

11. Sushkov V. V. *Mehanika razrushenija merzlyh gruntov* [Mechanics of the destruction of frozen soils] Leningrad, 1972, 128 p. (In Russian)
12. Ufirkin N. A. *Issledovanie processa razrushenija pochvy udarnymi nagruzkami s cel'ju povyshenija jeffektivnosti raboty plugov. Avt-t dis. na soisk. uch. st. kand. tehn. nauk* [The study of the process of destruction of the soil shock loads in order to improve the efficiency of plug-ins. Avt-t dis. ... Cand. tech. sciences] Moscow, 1970, 24 p. (In Russian)
13. Harhuta N. Ja. [et al.] *Dorozhnye mashiny* [Road cars] Leningrad, 1968, pp. 13-22, 200-220 (In Russian).
14. Hlebnikov G. D. *Issledovanie zakonomernostej razrushenija gornyh porod pri droblenii. Avt-t dis. na soisk. uch. st. kand. tehn. nauk.* [Investigation of the regularity of rock breeding during crushing. Avt-t dis. ... Cand. tech. sciences] Moscow, 1968, 24 p. (In Russian)
15. Hoang Chien. *Razrushenie pochvennyh glyb udarom.* Meh. i jelekt. soc. sel'skogo hozjajstva. 1968, № 10, s. 38-39. (In Russian)

Сведения об авторах

Бартенев Иван Михайлович – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: kafedramehaniza@mail.ru

Information about authors

Bartenev Ivan Mikhailovich – Professor of Forestry Mechanization department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kafedramehaniza@mail.ru.

DOI: 10.12737/article_5b97a15e077cc5.51055673

УДК 630*4

ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ С ГИДРОПРИВОДОМ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

доктор технических наук, профессор **И. М. Бартенев**¹

доктор технических наук, профессор **П. И. Попиков**¹

А. В. Шаров¹

Н. А. Шерстюков¹

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

В данной статье представлена математическая модель работы лесного пожарного грунтомета с гидроприводом, позволяющей изучить влияние параметров гидросистемы лесопожарного грунтомета, грунта и препятствий на эффективность рабочего процесса и защиты ротора. Метод в котором почва и препятствия представляются совокупностью большого количества (порядка 2000...10000) шарообразных элементов малого размера, способных взаимодействовать как между собой, так и с лопатками грунтомета. Дифференциальные уравнения, описывающие движение элементов грунта и препятствий, а также вращение ротора грунтомета, являются однотипными. Для решения системы дифференциальных и алгебраических уравнений, которая заложена в основу модели, разработана компьютерная программа "Программа для моделирования работы лесного пожарного грунтомета с энергосберегающим гидроприводом". Программа разработана в среде BorlandDelphi 7.0 на языке программирования ObjectPascal. Перед началом компьютерного эксперимента можно задать конструктивные и технологические параметры грунтомета и гидросистемы, физико-механические параметры грунта. В процессе работы программа несколько раз в секунду вы-

водит на экран компьютера схематичное изображение в трех проекциях грунтомета и почвенной системы, а также временную зависимость момента сопротивления вращению ротора. Программа предназначена для многократного проведения компьютерных экспериментов по метанию грунта, остановке и пуску ротора при контакте с непреодолимыми препятствиями, и определения на этой основе оптимальных параметров энергосберегающей гидросистемы. Таким образом разработана методика решения математической модели работы лесного пожарного грунтомета с энергосберегающей гидросистемой, позволяющая изучить влияние параметров гидросистемы, грунтомета, грунта, препятствий на эффективность рабочего процесса и защиты ротора.

Ключевые слова: математическая модель, ротор, гидропривод, грунтомет, препятствия, рабочий процесс.

