

Проектирование шарнирно-сочлененного пневмокатка для строительства зимних автомобильных дорог

В.И. Ястребова, М.А. Егоров, А.Л. Егоров, В.А. Костырченко

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация: В Российской Федерации существуют населенные пункты, к которым добраться можно только на специальной технике: болотоходы, внедорожники. Постоянному проезду к ним препятствуют болота, реки и др. В зимний период к таким населенным пунктам прокладывают временные зимние дороги - «автозимники». Строительство «автозимников» включает в себя несколько этапов: подготовительный этап, основной этап строительства, эксплуатацию автозимника и утилизацию. Если временная зимняя дорога проходит через болота, то такие грунты желательно проминать тракторами с уширенными гусеницами или гусеничными тягачами. В статье предложена конструкция шарнирно-сочлененного пневмокатка для строительства зимних автомобильных дорог, а также проведен конструкторский расчет, включающий в себя: расчет сопротивлению движения, гидравлический расчет, подбор гидравлического оборудования.

Ключевые слова: автозимник, техника, автомобильная зимняя дорога, пневмокаток, проминка болотистых оснований, расчет.

Территория Российской Федерации очень обширна, и занимает 17,1 млн. км², а это 1/8 всей земной суши. Существуют населенные пункты, к которым добраться можно только на специальной технике: болотоходы, внедорожники. Постоянному проезду к ним препятствуют болота, реки и др. К таким населенным пунктам в зимний период прокладывают временные зимние дороги - «автозимники». Строительство «автозимников» включает в себя несколько этапов: подготовительный этап, основной этап строительства, эксплуатацию автозимника и утилизацию (ВСН 137-89).

Если временная зимняя дорога проходит через болота, то такие грунты желательно проминать тракторами с уширенными гусеницами или гусеничными тягачами ГАЗ-47, АЛТ, ГТТ и другие. Использование машин этого типа на проминке болот позволяет во многих случаях обходиться без прошпаливания основания. Хорошая проминка болот позволяет снизить последующие затраты на выравнивание основания. Выравнивать полотно следует одновременно с проминкой или сразу за ней, пока не промерз грунт.

В Верховажском ЛПХ В/О Вологдалеспром гусеничный трактор одновременно с проминкой прокатывает по основанию каток, рабочая поверхность которого имеет пилообразный профиль. В результате обработки крупные комки разбиваются, а поверхность основания представляет собой ряд мелких продольных борозд, заполняющихся выдавленной и замерзающей впоследствии водой. Это один из наиболее производительных способов проминки [1-3].

Очистка дорог от снега может производиться плужными и роторными снегоочистителями, а также грейдерами, бульдозерами и угольниками. Хорошие результаты дает применение шнекороторного снегоочистителя совместно с плужным автомобильным снегоочистителем или грейдером. В этом случае снег плужным снегоочистителем перемещается от обочин к оси дороги, а роторным отбрасывается за пределы дорожного полотна на расстоянии до 25 - 30м. Двухотвальным снегоочистителем Д-389 на тракторе Б-10М расчищают дороги от слежавшегося снега глубиной до 1200мм, срезают накатанные неровности на дорожном полотне, а также срезают и разравнивают снежные валы, образующиеся на обочинах при очистке дорог патрульными снегоочистителями. При отсутствии данного снегоочистителя эта работа может быть выполнена бульдозером. Хорошо зарекомендовали себя на содержании лесовозных дорог тяжелые тракторные угольники, которыми, кроме расчистки дорог от снега, производят профилировку дороги: срезают бугры, заполняют углубления, разглаживают и уплотняют снег. После прохода тяжелого угольника дорога приобретает ровную горизонтальную поверхность. Двухотвальные угольники изготавливают с постоянным и переменной шириной захвата. Угольник с переменной шириной захвата состоит из деревянных брусьев, соединенных между собой под углом $55 - 60^{\circ}$ и скрепленных в вертикальной плоскости распорками. Нос угольника обшивают на полную высоту (1,2 - 1,4м) листовой сталью, а в

нижней части стенок отвалов ставят ножи-подрезы из рельсов Р15. Для изменения ширины захвата, к угольнику крепят крылья, которые с помощью специальных винтов могут складываться или раздвигаться, образуя ширину захвата до 8м. Увеличение или уменьшение веса угольника регулируется балластом. За один проход тяжелый угольник с раздвижными крыльями выполняет все работы по выравниванию дороги и удалению снега за пределы обочины [4,5].

