $T_o(D_o, t_m)$ – фактически используемый ресурс элемента с учетом предупредительных обновлений, $D_o = D/U_n$ – допустимое отклонение параметра, нормированное в судьбах предельного отклонения U_n .

Главная особенность указанного решения в том, что оно справедливо при рассмотрении элемента как независимого объекта технического обслуживания и ремонта. Структуру объекта, взаимное влияние выполняемых по одному элементу работ на такие же работы по другому элементу в таких решениях учесть не удастся. Поэтому получаемые результаты обоснования t_m и D достаточно эффективны для использования при техническом обслуживании, диагностике, в том числе для группировки этих операций, хотя не могут использоваться для оптимизации t_m и D по параметрам элементов с последовательным, зависимым доступом для контроля и ремонта. При усовершенствовании системы технического обслуживания и ремонта одним из важнейших этапов является анализ отказов, на предупреждение которых и нацелена она. В литературе по исследованию

процессов нарушения работоспособности рассматриваются, как правило, стандартизированные состояния – работоспособный и нетрудоспособен, исправный и неисправный, предельный, а также события, характеризующие переход из одного состояния в другое – повреждение, отказ, исчерпания ресурса, восстановление, ремонт.

Выше рассматривались методы предупреждения постепенных отказов. Относительно внезапных отказов учеными рассматриваются следующие основные случаи:

- отказ, который проявляется как действительно внезапная в связи с действием случайных внешних факторов (например, превышение критической нагрузки). Предотвратить можно только конструктивными или эксплуатационными мерами (установка предохранительных средств, соблюдения правил эксплуатации),

- отказ, который по своей физической природе постепенной, но возникающая как внезапная в связи с тем, что постепенное изменение технического состояния не контролируется из-за определенных причин. Их называют условно-внезапными и перевод их в разряд постепенных возможно путем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта на основе диагностирования,

- отказ, который является следствием прыжкового перехода составной части с исправного в неисправное, но работоспособное состояние и последующего перехода в неработоспособное состояние в результате постепенного развития повреждения. Предупреждать такие отказы можно, если изучены характерные места проявления предотказного состояния, существуют методы их выявления и обоснована периодичность контроля.

По предупреждению внезапных отказов, которым предшествуют предотказного состояния (повреждения), в работе профессора Л.П. Леонтьева рассматриваются следующие подходы к профилактике в системах с накоплением нарушений, которые учитывают вероятность $Q_I(t)$ перехода за период t в состояние отказа, вероятность $P_I(t)$ исправного состояния при

наличии нарушения и вероятность $[1 - Q_i(t) - P_i(t)]$ исправного состояния без нарушений. Оптимизация режима профилактики для данных систем заключается в определенные такой периодичности и объема профилактики, при которых минимизируются удельные расходы. Особенность заключается в том, что при этом определяется множество элементов, в которых нужно искать нарушения, и каждой такой множестве соответствует определенный объем демонтажных и диагностических работ. Важной характеристикой при этом выступает вероятность наличия нарушения после окончания рабочего цикла при условии, что в течение данного цикла элемент не отказал. Исследование характеристик процесса накопления повреждений и перехода их в отказ – сложная задача.

Важнейшей характеристикой, отображает свойства машины как технической системы, динамика параметра потока отказов ω с ростом наработки и то, что для стареющих систем с растущим ω оптимальной является структура проверок технического состояния с уменьшенной периодичностью. Конечной целью формирования структуры и содержания цикла технического обслуживания и ремонта является объединение различных операций в определенные группы, которые становятся видами технического обслуживания и ремонта. Для решения данной задачи был предложен метод "стержневых работ", суть которого в том, что в отношении каждого вида технического обслуживания и ремонта выбирается основная работа, относительно которой определяется периодичность обслуживания и ремонта.

Результаты исследований профессора Н.С. Пасечникова показали эффективность метода "стержневых работ", который дает возможность при минимальных затратах времени на исследования подготовить ориентировочную базу для принятия основного решения о периодичности и структуру технического обслуживания и ремонта. Но решение не выходит за пределы определения локальных оптимумов и эффективные для плановых видов технического обслуживания и ремонта.

