

Information about authors

Bukhtoyarov Leonid Dmitrievich – Head of Department 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», Associate Professor, Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vglta-mlx@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

Turovskiy Yaroslav Aleksandrovich – Head of the laboratory of Medical Cybernetics, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University», PhD of Biological, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: yaroslav_turovsk@mail.ru

DOI:

УДК 630*377.44

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БУКСОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

кандидат технических наук, доцент **Е. Е. Клубничкин**¹

кандидат технических наук, доцент **В. Е. Клубничкин**¹

доктор технических наук, профессор **Г. О. Котиев**²

доктор технических наук, профессор **О. А. Наказной**²

1 – Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана», г. Мытищи, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана»
г. Москва, Российская Федерация

**Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки
Российской Федерации проект № 1547**

Повышение энергонасыщенности и развитие технологической навески лесопромышленных машин требует оценки влияния скорости и массы машины на буксование движителя, которое в значительной мере определяет проходимость на переувлажнённых грунтах. Для гусеничных лесозаготовительных машин наибольшие сопротивления наблюдаются на грунтах с низкой несущей способностью. Буксование гусеничной лесозаготовительной машины оказывает значительное влияние на её тяговую характеристику и тем самым на энергетический баланс, энергетический потенциал производительности и непосредственно на производительность самой лесозаготовительной машины. В отличие от гусеничного сельскохозяйственного трактора, для которого средний коэффициент буксования в процессе рабочего элемента цикла составляет 2 - 10%, для лесопромышленного трактора он составляет 10 - 30% при значительной вероятности работы более 30%. Исследовали буксование лесозаготовительной машины при постоянных и случайных сцепом весе и тяговой нагрузке. При этом параметры распределения вероятностей практически не зависят от массы лесозаготовительной машины, типа её ходовой системы, типа трансмиссии (при условии обеспечении тягового усилия "по сцеплению"), вида грунта и обуславливаются стилем работы оператора лесозаготовительной машины, в определённой мере, конструкцией и параметрами системы управления технологическим оборудованием. При проведении исследований получены кривые изменения буксования движителя лесозаготовительной машины ЛЗ-5 в порожнем и груженом состоянии при различных скоростях движения с учетом буксования холостого хода машины, а также при пренебрежении буксованием холостого хода машины, которые позволили определить оптимум скоростей движения гусеничной лесозаготовительной машин с наименьшим буксованием.

Ключевые слова: гусеничный движитель; лесопромышленная гусеничная машина; движение; ходовая система; нагрузка на грунт.

DETERMINATION OF SLIPPING OF TRACKED FOREST MACHINE

Ph.D. in Engineering, Associate Professor **E. E. Klubnichkin**¹

Ph.D. in Engineering, Associate Professor **V. E. Klubnichkin**¹

DSc in Engineering, Professor **G. O. Kotiev**²

DSc in Engineering, Professor **O. A. Nakaznoy**²

1 – Mytishchi Branch of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Mytishchi, Russian Federation

2 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Moscow, Russian Federation

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation project number 1547

Abstract

Increasing energy content and development of technological attachments for timber machines requires an assessment of the impact of speed and weight of the machine on the propulsive slippage, which largely determines the permeability on waterlogged soils. For tracked forest machines greatest resistance is observed on soils with low bearing capacity. Slipping of tracked forest machine has a significant influence on its traction characteristics, and thus energy balance, energy potential of productivity and performance, directly on the forest machine itself. Unlike the caterpillar farm tractor for which the average coefficient of slipping during the work element cycle is 2 - 10%, for the lumber industry tractor it is 10 - 30% with a significant probability of more than 30% slippage. We studied slipping of forestry machines at constant and random grappled weight and traction load. In this case the distribution probability parameters are practically independent from the mass of the forest machine, its suspension system, transmission type (in case of providing traction "on clutch"), type of soil, and they are explained by the style of logging machines operation, to a certain extent, design and control system parameters of technological equipment. In conducting research curves of slipping of LZ-5 forest machine mover are obtained in empty and loaded condition at various speeds, taking into account idling slippage, as well as neglecting idle slippage of machines which allowed determining the optimum speeds of caterpillar harvesting machines with the lowest slippage.

