

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.М. КИРОВА»

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

Выпуск 212

Издаются с 1886 года

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

А.В. Селиховкин, д-р биол. наук, проф., СПбГЛТУ

Отв. редактор

Л.В. Уткин, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ

В.А. Александров, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

А.С. Алексеев, д-р геогр. наук, проф., СПбГЛТУ,

Н. Белгасем, проф., Высшая школа бумажной и полиграфической промышленности (Франция),

А.В. Васильев, д-р хим. наук, проф., СПбГЛТУ,

Н. Вебер, проф., Дрезденский технический университет (Германия),

И.В. Григорьев, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

Х. Деглиз, проф., Международная академия наук о древесине (Франция),

И.П. Дейнеко, д-р хим. наук, проф., СПбГТУРП,

А.В. Жигунов, д-р с.-х. наук, проф., СПбГЛТУ,

М. Е. Игнатьева, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

Т. Карьялайнен, проф., Финский исследовательский институт лесного хозяйства (Финляндия),

Д.Л. Мусолин, канд. биол. наук, доц., СПбГЛТУ,

В.И. Онегин, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

В.А. Петрицкий, д-р филос. наук, проф., СПбГЛТУ,

В.Н. Петров, д-р экон. наук, проф., СПбГЛТУ,

О. Саллинас, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

В.Г. Санаев, д-р техн. наук, проф., МГУЛ,

А.Н. Чубинский, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

И.В. Смирнова, технический секретарь, СПбГЛТУ.

Адрес редакции: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5.

Тел.: (812)670-92-69, *факс:* (812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Сайт организации:* www.ftacademy.ru. *Сайт издания:* izvestia.ftacademy.ru

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия Российской Федерации.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-23613 от 10.03.2006 г.

УДК 630

Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 212.
СПб.: СПб ГЛТУ, 2015. – 280 с. – ISBN 978-5-9239-0781-0, ISSN 2079-4304.

В очередном выпуске сборника научных трудов «Известия СПбЛТА» представлены результаты текущих исследований по лесному хозяйству, лесозаготовкам и механизации лесосечных работ, механической и химической переработке древесины. Сборник предназначен для работников лесного комплекса, преподавателей, аспирантов, студентов и выпускников лесотехнических вузов, сотрудников НИИ лесного профиля.

Ministry of Education and Science of the Russian Federation

State Budget Institution of Higher Professional Education
«SAINT PETERSBURG STATE FOREST TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER S.M. KIROV»

IZVESTIA
SANKT-PETERBURGSKOJ
LESOTEHNICESKOJ
AKADEMII

Issue 212

Published since 1886

SAINT PETERSBURG
2015

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

A.V. Selikhovkin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

Deputy Editor-in-Chief

L.V. Utkin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

V.A. Aleksandrov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

A.S. Alekseev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

N. Belgasem, PhD, Professor, Higher School of the Paper and Printing Industry (France),

A.V. Vasilyev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

N. Weber, PhD, Professor, Dresden Technical University (Germany),

I.V. Grigorev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

H. Deglíz, PhD, Professor, International Academy of Sciences about Wood (France),

I.P. Deyneko, DSc, Professor, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers,

A.V. Zhigunov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

M. Ignatieva, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

T. Karjalainen, PhD, Professor, Finnish Forest Research Institute (Finland),

D.L. Musolin, PhD, Assoc. Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.I. Oegin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.A. Petritsky, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.N. Petrov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

O. Sallnas, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

V.G. Sanayev, DSc, Professor, Moscow State Forest University,

A.N. Chubinsky, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University.

I.V. Smirnova, Saint Petersburg State Forest Technical University, technical secretary.

Editor's Office Address: 194021, St. Petersburg, Institutskiy per., 5. Tel.: +7(812)670-92-69.

Fax: +7(812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Organization's website:* www.ftacademy.ru.

Serial's website: izvestia.ftacademy.ru

The serial is registered by the Federal service on supervision of legislation observance in the sphere of mass communications and protection of cultural heritage of the Russian Federation.

The certificate on registration of mass media of PI No. FS77-23613 of 10.03.2006.

UDC 630

Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehničeskoj Akademii: Is. 212. SPb.: SPbGLTU, 2015. – 280 p. – ISBN 978-5-9239-0781-0, ISSN 2079-4304.

The next release of «Izvestia SPbLTA» is dedicated to the anniversary of St. Petersburg State Forest Technical University and represents results of the current researches on forestry, logging and mechanization of logging, mechanical and chemical processing of wood. The collection is intended for workers of a forest complex, teachers, graduate students, students and graduates of timber higher education institutions, the staff of scientific research institute of a forest profile.

