

Melekhov Vladimir Ivanovich – Professor of Department of technology of logging and wood working productions, Higher Engineering School, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Ds in Engineering, Professor, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: v.melekhov@narfu.ru;

Rudenko Aleksandr Vasilevich – Head of Department of design of hoisting-and-transport and processing equipment, ISMART, Branch of Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov in Severodvinsk, PhD in Engineering, Associate Professor, Severodvinsk, Russian Federation; e-mail: a.rudenko@narfu.ru

DOI: 10.12737/article_59c215c32fe8d8.24740444

УДК 631.312.4

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЛЕСНОЙ ПЛУГ

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

кандидат технических наук, **М.Н. Лысыч**¹

кандидат технических наук, доцент **М.Л. Шабанов**¹

кандидат технических наук, **И.Е. Донцов**¹

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

Основная подготовка почвы является важным фактором в обеспечении высокой приживаемости и сохранности культурных растений. Ее целью является рыхление почвы на заданную глубину, при этом также необходимо обеспечить сдерживание роста сорной растительности в прилегающих к рядам культур полосах. В зависимости от почвенных условий подготовка может заключаться в нарезке одно- или двухотвальных борозд (дренированные почвы) и в образовании микроповышений (временно переувлажненные почвы). Для этих целей в настоящее время используют плуги: ПКЛ-70, ПРЛ-70, ПЛ-1, ПЛМ-1,5А, ПДВ-1,5, ПЛ-2-50, ПЛД-1,2 и др. Их общим недостатком является способность выполнять только одну операцию. Большое разнообразие используемой почвообрабатывающей техники и ее невысокая эффективность подтверждает актуальность задачи создания многофункционального орудия блочно-модульной конструкции. Это позволит эффективно производить одним орудием основную подготовку почвы в разнообразных условиях. В статье приводится описание конструкции и основные варианты компоновки многофункционального плуга. Путем простых переналадок, осуществляемых на месте, плуг может быть адаптирован для основной подготовки почвы на вырубках с дренированными и временно переувлажненными почвами. Также возможно изменять расстояние между корпусами плуга в соответствии с заданными междурядьями и переставлять их для работы «всвал» или «вразвал». Смоделирован процесс работы орудия в условиях нераскорчеванной вырубки. Имитационный эксперимент подтвердил высокую работоспособность плуга, которая обеспечивается за счет наличия предохранительных рекуперирующих устройств. Замена в лесохозяйственном предприятии набора различных плугов одним многофункциональным плугом позволит снизить общую металлоемкость парка почвообрабатывающих орудий почти в 4 раза.

Ключевые слова: почва, почвообрабатывающее орудие, блочно-модульная компоновка, лесовосстановление, технология.

GENERAL-PURPOSE FOREST PLOUGH

DSc (Engineering), Professor **I. M. Bartenev**¹

PhD (Engineering), **M. N. Lysych**¹

DSc (Engineering), Associate Professor **M. L. Shabanov**¹

PhD (Engineering), **I. E. Dontsov**¹

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

Abstract

The basic soil preparation is an important factor in ensuring high survival rate and preservation of cultural plants. Its objective is to loosen the soil to a predetermined depth, it is also important to ensure the containment of weeds growth in areas, adjacent to the row of crop strips. Depending on soil conditions it may be cutting of one or double earthboard furrows (drained soil) and in the formation of microhill (temporarily waterlogged soils). For these purposes, currently, ploughs PKL-70, PRL-70, PL-1, PLM-1.5A, PDV-1.5, PL-2-50, PLD-1.2, etc. are used. Their common drawback is the ability to perform only one operation. A large variety of used tillage equipment and its low efficiency confirms the urgency of developing multi-tools modular construction. This will effectively produce basic preparation of the soil in a variety of conditions with a single instrument. The article provides a description of design and basic layout options of multifunctional plough. By simple changeovers, carried out on site, the plough can be adapted for the main preparation of soil on clearings with drained and temporarily waterlogged soils. It is also possible to change the distance between the bodies of the plow in accordance with the specified rows and rearrange them to work "in" or "out". Process works is modeled in conditions of non-uprooted cutting. The simulation experiment showed high efficiency of the plough, which is ensured by the presence of safety recoverable devices. Replacement in the forestry enterprise of a set of ploughs with one multipurpose plough will reduce total specific amount of metal almost in 4 times.

