

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАШИН ДЛЯ РАСЧИСТКИ ПОЛОСЫ ОТВОДА ДОРОГ ОТ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТРУДНОПРОХОДИМЫХ УЧАСТКАХ

## IMPROVEMENT OF MACHINES USED FOR CLEARING RIGHT OF WAY FROM TREE VEGETATION ON HEAVY-GOING ROAD SECTIONS



**А. В. Вавилов,**  
доктор технических наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой «Строительные  
и дорожные машины»  
Белорусского национального  
технического университета,  
г. Минск, Беларусь

**Н. Д. Янцов,**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Строительные  
и дорожные машины»  
Белорусского национального  
технического университета,  
г. Минск, Беларусь

*В статье приведены результаты аналитических исследований обеспечения проезжаемости по труднопроходимым участкам машин, которые входят в комплект, реализующий разрабатываемую технологию расчистки полосы отвода автомобильных дорог от нежелательной древесно-кустарниковой растительности с последующим ее использованием при производстве топливной щепы.*

*The article cites results of analytical study of providing passage on cross country heavy-going sections of machines, included in the complex that implements technology under development for clearing motor roads' right of way from undesirable tree and shrubs vegetation to be further used in chip fuel production.*

### Введение

В последнее время в республике увеличился объем работ по расчистке полосы отвода автомобильных дорог от древесной растительности. Однако затраты на выполнение таких работ остаются высокими, поскольку не предложена эффективная технология и технические средства для ее реализации, к тому же имеет место ручной труд.

Нами разрабатывается индустриальная технология расчистки полосы отвода дорог от растительности, предусматривающая не только расчистку, но и дальнейшее использование удаляемой растительности в энергетике для получения топлива.

Предлагаются два варианта технологических схем. По первому варианту срезку растительности осуществляет одноковшовый экскаватор на гусеничном ходу ЭО-3223 (такие экскаваторы имеются в дорожных организациях), у которого вместо ковша монтируется сменный рабочий орган, с помощью которого растительность срезается, пакетируется и укладывается для дальнейшего собирания погрузочно-транспортной машиной МПТ-471 с энергосредством – трактором «Беларус 1221», которая доставляет срезанную растительность к рубильной машине для измельчения ее в топливную щепу.

По второму варианту все вышеперечисленные операции выполняются одной машиной, которая растительность срезает, измельчает и полученную щепу грузит в прицеп, который сама же и перемещает до полной загрузки.

Но и по первому и по второму варианту возникает сложность перемещения и работы предлагаемых машин по заболоченным участкам с недостаточной несущей способностью почвогрунтов. Такие участки нередко встречаются, и для их преодоления требуются большие затраты. В связи с изложенным возникает необходимость совершенствования машин, а конкретней – их ходовых систем, с целью обеспечения проходимости предлагаемых машин по труднопроезжаемым участкам.

### Результаты аналитических исследований

Для характеристики условий работы комплекта машин для заготовки щепы необходимо проанализировать физико-механические свойства торфяных почвогрунтов на труднопроезжаемых участках.

Работы С. С. Корчунова [1], Н. А. Цитовича [2], Ф. П. Винокурова [3], Л. С. Амаряна [4], Я. С. Агейкина [5], К. П. Лундина [6] и других ученых, посвященные исследованию торфа неосушенного болота, позволяют следующим образом описать его свойства и состояние.

Торф представляет собой органическую массу, состоящую из остатков растений, не полностью разложившихся в условиях избыточного увлажнения при недостаточном доступе воздуха. В зависимости от вида разлагающихся растений различают тростниковые болота, древесно-осоковые и т. д.

В общем случае торф болота является трехфазной системой (твердые частицы, вода и воздух), но количество воздуха в торфе неосушенного болота мало, поэтому в естественной залежи он представляет собой практически двухфазную дисперсионную систему, состоящую из твердых частиц и воды.

