

А.М. Кочнев, А.С. Кривоногова, Ю.Л. Пушков

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫБОРА ТРАССЫ ВОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ НАВИГАЦИИ

Введение. Научно-технический прогресс – единое взаимообусловленное поступательное движение науки и техники – в лесозаготовительной отрасли позволил резко увеличить уровень труда и операций, в некоторых случаях до 100%, однако значительного прогресса лесозаготовительного производства, что является элементом технологического прогресса, практически не наблюдается [Анисимов, Кочнев, 2010]. Трассы волоков при разработке схемы транспортного освоения лесосек проводятся интуитивно либо с использованием типовых схем и рекомендаций 30-40-летней давности.

Методика и результаты исследования. Организация лесосечных работ в лесозаготовительных предприятиях Российской Федерации отстает от современных методов организации, применяемых в передовых отраслях на основе современных измерительных средств.

В учебном пособии по выполнению научных исследований и аспирантских диссертаций Г.М. Анисимов [2011] доказал, что без научного, и главное, современного приборного обеспечения выбор оптимальных трасс движения машин по лесосеке весьма затруднен. Работников лесозаготовительных предприятий в основном интересует эксплуатационная эффективность работы трелевочных тракторов, определяемая технологической (транспортной) производительностью и удельной энергоемкостью процесса трелевки, а также удельной нагруженностью элементов конструкции [Анисимов, 1990]. Чаще всего лесозаготовители ограничиваются оценкой эксплуатационной эффективности работы трелевочного трактора только по двум первым показателям. В исследовательских и доводочных испытаниях макетных, опытных и серийных образцов колесных трелевочных тракторов в различных производственных и полигонных условиях применяется электроизмерительная аппаратура, элементная база которой и в настоящее время считается современной [Анисимов, 1990; Кочнев, 2008]. Получен патент на мобильный измерительный комплекс [Анисимов и др., 2005]. Отсутствие методики и приборного обеспечения научно обоснованного выбора трасс трелевочных волоков отрицательно влияет на эксплуатационную эффективность работы трелевочных тракторов и окружающую среду.

Для определения маршрута движения различных мобильных систем используют навигацию. В энциклопедическом представлении навигация – наука о способах и методах вождения судов, летательных аппаратов и т. д. Задача навигации – нахождение оптимального маршрута (траектории), определение местоположения и значения скорости и других параметров движения объекта [Навигация..., 1988]. Предлагается создавать карты лесосек, аналогичные навигационным, в которых должны отражаться почвенно-грунтовые, рельефные и другие свойства опорной поверхности, определяющие режимы работы машины.

Структура электроизмерительного комплекса и показатели оценки свойств волока будут определяться задачами исследования, которые могут значительно отличаться, например:

- сохранение подроста;
- снижение отрицательного воздействия техники;
- повышение эксплуатационной эффективности работы трактора и т. д.

Для решения поставленных задач необходимо измерять, регистрировать и математически обрабатывать результаты исследования показателей и процессов с применением теории вероятности. Знание угла излома шарнирно-сочлененной рамы и крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, M_k позволит получить законы распределения касательной силы тяги для оценки динамики процесса, энергоемкости процесса, различных коэффициентов сопротивления движения, тягового коэффициента полезного действия и др. Число оборотов с нарастающим итогом турбинного колеса n_t и «пятого колеса» n_k позволят определить потери от буксования b . Угол уклона волока i позволит выделить сопротивление движению от уклона.

Перечень датчиков-преобразователей, размещенных на мобильном измерительном комплексе, позволит решить поставленные задачи исследования и исправить допущенные некорректности в теории движения лесосечных машин (рис. 1).

Многие десятилетия в вузовских учебниках [Лесные..., 1989; Анисимов, Кочнев, 2009] тяговый баланс лесосечных и лесотранспортных машин, движущихся равномерно со скоростью до 25 км/ч, записывается так:

$$P_k = P_f \pm P_i + P_{кр}, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги; P_f – сила сопротивления качению; P_i – сила сопротивления подъему; $P_{кр}$ – крюковая сила тяги.

При этом:

$$P_f = f \cdot G, \quad (2)$$

где f – коэффициент сопротивления качению; G – вес машины, включая приходящуюся на нее полезную нагрузку.