В работе профессора Е.С. Кузнецова наряду с методом группировки по опорным, стержневыми операциями рассматривается способ, основанный на определенные оптимальной периодичности технического обслуживания, соответствует минимуму затрат с учетом обслуживания всех элементов. Предложенное решение однозначно реализуется при группировке в один вид технического обслуживания, так как метод проектирования структуры цикла не дается. Для оптимизации ремонтного цикла рассматривается сложная техническая система с r типами деталей и K_j деталей j -го типа, для которых определяется оптимальная (при экономических последствиях отказа) и гарантированная (для деталей с "опасными отказами") продолжительность работы к плановому ремонту. При формировании групповых видов ремонта руководствуются общими правилами построения ремонтного цикла: i -й вид ремонта должен включать все виды i -го и должна обеспечиваться кратность периодичности. В качестве минимально возможной периодичности обслуживания ΔL_{min} принимается продолжительность непрерывной работы машины, а максимальной – маленький межремонтный пробег деталей, связанных с опасными последствиями отказов. Периодичность видов ремонта устанавливается кратной ΔL_{min} . Экономические последствия назначения того или иного межремонтного периода для конкретных деталей оценивается с помощью функционала, учитывающий затраты на ремонт и убытки от простоя на ремонтах. Оптимальная совокупность периодичности и видов ремонта должна обеспечивать минимальные удельные расходы. При группировке для каждой детали (работы) рассчитывают разницу между минимальными для данной детали удельными затратами при обслуживании с оптимальной периодичностью и этими же показателями при обслуживании с ближайшей периодичностью группового вида ремонта. При этом деталь группируют с тем видом ремонта, по периодичности которого указана разница маленькая.

Данные принципы образуют жесткую систему и обеспечивают достаточно строгое

решение при построении ремонтного цикла на основе удельных затрат, оцениваемых приведенным функционалом. Поэтому исследованию присущи такие принципиальные недостатки:

– рассматривается единая стратегия профилактики – регламентированная по наработке, которая существенно уступает по эффективности стратегии по состоянию,

– не учитывается совмещение разборочно-сборочных и регулировочных операций составных частей при групповой профилактике, и поэтому суммирование расходов по деталям для определения расходов за машиной при групповом ремонте неправомерно для всех агрегатов с постепенным доступом к составным частям. Другими словами, не учитывается структура объекта.

ВЫВОДЫ

1. При эксплуатации машин для лесотехнических работ необходимо обеспечения высокой вероятности безотказной работы при их минимальном простое.

2. В таких условиях стоимостные критерии или частичные показатели вероятности безотказной работы, коэффициента технического использования, коэффициента готовности взятые в отдельности не могут быть приняты в качестве критерия при определении оптимальности системы обеспечения работоспособности.

3. Поэтому в качестве показателя эффективности использования машины нужно принимать комплексный показатель, который количественно оценивается произведением вероятности безотказной работы на коэффициент технического использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aleksandrovskaya, L.H. 2001. Sovremennyye metody obespecheniya bezotkaznosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem / L. H. Aleksandrovskaya, P. Afanasev, A. A. Lisov. – K.: Logos. – 208.

2. Baranov, A. I. 2002. Mashiny i mekhanizmy dlya lesnogo hozyaystva / I. Baranov. – M.: Goslesbumizdat, – 380.

3. Byikov, V.V. 2004. Kontseptualnyie i tehnologicheskie osnovyi sistemyi tekhnicheskogo servisa transportnykh i tehnologicheskikh mashin lesnogo kompleksa / V. V. Byikov. – M.: MGUL, – 324.

4. Gutselyuk, N. A. 2006. Vyibor traktora dlya lesohozyaystvennykh rabot / N. A. Spiridonov, S. V. Gutselyuk. – SPb.: Profiks, – 136.

5. Kolodiy, P. V. 2009. Mekhanizatsiya lesohozyaystvennykh rabot s osnovami teoreticheskoy mehaniki / P. V. Kolodiy, T. A. Kolodiy. – Gomel: GGU im. F. Skorinyi. – 339.

6. Kotikov, V. M. 2004. Lesozagotovitelnyie i trel'ovochnyie mashiny / V. M. Kotikov, S. N. Eremeev, A. V. Erhov; pod red. V. M. Kotikova. – M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya». – 336.

