

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЛЕСОПОЖАРНОЙ ГРУНТОМЕТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ГИДРОПРИВОДОМ РОТОРА

доктор технических наук, профессор **М.В. Драпалюк**¹

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

аспирант **Д.С. Ступников**¹

аспирант **А.В. Шаров**¹

аспирант **Н.А. Шерстюков**¹

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

Для профилактики и тушения лесных пожаров применяются полосопрокладователи и грунтометы с фрезерными рабочими органами. Привод фрезерных рабочих органов грунтомета предлагается осуществлять от гидромотора, так как при механическом приводе через редуктор и карданную передачу возникают большие динамические нагрузки и снижается маневренность агрегата. При перегрузках гидропривода энергия поглощается гидроаккумулятором и сокращается количество срабатываний предохранительных клапанов гидромотора. При полностью заряженном гидроаккумуляторе насос полностью разгружается, и питание гидросистемы осуществляется от пневмогидравлического аккумулятора, который при необходимости будет оперативно подзаряжаться гидронасосом. В данной работе проведен анализ полевых исследований экспериментального образца лесопожарной грунтометательной машины с энергосберегающим гидроприводом и построенных на его основе зависимостей. Определены оптимальные значения технологических параметров рабочих органов лесопожарной грунтометательной машины энергосберегающим гидроприводом. Определены технологические параметры разработанной конструкции: частота вращения ротора $\omega = 8 \dots 9 \text{ с}^{-1}$, величина заглубления кожуха-рыхлителя $h_p = 25 \dots 30 \text{ см}$, скорость движения агрегата, $v_a = 0,8 \dots 0,9 \text{ м/с}$, а угол отклонения лопаток $\alpha = 120^\circ$. Выявлено, что применение энергосберегающего гидропривода ротора позволяет увеличить надежность за счет обеспечения защиты фрезерного рабочего органа от ударов о препятствия и повысить эффективность работы агрегата в условиях грунтов, насыщенных корнями древесно-кустарниковой растительности и уплотненных связных почв.

Ключевые слова: грунтомет, лесной пожар, почва, гидропривод, гидроаккумулятор

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE WORKING PROCESS OF FOREST FIRE SOIL THROWING MACHINE WITH HYDRAULIC ROTOR

DSc (Engineering), Professor **M.V. Drapalyuk**¹

DSc (Engineering), Professor **P.I. Popikov**¹

Post-graduate student **D.S. Stupnikov**¹

Post-graduate student **A.V. Sharov**¹

Post-graduate student **N.A. Sherstyukov**¹

1- FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russian Federation

Abstract

Band bearers and soil-throwers with milling working bodies are used for forest fires prevention and extinguishing. It is proposed to drive soil-thrower milling working elements from the hydraulic motor, since large dynamic loads occur and unit maneuverability is reduced using mechanical drive through a reducer and cardan gear.

The energy is absorbed by the accumulator and the number of actuations of hydraulic motor safety valves is reduced at hydraulic drive overloads. The pump is completely unloaded with a fully charged accumulator, and hydraulic system is powered from pneumohydraulic accumulator, which, if it is necessary, will be quickly recharged by a hydraulic pump. In this paper, we have analyzed the field studies of an experimental specimen of forest fire soil-throwing machine with an energy-saving hydraulic actuator and dependencies based on it. Optimal values of working bodies' technological parameters of forest fire soil-throwing machine have been determined by energy-saving hydraulic actuator. The technological parameters of the developed design have been determined: the rotor speed is $\omega = 8 \dots 9 \text{ s}^{-1}$, the depth of ripper-casing is $h_p = 25 \dots 30 \text{ cm}$, the speed of the unit is $v_a = 0.8 \dots 0.9 \text{ m/s}$, and the deflection angle of blades is $\alpha = 120^\circ$. It is revealed that the use of energy-saving hydraulic rotor enables to increase the reliability by ensuring protection of the milling tool from the impacts on obstacles and increase the efficiency of the unit in conditions of soils saturated with roots of tree and shrub vegetation and compacted cohesive soils.

