

УДК 629.3.014.2

К ВОПРОСУ ПРОЕЗЖАЕМОСТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ

¹Арутюнян А.Ю., ¹Бурмистрова О.Н., ²Бурмистров Д.В.

¹ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»,

Ухта, e-mail: otimohova@ugtu.net;

²АО «Транснефть – Север», Ухта, e-mail: otimohova@ugtu.net

В статье рассматривается ездовые поверхности волоков. Рассмотрено влияние неровностей на проходимость машин и получена формула, позволяющая определить комплексную величину среднего удельного сопротивления движению колесных машин с учетом пороговых неровностей. Подтверждено первостепенное влияние на интенсивность колеобразования модуля деформации грунта и показателя pD автомобиля, характеризующего воздействие автомобиля на ездовую поверхность. Рассчитанные в статье зависимости коэффициента сцепления и средневзвешенного удельного сопротивления характеризуют влияние физико-механических свойств грунта и его состояние на величину сцепления ведущих колес машин с ездовой поверхностью и позволяют установить оптимальные значения среднего удельного давления колеса трелевочно-транспортной системы, диаметра колеса и, следовательно, величины pD , характеризующей воздействие системы на ездовую поверхность, а также минимальный радиус проходимости и другие характеристики.

Ключевые слова: волок, масса, дорога, грунт, трелевочно-транспортная система, сцепление

TO THE QUESTION OF PROYEZZHAYEMOST SKID TRAILS

¹Arutyunyan A.Y., ¹Burmistrova O.N., ²Burmistrov D.V.

¹Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: otimohova@ugtu.net;

²Transneft – Sever, Ukhta, e-mail: otimohova@ugtu.net

The article discusses the driving surface of the trails. The influence of roughness on permeability of machinery and obtained a formula that allows to determine the integrated average value of specific resistance to movement of wheeled vehicles with regard to threshold irregularities. Confirmed by paramount influence on the intensity of cleopatra of soil deformation modulus and the rate rd of the car, describing the car's impact on the sled surface. The article calculated the dependence of the coefficient of friction and a weighted average resistivity characterize the influence of physico-mechanical properties of soil and its condition on the magnitude of the traction drive wheels with the driving surface and allow you to set the optimal values of the average specific pressure of wheels of the skid-transport system, the wheel diameter and, consequently, the values of pD , characterizing the impact of the system on the sled surface and the minimum radius maneuverability, and other characteristics.

Keywords: skid, weight, road, ground, skidding and transportation system, traction

Сегодня эффективность развития лесопромышленного комплекса зависит от эффективности развития транспортной инфраструктуры. Однако, по данным Федерального агентства лесного хозяйства Российской Федерации, в России на 1 тыс. га леса приходится всего лишь 1,2 км лесовозных дорог, в то время как в Европе эта цифра во много раз больше.

В настоящее время лесовозные дороги без должной регулярной реконструкции непригодны для эксплуатации. Весной и осенью они становятся непроходимыми. Все это обуславливает сезонность работы лесопромышленного комплекса, которую можно устранить при развитии и одновременном поддержании качества лесовозных дорог на должном уровне. Сеть постоянных лесовозных дорог – необходимое условие для перехода на интенсивное воспроизводство лесов.

В регионе лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий необходимо создать единую транспортную сеть

для перевозки лесных грузов, в которой лесовозные дороги являются необходимыми звеньями. При этом государство должно выполнять координирующую роль – модернизацию всего лесного сектора страны, начальный этап которой – оптимизация его транспортной инфраструктуры.

Повышению эффективности выполнения лесозаготовительных операций посвящены труды ученых. Однако взаимосвязь системы «машина – грунт» до конца еще не изучена и не раскрыта.

В отечественной и зарубежной литературе достаточно много исследований, посвященных вопросам зависимости колеобразования от числа проходов лесовозной техники. Доказано, что глубина колеи лесовозных усов определяется, прежде всего, физико-механическими свойствами грунта, а также получаемой нагрузкой.