7. Melehov, I. S. 2003. Lesovodstvo / I. S. Melehov. – M.: MGUL, – 320.

8. Pavlov, A. I. 2004. Povyishenie nadezhnosti gidroprivodov lesnykh mashin / A. I. Pavlov. – Yoshkar-Ola: Nauka. – 238.

9. Poletaykin, V. F. 2007. Proektirovanie spetsialnykh lesnykh mashin / V. F. Poletaykin. – Voronezh: Nauka. – 280.

10. Poletaykin, V. F. 2007. Proektirovanie spetsialnykh lesnykh mashin / V. F. Poletaykin. – Krasnoyarsk: SGTU. – 280.

11. Shelgunov, Yu.V. 2012. Mashiny i oborudovanie lesozagotovok, lesosplava i lesnogo hozyaystva / Yu. V. Shelgunov, G. M. Kutukov, G. P. Ilin. – M.: Lesnaya promyshlennost. – 520.

12. Titova, Lyidmyla. 2013. Effektivnost tekhnicheskogo obsluzhivaniya lesnykh MES / Lyidmyla Titova, Ivan Rogovskiy // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – Tom 16, №3. – 303–310.

13. Novitskiy A.V. 2013. Metodichni pidhodi otsinki nadlynostI lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina – mashina – seredovische» / A.V. Novitskiy, Z.V. Ruzhilo, O.A. Novitska // Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka. – Harkiv, HNTUSG. – Vip. 133. – 243 – 248.

14. Ostreykovskiy V.A. 2003. Teoriya nadyozhnosti: uchebnoe posobie / V.A. Ostreykovskiy. – M.: Vyssh. shk. – 463.

15. Pozdnyakov V.D. 2006. Povyshenie nadezhnosti i effektivnosti funktsionirovaniya operatorov mehanizirovannykh protsessov zhivotnovodstva: avtoref. dis. na soiskanie nauchn. stepeni doktora tehn. nauk: 05.20.01/ Pozdnyakov Vasiliy Dmitrievich. – Orenburg. – 35.

16. Poshivalov V.P. 2010. Vznachennya kompleksnih pokaznikov nadlynosti ergatichnih sistem / V.P. Poshivalov, Yu.F. Daniev, O.V. Poshivalova // Visnik Akademiyi mitnoyi sluzhbi UkraYini. Seriya: "Tehnichni nauki". – # 1 (43). – 111 – 119.

17. Rogovskiy I.L. 2011. Vpliv pokaznikov nadiynosti na perIodichnIst tehničnogo obslugovuvannya silskogospodarskih mashin / I.L. Rogovskiy // Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin. – Vol. 13B. – 92 – 97.

18. Rogovskiy I.L. 2013. Metodologiya tehničnogo obslugovuvannya silskogospodarskih mashin / I.L. Rogovskiy, O.V. Dubrovina // Tehnika ta energetika APK: zbirnik naukovih prats NUBIPU. – K.: NUBIPU. – Vip. 185, ch. 2. – 372–379.

19. Ushakov I.A. 2008. Kurs teorii nadYozhnosti sistem: uchebnoe posobie dlya vuzov / I.A. Ushakov. – M.: Drofa. – 239.

20. Shtutman P.L. 2009. Teoretiko – metodichni zasady rozrobki modeli kompetentsIy personalu / P.L. Shtutman // Zbirnik naukovih prats Kirovogradskogo natsIonalnogo tehničnogo universitetu. seriya: ekonomichni nauki. – Kirovograd. – № 15. – 40 – 44.

availability factor taken separately can not be accepted as a criterion in determining the optimum system to ensure efficiency. Therefore, as a measure of efficiency of the machine is necessary to take a comprehensive index which quantified the product of the probability of failure-free operation by a factor of technical use.

Key words: servicing interval, availability, machinery for forestry work, index of optimization, exploitation.

IMPROVEMENT OF RENOVATION SYSTEM OF AVAILABILITY MACHINERY FOR FORESTRY WORK

Аннотация. We investigated the optimal frequency and scope of work planned maintenance of machines for forestry work. The analysis of existing methods for determining the optimal timing of maintenance. When using machines for forestry work is necessary to ensure a high probability of failure-free operation when the minimum idle time. In such circumstances, the cost criteria or partial performance of probability of failure-free operation, the coefficient of technical use,