Keywords: soil, tillers, block-modular arrangement, reforestation, technology.

Основная подготовка почвы под лесные культуры на вырубках является ключевым фактором в обеспечении высокой приживаемости и сохранности культурных растений. Целью ее является обработка почвы на заданную глубину с заданной степенью крошения. Кроме того, это позволяет отодвинуть на 1-2 года сроки зарастания сорной растительностью полос, прилегающих к рядкам культур. Способы основной обработки почвы зависят от типа и физико-механических свойств почв, ее влажности и продолжительности годового периода переувлажнения (пересыхания).

На дренированных почвах подготовка состоит в нарезке одно- или двухотвальных борозд с одновременным рыхлением дна борозды; на временно переувлажненных почвах – в создании микроповышений, образуемых лемешно-отвальными или дисковыми плугами путем сваливания пластов лево- и право-оборачивающими поверхностями рабочих органов к центру прохода или в разные стороны от центра [1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. В настоящее время для полосной подготовки почвы применяют плуги: ПКЛ-70, ПРЛ-70, ПЛ-1, ПЛМ-1,5А, ПДВ-

1,5, ПЛ-2-50, ПЛД-1,2 и др. Их общим недостатком являются то, что они способны выполнять только одну операцию (нарезка борозд или создание гряд, или одновременная нарезка двух одноотвальных борозд). Среди этого спектра орудий можно выделить наиболее распространенное орудие для работы на нераскорчеванных вырубках с числом пней до 600 шт. на 1 га – комбинированный лесной плуг ПКЛ-70. Плуг применяют для нарезки двухотвальных борозд глубиной 10-15 см и шириной 0,7 м. Он включает раму, корпус, навесное устройство и нож, черенковый или дисковый. К недостаткам данного плуга следует отнести отсутствие предохранительного механизма, что вызывает значительные динамические нагрузки при встрече с пнем и возможность выполнения только одной технологической операции (нарезка двух- и одноотвальных борозд).

Для создания микроповышений в виде гряд применяется лесной плуг ПЛМ-1,5А, способный работать на вырубках с временно переувлажненными почвами по расчищенным полосам. Он состоит из рамы с навесным устройством и двух корпусов с пластинчатыми ножами. Корпуса закрепле-

ны на продольных брусках рамы отвалами внутрь (право- и лево-оборачивающий). Имеется возможность регулирования продольного расстояния между корпусами перестановкой болтов по отверстиям в продольных брусках рамы.

Также известен плуг лесной двухкорпусный ПЛ-2-50, применяемый для нарезки пластов шириной 50 см и толщиной 20-25 см под посадку лесных культур на свежих временно переувлажняемых вырубках. Плуг используется после полосной раскорчевки. Рабочими органами являются два корпуса с право- и лево-оборачивающими отвалами и два че-

ренковых ножа. Плуг работает «вразвал», при этом расстояние между корпусами может устанавливаться равным 800, 900 и 1200 мм. Эти плуги также не имеют предохранительного механизма, что ограничивает область их применения расчищенными от пней участками [2, 3]. Анализ современного состояния механизации основной подготовки почвы показал, что большое разнообразие используемой почвообрабатывающей техники и, зачастую, ее невысокая эффективность делает актуальной задачу создания многофункционального орудия на основе блочно-модульной конструкции.