Keywords: soil-throwing machine, forest fire, soil, hydraulic actuator, hydraulic accumulator

Для профилактики и тушения лесных пожаров применяются полосопрокладыватели и грунтометы с фрезерными рабочими органами. Привод фрезерных рабочих органов грунтомета предлагается осуществлять от гидромотора, так как при механическом приводе через редуктор и карданную передачу возникают большие динамические нагрузки и снижается маневренность агрегата. На рис. 1 представлена принципиальная гидравлическая схема грунтомета с подключением пневмогидравлического аккумулятора 4, который аккумулирует энергию при перегрузках гидромотора 7 в момент встречи рабочих органов с препятствиями, при этом исключаются срабатывание предохранительного клапана 2 и превращение гидравлической энергии в тепловую. При полностью заряженном гидроаккумуляторе насос 1 полностью разгружается, и питание гидросистемы осуществляется от пневмогидравлического аккумулятора 4, который при необходимости будет оперативно подзаряжаться гидронасосом 1.

Экспериментальные исследования разработанной конструкции лесопожарного грунтомета с гидроприводом ротора для проведения профилактических и лесопожарных работ проводились на территории Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ. Для проведения экспериментальных исследований использовали агрегат, состоящий из трактора ЛХТ-55 и лесопожарного грунтомета, навешенного на задней навеске трактора (рис. 2).

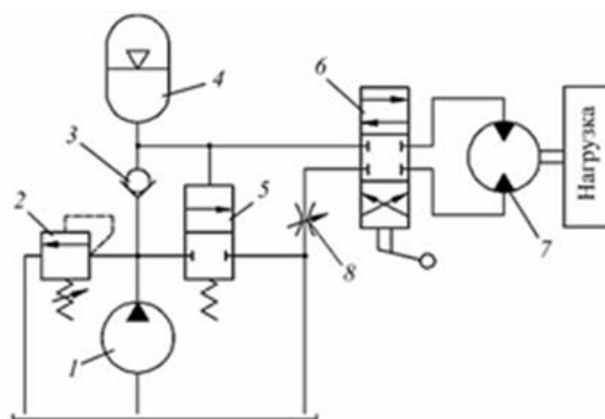


Рис. 1. Гидропривод лесопожарной грунтометательной машины с гидроприводом ротора: 1 – гидронасос; 2 – предохранительный клапан; 3 – обратный клапан; 4 – пневмогидравлический аккумулятор; 5 и 6 – гидрораспределители; 7 – гидродвигатель; 8 – дроссель

Привод фрезерного рабочего органа осуществлялся от гидромотора 1 типа 11М-20, гидроаккумулятор 2 подключен в напорную магистраль, подача рабочей жидкости к гидромотору 1 от дополнительного насоса 11-Д-20, установленного на задней части рамы трактора, обеспечивалась по гибким рукавам высокого давления 3.

В ходе проведения экспериментов частота вращения гидромотора 11М-20 привода ротора ω варьировалась в интервале $1 \dots 9 \text{ c}^{-1}$ с шагом интервала 2 c^{-1} за счет изменения рабочего объема регулируемого насоса 11Д-20.



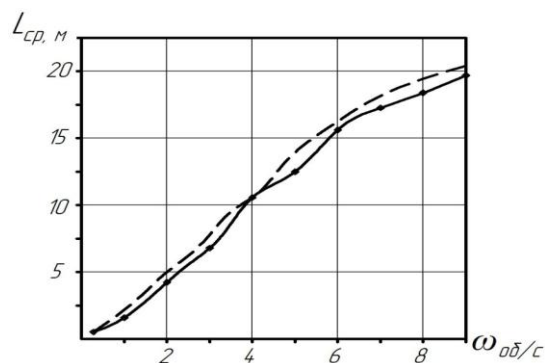
Рис. 2. Лесопожарный грунтотмет с энергосберегающим гидроприводом ротора (вид сзади)

Зависимости мощности, средней дальности выброса грунта и производительности от частоты вращения энергосберегающего гидропривода ротора представлены на рис. 3.