Зимние дороги сооружают путем расчистки снега до грунта в районах с объектом снегопереноса $<200 \text{ м}^3$ на метр дороги. На слабых грунтах основание дороги армируют либо лесными материалами, либо неткаными синтетическими материалами, либо ледяным щебнем. Однако, такие дороги в начале весны разбиваются ходовыми системами машин, разрушая верхний дерновой покров почвы. Необходимое число проходов устанавливается непосредственно на месте работ применительно к данному виду грунта и его состоянию. При этом используется метод пробного уплотнения, при котором отсыпанный слой грунта уплотняется последовательными проходами уплотняющей машины [6,7].

Предложен каток для проминки болотных оснований дорог (рис. 1).

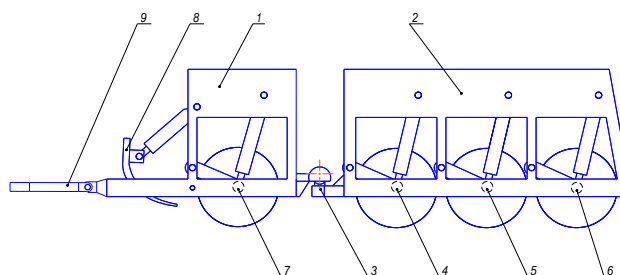


Рис. 1. - Каток для проминки оснований дорог

1 – поворотная рама; 2 – неповоротная рама; 3 – шарнир; 4, 5, 6, 7 – оси пневмоколес; 8 – выравниватель; 9 – прицепное устройство.

Предлагаемый каток предназначен для проминки оснований дорог и применяется в затопляемых местах. Целью расчета [8-10] ставится определение сопротивления движению, скорости движения, преодолеваемых уклонов. Масса трактора с рабочим оборудованием:

$$G = 13600 \text{ кгс (конструктивно).}$$

Масса трактора Б10М: $G = 13600 \text{ кгс (конструктивно).}$

Сопротивление передвижению будет складываться из:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (1)$$

где W_1 - сопротивление рыхлению снега выравнителем, W_2 - сопротивление передвижению трактора, W_3 - сопротивление передвижению катка.

$$W_1 = K \cdot b \cdot h \quad (2)$$

где, K -коэффициент сопротивления снег резанию, КПа, $K = 8$, b - ширина резания, м, $b=2,70\text{м}$, h - толщина резания, м, $h=0,2\text{м}$

$$W_1 = 800 \cdot 2,70 \cdot 0,2 = 432\text{Н}$$

W_2 - сопротивление передвижению трактора.

$$W_2 = G_e \cdot f_{\text{пр}} \cdot g \cdot n \quad (3)$$

где, G_e -вес машины, Н, $F_{\text{пр}}$ - коэффициент сопротивления движению $f=0,14$, для снега, n -КПД трансмиссии, $n=0,6$:

$$W_2 = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,14 \cdot 0,6 = 11196\text{Н}$$

W_3 - сопротивление передвижению катка.

$$W_3 = G_t \cdot f_{\text{пр}} \cdot g \quad (4)$$

где, G_t - вес катка, Н, $F_{\text{пр}}$ - коэффициент сопротивления движению $f = 0,14$

$$W_3 = 15000 \cdot 0,14 \cdot 9,8 = 21000\text{Н}$$

Сопротивление передвижению будет равно:

$$W = 11196 + 432 + 21000 = 32628\text{Н}$$

Из полученных результатов видно, что работа передвижения трактора обеспечивается.