Keywords: caterpillar tracks; timber tracked machine; movement; suspension system; load on soil.

Повышение энергонасыщенности и развитие технологической навески лесопромышленных машин требует оценки влияния скорости и массы машины на буксование движителя, которое в значительной мере определяет проходимость на переувлажнённых грунтах [12, 14].

Между тем стандартизованными методиками на испытания промышленных и сельскохозяйственных машин [5, 8, 11, 16, 17, 23, 24, 25, 26] предусматривается оценивать в зависимости от изменения величины крюкового тягового усилия, а величиной буксования при холостом ходе b_x пренебрегают. Последнее в значительной мере оправдывается тем, что почвы и грунты, имеют сложную связанную структуру, обладают хорошей несущей способностью, так что при значительных тяговых усилиях на крюке величина буксования b_x , связанная с потерями на перекатывание самой

машины, ничтожно мала. Использование этого допущения позволяет обойти затруднения при вычислении теоретической поступательной скорости машины, связанные с неточным определением шага гусеницы t_2 из-за износа шарниров [1, 2, 6, 7, 10, 19].

Для лесопромышленных гусеничных машин наибольшие сопротивления наблюдаются на грунтах с низкой несущей способностью, что при значительной массе самих машин обуславливает гораздо большее b_x (рис. 1). Причем b_x , как видно из рис. 1, а, может даже превышать величину b , полученную при движении машины с полезной нагрузкой. И если принять $b_x = 0$, то получаем парадоксальный результат: машина на равнинных легкодеформируемых волокнах работает с отрицательным буксованием (рис. 1, б). Это противоречит экспериментальным данным по образованию колеи при повторных проходах аналогично загрузае-

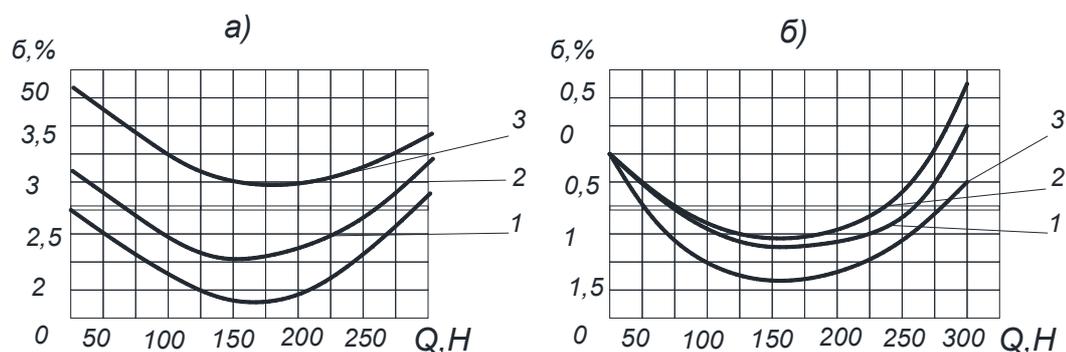


Рис. 1. Кривые изменения буксования движителя машины ЛЗ-5 в зависимости от нагрузки при различных скоростях движения: а - с учетом буксования холостого хода машины; б - при пренебрежении буксованием холостого хода машины; 1. $v = 0,65$ м/с; 2. $v = 0,90$ м/с; 3. $v = 1,5$ м/с

мой машины, при которых именно буксование определяет дальнейшую осадку машины (в отличие от первых проходов машины, когда определяющими факторами в колееобразовании являются нормальные давления движителя на лесной грунт) [4, 9, 13, 15, 18, 20, 21, 22].

Не согласующимися с результатами исследования по колееобразованию при повторных проходах становятся и зависимости величины буксования от скорости движения трелевочных гусеничных машин (кривая 1, рис. 2 и кривые рис. 3, б). В то же время, если не пренебрегать b_x при испытаниях гусеничных лесозаготовительных машин, то кривые изменения буксования b (кривые 2 и 3 рис. 2 и кривые 1 - 3 рис. 3, а), полученные различными исследованиями, гораздо больше согласуются с зависимостями колееобразования от скорости движения и относительно мало отличаются между собой [3].