В работах авторов [1, 2] выполнен анализ глубины колеи в зависимости от нагрузки колеса, при этом, к сожалению, не упоминается про модуль деформации

грунтов. Однако авторы подробно занимаются изучением влияния геометрических параметров дорог, а также числа проездов техники на образование колеи. Авторы приходят к выводу, что установленные параметры способствуют образованию колеи.

В некоторых работах [3] рекомендуется для уменьшения давления на грунт и снижения колееобразования колесо транспортного средства погрузить в грунт на $0,2D$, где D – диаметр колеса автопоезда. Авторы утверждают, что увеличивается площадь контакта колеса с естественной поверхностью и, следовательно, уменьшается нагрузка на почвогрунт. К сожалению, такие рекомендации не согласуются с требованиями отечественных стандартов. Исходя из требований ГОСТ 26955-86, величина удельного давления на почвогрунт колеса транспортного средства определяется отношением создаваемой колесом нагрузки и площадью отпечатка колеса на жестком основании. При этом известно, что величина давления на почвогрунт по отношению к величине давления на жесткое основание берется на 10% ниже. Следуя рекомендациям зарубежных исследователей при определении величины давления на почвогрунт теоретически, получаем ее значение, заниженное в 2,5 раза по сравнению со значением, полученным экспериментальным путем.

В работах авторов [4] изучено влияние сезонности лесозаготовок на образование колеи лесовозных усов. К сожалению, весенняя и осенняя распутицы способствуют образованию колеи и снижают в 2...4 раза работоспособность лесовозных дорог и эффективность вывозки лесопроductии, а также увеличивают себестоимость древесины в 4...5 раз.

Установлено влияние скорости движения транспортного средства на удельное давление на грунт. Получены оптимальные скорости движения транспортного средства – 4...5 км/ч, при которых наблюдается наименьшая интенсивность колееобразования.

Ездовыми поверхностями для трелевочно-транспортных систем (ТТС) являются расчищенные от древесной и кустарниковой растительности трелевочные волоки, естественные грунтовые поверхности, луговины, лесные просеки и т.п.

Проезжая часть волоков грубо планируется с засыпкой ям и срезкой горбов, препятствующей движению. При удовлетворительной эксплуатации волоков и уходе за ними неровности пологого профиля групповой поверхности по высоте, как показали исследования, не превосходят 10 см [1, 2]. Авторами по материалам натурных обследований и съемок микропрофилей волоков в Респуб-

блике Коми была установлена следующая корреляционная зависимость между высотой пологих неровностей (в метрах):

$$H_{\text{нер}} = 0,03B + 0,002,$$

где B – длина неровности, м.

На волоках, при высокой влажности грунта и недостаточном уходе, в процессе эксплуатации возникают неровности порогового типа (пни, корни и т.п.).

Значительную часть года ездовые поверхности волоков покрыты снегом. Проезжаемость трелевочных волоков, то есть их пригодность для движения комплексных трелевочно-транспортных систем (КТТС) как с грузом, так и без груза с неэксплуатационными скоростями зависит в основном от наличия на ездовой поверхности:

- неровностей различного вида, в том числе пороговых, то есть с отвесными или близкими к этому стенками, расположенных выше уровня ездовой поверхности (пни, камни и т.д.);
- колеи и рытвины, образовавшиеся при движении КТТС;
- рода грунта на поверхности волока и его влажности.

Количественными показателями, характеризующими проезжаемость волока, могут быть значения коэффициента сцепления, среднее известное удельное сопротивление давлению КТТС с грузом и предельные размеры (высота или глубина) редко выраженных неровностей на волоке, в том числе колеи.

Металлические свойства грунтов, слагающих ездовые поверхности, определяются зерновым составом почв и грунтов, их влажностью и плотностью, а также наличием или отсутствием дернового покрова.

В табл. 1 приводятся средние значения механических показателей связанных грунтов.

Сцепные свойства несвязных грунтов в меньшей степени зависят от влажности. Величина сцепления у песков близка к нулю (в среднем $c = 0,1$ Н/см² у крупных песков и доходит до $c = 0,4...0,7$ Н/см² – у пылеватых и мелких песков). Сцепные свойства песчаного грунта зависят в основном от угла внутреннего трения, величина которого колеблется от 38...40° (крупные пески) до 32...38° (мелкие пески) [3, 4, 5].