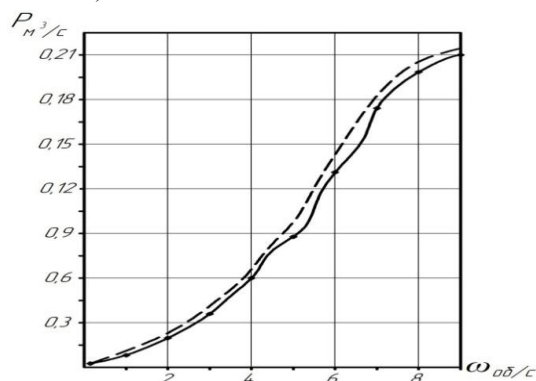
Из полученных графиков мы видим, что при частоте вращения гидромотора привода фрезерного рабочего органа равной $8...9 \text{ с}^{-1}$ средняя дальность выброса грунта и производительность имеют наилучшие значения 20 м и $0,21 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно. Показатели мощности варьируются в диапазоне $36...36,3 \text{ кВт}$, что является допустимым значением для используемых гидроагрегатов. При меньших значениях частоты вращения фрезерного рабочего органа наблюдается значительное снижение производительности, качества технологического процесса и КПД гидропривода.

Также в ходе экспериментальных исследований были получены зависимости основных показателей эффективности от величины заглубления кожуха-рыхлителя h_p (рис. 4), которая изменялась при помощи увеличения угла наклона орудия опорной пластины машины и находилась в интервале $10...30 \text{ см}$ и варьировалась с шагом интервала в 5 см .

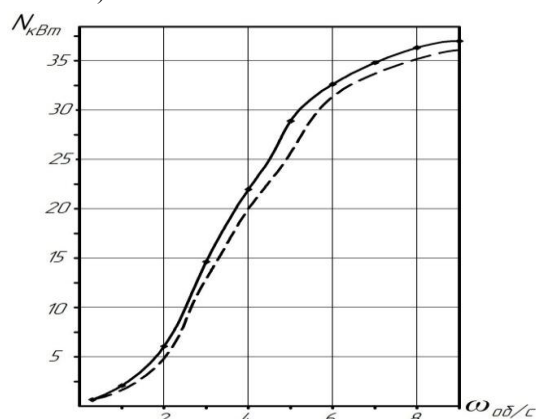
Из полученных графиков можно установить, что при значениях величины заглубления кожуха-рыхлителя равной $25...30 \text{ см}$ наблюдаются наилучшие показатели дальности выброса грунта и производительности, равные $19,6...20 \text{ м}$ и $0,19...0,20 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно, а потребляемая мощность находится в допустимом диапазоне $34,9...36,6 \text{ кВт}$.



а)



б)



в)

а – на среднюю дальность выброса грунта $L_{ср}$;
б – на производительность P ; в – на потребляемую мощность N , где ось OX – показатели частоты вращения ротора ω , а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтотметательной машины $L_{ср}$, N и P .

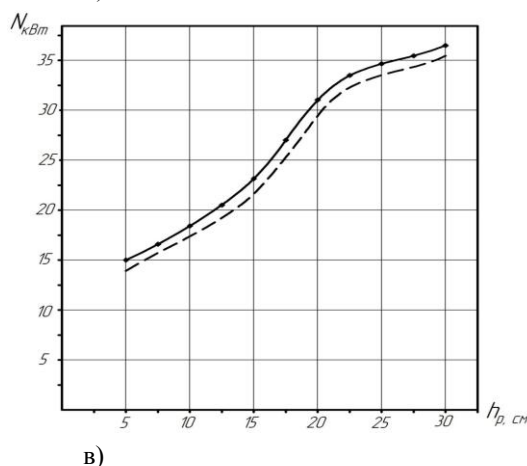
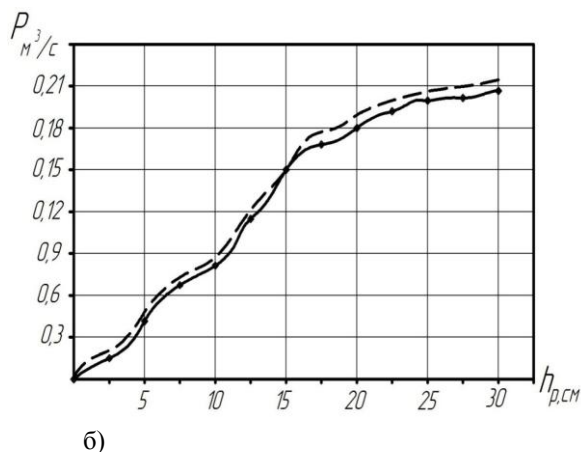
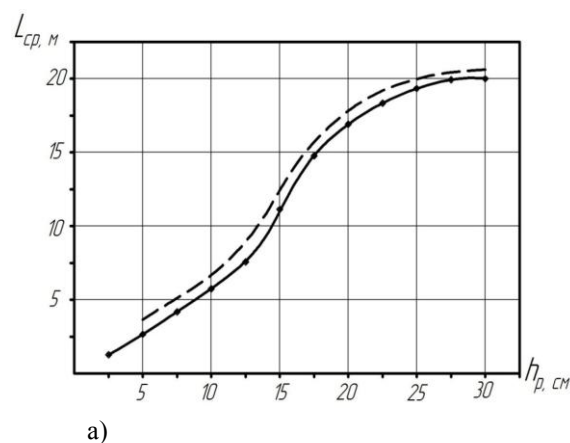
Рис. 3. Влияние частоты вращения ротора на показатели эффективности технологического процесса лесопожарной грунтотметательной машины с гидроприводом