Так, согласно рис. 3, оптимум скоростей

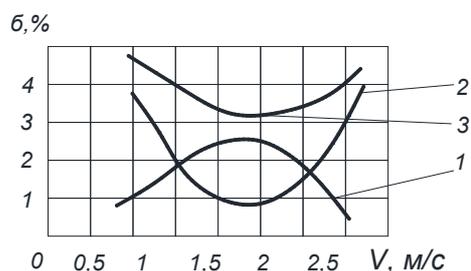


Рис. 2. Кривые изменения буксования движителя машины ЛЗ-5 при движении с пачкой сортиментов (июль): 1 – при пренебрежении буксованием холостого хода машины $Q = 7,5$ м³; 2 – с учетом буксования холостого хода машины $Q = 7,5$ м³; 3 – буксование при холостом ходе машины $Q = 0$ м³

движения гусеничной лесозаготовительной машин с наименьшим буксованием находится в диапазоне 0,9-1,0 м/с, а на рис. 2 соответственно 1,1-1,4 м/с. Для уточнения этого диапазона требуется дополнительный объем исследований на лесных грунтах с учетом их физико-механических свойств.

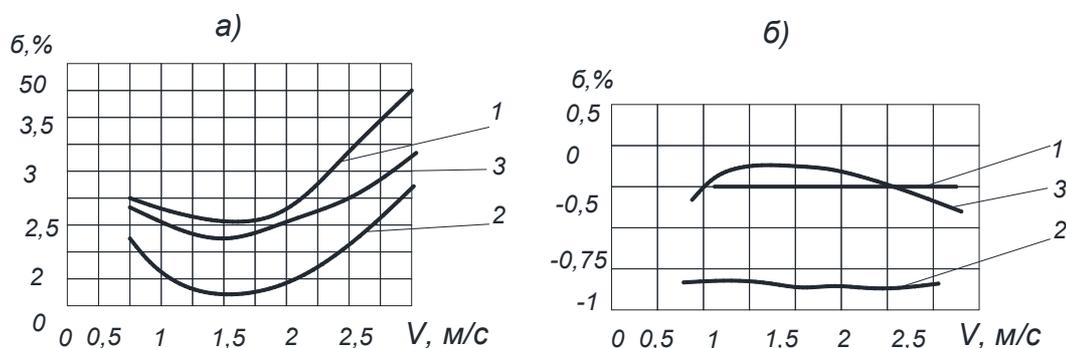


Рис. 3. Кривые изменения буксования движителя гусеничной лесозаготовительной машины в зависимости от скорости движения при различных трелевочных нагрузках (июнь): а – с учетом буксования холостого хода машины; б – при пренебрежении буксованием холостого хода машины; 1. $Q = 0$; 2. $Q = 1500$ кг; 3. $Q = 3000$ кг

При этом на легкодеформируемых лесных грунтах целесообразным является проведение лишь сравнительных испытаний машин [6] с оценкой полученных результатов в относительных величинах. Это особенно оправдано при исследованиях модернизируемой модели машины (при прежнем значении t_r), когда производится прогноз изменения, связанный с увеличением скорости движения или массы

машины. В данном случае пренебрежение b_x может привести к гораздо большей погрешности конечных результатов, чем неточность определения величины t_r , что искажает качественный характер зависимостей. А для повышения постоянства в значениях шага звена t_r целесообразно использовать на испытаниях специальный лабораторный трактор с неизношенными элементами движителя.