Сопротивление движению увеличивает липкость грунтов. Это свойство оценивают удельной силой, которую необходимо приложить к пластине для ее отрыва от грунта. Липкость грунта зависит от удельного содержания глинистых частиц в грунте и влажности. Например, для супеси липкость равна 0,5 Н/см² при $W_{\text{от}} = 0,7$; 1,2 Н/см² при $W_{\text{от}} = 0,8$; 1,8 Н/см² при $W_{\text{от}} = 0,9$; 0,8 Н/см² при $W_{\text{от}} = 1$; 0,5 Н/см² при $W_{\text{от}} = 1,1$.

Таблица 1

Средние значения механических показателей связанных грунтов

Виды грунтов	Модуль деформации, Н/см ²	Угол внутреннего трения, °	Сцепление, Н/см ²	Несущая способность, Н/см ²
Влажность ниже предела пластичности				
Легкий суглинок	Свыше 2500	24...25	5...10	35...70
Суглинок	Более 3500	21...23	6...12	45...90
Глина	5000	15...20	7,5...15	50...100
Влажность равна пределу пластичности				
Легкий суглинок	До 2500	21...22	3,5...7,5	25...50
Суглинок	До 3500	18...20	4...8	35...60
Глина	До 5000	11...17	5...10	35...70
Влажность равна 55...75% от предела текучести				
Легкий суглинок	До 1500	19...20	1,5...3,5	10...25
Суглинок	До 2000	16...18	2,5...4	17...30
Глина	2000...2500	7...15	3...5	20...30
Влажность равна пределу текучести				
Легкий суглинок	300...400	16...18	1...1,2	7...8
Суглинок	300...400	12...15	1...1,5	6...9
Глина	300...400	3...11	1...1,5	5...9

Таблица 2

Свойства снега

Механические свойства снега	Плотность, г/см ³					
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
Сцепление, Н/см ²	0,5	0,6	6,2	9,0	12,0	22
Коэффициент трения	–	0,35	0,40	0,43	0,45	0,5
Модуль деформации, Н/см ²		60–80	150	250–300	550	1000

Свойства снега зависят от его плотности и температуры. Например, при $t = -10$ °C снег имеет следующие свойства (табл. 2).

Величина коэффициента сцепления зави-

Величину средневзвешенного удельного сопротивления движению КТТС с грузом, с учетом влияния пороговых неровностей, можно выразить следующим образом

$$W_{cp} = \frac{(Q_m + kQ_{пол})(W_{кол} + W_{пер}^{cp}) + (1-k)Q_{пол}W_{др}}{Q_m + Q_{пол}}, \quad (2)$$

сит от физико-механических свойств грунтовой поверхности следующим образом:

$$\psi = \frac{K_n K_{ш} c + \tau_p (1 - K_{ш})}{\lambda p_o} + \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий неодновременность появления сдвигов грунта во впадинах протектора шин; $K_{ш}$ – коэффициент распределения давления колеса на грунт между грунтозацепами и впадинами; c – сцепление, Н/см²; τ_p – удельное сопротивление трению покрышки по грунту, Н/см²; λ – отношение $p:p_o$; p – удельное давление колеса на грунт, Н/см²; p_o – давление воздуха в шине, кгс/см²; φ – угол внутреннего трения грунта.