В результате анализа полевых исследований экспериментального образца лесопожарной грунтотметательной машины с гидроприводом ротора и построенных на их основе зависимостей,

определены оптимальные значения технологических параметров лесопожарной грунтометательной машины.

Технологические параметры разработанной конструкции должны быть следующими: частота вращения гидромотора ротора $\omega = 8 \dots 9 \text{ с}^{-1}$, величина заглубления кожуха-рыхлителя, $h_p = 25 \dots 30 \text{ см}$, скорость движения агрегата, $v_a = 0,8 \dots 0,9 \text{ м/с}$, а угол отклонения лопаток $\alpha = 120^\circ$. В таком случае показатели эффективности средней дальности выброса грунта L_{cp} и производительности P будут максимальными, а затрачиваемая мощность N будет находиться в рабочем диапазоне.

Применение энергосберегающего гидропривода ротора позволяет увеличить надежность за счет обеспечения надежной защиты фрезерного рабочего органа от ударов о препятствия и повысить эффективность работы агрегата в условиях грунтов, насыщенных корнями древесно-кустарниковой растительности и уплотненных связных почв.



а – на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} ; б – на производительность P ; в – на потребляемую мощность N , где ось ОХ – показатели величины заглубления кожуха-рыхлителя h_p , а ось ОУ – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины L_{cp} , N и P .
Рис. 4. Влияние величины заглубления кожуха-рыхлителя на показатели эффективности технологического процесса лесопожарной грунтометательной машины

Библиографический список

1. Ступников, Д. С. Тенденции развития технических средств для тушения лесных пожаров / Д. С. Ступников // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 2 (22). – С. 135-140.
2. Пат. № 2616021 РФ, МПК E02 F 3/18. Лесопожарная грунтометательная машина / М.В. Драпалюк, П.Э. Гончаров Д.С. Ступников, А.В. Шаров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова». – № 2016104672; заявл. 11.02.16; опубл. 12.04.17, Бюл. № 11 – 8 с.
3. Ступников, Д. С. Виды лесных пожаров и методы их тушения / Д. С. Ступников // Новые подходы в науке и технике: Сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практич. конфер. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. (Воронеж 15-17.12.2015 г.) – Воронеж, 2015. – № 9-3 (20-3). – С. 201-203.