Рис. 1. Факторы, обеспечивающие эффективность внедрения блочно-модульной концепции построения лесохозяйственных орудий

Такое орудие позволит эффективно производить основную подготовку почвы в разнообразных условиях. Сущность блочно-модульного построения машин состоит в разработке совокупности изделий, объединенных общностью технических решений, с использованием ограниченной номенклатуры составных частей. Число и вид модулей определяется совокупностью выполняемых технологических процессов. Это позволяет свести большое разнообразие

специализированной почвообрабатывающей техники к узкому спектру универсальных орудий (рис. 1). Данный подход широко применяется в сельском хозяйстве. Примером могут служить зарубежные многофункциональные агрегаты: DXRV фирмы Gregoire Besson (Франция), Centaur фирмы Amazone (Германия), SLDDT фирмы Simba и Trio Sumo (Великобритания). Отдельно следует отметить новый почвообрабатывающий многофункцио-

нальный агрегат АПМ-6 к тракторам мощностью 300-350 л.с. Один агрегат способен выполнять все технологические операции обработки почвы в севообороте, как в отвальной, так и безотвальной системах земледелия. Это достигается за счет набора рабочих органов и блочно-модульной конструкции орудия, позволяющей путем несложной перестановки местами блоков рабочих органов или замены их сменными блоками составлять различные технологические схемы агрегата, наиболее полно отвечающие технологическим требованиям обработки различных агрофонов [4].

В лесном хозяйстве блочно-модульное по-

строение почвообрабатывающих орудий не нашло широкого применения. До сих пор преобладают конструкции, приспособленные к выполнению одной технологической операции в рамках определенной технологии. В то же время все это разнообразие специализированных машин чаще всего остается невостребованным, т. к. лесным предприятиям на современном этапе развития невыгодно закупать и эксплуатировать широкий спектр оборудования. Они ограничиваются имеющимся, весьма узким, набором морально устаревших почвообрабатывающих орудий, выпущенных еще до перестройки.