где $W_{кол} = \frac{500K_n(Q\lambda p_o)^{1/4}}{(DE)^{1/2}};$ (3)

$$W_{пер}^{cp} = \frac{500K_{кин} g \beta (D - H_{cp}) H_{cp}}{D - 2(\delta + H_{cp})}, \quad (4)$$

где Q_m – масса КТТС, т; $Q_{пол}$ – масса полезной нагрузки, т; K – коэффициент распределения полезной нагрузки между опорным устройством КТТС и грунтовой поверхностью; $W_{др}$ – удельное сопротивление движению пакета сортиментов по грунту, Н/т; $W_{кол}$ – основное удельное сопротивление движению КТТС, Н/т; $W_{пер}^{cp}$ – среднее дополнительное удельное сопротивление движению КТТС по пороговым неровностям, Н/т; Q_1 – масса КТТС, приходящаяся на 1 колесо, т;

D – диаметр колеса, см; E – модуль деформации грунта, Н/см²; $K_{\text{кин}}$ – коэффициент, учитывающий возмещение расходов при преодолении порогового препятствия кинетической энергии (1,1...1,2); β – среднее количество пороговых препятствий на 1 пог. м волока; $H_{\text{ср}}$ – средняя высота порогового препятствия, см; δ – деформация шины под нагрузкой, см.

Ограничение проезжаемости волоков наличием внешних непреодолимых неровностей порогового типа или глубоких, близких к величине дорожного просвета машины рытвин, колеи и т.п. может иметь место лишь при неудовлетворительном содержании волока, чего нельзя допускать.

Полученные зависимости характеризуют влияние физико-механических свойств грунта и его состояния (влажности) на величину сцепления ведущих колес машин с ездовой поверхностью и позволяют установить оптимальные значения среднего удельного давления колеса трелевочно-транспортной системы, диаметра колеса и, следовательно, величины pD , характеризующей воздействие системы на ездовую поверхность, а также минимальный радиус проходимости и другие характеристики.

Список литературы

1. Галактионов О.Н. Характеристики настила из лесосечных отходов и состояние грунта на трелевочном волоке / О.Н. Галактионов, А.В. Кузнецов, М.А. Пискунов // Уч. зап. Петрозав. гос. ун-та. Сер.: Естеств. и техн. науки. – 2009. – № 7 (101). – С. 90–95.
2. Герасимов Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических машин для лесозаготовок / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сянев. – Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоэнсуу, 1998. – 178 с.
3. Герц Э.Ф. Обоснование и разработка методов определения напряжений и деформаций в поперечном сечении многослойного хворостяного настила трелевочного волока / Э.Ф. Герц, А.Ф. Кулиничев, А.В. Мехренцев // Лесосеч., лесосклад, работы и трансп. леса: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, – 2002. – С. 69–76.
4. Горбачевский В.А. Исследование колеобразования при многократных проходах колес лесовозных автомобилей по грунтовым поверхностям / В.А. Горбачевский, Л.Д. Дарган // Тр. ЦНИИМЭ. – 1967. – № 82. – С. 26–28.
5. Ильин Б.А. Лесные дороги. – Л.: ЛТА, 1980. – 68 с.

References

1. Galaktionov O.N. Harakteristiki nastila iz lesosechnyh othodov i sostojanie grunta na trelevochnom voloke / O.N. Galaktionov, A.V. Kuznecov, M.A. Piskunov // Uch. zap. Petrozav. gos. un-ta. Ser.: Estestv. i tehn. nauki. 2009. no. 7 (101). pp. 90–95.
2. Gerasimov Ju.Ju. Jekologicheskaja optimizacija tehnologicheskikh mashin dlja lesozagotovok / Ju.Ju. Gerasimov, V.S. Sjunev. Joensuu: Izd-vo un-ta Joensuu, 1998. 178 p.
3. Gerc Je.F. Obosnovanie i razrabotka metodov opredelenija naprjazhenij i deformacij v poperechnom sechenii mnogoslojnogo hvorostjanogo nastila trelevochnogo voloka / Je.F. Gerc, A.F. Kulnichev, A.V. Mehrencev // Lesosech., lesosklad. raboty i transp. lesa: Mezhvuz. sb. nauch. tr. SPb.: LTA, 2002. pp. 69–76.
4. Gorbachevskij V.A. Issledovanie koleeobrazovanija pri mnogokratnyh prohodah koles lesovoznyh avtomobilej po gruntovym poverhnostjam / V.A. Gorbachevskij, L.D. Daragan // Tr. CNIMJe. 1967. no. 82. pp. 26–28.
5. Il'in B.A. Lesnye dorogi. L.: LTA, 1980. 68 p.