4. Ступников, Д. С. Разработка лесопожарной грунтометательной машины тушения / Д. С. Ступников // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона: Сб. док. по матер. регион. конфер. студ., аспи. и молодых ученых. (Воронеж, 20-21.04.2015 г.) . – Воронеж, 2015. – С. 219-223.
5. Гнусов, М. А. Обоснование параметров комбинированных рабочих органов грунтомета для прокладки минерализованных полос в лесу : дис. ... канд. техн. наук / М. А. Гнусов. – Воронеж, 2014. – 140 с.
6. Бартенева, И. М. Система машин для лесного хозяйства и защитного лесоразведения : учеб. пособие / И. М. Бартенева, М. В. Драпалюк, М. Л. Шабанов. – Воронеж, 2010. – 215 с.
7. Бартенева, И. М. Машины и механизмы лесного и лесопаркового хозяйства : учеб. пособие / И. М. Бартенева. – Воронеж, 2014. – 348 с.
8. Свиридов, Л. Т. Машины и оборудование для борьбы с лесными пожарами : учеб. пособие / Л. Т. Свиридов. – Воронеж, 1984. – 39 с.
9. I. M. Bartenev, S. V. Malyukov, M. A. Gnusov and D. S. Stupnikov, 2018. Study of efficiency of soil-thrower and fire-break majer on the basis of mathematic simulation. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET) - Scopus Indexed. Volume:9, Issue:4, Pages:1008-1018.
10. Stupnikov, D. S. Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnyh pozharov / D. S. Stupnikov // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2016. – № 2 (22). – S. 135-140.
11. Drapalyuk M.V. et al. 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. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090 (Michael V Drapalyuk et al 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 142 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090)

References

1. Stupnikov D. S. *Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnyh pozharov* [Trends in the development of technical means for extinguishing forest fires] Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. № 2 (22). P. 135-140.
2. Pat. № 2616021 RF, MPK E02 F 3/18. *Lesopozharnaya gruntometatel'naya mashina* / M.V. Drapalyuk, P.EH. Goncharov D.S. Stupnikov, A.V. Sharov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «VGLTU im. G.F. Morozova». – № 2016104672; zayavl. 11.02.16; opubl. 12.04.17, Byul. № 11 8 p.
3. Stupnikov D. S. *Vidy lesnyh pozharov i metody ih tusheniya* // Novye podhody v nauke i tekhnike: Sb. nauch. tr. po mater. Mezhdunar. nauch.-praktich. konfer. Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. (Voronezh 15-17.12.2015 g.) Voronezh, 2015. № 9-3 (20-3). S. 201-203.
4. Stupnikov D. S. *Razrabotka lesopozharnoj gruntometatel'noj mashiny tusheniya* // Innovacionnye razrabotki molodyh uchenykh Voronezhskoj oblasti na sluzhbu regiona: Sb. dok. po mater. region. konfer. stud., aspir. i molodyh uchenykh. (Voronezh, 20-21.04.2015 g.). Voronezh, 2015. P. 219-223.
5. Gnusov M. A. *Obosnovanie parametrov kombinirovannykh rabochih organov gruntometa dlya prokladki mineralizovannykh polos v lesu*: dis...kand.tekh.nauk. Voronezh, 2014. 140 p.
6. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Shabanov M. L. *Sistema mashin dlya lesnogo hozyajstva i zashchitnogo lesorazvedeniya*: ucheb. posobie. Voronezh, 2010. 215 p.
7. Bartenev I. M. *Mashiny i mekhanizmy lesnogo i lesoparkovogo hozyajstva* : ucheb. posobie. Voronezh, 2014. 348 p.
8. Sviridov L. T. *Mashiny i oborudovanie dlya bor'by s lesnymi pozharemi* : ucheb. posobie. Voronezh, 1984. 39 p.
9. Ivan Mihailovich Bartenev, Sergey Vladimirovich Malyukov, Maxim Alexandrovich Gnusov and Dmitriy Sergeevich Stupnikov, 2018. Study of efficiency of soil-thrower and fire-break majer on the basis of mathematic simulation. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). Scopus Indexed. Volume:9, Issue:4, Pages:1008-1018.

10. Stupnikov D. S. Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnyh pozharov // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. № 2 (22). P. 135-140.

11. Drapalyuk M.V. et al. 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. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090 (Michael V Drapalyuk et al 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 142 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090).

Сведения об авторах

Драпалюк Михаил Валентинович – 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: md@vglta.vrn.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.

Ступников Дмитрий Сергеевич – заведующий лабораторией кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Neiti1992@mail.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.

Information about authors

Drapalyuk Mihail Valentinovich – 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 Technical, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: mail:md@vglta.vrn.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 Technical, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: popikovpetr@yandex.ru.

Stupnikov Dmitriy Sergeevich – head of the laboratory of the department of forestry mechanization and machine, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Technical Sciences, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Neiti1992@mail.ru.

Sharov Andrey Victorovich – postgraduate 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 – postgraduate 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.