Е.Н. Власов, О.А. Михайлов, М.Я. Дурманов, А.Ю. Епифанова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА РЕАЛИЗАЦИЮ КАСАТЕЛЬНОЙ СИЛЫ ТРАКТОРА ЛХТ-100 В ПАХОТНОМ РЕЖИМЕ

Введение. Актуальность выполненных исследований заключается в определении путей снижения количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора в режиме пахоты, и повышения эффективности сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата.

Для оценки эффективности сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата (МТА) согласно ГОСТ 4.40–84 применяют показатель удельной конструкционной массы, представляющий собой отношение массы трактора в комплектации с основным оборудованием к эксплуатационной мощности привода (двигателя). В этом показателе масса МТА определяет тяговое усилие, а мощность – скорость движения (с учетом типа ходовой системы). Очевидно, в основе показателя лежит один из постулатов академика В.П. Горячкина: «... основная задача теории массы сельскохозяйственных машин и орудий – определить достаточную и необходимую величину массы рабочих органов орудия и двигателя с целью вместить возможно больше механической энергии в единицу массы» [Гуцелюк и др., 2008].

При проектировании машин лесного комплекса, в частности, лесохозяйственного трактора, необходимая величина массы определяется исходя из силы сцепного веса, создающего максимальную силу тяги на номинальных нагрузочном и скоростном режимах, а мощность привода – в соответствии с тягово-скоростными характеристиками МТА. При этом вопрос о энергии $\mathcal{E}(t)$, затрачиваемой на реализацию необходимых касательной силы $F_k(t)$ и скорости движения v_0 в режиме пахоты, как правило, не возникает, хотя она может быть представлена выражением

$$\mathcal{E}(t) = v_0 \int_{t_1}^{t_2} F_k(t) dt, \quad (1)$$

где t_1, t_2 – пределы интегрирования во временной области.

Цель исследования – оценить затраты энергии на реализацию касательной силы МТА на базе трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме с учетом динамических нагрузок.

Методика исследования. Заключается в разработке математической модели энергии, затрачиваемой на реализацию динамической составляющей касательной силы.

В процессе создания минерализованных полос или подготовки почвы для лесовосстановления на вырубке с количеством пней до 600 шт. на 1 га касательная сила тяги трактора $F_k(t)$ затрачивается на преодоление регулярной (средней) составляющей нагрузки $F_{кo}$ и переменных, создаваемых неоднородностью грунта и неровностями микрорельефа пути $F_H(t)$, колебаниями остова МТА в продольно-вертикальной плоскости $F_B(t)$ и силами инерции $F_j(t)$:

$$F_k(t) = F_{кo} + F_j(t) + F_B(t) + F_H(t). \quad (2)$$

Или, подробно, с учетом особенностей сопротивления лесного грунта резанию [Гуцелюк и др., 2008]

$$F_k(t) = g(m \cdot \sin \alpha + f_{тк} m_{т} \cdot \cos \alpha) + f_{тc} m_{пл} g + \kappa_{п}(1 - \delta_s) ab + \xi ab v^2 + q_k \delta_s ab + m \frac{dv(t)}{dt} + f_{тк} F_B(t), \quad (3)$$

где m – масса трактора и плуга; $m_{т}$ – масса трактора; $m_{пл}$ – масса плуга; $f_{тк}$ – коэффициент трения качения; $f_{тc}$ – коэффициент трения скольжения лемеха о грунт; α – угол подъема; $g = 9,81$ м/с²; $\kappa_{п}$ – удельное сопротивление резанию почвы; a , b – глубина вспашки и ширина захвата плугом соответственно; v – скорость движения МТА; ξ – коэффициент динамичности отброса пласта; δ_s – часть площади поперечного сечения пласта, которая зависит от свойств древесной породы распространять корни в пахотном горизонте ($\delta_s = 0,01 \dots 0,05$); q_k – удельное усилие для разрыва корней, находящихся в почве.