Библиографический список

1. Клубничкин, В. Е. Исследование кинематики и динамики движителя гусеничной лесозаготовительной машины [Текст] / В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин, Л. Д. Бухтояров // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4. – № 4 (16). – С. 179-190.
2. Research on the effect of grounding pressure distribution on traction force of tracked vehicle. [Text] / Wu H., Liu S., He J., Chen X., Gao Y. // Paper presented at the Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. – 2010. –1. – pp. 197-200.
3. Борисов, В.А. Глубина колеи и потеря подвижности в результате буксования гусеничной лесозаготовительной машины [Текст] / В.А. Борисов, Н.И. Казначеева, Д.В. Акинин // Национальная Ассоциация Ученых. – 2015. – № 10-1 (16). – С. 11-14.
4. Liu, X. Y. The research on grounding pressure distribution of tracked travelling mechanism [Text] / X. Y. Liu, Z. Y. Jiao & Zhang M. Y. – 2014. doi:10.4028
5. Миркин, С.Н. Влияние микропрофиля на буксование гусеничного движителя [Текст] / С.Н. Миркин, С.А. Черябриков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 3. – С. 32-33.
6. Клубничкин, Е. Е. Конечно-элементное моделирование ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины [Текст] / Е. Е. Клубничкин // Автомобильная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 29-30.
7. Bodin, A. Development of a tracked vehicle to study the influence of vehicle parameters on tractive performance in soft terrain [Text] / A. Bodin // Journal of Terramechanics. – 1999. – Vol. 36. – Issue 3. – pp. 167-181.
8. Котович, С.В. Методика упрощенного определения некоторых тягово-динамических свойств транспортных средств и ее применение на ранних стадиях проектирования. [Текст] / С.В. Котович // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2004. – № 3. – С. 27-33.
9. Клубничкин, В. Е. Модель взаимодействия элементов опорной поверхности гусениц лесозаготовительной машины с грунтом [Текст] / В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин, В. И. Запруднов, Л. Д. Бухтояров, Д. Ю. Дручинин, С. В. Малюков // Лесотехнический журнал. – 2014. – № 4. – С. 191-200. – DOI: 10.12737/8472.
10. Janarthanan, B. Longitudinal dynamics of a tracked vehicle: Simulation and experiment [Text] / B. Janarthanan, C. Padmanabhan, C. Sujatha // Journal of Terramechanics. – 2012. – no. 49. – pp. 63-72.
11. Клубничкин, Е.Е. Повышение долговечности ходовых систем гусеничных лесозаготовительных машин [Текст] / Е.Е. Клубничкин // Техника и технология. – 2005. – №5. – С. 58-62.
12. Воскобойников, И.В. Обоснование выбора системы гусеничных лесозаготовительных машин для совершенствования технологических процессов лесосечных работ [Текст] / И.В. Воскобойников, Д.В. Кондратюк // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – № 5. – С. 55-64.
13. Garber, M. Prediction of ground pressure distribution under tracked vehicles [Text] / M. Garber, J. Y. Wong. // I. An analytical method for predicting ground pressure distribution. J. Terramechanics, 1981. – 18 (1). – pp. 1-23
14. Гоберман, В.А. Колесные и гусеничные машины. Математическое моделирование и анализ технико-эксплуатационных свойств [Текст] : учеб. пособ. / В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М.: МГУЛ, 2002. – 322 с.
15. Li, S. L. Calculation method and testing verification of ground traction of tracked vehicle. [Text] / Li S. L., Wang H. Y., Chen B., Rui Q. & Guo J. // Paper presented at the Advances in Engineering Materials and Applied Me-

chanics - Proceedings of the 5th International Conference on Machinery, Materials Science and Engineering Applications, MMSE 2015, 443-448.

16. Макаров, В.С. Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности [Текст] / В.С. Макаров, А.В. Папунин, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №4. – С. 33.

17. Клубничкин, Е.Е. Моделирование дорожных условий гусеничной лесозаготовительной машины. [Текст] / Е.Е. Клубничкин // Естественные и технические науки. – 2005. – №6. – С. 237-243.

18. Gigler J. K. Design of a simulation model for the prediction of the ground pressure distribution under tracked vehicles [Text] / J. K. Gigler // Internal Report, Agricultural & Food Engineering Dept., University College, Dublin. –1992.