FEATURES OF NUMERICAL INTEGRATION OF A SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE WORKING PROCESS OF A SOIL-PROCESSING MACHINE WITH A HYDRAULIC DRIVE FOR PREVENTION AND SUPPRESSION OF FOREST FIRES

DSc in Engineering, Professor **I. M. Bartenev**¹

DSc in Engineering, Professor **P. I. Popikov**¹

A. V. Sharov¹

N. A. Sherstyukov¹

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

This article presents a mathematical model of the work of a forest fire soil-throwing machine that allows one to study the effect of the parameters of the hydrosystem of forest fire soil-thrower, soil and obstacles on the efficiency of the working process and protection of rotor. A method, in which soil and obstacles are represented by a large number of small-sized spherical elements (about 2000 ... 10000), capable of interacting with each other as well as with the blades of the soil-thrower, is described. Differential equations describing the motion of soil and obstacle elements, as well as rotation of the rotor of soil-thrower, are of the same type. To solve the system of differential and algebraic equations, which is the basis of the model, a computer program "Program for simulating the work of a forest fire soil-throwing machine with an energy-saving hydraulic drive" has been developed. The program is developed in BorlandDelphi 7.0 environment in the ObjectPascal programming language. Before the beginning of the computer experiment, you can specify design and technological parameters of soil-thrower and hydraulic system, physical and mechanical parameters of the soil. In the course of the program, the program displays a schematic image of soil-thrower and soil system in three projections several times per second, as well as time dependence of the rotor on rotation torque. The program is designed for multiple computer experiments on throwing soil, stopping and starting the rotor when contacting insuperable obstacles, and determining the optimum parameters of an energy-saving hydraulic system on this basis. Thus, a method for solving a mathematical model for the operation of a forest fire soil-throwing machine with an energy-saving hydraulic system has been developed, which makes it possible to study the influence of the parameters of a hydraulic system, a soil-thrower, soil, obstacles on the efficiency of working process and protection of rotor.

Keywords: mathematical model, rotor, hydraulic drive, soil-thrower, obstacles, workflow.

Для моделирования грунта и препятствий используется метод динамики частиц [3, 4]. В рамках метода грунт и препятствия представляются совокупностью большого количества (порядка 2000-10000) шарообразных элементов малого размера, способных взаимодействовать как между собой, так и с лопатками грунтомета. Дифференциальные уравнения, опи-

сывающие движение элементов грунта и препятствий, а также вращение ротора грунтомета являются однотипными и в общем виде записываются следующим образом [2]:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = k_1 \frac{dx}{dt} + k_2 x + k_3, \quad (1).$$

$$ma = k_1 v + k_2 x + k_3, \quad (4)$$

где m – масса элемента (или момент инерции ротора);
 x – искомая функция (зависимость от времени координаты x, y, z , или угла поворота ротора φ);
 t – время;
 k_1, k_2, k_3 – величины, не зависящие от x , но зависящие от других искомым функций системы дифференциальных уравнений;
 a – ускорение (соответствующая декартова компонента a_x, a_y, a_z , или угловое ускорение ротора ε);
 v – скорость (соответствующая декартова компонента v_x, v_y, v_z , или угловая скорость ротора ω).

В совокупности с начальными условиями данные уравнения представляют собой задачу Коши. Для ее решения используется численный метод Рунге-Кутты второго порядка (другое название метода – модифицированный метод Эйлера-Коши) [6, 8]. Метод реализуется следующими итерационными формулами

$$\begin{aligned} x^{\tau+1} &= x^\tau + v^\tau \cdot \Delta t + \frac{k_1 v^\tau + k_2 x^\tau + k_3 \cdot (\Delta t)^2}{m}, \\ v^{\tau+1} &= v^\tau + \frac{k_1 v^\tau + k_2 x^\tau + k_3}{m} \cdot \Delta t, \end{aligned} \quad (2)$$

где индексы τ и $\tau+1$ обозначают текущий и последующий шаг интегрирования по времени;

Δt – величина шага интегрирования.