СОДЕРЖАНИЕ

Валерий Дубровин, Роман Калиниченко, Вячеслав Кифяк: моделирование динамики тепловых процессов при микронизации и сушении зернопродуктов в терморрадиационных установках ИК-излучением.....	3
Геннадий Голуб, Максим Павленко, Савелий Кухарец: эффективность использования оборудования для производства дизельного биотоплива.....	11
Вячеслав Ловейкин, Константин Почка: анализ неравномерности движения роликовой формовочной установки с уравновешенным приводом	17
Владимир Козырский, Виталий Савченко, Александр Синявский: влияние магнитного поля на изменение рН и окислительно-восстановительного потенциала водных растворов	28
Василий Смильский, Александр Сидорчук: фрактальный анализ гранулометрического состава почв	34
Александр Сидорчук, Павел Луб, Инна Тригуба, Виталий Пукас, Валерий Спичак: согласование параметров проектов технологических систем	39
Леонид Анискевич, Юрий Росамаха: анализ функционирования двухфазной сошниковой системы для посева пропашных культур	46
Семен Драгнев, Еугениуш Красовски: методология разработки сельскохозяйственных биоэнергетических комплексов	56
Светлана Тарасенко, Сергей Кюрчев: исследование энергосбережения в кабинах сельскохозяйственных машин	66
Сергей Пилипака, Николай Клендий: движение частицы по внутренней шероховатой поверхности ротационного конуса с вертикальной осью.....	73
Олег Черныш, Вадим Яременко, Анастасия Куценко, Мария Бондарь: вероятностный подход к оценке прочности и долговечности рабочих элементов сельскохозяйственных машин	84
Vyacheslav Loveykin, Yuri Chovnyuk, Anastasiya Ljashko, Andrzej Kusz: unified approach for robust motion, position and force control of mechanical system with advanced mechatronics devices	91
Сергей Пилипака, Ярослав Кремец, Татьяна Кресан: проектирование отвала плуга с линейчатой поверхности по заданной геодезической линии – предельной траектории движения пласта	104
Анастасия Куценко, Вадим Яременко, Алексей Куценко, Олег Черныш: о методе граничных элементов в задачах стационарных колебаний периодически закрепленных балок.....	119
Григорий Шкаровский: классическая конструктивно–компоновочная схема МЭС – состояние и пути развития	125
Olexandr Semenovskiy: determining of influence of morphological features of steel structure on its properties	132
Роман Яковенко, Виталий Маслюк, Николай Денисенко: композиционные порошковые материалы для упрочнения и восстановления рабочих органов сельскохозяйственных машин	139

Александр Войналович: методика оценки профессиональных рисков на механизированных работах в сельском хозяйстве	147
Semen Voloshyn: system of power consuming monitoring and management	154
Анатолий Тригуба, Леонид Сидорчук, Олег Шелега, Елена Сиваковска: управление ценностью проектов технико-технологических обслуживающих кооперативов	161
Олег Марус: влияние конструкционно-технологических параметров калибратора на вероятность отбора крупных яиц зерновой моли, производительность и энергоемкость процесса	168
Роман Шкаровский, Григорий Шкаровский: отдельные аспекты исследования тяговых показателей мотоблока	178
Игорь Резников: обоснование конструктивных параметров манипуляторов доения с функцией позиционирования подвесной части доильного аппарата модульного типа.....	184
Сергей Карабиньош: неразрушающие испытания деталей сельскохозяйственных машин как основа обеспечения их высокого качества.....	192
Алексей Полищук, Наталья Козак, Виктор Полищук: определение эффективности нейтрализации биодизеля путем распыления водного раствора лимонной кислоты	198
Станислав Смолинский: технологические предпосылки совершенствования картофелесортировок.....	204
Светлана Потапова: математическая модель движения зерна в рабочем зазоре одновальцовой зернодробилки	210
Александр Лысый, Виктор Третьак: математическое моделирование деформации почвы под действием ходовых систем тягово-транспортных средств	218
Роман Калининченко: аналитическое исследование температурного поля зерновки при импульсно-периодическом подведении энергии инфракрасным излучением	225
Виктор Василенков, Максим Гудзенко: исследование потребительских характеристик центробежных насосов	233
Сергей Соколик: перспективы использования стеблей конопли в качестве альтернативного топлива	239
Александр Медведский: влияние конструктивных параметров мобильной доильной установки на уровень вакуумметрического давления	246
Владислав Зубко: оценка качества механизированных технологических операций в растениеводстве.....	254
Руслан Олядничук: применение накопителя энергии в составе почвообрабатывающего агрегата	260
Владимир Ковбаса, Виталий Курка, Виктор Пинчук, Али Кадем Ахмед: кинематика взаимодействия уплотняющего катка с пластом почвы ограниченной глубины	267
Андрей Прилуцкий, Сергей Степаненко: обоснование сепарирования зерновой смеси в воздушно-решетных пневмовиброцентробежных сепараторах зерна.....	274