19. Wong, J. Y. Development of high-mobility tracked vehicles for over snow operations. [Text] / J. Y. Wong // Journal of Terramechanics, 2009. – 46(4). – pp. 141-155.

20. Редкозубов, А.В. Математическая модель поверхности движения лесных дорог [Текст] / А. В. Редкозубов, Д. В. Зезюлин, В. С. Макаров, В. В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 348-352.

21. Беляков, В.В. Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин [Текст] / В. В. Беляков, А. М. Беляев, М. Е. Бушуева, У. Ш. Вахидов, К. О. Гончаров, Д. В. Зезюлин, В. Е. Колотилин, К. Я. Лелиовский, В. С. Макаров, А. В. Папунин, А. В. Тумасов, А. В. Федоренко // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 3 (100). – С. 145-174.

22. Беккер, М. Г. Введение в теорию систем местность-машина [Текст] / пер. с англ ; под ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1973. – 520 с.

23. Mezyk, A. Modelling and Investigation of Dynamic Parameters of Tracked Vehicles [Text] / A. Mezyk, E. Switoski, S. Kciuk, W. Klein // Mechanics and Mechanical Engineering. – 2011. – Vol. 15. – no. 4. – pp. 115-130.

24. Клубничкин, Е.Е. Анализ путей повышения качества систем поддрессоривания гусеничных лесозаготовительных машин. [Текст] / Е.Е. Клубничкин // Естественные и технические науки. – 2005. – №5. – С. 157-161.

25. Wang, H.Y. Analysis and Calculation of Tracked Vehicle Steering-Load Based on Conditions of Tracks' Slip [Text] / H. Y. Wang, T. F. Li, T. Wang, Q. Rui, J. T. Gai, G. M. Zhou, Y. Yuan. // Applied Mechanics and Materials, 2013. – Vol. 378. – pp. 55-60.

26. Макаров, В.С. Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течении зимнего периода [Текст] / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, А.В. Папунин, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – №2 (99). – С. 155-160.

References

1. Klubnichkin V.E., Klubnichkin E.E., Buhtojarov L.D. *Issledovanie kinematiki i dinamiki dvizhitelja gusenichnoj lesozagotovitel'noj mashiny* [Study kinematics and dynamics of the forest machine mover track] *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2014, Vol. 4, no. 4 (16), pp. 179-190. (In Russian)

2 Wu, H., Liu, S., He, J., Chen, X., & Gao, Y. (2010). Research on the effect of grounding pressure distribution on traction force of tracked vehicle. Paper presented at the Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference, 1 197-200.

3 Borisov V.A., Kaznacheeva N.I., Akinin D.V. *Glubina kolei i poterja podvizhnosti v rezul'tate buksovanija gusenichnoj lesozagotovitel'noj mashiny* [Depth gauge and loss of mobility due to slipping tracked forest machine]. *Nacional'naja Associacija Uchenyh*. [National Association of Scholars]. 2015, no. 10-1 (16), pp. 11-14. (In Russian)

4 Liu, X. Y., Jiao, Z. Y., & Zhang, M. Y. (2014). The research on grounding pressure distribution of tracked travelling mechanism doi:10.4028

5 Mirkin S.N., Cherjabrikov S.A. *Vlijanie mikroprofilja na buksovanie gusenichnogo dvizhitelja* [Influence microprofile slipping on caterpillar tracks]. *Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. [Bulletin of the Samara State Agricultural Academy]. 2006, no. 3, pp. 32-33. (In Russian)

6 Klubnichkin E.E., Klubnichkin E.E. *Konechno-jelementnoe modelirovanie hodovoj sistemy gusenichnoj leso-*

zagotovitel'noj mashiny [Finite element simulation of running system tracked forest machine] *Avtomobil'naja promyshlennost'*. [Automotive] 2009, no. 2, pp. 29-30. (In Russian)

7 Bodin A. Development of a tracked vehicle to study the influence of vehicle parameters on tractive performance in soft terrain. *Journal of Terramechanics*, 1999, Vol. 36, Issue 3, 167-181.