Из выражения (2) следует, что эффективно используемая касательная сила тяги при выполнении технологических операций есть разность между регулярной составляющей и переменными силами сопротивления. Для вычисления динамической составляющей касательной силы выразим скорость движения МТА через частоту вращения $n(t)$ коленчатого вала двигателя:

$$v(t) = \frac{\pi R}{30 i_T} n(t), \quad (4)$$

где R , i_T – радиус ведущей звездочки трактора и передаточное число трансмиссии соответственно. Продифференцировав выражение (3), получим

$$F'_k(t) = \frac{\pi R}{30 i_T} \left(m + 2 \frac{\pi R}{30 i_T} \xi ab \right) \frac{dn(t)}{dt} + f_{тк} \frac{d}{dt} F_B(t). \quad (5)$$

Исходя из того, что передаточная функция есть отношение преобразованного по Лапласу выходного показателя, при нулевых начальных условиях, к входному, также преобразованному по Лапласу, при нулевых начальных условиях, запишем выражение (5) в операторном виде и разделим его левую и правую части на преобразованную по Лапласу $F_H(s)$; получим передаточную функцию касательной силы $W(s)$:

$$W(s) = \frac{F_K(s)}{F_H(s)} = \frac{\pi R}{30i_T} \left(m + 2 \frac{\pi R}{30i_T} \xi_{ab} \right) sU(s) + f_{TK} s \Theta_B(s), \quad (6)$$

где $s = d/dt$ – оператор дифференцирования; $U(s) = n(s) / F_H^a(s)$ – передаточная функция частоты вращения двигателя; $\Theta_B(s) = F_B(s) / F_H(s)$ – передаточная функция колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости.

Суммарные потери касательной силы $F_{K\Sigma}(\omega)$ от динамических режимов нагружения по спектру частот ω колебания нагрузки на ведущих звездочках гусеничного движителя определяются выражением

$$F_K(\omega) = \frac{1}{\lambda_H} \left\{ \int_{\omega=0}^{\omega=\infty} \left[F_H^a \omega \frac{\pi R}{30i_T} \left(m + \frac{2\pi R}{30i_T} \xi_{ab} \right) |U_{II}(j\omega)| + f_{TK} |\Theta_{ВН}(j\omega)| d\omega \right] \right\}, \quad (7)$$

где F_H^a – величина амплитуды переменной составляющей нагрузки; λ_H – низшая собственная частота колебаний системы МТА; $j = \sqrt{-1}$.

Таким образом, эффективно используемая касательная сила тяги F_K^3 есть разность:

$$F_K^3 = F_{K_0} - F_{K\Sigma}(\omega), \quad (8)$$

где $F_{K_0} = g(m \cdot \sin \alpha + f_{TK} m_T \cdot \cos \alpha) + f_{TC} m_{пл} g + \kappa_{II} (1 - \delta_s) ab + \left(\frac{\pi R}{30i_T} \right)^2 \xi_{ab} n_0^2 + q_k \delta_s ab$; n_0 – регулярная составляющая частоты вращения двигателя.

Очевидно, для вычисления потерь на динамику и определения величины эффективно используемой касательной силы при динамических режимах нагружения необходимы амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) частоты вращения двигателя $|U(j\omega)|$ и колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости $|\Theta_B(j\omega)|$. В качестве примера рассмотрим движение МТА на базе лесохозяйственного трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70-4 в режиме пахоты (рис. 1).

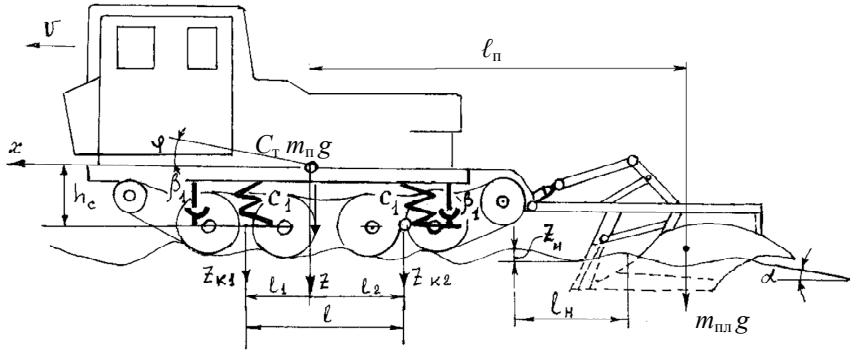


Рис. 1. Расчетная схема МТА в режиме пахоты на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70-4

Используем следующие амплитудно-частотные характеристики:

– частоты вращения коленчатого вала двигателя СМД-18БН, полученной в результате экспериментальных исследований [Антипин и др., 1972],

$$|U(j\omega)| = \frac{k_d (T_2^2 s^2 + 2T_2 \xi_1 s + 1)}{(T_1 s + 1) \cdot (T_3^2 s^2 + 2T_3 \xi_2 s + 1)(T_4 s + 1)}; \quad (9)$$

– колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости, полученной теоретически [Варава и др., 2007],

$$|\Theta_B(j\omega)| = k'_0 c_1 \omega^2 \sqrt{\frac{\left[\mu_0 m_1 m_2 \omega^2 \left(\frac{1}{\tau \lambda_H} - 1 \right) + c_1 \left(m' + \frac{1}{\tau \lambda_H} m'' \right) \right]^2 + \dots}{\left[\mu_0 m_1 m_2 \omega^4 - \omega^2 (m_1 c_1 + m_2 c_1 + \beta_1^2) + c_1^2 \right]^2 + \dots}} \dots \quad (10)$$

$$\dots \frac{\omega^2 \beta_1^2 \left(m' - \frac{1}{\tau \lambda_H} m'' \right)^2}{\dots}$$

$$\dots \frac{\omega^2 [\beta_1 (c_1 - m_2 \omega^2) - \beta_1 (c_1 - m_1 \omega^2)]^2}{\dots}$$

где k_d – параметр передачи двигателя, $k_d = 1,8 \text{ (Н} \cdot \text{м} \cdot \text{мин)}^{-1}$; T_1 – постоянная времени МТА, $T_1 = \frac{\pi}{30} \left(I_d + \frac{mR^2}{i_t^2} \right) \frac{n_H^2}{N_H}$; T_2, T_3, T_4 – постоянные времени, $T_2 = 0,531 \text{ с}^{-1}$, $T_3 = 0,398 \text{ с}^{-1}$, $T_4 = 0,354 \text{ с}^{-1}$; ξ_1, ξ_2 – коэффициенты затухания, $\xi_1 = 0,30$, $\xi_2 = 0,25$; I_d – приведенный момент инерции двигателя, $I_d = 2,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; n_H – номинальная частота вращения двигателя; N_H – номинальная мощность

двигателя; $k'_o = \cos(2\pi l_k / l_n) \approx 0,7$; c_1 – жесткость подрессоривания опор; β_1 – параметр демпфирования, $\beta_1 = 2v_n \sqrt{c_1 m}$; $v_n = 0,3$; $\mu_o = 1 - \frac{m_o}{m_1 + m_2} = 0,66$;

$m_o = \frac{I_c - m_{тп} l_1 l_2}{l^2} = 5544,5$ кг; $m_1 = \frac{I_c + m_{пo} l_2^2}{l^2} = 9599,2$ кг; $m_2 = \frac{I_c + m_{3o} l_1^2}{l^2} = 7003,7$ кг; $m_{тп}$ – подрессоренная масса трактора, $m_{тп} = 8400$ кг; $m_{пo}$ – масса трактора, приходящаяся на переднюю ось, $m_{пo} = 4400$ кг; m_{3o} – масса трактора, приходящаяся на заднюю ось, $m_{3o} = 4000$ кг; $l_1 = 0,31$ м; $l_2 = 1,44$ м; $l = 1,75$ м; $I_c = 23936$ кг·м²; $m' = m_o + m_1$; $m'' = m_o + m_2$; $\tau = l / v$.

Подставляя в (6) значения $|U(j\omega)|$, $|\Theta_b(j\omega)|$ (при $s = j\omega$), вычисляем АЧХ касательной силы при движении МТА на четвертой передаче при исходных данных: $i_t = 21,05$; $R = 0,238$ м; $\alpha = 3^\circ$; $m_t = 10400$ кг; $m_{пл} = 520$ кг; $f_{тк} = 0,08$; $f_{тс} = 0,30$; $a = 0,15$ м; $b = 0,7$ м; $\kappa_n = 5 \cdot 10^4$ Н/м; $\xi = 1500$ кг/м²; $n_o = 0,8n_n$; $n_n = 1900$ мин⁻¹; $N_n = 88$ кВт; $\delta_s = 0,01$; $q_k = 2 \cdot 10^6$ Н/м²; $F_n^a = 72$ Н; $c_1 = 1400$ кН/м.

Очевидно, АЧХ касательной силы (рис. 2, кривая 1) имеет два экстремума на собственных частотах $2,9$ с⁻¹ и $20,0$ с⁻¹ соответственно. Первая частота ($\omega_c = 2,9$ с⁻¹) соответствует собственной частоте колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя, вторая – частоте колебаний подрессоренной массы МТА в продольно-вертикальной плоскости.