Гидравлический расчет. Цель данного расчета - выбор гидравлического оборудования, а также проверка его совместимости с основной гидравлической системой трактора.

В предлагаемом устройстве для строительства временных, сезонных дорог предусмотрено использование трех гидродвигателей по одному на каждой оси для избегания бульдозерного эффекта, четырех гидроцилиндров: для подъема и опускания первой и второй оси катка, два гидроцилиндра для подъема и опускания стального барабана и два гидроцилиндра для выравнителя катка.

На тракторе Б10М установлена гидравлическая система, включающая в себя насос НШ-100Л2, а также два гидроцилиндра с диаметром поршня 100 мм и ходом поршня – 800мм.

Выбор гидродвигателей осуществляется по крутящему моменту. Крутящий момент, который необходимо развить гидродвигателю, будет равен сопротивлению рыхления снега выравнителем, умноженному на плечо-расстояние между осью вращения и осью ковша.

Сопротивление рыхлого снега 432Н (см. тяговый расчет), плечо-0,4 м. Момент, развиваемый на валу гидромотора, должен быть не менее:

$$M=432 \times 0,4=173 \text{ Нм}$$

Для привода выравнителя применяется радиально-поршневой гидроцилиндр типа МР-Ф-152/100.

Для подъема и опускания рабочего оборудования используются гидроцилиндры, имеющиеся на тракторе, их технические данные приведены ниже.

Проверка гидроцилиндра на усилие подъема. Вес рабочего оборудования - 1500 кг (15000 Н), на один гидроцилиндр приходится 7500 Н. Тянущее усилие на штоке гидроцилиндра при номинальном давлении –



100,17 кН. Делаем вывод о том, что данные гидроцилиндра обеспечат подъем (опускания) рабочего оборудования.

Таблица 1

Технические данные

№ п/п	Параметры	Значения
1	Диаметры поршня, мм	100
2	Диаметр штока, мм	45
3	Ход поршня, мм	800

Выбираем гидроцилиндры для подъема (опускания) стабилизатора хода.

Исходными данными при выборе гидроцилиндров является усилие на штоке (F_{max}), скорость перемещения штока (V_i), ход штока l .

Вес стабилизатора хода – 60 кг (6000Н); на один гидроцилиндр.

После выбора гидравлического оборудования производим проверку подачи насоса НШ-100Л-2 для случая одновременной работы всех главных гидродвигателей.

Подача насоса при номинальной частоте вращения:

$$Q_n = 1150 \cdot 98,8 = 113620 \text{ см}^3/\text{мин} = 1893,7 \text{ см}^3/\text{сек}$$

Расход гидромотора при 30 об/мин

$$Q_{г.м.} = 125 \cdot 30 = 3750 \text{ см}^3/\text{мин} = 62,5 \text{ см}^3/\text{сек}$$

Расход гидроцилиндров подъема (опускания) рабочего оборудования:

$$Q_{г.ц.} = F \cdot V$$

где F - площадь рабочей поверхности поршня, V – скорость движения штока относительно корпуса гидроцилиндра:

$$Q_{г.ц.} = \frac{\pi D^2}{4} V = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 10 = 785 \text{ см}^3/\text{сек}$$

Расход двумя гидроцилиндрами = $2 \cdot Q_{г.ц.} = 1570 \text{ см}^3/\text{сек}$.

Расход гидроцилиндров подъема (опускания) стабилизатора хода:

$$Q_{г.ц.} = \frac{PD^2}{4} V = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 196,25 \text{ см}^3/\text{сек}$$

Общий расход силовых гидродвигателей:

$$Q_{г.ц.} = 2Q_{гп} + 2Q_{г.ц.1} + Q_{г.ц.2} = 2 \cdot 62,5 + 2 \cdot 785 + 2 \cdot 196,25 = 2087,5 \text{ см}^3/\text{сек}$$

Таким образом, делаем вывод о том, что установленный (штатно) на тракторе Т-170 насос НШ-100Л-2 не обеспечит подачу рабочей жидкости для одновременной работы всех силовых гидродвигателей, но при существовании такой необходимости установлен подпитывающий насос НШ-32-4 (подача – 756 см³/сек).