По строению твердая фаза торфа представляет собой пространственную решетку, образованную волокнами растительных остатков. Промежутки этой решетки заполнены водой и гумусом. Внутриклеточные (сосудистые) полости волокон также заполнены водой. Гумус играет роль пассивного заполнителя каркаса, образованного волокнами. Особенностью такого строения является то, что сами волокна и частицы гумуса насыщены водными растворами различных солей и кислот.

Отношение количества гумусовых частиц к количеству волокон клеточного строения, выраженное в процентах, называется степенью разложения торфа  $R$ . Наиболее распространены болота со степенью разложения 10 %–35 %.

Для обеспечения проходимости при таких условиях работы предлагаемые машины должны быть на гусеничном ходу.

Деформируемость почвогрунта неосушенного болота под гусеницами прежде всего базовых машин-тракторов зависит от условий отжатия свободной воды. Экспериментально установлено [3, 4, 7, 8], что при воздействии внешнего давления на поверхность торфа в поровой воде также возникает давление, начальная величина которого зависит от способа дренирования (отвода) отжимаемой влаги. При отсутствии условий для отвода воды вся внешняя нагрузка воспринимается поровой водой, а скелет грунта (твердая фаза) остается ненагруженным.

При взаимодействии гусениц ходовых систем с почвогрунтом всегда имеются условия для выхода отжимаемой воды в сторону гусениц и частично в зону, не нагруженную гусеницами.

С. С. Корчунов [1], используя плоские штампы различной формы и размеров, на различных видах торфяной залежи

установил, что несущая способность торфа  $P_{\text{нес}}$  может быть определена по формуле

$$P_{\text{нес}} = A_0 + B_0 \Pi/F,$$

где  $A_0$  и  $B_0$  – коэффициенты, характеризующие прочность торфяной залежи в зависимости от типа и состояния болота (значения этих коэффициентов для наиболее встречаемых типов болот приведены в таблице 1);

$\Pi/F$  – отношение периметра штампа к его площади.

В работах [1, 5] доказано, что свойства любой торфяной залежи могут быть оценены по абсолютной влажности и степени разложения торфа (таблица 2).

Абсолютной влажностью  $W_{\text{абс}}$  называется отношение веса воды к весу сухого вещества, выраженное в процентах.

Исследованиями [1, 8, 9, 10] доказано, что в случае, если нормальное давление движителей машин не превышает 40 кПа, с учетом приведенных свойств торфяно-болотных почв, проходимость машин обеспечивается.

Обеспечить проходимость машин по торфяным почвогрунтам – значит уменьшить сопротивление перекатыванию их гусениц при сохранении или улучшении тягового КПД машины. Для этого существуют три основных способа: уменьшить глубину колеи, оставляемую гусеницами в торфе, ликвидировать образование призмы волочения грунта перед гусеницами и ликвидировать возникновение бульдозерного эффекта в межгусеничном пространстве машины.

Определим факторы, от которых зависит глубина колеи. Опыты показывают, что наименьшая глубина колеи при прочих равных условиях соответствует прямоугольной эпюре нормальных давлений под гусеницами. Все агрегаты гусеничных машин должны быть так сконструированы, чтобы обеспечить совмещение центра давления с серединой опорной поверхности гусениц. Если при этом отношение шага катков к шагу звеньев гусениц не будет превышать 2,0,

**Таблица 1 – Расчетные коэффициенты для определения предела несущей способности (по С. С. Корчунову [1])**

Вид торфяной залежи	Степень разложения $R$ , %	$W_{\text{абс}}$ , %	$A_0$	$B_0$
			кПа	
Осоковая	30	455–525	46,4	662
Древесно-осоковая	45–50	455	19,0	475
Древесно-тростниковая	35–45	354–400	88,0	495
Сосново-пушицевая	40–60	525–566	31,5	664

Таблица 2 – Значения основных показателей свойств торфа (по Л. С. Амаряну [4])