Возникает вопрос, каким образом снизить динамическую нагруженность в силовой передаче трактора? Исследования, выполненные на кафедре проектирования специальных лесных машин Лесотехнической академии, заключающиеся в применении гасителя колебаний рейки топливного насоса (РТН) дизеля [Антипин и др., 1986], позволяют уменьшить амплитуду колебаний касательной силы в низкочастотном, наиболее энергозатратном, диапазоне ($\omega_c = 2,9$ с⁻¹) с $9,7$ до $0,8$ кН (рис. 2, кривая 4).

Для снижения динамической нагруженности от высокочастотных колебаний МТА в продольно-вертикальной плоскости предлагается уменьшить жесткость подрессоривания на 30% с установкой гасителей колебаний. Согласно расчетам понижается не только амплитуда колебаний, с $2,8$ до $1,95$ кН, но и частота их экстремальных значений – с 20 до $16,8$ с⁻¹ (рис. 2, кривая 3).

На основании формулы (7) вычислены суммарные потери касательной силы от динамических режимов нагружения по спектру частот $\omega = 0 \dots 20$ с⁻¹ для различных значений жесткости подрессоривания $c_1 = 1400; 980$ кН/м.

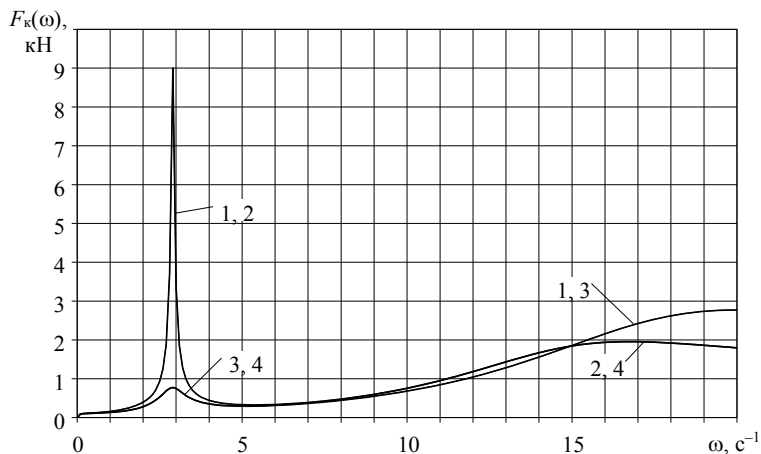


Рис. 2. АЧХ касательной силы МТА «ЛХТ-100 + плуг ПКЛ-70-4» в пахотном режиме:

- 1, 2 – без гасителей колебаний в системе поддрессоривания МТА и РТН;
 3, 4 – с гасителями колебаний в системе поддрессоривания МТА и РТН;
 1, 3 – при жесткости $c_1 = 1400$ кН/м; 2, 4 – при жесткости $c_1 = 980$ кН/м

Результаты исследования. Подставляя в формулу (1) выражение (7), записанное в частотном виде, получим с учетом потерь на динамику количество энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы:

$$\mathcal{E}_\Sigma = v_0 [F_{k0} + F_k(\omega)]. \quad (11)$$

Результаты вычислений выражений (7) и (11) для МТА без гасителей колебаний в системе поддрессоривания и РТН и с их наличием приведены в таблице.

Очевидно, что со снижением жесткости поддрессоривания МТА на 30 % количество энергии, затрачиваемой на реализацию динамической составляющей касательной силы по спектру частот $\omega = 0 \dots 20$ с⁻¹, изменяется следующим образом:

- без гасителей колебаний в системе поддрессоривания МТА и гасителя колебаний РТН дизеля увеличивается на 8,6 %;
- с гасителями колебаний в системе поддрессоривания и РТН дизеля снижается на 17,7 %. Согласно (8) эффективно используемая касательная сила увеличивается на 1,48 кН.