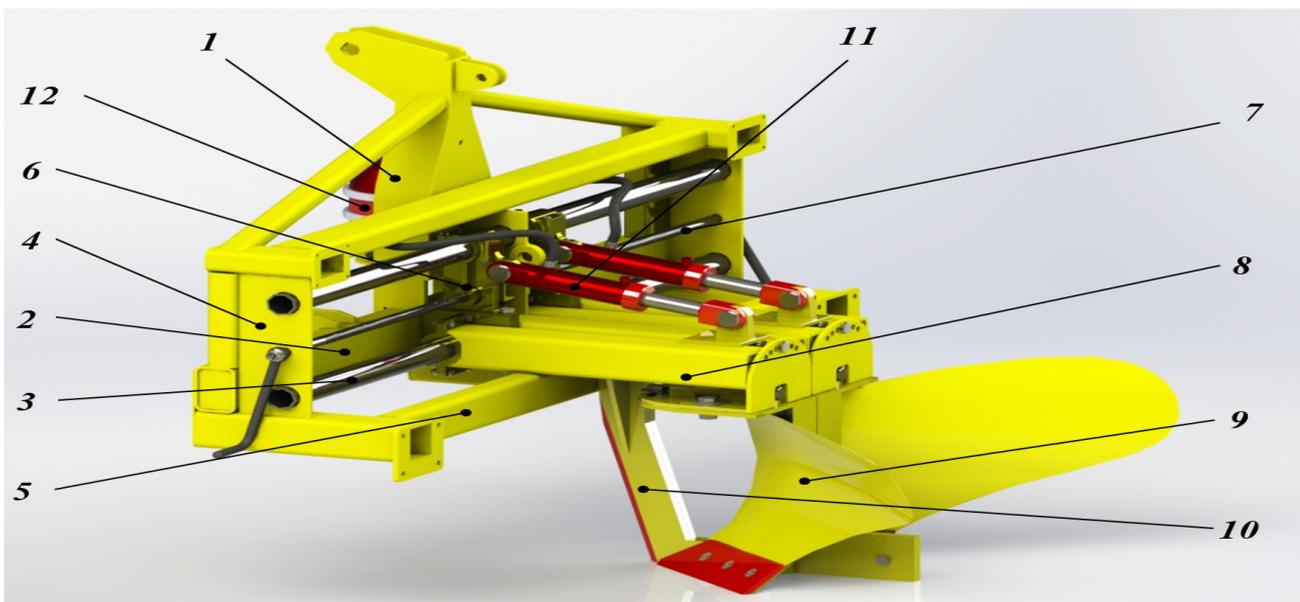


Рис. 2. Многофункциональный лемешный лесной плуг

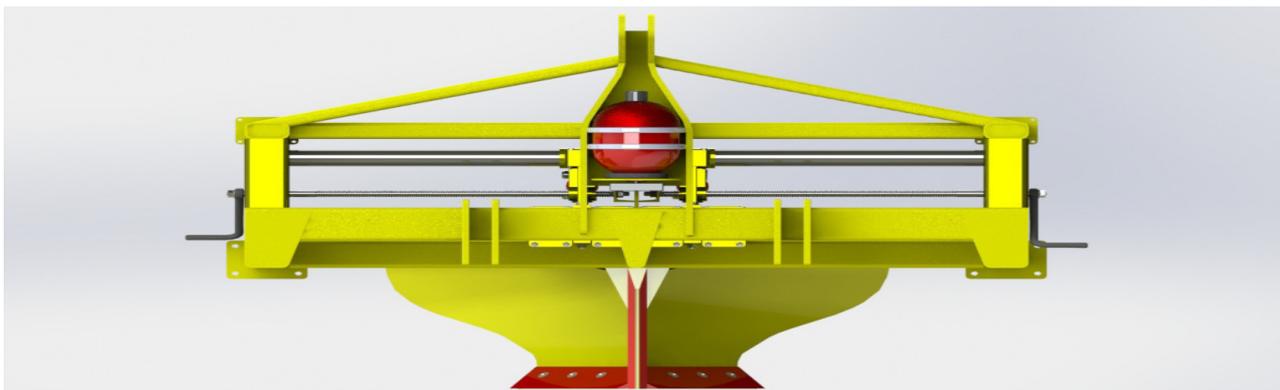


Рис. 3. Плуг, настроенный для создания одной двухотвальной борозды

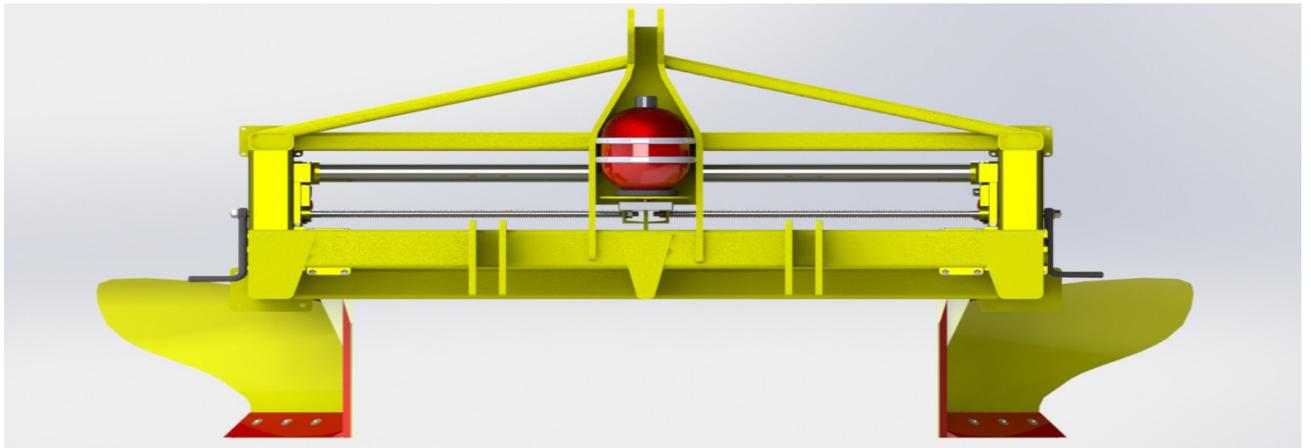


Рис. 4. Плуг, настроенный для создания двух одноотвальных борозд

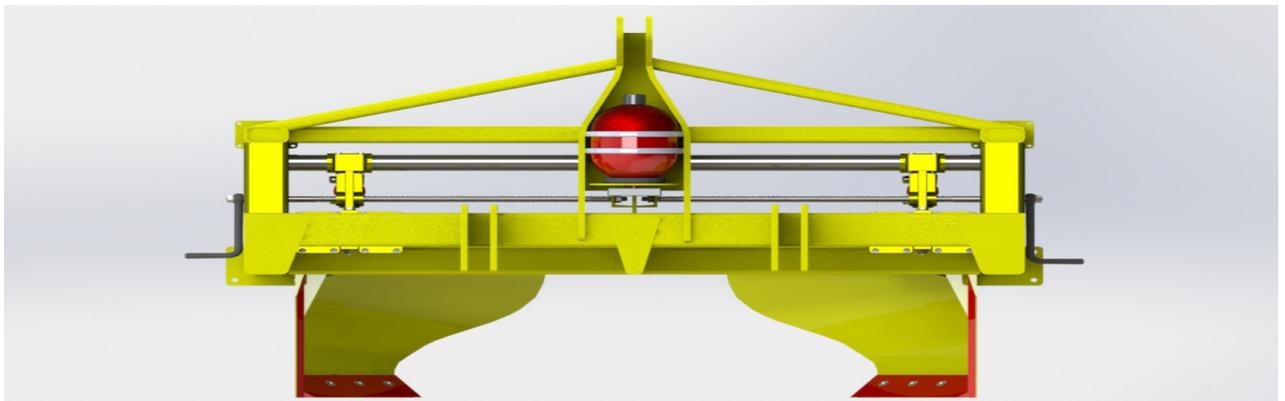


Рис. 5. Плуг, настроенный для создания посадочных гряд



Рис. 6, а. Процесс работы лесного лемешного плуга при нарезке двухотвальных борозд на нераскорчеванной вырубке