Литература

1. Андреева Е.Г. К вопросу разработки проектной документации на автозимники // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4669.
2. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Л., «Машиностроение», 1973, с. 176.
3. Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В., Серебренникова Ю.Г., Кудряшов А.Ф. Анализ теплоносителей для увлажнения снега при сооружении зимних автодорог // Актуальные проблемы внедрения энергоэффективных технологий в строительство и инженерные системы городского хозяйства Материалы II международной научно-практической конференции. 2015. С. 53-56.
4. Никитин А.И., Захарович Т.С., Цурикова Н.Д., Токтарева Т.М., Ткаченко Г.И., Борисоглебская Л.Н. Снеготаялка // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 1. С. 33-38.
5. Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Plokhov A.A., Madyarov T.M. Review of the Methods and the Constructions for the Waste Wood Recycling for the Machine Designing Based on Tractor Msn-10 for the Pellets

Production//International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 22 (2016) pp. 10945-10951.

6. Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Plokhov A.A., Madyarov T.M. Designing of the Vibrating Hydraulic Tyre Roller in Order to Research the Optimal Regime Set Parameters for the Snow Mass Compacting // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 19 (2016) pp. 9956-9959.

7. Серебrenникова Ю.Г., Кайзер Ю.Ф., Желукевич Р.Б., Плахотникова М.А., Лысянников А.В. Универсальная установка для строительства зимних автодорог // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 8-2. С. 92-99.

8. Мадьяров Т.М., Русмиленко А.К., Костырченко В.А. Технология строительства автозимников специального назначения для перевозки негабарита с применением комбинированной машины // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7233.

9. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Серебренникова Ю.Г., Лысянникова Н.Н., Шрам В.Г., Кравцова Е.Г., Плахотникова М.А. Контроль несущей способности полотна автозимника // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 12-1. С. 130-135.

10. Мерданов, Ш.М., Шакмаков А.Ф. Обоснование технологической схемы и основных параметров пневмокатка для проминки болотных оснований под автозимники // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 1. – С. 116-119.

References

1. Andreeva E.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4669.



2. Harhuta N.YA. Mashiny dlya uplotneniya gruntov. L., «Mashinostroenie» [Mechanical engineering], 1973, p. 176
 3. Kajzer YU.F., Lysyannikov A.V., Serebrenikova YU.G., Kudryashov A.F. V sbornike: Aktual'nye problemy vnedreniya energoeffektivnyh tekhnologij v stroitel'stvo i inzhenernye sistemy gorodskogo hozyajstva Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2015. pp. 53-56.
 4. Nikitin A.I., Zaharovich T.S., Curikova N.D., Toktareva T.M., Tkachenko G.I., Borisoglebskaya L.N. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2009. № 1. pp. 33-38.
 5. Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Plokhov A.A., Madyarov T.M. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 09734562 Volume 11, Number 22 (2016) pp. 10945-10951.
 6. Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Plokhov A.A., Madyarov T.M. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 09734562 Volume 11, Number 19 (2016) pp. 9956-9959.
 7. Serebrenikova YU.G., Kajzer YU.F., ZHelukevich R.B., Plahotnikova M.A., Lysyannikov A.V. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015. № 8-2. pp. 92-99.
 8. Mad'yarov, T. M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7233.
 9. Lysyannikov A.V., ZHelukevich R.B., Kajzer YU.F., Serebrennikova YU.G., Lysyannikova N.N., SHram V.G., Kravcova E.G., Plahotnikova M.A. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015. № 12-1. pp. 130-135.
 10. Merdanov, SH. M., SHakmakov A.F. Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2008. № 1. pp. 116-119.
-