Данный метод имеет второй порядок точности по отношению к искомой функции $x(t)$. Метод является универсальным, надежным, а также быстро программируемым. Шаг интегрирования системы дифференциальных уравнений составлял $\Delta t = 0,003$ с.

Начальные координаты элементов грунта и препятствий определяются алгоритмом их начального размещения. Начальные скорости механического движения элементов равны нулю:

$$v_{xi}^0 = 0, v_{yi}^0 = 0, v_{zi}^0 = 0. \quad (4)$$

Механическое движение элементов ограничено границами модельного пространства $L_x \times L_y \times L_z$. Те элементы, которые выходят за границы модельного пространства, принудительно возвращаются обратно. Так, например, если координата y_i элемента превысит длину модельного пространства L_y , производится коррекция координаты и скорости элемента: если $y_i > L_y$, то $y_i = L_y$; $v_{yi} = -v_{yi}$.

В то же время элементы грунта, выбрасываемые грунтометом, удаляются из модели. Условие

удаления элементов

$$\begin{cases} x_i > L_x; \\ z_i > h_{II}, \end{cases} \quad (5)$$

где h_{II} – высота грунта над нижней поверхностью модельного параллелепипеда.

Допущения и приближения:

- в пределах одного элемента грунт или препятствие считаются сплошной однородной средой с постоянной объемной плотностью.

- элементы движутся по законам классической динамики, механически взаимодействуя между собой и с рабочими поверхностями механизма;

- механическое взаимодействие между элементами носит линейный упруго-вязкий характер;

- механические свойства грунта и препятствий зависят только от пяти параметров, закладываемых в свойства элементов: диаметр, масса, коэффициенты жесткости, вязкости, ограничения взаимодействия.

Система дифференциальных уравнений считается устойчивой, если ее решение практически не зависит от начальных условий. Для разработанной модели условие устойчивости выполняется для всей совокупности уравнений в отношении усредненных показателей, которые подлежат определению: момент сопротивления вращению ротора, угловая скорость вращения ротора и др.

Устойчивость каждого отдельного дифференциального уравнения используемой системы уравнений не является высокой, так как элементы в процессе численного решения уравнений движения контактируют между собой случайным образом. Соответственно силы, действующие на элементы, то появляются, то исчезают, что приводит к разрывности возмущающих функций в дифференциальных уравнениях. Однако в случае системы, состоящей из большого количества дифференциальных уравнений второго порядка (в основе данной модели лежат порядка $2000 \times 3 = 6000$ дифференциальных уравнений, где 2000 – количество элементов, 3 – количество пространственных переменных) результат пространственного и временного усреднения характеристик по многим элементам оказывается практически не зависящим от начальных положений и скоростей элементов.

Такая особенность математического описания (неустойчивость отдельных уравнений, но устойчи-

вость системы уравнений в целом) является естественной для природных процессов и типична для моделей вещества в физике, химии, материаловедении. Аналогичная ситуация встречается в методе молекулярной динамики, с помощью которого моделируют движение атомов и молекул, в котором также, каждое отдельное уравнение малоустойчиво, однако в целом система уравнений устойчива по средним характеристикам системы (давление, средняя плотность и т.п.).

Можно ожидать, что устойчивость предлагаемой системы уравнений возрастает с повышением степени дискретизации грунта, и соответственно с увеличением количества дифференциальных уравнений. Специальные пробные эксперименты показали, что минимальное количество элементов, обеспечивающее высокую устойчивость системы дифференциальных уравнений для решения поставленных задач, составляет порядка 500...1000. Поэтому используемое в большинстве компьютерных экспериментов количество дифференциальных уравнений порядка 6000 значительно превышает нижний порог устойчивости системы.

В модели используется целый ряд параметров, связанных с дискретизацией грунта и препятствий (разбиением на отдельные элементы шаровой формы): $m_э$, $d_э$, c , d . Изложим методику определения параметров по справочным данным для рассматриваемой среды (различные типы грунтов, камни, древесина корней и т.п.) [1, 2, 7, 9, 10].