Результаты расчета затрат энергии на реализацию касательной силы МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70-4 в режиме пахоты при легких грунтах и скорости движения $v_0 = 1,8$ м/с (4-я передача)

Установка гасителей колебаний РТН и ПГА в ГММ	Компоненты динамических составляющих касательной силы $F_{кi}(\omega)$, кН, и затрат энергии $\mathcal{E}_i(\omega)$, кДж/с, при жесткости $c_1 = 1400$ кН/м			Суммарные динамические составляющие касательной силы $F_k(\omega)$, кН, и затрат энергии $\mathcal{E}(\omega)$, кДж/с, в зависимости от жесткости c_1 , кН/м	
	1	2	3	1400	980
Отсутствует	$\frac{1,58}{2,84}$	$\frac{6,80}{12,24}$	$\frac{6,9 \cdot 10^{-5}}{12,4 \cdot 10^{-5}}$	$\frac{8,38}{15,08}$	$\frac{7,66}{13,78}$
Имеется	$\frac{0,82}{1,47}$	$\frac{6,80}{12,23}$	$\frac{2,8 \cdot 10^{-5}}{5,1 \cdot 10^{-5}}$	$\frac{7,62}{13,71}$	$\frac{6,90}{12,41}$
Регулярная касательная сила $F_{кo} = F_{к\Sigma} - F_k(\omega)$				23,09	
Регулярная энергия $\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_\Sigma - \mathcal{E}(\omega)$				43,02	

Примечания. 1. В числителе дроби представлены динамические составляющие касательной силы, в знаменателе – энергии. 2. Компоненты динамических составляющих: 1 – силы инерции; 2 – вертикальные колебания; 3 – динамика отброса пласта.

Выводы.

1. Величина эффективно используемой касательной силы и количество энергии, затрачиваемой на ее реализацию, зависят от амплитудно-частотных характеристик двигателя и системы поддрессоривания машинно-тракторного агрегата.

2. Снижение жесткости поддрессоривания на 30 % и установка гасителей колебаний МТА уменьшает не только высокочастотную динамическую нагруженность в силовой передаче, но и собственную частоту системы с 20 до $16,8 \text{ с}^{-1}$ с амплитудами в 2,8 и 1,95 кН соответственно.

3. Установка гасителя колебаний рейки топливного насоса двигателя снижает количество затрачиваемой энергии и амплитуду колебаний касательной силы в низкочастотном, наиболее энергозатратном, диапазоне ($\omega_c = 2,9 \text{ с}^{-1}$) с 9,7 до 0,8 кН.

Библиографический список

Гуцелюк Н.А., Спиридонов С.В. Технология и система машин в лесном и садово-парковом хозяйствах: учеб. пособие. СПб.: Проффикс, 2008. 696 с.

Антипин В.П. и др. Стенд для испытания двигателя внутреннего сгорания и трансмиссии. А.с. № 353169, опубл. 29.09.1972. Бюлл. № 29.

Варава В.И. и др. Энергозатраты трактора ТБ-1 // Лесной журнал. 2007. № 5. С. 45–53.

Антипин В.П. и др. Регулятор скорости прямого действия двигателя внутреннего сгорания. А.с. № 1276843, опубли. 15.12.1986. Бюлл. № 46.

Bibliography

Gutselyuk N.A., Spiridonov S.V. Technology and the system of machines in the forest and landscaping economies. Teaching aid. St. Petersburg: Profiks, 2008. 696 p. (Rus)

Antipin V.P. and others. Stand for testing internal combustion engine and transmission. A.s. number 353169, published on 29.09.1972. Bulletin number 29. (Rus)

Varava V.I. and others. Power consumption of tractor ТБ-1. *Forest Magazine*, 2007, no. 5, pp. 45–53. (Rus)

Antipin V.P. and others. Speed regulator of the direct action of internal combustion engine. A.s. no. 1276843, published on 15.12.1986. Bulletin number 46. (Rus)

Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю. Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 212. С. 104–112.

Рассмотрены затраты энергии на реализацию касательной силы машинно-тракторного агрегата (МТА) на базе трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме с учетом динамических нагрузок. Установлена зависимость затрат энергии от динамических характеристик привода и системы поддрессоривания МТА. Предложены пути снижения энергозатрат на динамические нагрузки и повышения касательной силы тяги.

Ключевые слова: затрачиваемая энергия, касательная сила, скорость движения, передаточные функции.

Vlasov E.N., Mihyilov O.A., Durmanov M.Ya., Epifanova A.Yi. Determination of a quantity of energy, spent on the realization of the tangential force of tractor LHT-100 in the arable mode. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2015, is. 212, pp. 104–112 (in Russian with English summary).

Are examined expenditures of energy for the realization of the tangential force of machine-tractor unit (MTU) on the base of tractor LHT-100 in the arable mode taking into account dynamic loads. Is established the dependence of expenditures of energy on the dynamic characteristics of drive and suspension system of MTU. Are proposed the ways of a decrease power consumption for the dynamic loads and on increases in the tangential thrusts.

Key words: spent energy, tangential force, speed of motion, transfer functions.