Показатели верховой залежи						
Степень разложения R, %	10–15	15 – 25	25–30	30–40	40–45	45–65
Вероятная прочность, кПа	11	13	10	8	6	6
Влажность при насыщении (абсолютная), %	1400	1300	1200	1100	1030	1000
Начальный коэффициент пористости, $E_n$	23,0	21,0	19,0	16,0	15,0	14,0
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,65	1,6	1,6	1,45	1,45	1,4
Показатели низинной залежи						
Степень разложения R, %	5–15	15–25	25–35	35–40	40–45	45–60
Вероятная прочность, кПа	11	13	16	14	14	13
Влажность при насыщении (абсолютная), %	1300	1000	800	700	650	530
Начальный коэффициент пористости $E_n$	20,8	16,0	12,4	10,8	9,7	8,0
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,6	1,6	1,55	1,55	1,5	1,5

то эпюру давлений под гусеницами можно считать прямоугольной. Практическому решению этой проблемы помогает использование в конструкции машин передвижного блок-противовеса и независимой подвески опорных катков.

Допустим далее, что торф представляет собой грунтовую массу, т. е. состоит из двух фаз – воды и твердых частиц торфа.

Тогда величина глубины колеи  $h$ , образуемой гусеницами, можно определить [9]

$$h = \frac{2p_{cp}Ha}{1+\varepsilon} \cdot \sum_1^n \frac{1}{\mu_n^2} (1 - e^{-\mu_n^2 \frac{at}{H^2}}), \quad (1)$$

где  $p_{cp}$  – среднее удельное давление гусениц на почвогрунт;

$H$  – толщина слоя торфа;

$\alpha$ ,  $\varepsilon$  и  $a$  – показатели свойств и состояния торфяного грунта;

$\mu_n$  – коэффициент, зависящий от числа членов в формуле (1) под знаком суммы;

$t$  – время взаимодействия гусениц с почвогрунтом;

$e$  – основание натурального логарифма.

Анализ формулы (1) показывает, что для обеспечения наименьшей глубины колеи необходимо уменьшить среднее удельное давление  $p_{cp}$  гусениц на почвогрунт (определяется отношением массы движителя к площади опорной поверхности), увеличить скорость движения машины, уменьшить длину гусениц, увеличивая ее ширину, и работать на предварительно подсушенных участках [9, 11].

Одним из способов снижения величины удельного давления движителей на почвогрунт при малых значениях  $P_{нес}$  является увеличение опорной поверхности гусениц с одновременным уменьшением массы гусеничного движителя. Наиболее эффективно это осуществляется

при замене металлических гусениц резинометаллическими и металлических опорных катков пневматическими.

Рассматривая разрабатываемую технологию заготовки щепы и выбор машин для этих целей, следует отметить, что выбранный в качестве базовой машины экскаватор «Амкодор 923» (ЭО-3223) со срезающе-пакетирующим рабочим органом может использоваться с различными модификациями гусеничных лент. Согласно таблице 3 [12] при любой ширине гусеничной ленты экскаватор имеет удельное давление на почвогрунт меньше 40 кПа. Это удовлетворяет условиям проходимости для любых видов торфяно-болотных почвогрунтов.

Исходя из приведенных в таблице 3 данных для экскаватора «Амкодор 923» (ЭО-3223) можно утверждать, что его движитель не требует использования названных выше других типов гусениц и опорных катков.

Согласно техническим характеристикам машинно-тракторного агрегата для вывозки щепы в составе энергосредства – трактора «Беларус 1221» и лесной погрузочно-транспортной машины МПТ-471, включенным в предлагаемый комплект машин, максимальные удельные давления на почвогрунт составляют для трактора и транспортной машины 120 кПа и 150 кПа соответственно [13].