Расчет массы одного элемента $m_э$ производится с использованием табличного значения плотности среды и геометрических соображений:

$$m_э = \rho \cdot V_э = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} \left(\frac{d_э}{2} \right)^3 \cdot k_ф = \frac{\pi}{6} \rho d_э^3 k_ф, \quad (6)$$

где ρ – объемная плотность среды, кг/м³;

$V_э$ – объем элемента, м³;

$k_ф$ – коэффициент формы, необходимый для учета того, что шарообразные элементы не заполняют пространство полностью (между элементами остаются незаполненные поры), безразмерный. Значение коэффициента $k_ф$ зависит от плотности случайной упаковки и принято равным 1,4.

Для расчета жесткости взаимодействия двух элементов используется табличное значение модуля упругости среды и также геометрические соображения, касающиеся дискретизации:

$$c_{II} = E \cdot \frac{\pi d}{4} k_ф, \quad (3)$$

где E – модуль упругости среды, Па.

Коэффициент вязкого трения d связан с внутренним трением в среде, и определяется по справочным значениям расстояния затухания звуковых волн.

Коэффициент α обнуления взаимодействия между соседними элементами рассчитывается по справочным значениям о предельной деформации при испытании среды на растяжение. Для рассыпчатого грунта коэффициент α равен 1, для связного грунта принимает значения 1,05-1,20 [5].

Для решения системы дифференциальных и алгебраических уравнений, которая заложена в основу модели, разработана компьютерная программа "Программа для моделирования работы лесного пожарного грунтомета с энергосберегающим гидроприводом". Программа разработана в среде BorlandDelphi 7.0 на языке программирования ObjectPascal. Перед началом компьютерного эксперимента можно задать конструктивные и технологические параметры грунтомета и гидросистемы, физико-механические параметры грунта. В процессе работы программа несколько раз в секунду выводит на экран компьютера схематичное изображение в трех проекциях грунтомета и почвенной системы, а также временную зависимость момента сопротивления вращению ротора.

Программа предназначена для многократного проведения компьютерных экспериментов по метанию грунта, остановке и пуску ротора при контакте с непреодолимыми препятствиями, и определения на этой основе оптимальных параметров энергосберегающей гидросистемы.

Основные технические характеристики:

- количество элементов грунта – 2000-10 000;
- ориентировочное время проведения одного компьютерного эксперимента около 5 мин (при тактовой частоте процессора 3 ГГц).

Ротор грунтомета, вращаясь в установившемся режиме с приблизительно постоянной угловой скоростью, приближается к препятствию (камню), расположенному по оси грунтового канала (рис. 1, а). Взаимодействие с препятствием начинается с касания его одной из лопаток ротора, при этом частота вращения ротора снижается незначительно (рис. 1, б). Однако следующая лопатка взаимодействует с препят-