8 Kotovich S.V. *Metodika uproshhennogo opredelenija nekotoryh tjagovo-dinamicheskikh svoystv transportnykh sredstv i ee primenenie na rannih stadijah proektirovaniya*. [Methods simplified definitions of some traction-dynamic properties of vehicles, and its use in the early stages of design.]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. [Bulletin of Moscow State Automobile and Road Technical University]. 2004, no. 3, pp. 27-33. (In Russian)

9 Klubnichkin V.E., Klubnichkin E.E., Zaprudnov V.I., Buhtjarov L.D., Druchinin D.Ju., Maljukov S.V. *Model' vzaimodejstvija jelementov opornoj poverhnosti gusenich lesozagotovitel'noj mashiny s gruntom* [The model of interaction of elements supporting surface forestry machine tracks with the ground]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2014, Vol. 4, no. 4 (16), pp. 191-200. (In Russian)

10 Janarathanan B., Padmanabhan C., Sujatha C. Longitudinal dynamics of a tracked vehicle: Simulation and experiment. *Journal of Terramechanics*, 2012, no. 49, pp. 63-72.

11 Klubnichkin E.E. *Povyshenie dolgovechnosti hodovykh sistem gusenichnykh lesozagotovitel'nykh mashin* [Increased durability undercarriage tracked forest machines]. *Tehnika i tehnologija*. [Engineering and technology]. 2005, no. 5, pp. 58-62. (In Russian)

12 Voskobojnikov I.V., Kondratjuk D.V. *Obosnovanie vybora sistemy gusenichnykh lesozagotovitel'nykh mashin dlja sovershenstvovaniya tehnologicheskikh processov lesosechnykh rabot* [Rationale for the system tracked forest machines to improve production processes logging activities]. *Tehnologija kolesnykh i gusenichnykh mashin*. [Technology of wheeled and tracked vehicles]. 2015, no. 5, pp. 55-64. (In Russian)

13 Garber M., Wong J.Y.. Prediction of ground pressure distribution under tracked vehicles I. An analytical method for predicting ground pressure distribution. *J. Terramechanics*, 18 (1) (1981), pp. 1-23

14 Goberman V.A., Goberman L.A. *Kolesnye i gusenichnye mashiny. Matematicheskoe modelirovanie i analiz tehniko-jekspluacionnykh svoystv* [Wheeled and tracked vehicles. Mathematical modeling and analysis of technical and operational properties]. – Moscow, 2002, 322 p. (In Russian)

15 Li, S. L., Wang, H. Y., Chen, B., Rui, Q., & Guo, J. Calculation method and testing verification of ground traction of tracked vehicle. Paper presented at the Advances in Engineering Materials and Applied Mechanics - Proceedings of the 5th International Conference on Machinery, Materials Science and Engineering Applications, MMSE 2015, pp. 443-448.

16 Makarov V.S., Papunin A.V., Zezjulin D.V., Beljakov V.V. *Harakter izmenenija snezhnogo pokrova kak polotna puti s uchetom neravnomernosti ego zaleganiya na mestnosti* [The nature of changes in snow cover as a sheet path, taking into account the unevenness of its occurrence on the ground]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. [Modern problems of science and education]. 2013, no. 4, pp. 33. (In Russian)

17 Klubnichkin E.E. *Modelirovanie dorozhnykh uslovij gusenichnoj lesozagotovitel'noj mashiny*. [Simulation of road conditions tracked forest machine.]. *Estestvennye i tehničeskije nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2005, no. 6, pp. 237-243. (In Russian)

18 Gigler J.K. Design of a simulation model for the prediction of the ground pressure distribution under tracked vehicles. Internal Report, Agricultural & Food Engineering Dept., University College, Dublin, 1992.

19 Wong, J.Y., Development of high-mobility tracked vehicles for over snow operations. *Journal of Terramechanics*, 2009. 46(4): pp. 141-155.