ВЛАСОВ Евгений Николаевич – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: vlasov-en@mail.ru

VLASOV Evgenij N. – Associate Professor, PhD (Engineering), Associate Professor, St. Petersburg State Forestry University.

194021, Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: vlasov-en@mail.ru

МИХАЙЛОВ Олег Андреевич – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: lts55@mail.ru

MIKHAILOV Oleg A. – Associate Professor, PhD (Engineering), Associate Professor, St. Petersburg State Forestry University.

194021, Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: lts55@mail.ru

ДУРМАНОВ Михаил Яковлевич – старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. SPIN-код: 3809-9956.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Durmanov130266@rambler.ru

DURMANOV Mikhail Ya. – senior lecturer, St. Petersburg State Forestry University. SPIN code: 3809-9956.

194021, Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: Durmanov130266@rambler.ru

ЕПИФАНОВА Александра Юрьевна – старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sandra85-07@mail.ru

EPIFANOVA Aleksandra Yu. – senior lecturer, St. Petersburg State Forestry University.

194021, Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: sandra85-07@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Лесомеханическому факультету – 60 лет	6
1. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
<i>Ветров Л.С.</i> Структура пригородных ельников Санкт-Петербурга	9
<i>Данилов Д.А., Смирнов А.П., Смирнов А.А.</i> Влияние интенсивности разреживания на плотность древесины спелых ельников кисличного типа леса	18
<i>Лаврентьев Н.В., Фирсов Г.А.</i> Дуб белый (<i>Quercus alba</i> L., <i>Fagaceae</i>) в Санкт-Петербурге	29
<i>Мурзакулов С.С.</i> Эколого-лесоводственные основы сохранения и устойчивого развития арчовых лесов юга Кыргызстана	42
<i>Федотов И.В., Третьяков С.В., Ильинцев А.С.</i> Исследование радиального прироста в осушаемых лесах	55
<i>Хабарова Е.П., Пастухова Н.О., Феклистов П.А., Петрик В.В.</i> Влияние ассимиляционного аппарата на смолопродуктивность сосны обыкновенной	66
2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК	
<i>Александров В.А., Лузанова Л.Н., Александров А.В.</i> Вибронагруженность оператора валочно-пакетирующей машины в режиме подъема дерева стрелой	78
<i>Александров В.А., Ву Хоа Ки.</i> К вопросу нагруженности гусеничного трелевочного трактора в режиме разгона	85
<i>Багаутдинов И.Н., Богданов Е.Н., Желонкин А.А., Жилин С.С.</i> Снижение нагруженности опорно-поворотного устройства валочно-пакетирующей машины типа ЛП-19В использованием активного противовеса	94
<i>Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю.</i> Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме	104
<i>Горбачева Т.И., Епифанова А.Ю., Кислицин А.Д.</i> Исследование процесса разрушения при неподвижном сочленении деталей в узле машин лесного комплекса	113
<i>Грязин В.А.</i> Методика расчета энергозатрат валочных машин манипуляторного типа при моделировании лесозаготовок	123
<i>Куликов А.А., Дюкова И.Н., Иванова И.В.</i> Особенности прямых круговых процессов в идеальном газе	130

<i>Локистанов Б.М., Орлов В.В., Бачеринов И.В., Паиков А.В.</i> Технология производства щепы из лесосечных отходов и способы повышения ее энергетических показателей	140
<i>Миляев А.С.</i> Жесткость слоистых грунтовых оснований лесовозных дорог	154
<i>Трофимов А.В., Горбачева Т.И.</i> О месте термической и химико-термической обработки в технологическом процессе изготовления деталей лесных машин	167
3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ	
<i>Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В.А.</i> Нейтронозащитные материалы из древесины	176
<i>Гусев В.Г.</i> О методах оценки влажности лесных горючих материалов в зависимости от метеорологических условий	185
<i>Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</i> Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций	198
4. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ	
<i>Байдаков Д.Л.</i> Электрические свойства и локальное окружение атомов в медьсодержащих халькогенидных пленках, полученных методом химического нанесения	211
<i>Киселев И.Я.</i> Электронная электропроводность метилового спирта	224
<i>Кислицына О.В., Веснин Р.Л., Синцов К.Н., Алалыкин А.А.</i> Оценка биоцидной активности нового средства «NORWOOD ECO» для защитной обработки древесины	229
5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ	
<i>Затенко С.И., Тарабан М.В.</i> Сравнительный анализ интервальных байесовских моделей надежности программного обеспечения с известными вероятностными моделями надежности	238
6. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОГО СЕКТОРА	
<i>Третьяков А.Г.</i> Практика реализации лесного плана на примере Архангельской области	247
<i>Смирнова А.И., Ле Чунг Хиеу, Левченко И.А.</i> Влияние транспортной инфраструктуры на себестоимость заготовки древесины	265