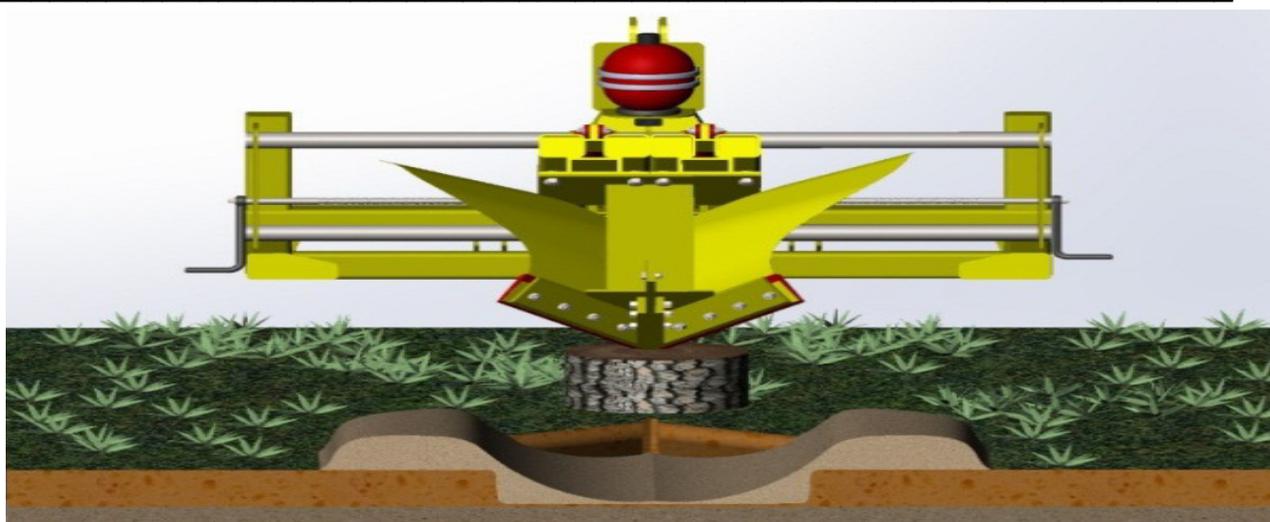


Рис. 6, б. Процесс работы лесного лемешного плуга при нарезке двухотвальных борозд на нераскорчеванной вырубке

Для решения данной проблемы предлагается многофункциональный плуг (рис. 2), предназначенный для работы в условиях нераскорчеванных вырубок и позволяющий производить полосную обработку почвы методами нарезки двухотвальных борозд, нарезки двух пластов и создания микроповышений в виде гряд.