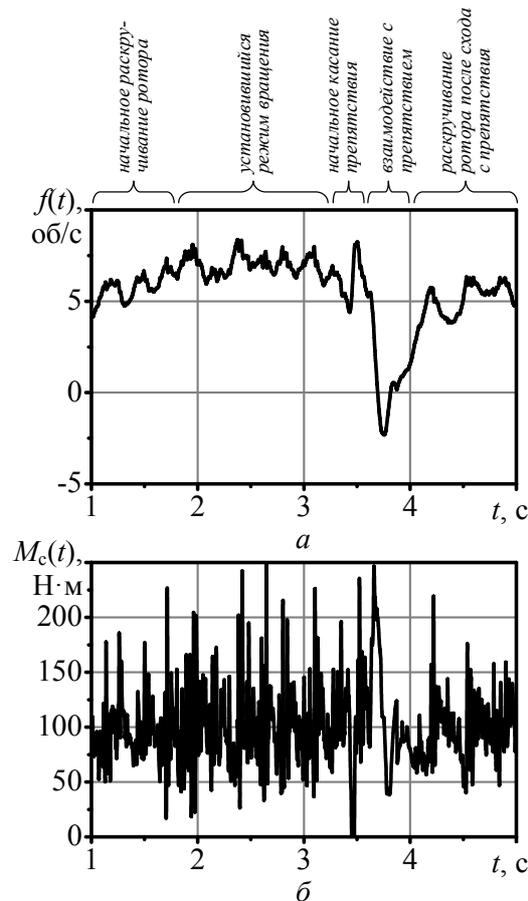


Рис. 1. Режимы торможения и раскрутки ротора грунтомета при взаимодействии с препятствием: временные зависимости частоты вращения $f(t)$ (а) и момента сопротивления вращению ротора грунтомета $M_c(t)$ (б)

ствием по большей площади, появляется существенный ударный момент сопротивления вращению, приводящий к остановке вращения ротора, и даже определенному вращению ротора в обратном направлении (эффект «отскока» при ударе). Далее, при поступательном движении грунтомета, ротор протягивается по поверхности препятствия. По завершении контакта ротора с препятствием, ротор соскальзывает по поверхности препятствия и начинает раскручиваться. В

течение короткого времени ротор снова выходит на установившийся режим работы с приблизительно постоянной скоростью вращения.

Таким образом, разработана математическая модель работы лесного пожарного грунтомета с энергосберегающей гидросистемой, позволяющая изучить влияние параметров гидросистемы, грунтомета, грунта, препятствий на эффективность рабочего процесса и защиты ротора.

Библиографический список

1. Комбинированный лесопожарный грунтомет и рекомендации по его применению [Электронный ресурс] / И. М. Бартенев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 84 (10). – С. 327-336. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/26.pdf>.
2. Мышкис, А. Д. Элементы теории математических моделей. [Текст] / А. Д. Мышкис. – 3-е изд., испр. – М. : КомКнига, 2007. – 192 с.
3. Советов, Б. Я. Моделирование систем [Текст] : учеб. пособие / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высш. шк., 1998. – 319 с.
4. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.

5. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления [Текст] : учеб. / под ред. А. Б. Лурье. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. – 312 с.
6. Щербаков, В. Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин [Текст] / В. Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины. – 2011. – № 11. – С. 1-3.
7. Mechanical treatment of raw waste lumber an effective way to preserve the ecology and resources [Text] / A. A. Fomin, V. G. Gusev, R. V. Yudin, N. F. Timerbaev, O. Yu. Retyunskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – 142(1), 012091.
8. Dispersion of the margin removed in complex milling [Text] / A. A. Fomin, V. G. Gusev, R. G. Safin, R. R. Safin // Russian Engineering Research. – 2015– 35(6). – P. 417-420.
9. Modeling the digging process of tree root system by the mechanism with hydropulse drive [Text] / M. V. Drapalyuk, P. I. Popikov, R. V. Yudin, A. A. Fomin, R. V. Chernukhin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – 142(1), 012090.