СОДЕРЖАНИЕ

Светлана Макаревич, Роман Чуенко: внутренняя емкостная компенсация реактивной мощности в асинхронном электродвигателе	284
Валентин Мироненко, Наталия Тютюнник: оценка влажности зерна в условиях хозяйства	293
Людмила Титова, Иван Роговский: совершенствование системы восстановления работоспособности машин для лесотехнических работ	298
Алексей Давиденко, Александр Давиденко, Андрей Бамбура: оценка напряженно-деформированного состояния железобетонных колонн кругового сечения при поперечном изгибе методом корреляции цифровых изображений.....	311
Павел Попик: определение условий сброса лишних семян пневмомеханическим высевающим аппаратом с периферийным торцевым расположением присасывающих ячеек .	317
Михаил Довжик, Борис Татьянченко, Александр Соларёв: способы построения линий постоянного давления в грунте под колесом трактора.....	323
Вячеслав Чуба: обоснование температуры нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в дизельный двигателя внутреннего сгорания	331
Андрей Новицкий: исследование вероятности безотказной работы средств для приготовления и раздачи кормов как систем «человек_машина»	338
Виктор Пришляк, Виталий Яропуд: экспериментальные исследования конструкционно-технологических параметров теплоутилизатора.....	347

LIST OF THE REVIEWERS

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Valeriy Dubrovin | 15. Oleg Chernysh |
| 2. Aleksandr Voynalovich | 16. Oleg Marus |
| 3. Aleksey Opryshko | 17. Oleksiy Beshun |
| 4. Anastasiya Kutsenko | 18. Sergei Kyurchev |
| 5. Andrey Novitskiy | 19. Sergey Fryshev |
| 6. Gennady Golub | 20. Sergey Pylypaka |
| 7. Grigoriy Shkaryvskiy | 21. Stepan Lekhman |
| 8. Iwan Rohowski | 22. Vadym Yaremenko |
| 9. Konstantin Pochka | 23. Valentyna Melnyk |
| 10. Leonid Rogovskiy | 24. Vasiliy Khmelevskiy |
| 11. Mariya Bondar | 25. Victor Polyschuk |
| 12. Nicholas Berezovskiy | 26. Victor Teslyuk |
| 13. Oksana Zazimko | 27. Vyacheslav Loveykin |
| 14. Oleg Chernysh | 28. Zinoviy Ruzhylo |

Editors of the “MOTROL” magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modelling at the Warsaw University referred to as “ICM”. Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the “ICM Internet Platform”, which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the “MOTROL” on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the “Agro” database.

We are pleased to announce that the magazine “MOTROL – Motorization and Energetics in Agriculture” (ISSN 1730-8658) has undergone a positive evaluation of the IC Journals Master List 2013, the result of which is granting the ICV Index (Index Copernicus Value) 6.56 pts. The resulting score was calculated on the basis of a survey submitted by the Editorial Team as well as assessments made by the professionals from Index Copernicus. We invite you to familiarize yourself with the methodology of IC Journals Master List evaluation:

<http://journals.indexcopernicus.com/page.php?page=3&idlang=6>

Impact factor of the „MOTROL" journal according to the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 2,24 (October 2015).

GUIDELINES FOR AUTHORS (2015)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 8 pages) should not exceed 12 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for re- production of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 12 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,5 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered,
- SI units should be used.

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail
Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No no- menclature (all explanations placed in the text); References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally pre- pared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text. Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (% , vol), (% , $m^3 m^{-3}$) or (% , gg^{-1}), Thermal conductivity ($W m^{-1}K^{-1}$).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged al- phabetically by the name of the first author and then others, e.g.

7. Kasaja O., Azarevich G. and Bannel A.N. 2009. Econometric Analysis of Banking Financial Results in Poland. Journal of Academy of Business and Economics (JABE), Vol. IV. Nr 1, 202–210.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Polish). Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered

serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number,

e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.