Цель – улучшить агротехнические показатели, повысить универсальность и адаптивность орудия. Рассмотрим более подробно конструкцию плуга.

Второй вариант компоновки лесного плуга (рис. 4) предназначен для нарезки двух борозд с пластинами, отваленными наружу. Он включает две полувинтовые лемешные секции, расположенные «вразвал» на заданном расстоянии. В процессе работы образуются два микроповышения и две борозды с расстоянием между центрами, изменяемым в пределах 0-160 см.

Третий вариант компоновки лесного плуга (рис. 5) предназначен для создания посадочных гряд. Он также включает две полувинтовые лемешные секции, но они расположены «всвал» на расстоянии друг от друга.

Лемешные секции образуют две борозды с пластинами, отваленными внутрь, которые и формируют собственно гряды. Образуются два микроповышения и две борозды. Расстояние между центрами борозд регулируют в пределах 100-160 см.

Приведенные варианты компоновки орудия наглядно демонстрируют его многофункциональность. Компьютерное моделирование рабочего процесса плуга в среде САПР SolidWorks подтвердило его работоспособность и достаточную прочность. На рис. 6 изображен момент наезда орудия на пень высотой 20 см. Плуг без поломок преодолевает указанное препятствие. Таким образом, предлагаемый многофункциональный плуг может заменить существующие лесные лемешно-отвальные плуги ПКЛ-70, ПРЛ-70, ПЛ-1, ПЛМ-1,5А и ПЛ-2-50, общая масса которых составляет 3500 кг, в то время как масса нового плуга около 870 кг, т. е. почти в 4 раза меньше. Это значит, что лесохозяйственному предприятию потребуется во столько же раз меньше затрат на приобретение, эксплуатацию и хранение техники. Путем простых переналадок, осуществляемых на месте, можно производить основную подготовку почвы:

- 1) на вырубках с дренированными почвами (нарезать одно- и двухотвальные борозды);
- 2) на вырубках с временно переувлажненными почвами (создавать одно или два микроповышения).

При этом возможно изменять расстояние между корпусами в соответствии с заданными междурядьями и переставлять их для работы «всвал» или «вразвал».

Библиографический список

1. Афоничев Д.Н. Снижение негативного воздействия машин на окружающую среду [Текст] / Д.Н. Афоничев, И.И. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века. – Воронеж, 2015. – № 4. – С. 9-14.
2. Бартнев, И. М. Экологизация процесса освоения вырубок под лесные культуры [Текст] / И. М. Бартнев // Лесотехнический журнал. - 2012. - № 1 (5). - С. 21-27.
3. Лысыч, М. Н. Современные орудия для нарезки посадочных борозд и создания противопожарных полос [Текст] / М. Н. Лысыч, М. Л. Шабанов, С. Н. Никулин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сб. науч. тр. по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – № 9, ч. 2 (20-2). – С. 55-59.
4. Новые технологические возможности повышения качества обработки почвы [Электронный ресурс] http://belagromech.by/img/articles/2012.01.26_3_tim_lep_sam/Nov_tex_vozm_ap_lepesh.pdf (дата обращения: 04.01.2017)
5. Совершенствование технологического комплекса технических средств для лесовосстановления на горельниках в Центрально-Черноземном регионе [Текст] / П. Э. Гончаров[и др.] // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 1 (9). – С. 116-126.
6. Hedin I.B. Performance Evaluation of Powered Scarifiers in North Central British Columbia [Web Page]. URL: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Frr/Frr103.htm>.
7. Löf M. Mechanical site preparation for forest restoration [Text] / M. Löf, D. Dey, R. Navarro, D. Jacobs // New Forests. 2012, no. 5-6 (43), pp. 825-848.
8. McLaughlin J.W. Soil organic matter and nitrogen cycling in response to harvesting, mechanical site preparation, and fertilization in a wetland with a mineral substrate [Text] // Forest Ecology and Management. 2000, no.1 (129), pp. 7-23.
9. Nilsson U. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine [Text]/ U. Nilsson, H.L. Allen. // Forest Ecology and Management. 2003, no. 1, pp. 367-377.
10. Walmsley J.D. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts [Text] / J.D. Walmsley, D.L. Godbold // Forestry. 2010, no. 1 (83), pp. 17-38.