CONTENTS

Preface	5
60 Years of Forest-Mechanical Faculty	6
I. FORESTRY	
<i>Vetrov L.S.</i> Structure of suburban fir groves of St. Petersburg	9
<i>Danilov D.A., Smirnov A.P., Smirnov A.A.</i> Influence of intensity of felling for the density of the wood of mature spruce of forest oxalidosum type	18
<i>Lavrentyev N.V., Firsov G.A.</i> White oak (<i>Quercus alba</i> L., <i>Fagaceae</i>) in Saint-Petersburg	29
<i>Murzakulov S.S.</i> Ecological and silvicultural bases of conservation and sustainable development of juniper forests of southern Kyrgyzstan	42
<i>Fedotov I.V., Tretjakov S.V., Iltcev A.S.</i> Study of radial growth drained forests	55
<i>Khabarova E.P., Pastukhova N.O., Feklistov P.A., Petrik V.V.</i> Relation of the assimilatory device on the resin productivity of scotch pine	66
2. TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF LOGGING INDUSTRIES	
<i>Aleksandrov V.A., Luzanova L.N., Aleksandrov A.V.</i> Vibroloading of the operator feller buncher mode lift the tree by an arrow	78
<i>Aleksandrov V.A., Vu Hoa Ky.</i> The problem of skidding tractor load in acceleration process	85
<i>Bagautdinov I.N., Bogdanov E.N., Zhelonkin A.A., Zhilin S.S.</i> Load reduction of the feller buncher lp-19v swing mechanism by means of dynamic counterweight	94
<i>Vlasov E.N., Mihyilov O.A., Durmanov M.Ya., Epifanova A.Yi.</i> Determination of a quantity of energy, spent on the realization of the tangential force of tractor LHT-100 in the arable mode	104
<i>Gorbacheva T.I., Epifanova A.U., Kislicin A.D.</i> Issledovanie processa razrusheniia pri nepodvighnom sochlinenii detalei v uzle mashin lesnogo kompleksa	113
<i>Gryazin V.A.</i> Method of calculating the energy costs forest harvesting machines manipulator type in modeling wood harvesting	123

<i>Kulikov A.A., Dyukova I.N., Ivanova I.V.</i> Features direct range processes in an ideal gas	130
<i>Lokshantov B.M., Orlov V.V., Bacherikov I.V., Pashkov A.V.</i> Production technology from logging residues chips and ways of improving its energy indices ..	140
<i>Miljaev A.S.</i> Rigidity of layered earth bases timber-carrying roads	154
<i>Trofimov A.V., Gorbacheva T.I.</i> About plauce of thermal processing and chemical and thermal processing in the technological process of manufacturing forest machines components	167

3. WOOD SCIENCE. MECHANICAL WOODWORKING INDUSTRY

<i>Birman A.R., Belonogova N.A., Sokolova V.A.</i> Neutron protective wood materials	176
<i>Gusev V.G.</i> About Methods of an estimation of humidity of wood combustible materials depending on weather conditions	185
<i>Fedyayev A.A., Chubinsky A.N., Fedyayev A.A., Fedyayeva N.Yu.</i> Analysis of energy efficiency elements of translucent walling	198

4. CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD. BIO TECHNOLOGY

<i>Baydakov D.L.</i> Electrical properties and the local atomic environment in the copper-containing halcogenide films obtained by chemical deposition	211
<i>Kiselev I.Ia.</i> Electron conductivity of methyl alcohol	224
<i>Kislitsyna O.V., Vesnin R.L., Sintsov K.N., Alalykin A.A.</i> Assessment of biocidal activity of new means of «NORWOOD» for protective processing of wood	229

5. INFORMATION SYSTEMS, MATHEMATICAL MODELING AND AUTOMATION SYSTEMS

<i>Zatenko S.I., Taraban M.V.</i> Comparative analysis of interval Bayesian model of reliability software with known probabilistic model of reliability	238
---	-----

6. ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>Tretyakov A.G.</i> The practical implementation of forest plan for example of the Arkhangelsk region	247
<i>Smirnova A.I., Le Chung Hieu, Levchenko I.A.</i> Impact of transport infrastructure to the cost price of timber harvesting	265