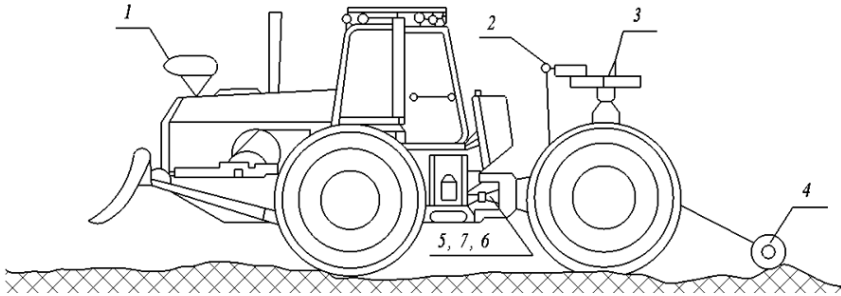


Рис. 1. Колесный лесопромышленный трактор, оснащенный измерительным оборудованием: 1 – ДУСУ (датчик угловых скоростей унифицированный); 2 – датчик измерения уклона волока; 3 – стабилизированная платформа; 4 – датчик отметки оборотов «Пятое колесо»; 5 – датчик крутящего момента на турбинном колесе; 6 – датчик отметки оборотов турбинного колеса; 7 – датчик излома шарнирно-сочлененной рамы

Fig. 1. Wheeled forestry tractor equipped with measuring equipment: 1 – AVUS (angular velocity unified sensor); 2 – drawbar slope measurement sensor; 3 – stabilized platform; 4 – «Fifth wheel» speed mark sensor; 5 – torque sensor on the turbine wheel; 6 – turbine wheel speed mark sensor; 7 – articulated frame fracture sensor

Модели (1) и (2) приняты из теории движения автомобилей общего назначения, в движении которых доминирует прямолинейное. С нашей точки зрения они некорректны для трелевочных машин. При трелевке пачки древесины трелевочный трактор может до 70% времени движения находиться в режиме поворота с разными радиусами кривизны [Анисимов, Кочнев, 2009], при этом на движение воздействует сопротивление от поворота. Это сопротивление может значительно превосходить P_f , но в формулах тягового баланса не учитывается. Это серьезная ошибка в теории движения трелевочных тракторов и систем. Для решения поставленных задач исследований предлагается ввести коэффициент сопротивления движению f_d :

$$f_d = f + f_n + f_c, \quad (3)$$

где f_n – коэффициент сопротивления повороту; f_c – коэффициент сопротивления скольжению древесины по почвогрунту лесосеки.

Значение коэффициента сопротивления f_n и силы сопротивления от поворота могут быть измерены, зарегистрированы и математически обработаны аппаратурой описанного выше мобильного измерительного комплекса. Тогда коэффициент сопротивления дороги (волоки) ϕ можно записать:

$$\phi = f_d \pm i, \quad (4)$$

где i – подъем, %.

Выделение поворота в движении трелевочного трактора с определением показателей поворота: коэффициента f_n , угловой скорости кривизны траектории движения и времени прохождения поворота – позволит оценивать влияние трассы волока на кинематику и динамику движения трелевочной системы.

Введение новых показателей значительно расширяет теорию движения трелевочного трактора.

Заключение. Обоснованные показатели оценки взаимодействия трелевочного трактора с опорной поверхностью и методы их приборного определения позволят выбирать из большой совокупности рациональные трассы волоков, трелевка древесины по которым обеспечит максимальную эксплуатационную эффективность работы трелевочного трактора.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Анисимов Г. М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. М.: Лесн.пром-сть, 1990. 207 с.

Анисимов Г. М. Кафедре лесных гусеничных и колесных машин восемьдесят лет: учебно-методическое пособие. СПб.: СПбГЛТУ, 2011. 204 с.

Анисимов Г.М., Григорьев И.В., Кочнев А.М., Патакин В.И., Иванов В.А. Патент № 48052 на полезную модель «Мобильный измерительный комплекс». Бюлл. №25, опубл. 10.09.2005.

Анисимов Г. М., Кочнев А.М. Лесотранспортные машины: учебное пособие. СПб.: Лань, 2009. 448 с.

Анисимов Г. М., Кочнев А.М. Основы научных исследований лесных машин: учебник. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2010. 528 с.

Кочнев А. М. Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов: монография. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 519 с.

Лесные машины: учебник. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 512 с.

Навигация // Советский энциклопедический словарь. 1988. С. 854.

References

Anisimov G.M. Ekspluatatsionnaya effektivnost' trelevochnykh traktorov. M.: Lesn. prom-st', 1990. 207 p. (In Russ.)

Anisimov G.M. Kafedre lesnykh gusenichnykh i kolesnykh mashin vosem'desyat let: uchebno-metodicheskoye posobiye. St. Petersburg: SPbSFTU, 2011. 204 p. (In Russ.)

Anisimov G.M., Grigoryev I.V., Kochnev A.M., Patyakin V.I., Ivanov V.A. Patent no. 48052 na poleznuyu model “Mobilny izmeritelny kompleks”. Bull. no. 25, publ. 09.10.2005. (In Russ.)

Anisimov G.M., Kochnev A.M. Lesotransportnye mashiny: uchebnoye posobiye. St. Petersburg: Lan’, 2009. 448 p. (In Russ.)

Anisimov G.M., Kochnev A.M. Osnovy nauchnykh issledovaniy lesnykh mashin: uchebnik. 2-e izd., ispr. St. Petersburg: Lan’, 2010. 528 p. (In Russ.)