References

1. Afonichev D.N., Aksenov I.I. *Snizhenie negativnogo vozdejstviya mashin na okruzhajushhuyu sredu* [Reducing the negative impact of cars on the environment] Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovanij XXI veka [Recent research trends of the XXI century]. Voronezh, 2015. –no. 4. pp. 9-14.(in Russian).
2. Bartenev I. M. *Jekologizacija processa osvoenija vyrubok pod lesnye kul'tury* [Greening the process of development of cuttings for plantations]. Lesotekhnicheskij zhurnal. [Forestry journal], Voronezh, 2012, no. 1 (5), pp. 21-27 (in Russian).
3. Lysych, M. N., Shabanov M. L., Nikulin S. N. *Sovremennye orudija dlja narezki posadochnyh borozd i sozdaniya protivopozharnyh polos* [Современные орудия для нарезки посадочных борозд и создания противопожарных полос] *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika : sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy zaочноy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Recent research trends of the XXI century: the theory and practice: a collection of scientific papers on materials international extramural scientific-but-practical conference], Voronezh, 2015, no. 9, vol. 2 (20-2), pp. 55-59 (in Russian).
4. *Novye tehnologicheskie vozmozhnosti povysheniya kachestva obrabotki pochvy* [New technological opportunities for improving the quality of tillage] http://belagromech.by/img/articles/2012.01.26_3_tim_lep_sam/Nov_tex_vozm_ap_lepesh.pdf (Accessed 4 January 2017)

5. Goncharov, P. Je., Popikov, P. I., Ponomarev, S. V., Shabanov, M. L., Menjajlov K. A. *Sovershenstvovanie tehnologicheskogo kompleksa tehniceskikh sredstv dlja lesovosstanovlenija na gorel'nikah v Central'no-Chernozemnom regione* [Совершенствование технологического комплекса технических средств для лесовосстановления на горельниках в Центрально-Черноземном регионе]. *Lesotekhnicheskij zhurnal. [Forestry journal]*, Voronezh, 2013, no. 1 (9), pp. 116-126 (in Russian).

6. Hedin I.B. Performance Evaluation of Powered Scarifiers in North Central British Columbia. Available at: URL: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Frr/Frr103.htm>.

7. Löf M., Dey D, Navarro R, Jacobs D. Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*. 2012, no. 5-6 (43), pp. 825-848.

8. McLaughlin J., Gale M., Jurgensen M., Trettin C. Soil organic matter and nitrogen cycling in response to harvesting, mechanical site preparation, and fertilization in a wetland with a mineral substrate. *Forest Ecology and Management*. 2000, no.1 (129), pp. 7-23.

9. Nilsson U., Allen H.L. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. *Forest Ecology and Management*. 2003, no. 1, pp. 367-377.

10. Walmsley J.D., Godbold D.L. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. *Forestry*. 2010, no. 1 (83), pp. 17-38.

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, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Лысыч Михаил Николаевич – ст. преп. кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: miklynea@yandex.ru

Шабанов Михаил Леонидович – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Донцов Игорь Евгеньевич – доцент 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: dontsovie@mail.ru

Information about authors

Bartenev Ivan Mikhailovich – 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", Doctor of Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: miklynea@yandex.ru

Lysych Mikhail Nikolaevich – Senior Lecturer of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: miklynea@yandex.ru

Shabanov Mikhail Leonidovich – Associate Professor of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Dontsov Igor Evgen'evich – Associate 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», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: dontsovie@mail.ru