20 Redkozubov A.V., Zezjulin D.V., Makarov V.S., Beljakov V.V. *Matematicheskaja model' poverhnosti dvizhenija lesnykh dorog* [A mathematical model of motion of the surface of forest roads] *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*. [Proceedings of the NSTU them. RE Alekseeva.] 2014, no. 4 (106), pp. 348-352. (In Russian)

21 Belyakov V.V., Belyaev A.M., Bushueva M.E., Vahidov U.Sh., Goncharov K.O., Zezjulin D.V., Kolotilin V.E., Leliovskij K.Ja., Makarov V.S., Papunin A.V., Tumasov A.V., Fedorenko A.V. *Koncepcija podvizhnosti nazemnykh trans-*

portno-tehnologicheskikh mashin [Concept of terrestrial mobility of transport and technological machines] *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*. [Proceedings of the NSTU them. RE Alekseeva.] 2013, no. 3 (100), pp. 145-174. (In Russian)

22 Bekker M.G. *Vvedenie v teoriju sistem mestnost'-mashina*: [Introduction to systems theory-terrain vehicle:]. Moscow, 1973, 520 p.

23 Mezyk A., Switoski E., Kciuk S., Klein W. Modelling and Investigation of Dynamic Parameters of Tracked Vehicles. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 2011, Vol. 15, no. 4, pp. 115-130.

24 Klubnichkin E.E. *Analiz putej povysheniya kachestva sistem podressorivaniya gusenichnyh lesozagotovitel'nyh mashin*. [Analysis of ways to enhance the quality of suspension systems tracked forest machines]. *Estestvennye i tehnicheckie nauki*. [Natural and Technical Sciences]. 2005, no. 5, pp. 157-161. (In Russian)

25 Wang H.Y., Li T.F., Wang T., Rui Q., Gai J.T., Zhou G.M., Yuan Y., "Analysis and Calculation of Tracked Vehicle Steering-Load Based on Conditions of Tracks' Slip", *Applied Mechanics and Materials*, 2013, Vol. 378, pp. 55-60.

26 Makarov V.S., Zezjuln D.V., Beljaev A.M., Papunin A.V., Beljakov V.V. *Formirovanie snezhnogo pokrova v zavisimosti ot landshafta mestnosti i ocenka podvizhnosti transportnotehnologicheskikh mashin v techenii zimnego perioda* [Formation of snow, depending on the topography and assessment of mobility transportnotehnologicheskikh machines during the winter period]. *Trudy NGTU im R.E. Alekseeva*. [Proceedings of the NSTU them RE Alekseeva]. 2013, no. 2 (99), pp. 155-160. (In Russian)

Сведения об авторах

Клубничкин Евгений Евгеньевич – доцент кафедры колесных машин Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», кандидат технических наук, доцент, г. Мытищи, Российская Федерация; e-mail: klubnichkin@mgul.ac.ru

Клубничкин Владислав Евгеньевич – доцент кафедры колесных машин Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», кандидат технических наук, доцент, г. Мытищи, Российская Федерация; e-mail: vklubnichkin@gmail.com

Котиев Георгий Олегович – заведующий кафедрой колесных машин ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», доктор технических наук, профессор, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: kotievgo@yandex.ru

Наказной Олег Алексеевич – профессор кафедры многоцелевых гусеничных машин и мобильных роботов ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», доктор технических наук, профессор, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: nakaznoi@gmail.com

Information about authors

Klubnichkin Evgeny Evgenyevich – Associate Professor of Wheeled and Tracked Vehicles department, Mytishchi Branch of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Mytishchi, Russian Federation; e-mail: klubnichkin@mgul.ac.ru.

Klubnichkin Vladislav Evgenyevich – Associate Professor of Wheeled and Tracked Vehicles department, Mytishchi Branch of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Mytishchi, Russian Federation; e-mail: vklubnichkin@mgul.ac.ru.

Kotiev Georgey Olegovych – Head of wheeled vehicles Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», DSc in Engineering, Professor, Moscow, Russian Federation; e-mail: kotievgo@yandex.ru

Nakaznoy Oleg Alexeyevich – Professor of multipurpose tracked vehicles and mobile robots Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», DSc in Engineering, Professor, Moscow, Russian Federation; e-mail: nakaznoi@gmail.com