Kochnev A.M. Rabochiye rezhimy otechestvennykh kolesnykh trelevochnykh traktorov: monografiya. St. Petersburg: Izd-vo Politehnicheskogo un-ta, 2008. 519 p. (In Russ.)

Lesnye mashiny: uchebnik. M.: Lesn. prom-st’, 1989. 512 p. (In Russ.)

Navigatsiya. *Sovetskiy enciklopedicheskiy slovar’*, 1998, p. 854. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 25.06.2023

Кочнев А.М., Кривоногова А.С., Пушков Ю.Л. Обоснование показателей выбора трассы волока с использованием принципов навигации // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 251. С. 315–321. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.315-321

Работники лесозаготовительной отрасли зачастую ограничиваются оценкой эксплуатационной эффективности работы трелевочного трактора только по двум показателям: транспортной производительности и удельной энергоемкости процесса трелевки – но для достижения рационального использования лесозаготовительной техники необходимо современное приборное обеспечение выбора оптимальных трасс движения машин по лесосеке. Предлагается создавать карты лесосек, аналогичные навигационным, в которых должны отражаться почвенно-грунтовые, рельефные и другие свойства опорной поверхности, определяющие режимы работы машины. Для решения поставленных задач необходимо измерять, регистрировать и математически обрабатывать результаты исследования показателей и процессов с применением теории вероятности. Знание угла излома шарнирно-сочлененной рамы и крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, позволит получить законы распределения касательной силы тяги для оценки динамики процесса, энергоемкости процесса, различных коэффициентов сопротивления движения, тягового коэффициента полезного действия и др. При трелевке пачки древесины трелевочный трактор может до 70% времени движения находиться в режиме поворота с разными радиусами кривизны, при этом на движение воздействует сопротивление от поворота. Это сопротивление может значительно превосходить силу сопротивления движению. Для решения поставленных задач исследований предлагается ввести в тяговый баланс лесосечных и

лесотранспортных машин коэффициент сопротивления движению, как сумму коэффициента сопротивления повороту и коэффициента сопротивления скольжения древесины. Обоснованные показатели оценки взаимодействия трелевочного трактора с опорной поверхностью и методы их приборного определения позволяют выбирать из большой совокупности рациональные трассы волоков, трелевка древесины по которым обеспечит максимальную эксплуатационную эффективность работы трелевочного трактора.

Ключевые слова: трелевочный трактор, информационные системы, коэффициент сопротивления, эксплуатационная эффективность.

Kochnev A.M., Krivonogova A.S., Pushkov Yu.L. Substantiation of indicators for choosing a dragging route using the principles of navigation. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2024, iss. 251, pp. 315–321 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.315-321

Workers in the logging industry are often limited to assessing the operational efficiency of a skidder by only two indicators, transport productivity and specific energy intensity of the skidding process, but in order to achieve rational use of logging equipment modern instrumentation is needed to select the optimal routes for the movement of machines in the cutting area. It is proposed to create maps of cutting areas, similar to navigational ones, which should reflect the soil-ground, relief and other properties of the supporting surface that determine the operating modes of the machine. To solve the tasks set, it is necessary to measure, record and mathematically process the results of the study of indicators and processes using the theory of probability. Knowledge of the fracture angle of the articulated frame and the torque supplied to the drive wheels will make it possible to obtain the laws of distribution of the tangential thrust force for assessing the dynamics of the process, the energy intensity of the process, various coefficients of resistance to movement, traction efficiency, etc. When skidding a pack of wood, the skidder can be in rotation mode with different radii of curvature up to 70% of the time, while the resistance from turning affects the movement. This resistance can far exceed the force of resistance to movement. To solve the research problems, it is proposed to introduce the coefficient of resistance to movement into the traction balance of logging and forest transport machines, as the sum of the coefficient of resistance to rotation and the coefficient of sliding resistance of wood. Reasonable indicators for assessing the interaction of a skidder with a supporting surface and methods for their instrumental determination will make it possible to choose from a large set of rational dragging routes, the skidding of wood along which will allow you to get the maximum operational efficiency of the skidder.

Keywords: skidding, information systems, drag coefficient, operational efficiency.

КОЧНЕВ Александр Михайлович – профессор кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук.

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

KOCHNEV Alexander M. – DSc (Technical), Professor of the Department of Technology of Materials, Structures and Structures made of Wood, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: tlsd@spbftu.ru

КРИВОНОГОВА Александра Станиславовна – заведующий кафедрой прикладной механики и инженерной графики Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 8399-6121.

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

KRIVONOGOVA Aleksandra S. – PhD (Technical), Head of the Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 8399-6121.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: KrivonogovaAS@spbftu.ru

ПУШКОВ Юрий Леонидович – доцент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 5633-1797.

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

PUSHKOV Yuriy L. – PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Forestry Engineering, Service and Repair, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 5633-1797.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: PushkovYL@spbftu.ru