References

1. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Goncharov P. E., Gnusov M. A., A. Tambi A. A., Klubnichkin V. E. *Kombinirovannyj lesopozharnyjgruntomet i rekomendacii po ego primeneniju* [Combined forest fire gruntomet and advice on how to use] *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU* [Polythematic network electronic scientific journal KubGAU]. 2012, no. 84 (10), pp. 327-336. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/26.pdf>. (In Russian)
2. Myshkis A. D. *Jelementy teorii matematicheskikh modelej* [Elements of the theory of mathematical models]. Moscow, 2007, 192 p. (In Russian)
3. Sovetov B. J., Yakovlev S. A. *Modelirovanie sistem* [Simulation Systems]. Moscow, 1998, 319 p. (In Russian)
4. Sineokov G. N., Panov I. M. *Teorija i raschet pochvoobrabatyvajushhih mashin* [Theory and calculation of tillers]. Moscow, 1977, 328 p. (In Russian)
5. *Modelirovanie sel'skhozajstvennyh agregatov i ih sistem upravlenija* [Modeling of agricultural units and their control systems] Leningrad, 1979, 312 p. (In Russian)
6. Shcherbakov V. F. *Jenergoberegajushhie gidroprivody stroitel'nyh i dorozhnyh mashin* [Energy-saving hydraulic drives of building and road-tire ma] *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny zhurnal* [Construction and Road Machines magazine]. 2011, no.11, pp. 1-3 (In Russian).
7. Fomin A. A., Gusev V. G., Yudin R. V., Timerbaev N. F., Retyunskiy O. Yu. Mechanical treatment of raw waste lumber an effective way to preserve the ecology and resources. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, 142(1), 012091.
8. Fomin A. A., Gusev V. G., Safin R. G., Safin R. R. Dispersion of the margin removed in complex milling. Russian Engineering Research, 2015, 35(6): 417-420.
9. Drapalyuk M. V., Popikov P. I., Yudin R. V., Fomin A. A., Chernukhin R. V. (2016) Modeling the digging process of tree root system by the mechanism with hydropulse drive. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 142(1), 012090.

Сведения об авторах

Бартенев Иван Михайлович – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: kafedramehaniza@mail.ru.

Попиков Петр Иванович – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: popikovpetr@yandex.ru.

Шаров Андрей Викторович – аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: androsharo2014@yandex.ru.

Шерстюков Никита Александрович – аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nikita.sherstyukov@gmail.com.

Information about authors

Bartenev Ivan Mikhailovich – Professor of Forestry Mechanization department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kafedramehaniza@mail.ru.

Popikov Petr Ivanovich – Professor of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: popikovpetr@yandex.ru.

Sharov Andrey Victorovich – post-graduate student of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: androsharo2014@yandex.ru.

Sherstyukov Nikita Alexandrovich – post-graduate student of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: nikita.sherstyukov@gmail.com.

DOI: 10.12737/article_5b97a15dc46998.19876487

УДК 629.11.02/. 098

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ В ЕГО ПОДВЕСКЕ

доктор технических наук, профессор **В. И. Посметьев**¹

кандидат технических наук **В. О. Никонов**¹

кандидат физико-математических наук, доцент **В. В. Посметьев**¹

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Одним из перспективных и реализуемых способов повышения эффективности лесовозного автопоезда является оснащение их рекуперативными механизмами, обеспечивающими повторное использование в рабочем процессе непроизводительно рассеиваемой в окружающую среду энергии. Для оценки эффекта оснащения подвески лесовозного автопоезда накопителями энергии и определения оптимальных параметров последних разработана и исследована математическая модель движения лесовозного автопоезда на повороте и по неровной поверхности, характерных для лесовозных дорог. Моделирование основано на методах классической механики. Для исследования математической модели и для проведения компьютерных экспериментов по движению лесовозного автопоезда разработана компьютерная программа. С их помощью исследовано влияние параметров системы рекуперации, условий движения и параметров рельефа опорной поверхности на показатели эффективности системы рекуперации. Выполнены расчеты отклонения от равновесного положения всех шести колес лесовозного автопоезда, а также суммарной рекуперированной мощности в зависимости от времени. Получены зависимости влияния на рекуперированную мощность диаметра гидроцилиндров в подвеске при повороте лесовозного автопоезда, при различных диаметрах гидроцилиндров, скорости движения лесовозного автопоезда в повороте, времени при различной скорости прохода поворота. Выявлено, что оснащение лесовозного автопоезда системой рекуперации позволит при движении с частыми поворотами запасать мощность от 1 до 7 кВт. Определен оптимальный диаметр гидроцилиндров, который составил 50-60 мм.