Для обеспечения проходимости данного машинно-тракторного агрегата в условиях труднопроезжаемых торфяно-болотных почв необходимо снизить удельное давление его движителей на почвогрунт. Исследованиями [1, 8, 9, 14] установлено, что наиболее оптимальным решением для этого может быть использование арочных шин или полугусеничного хода в конструкции ходовой системы трактора и погрузочно-транспортной машины. Это позволит

**Таблица 3 – Удельное давление экскаватора «Амкодор 923» (ЭО-3223) при различной ширине траков**

Модификация гусеничных лент	Область применения	Удельное давление экскаватора на грунт, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более
Сварнолитые траки шириной 960 мм	Работа на заболоченных почвогрунтах и на слабых насыпных грунтах, а также на болотах, целиком заполненных торфом. При всех видах сменного рабочего оборудования	20,5 (0,21)
Сварнолитые траки шириной 800 мм	Работа на слабых почвогрунтах и насыпных грунтах, в том числе подмороженных, при всех видах сменного рабочего оборудования	24,95 (0,25)
Цельнолитые траки шириной 600 мм	Работа на всех грунтах III и выше категорий при всех видах сменного рабочего оборудования	31,96 (0,32)

снизить удельное давление на почвогрунт и напряжние внутри массива грунта, при прочих равных условиях, в 1,3–1,5 раза.

Для трактора «Беларус 1221» предлагаются передние арочные шины размером 1140×600, задние – серийные 520/70R38LS.

Для прицепной погрузочно-транспортной машины МПТ-471 предлагаются арочные шины 1300×750.

#### Заключение

В результате выполненных исследований для заготовки щепы с труднопроезжаемых участков мелиоративного строительства обосновано применение базовых машин – экскаватора «Амкодор 923» (ЭО-3223) и погрузочно-транспортного агрегата МПТ-471 с энергосредством «Беларус 1221» (лесной ва-

риант), оборудованным защитными приспособлениями.

При работе на почвогрунтах пониженной несущей способности ( $P_{\text{нес}} < 40$  кПа) целесообразно на выбранном экскаваторе «Амкодор 923» (ЭО-3223) применение гусениц шириной 960 мм (вместо гусениц шириной 800 мм), обеспечивающих удельное давление экскаватора на эти почвогрунты до 20,5 кПа.

Для погрузочно-транспортного агрегата МПТ-471 предлагается использование арочных шин 1300×750 вместо серийно установленных шин 24,0/50–22,5. Это позволит снизить удельное давление тележки на почвогрунт в 1,5 раза. Для энергосредства – трактора «Беларус 1221», целесообразно использование передних арочных шин 1140×600 вместо установленных 420/70R24LS, а задних шин – серийно выпускаемых 520/70R38LS. ❖

#### Список использованной литературы

1. Корчунов, С. С. Теория потенциала влаги и ее применение для исследования осушения торфяной земли // Международный конгресс по торфу. – Л., 1963. – 14 с.
2. Цитович, Н. А. Механика грунта. – М.: Высшая школа, 1979. – 272 с.
3. Винокуров, Ф. П. Строительные свойства торфяных грунтов / Ф. П. Винокуров, А. Е. Тетеркин, А. М. Питерман. – Минск: Изд-во АН БССР, 1962. – 282 с.
4. Амарян, Л. С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. – М.: Недра, 1969. – 191 с.
5. Агейкин, Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
6. Лундин, К. П. Водные свойства торфяной земли. – Минск, 1964. – 211 с.
7. Солопов, С. Г. Торфяные машины и комплексы: учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1973. – 388 с.
8. Скотников, В. А. Основы теории проходимости гусеничных болотоходных тракторов: автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М., 1974. – 34 с.
9. Скотников, В. А. и др. Проходимость машин. – Минск: Наука и техника. – 1982. – 327 с.
10. Беккер, М. Г. Введение в теорию местность – машина / пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 71.
11. Скотников, В. В. Машины для строительства и содержания осушительных дрен / В. В. Скотников, Л. И. Можейко, А. А. Мащенко, Н. П. Кладов. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
12. Инструкция по эксплуатации экскаватора ЭО-3223. – Коханово: Кохановский экскаваторный завод, 2006. – 81 с.
13. Мозырский машиностроительный завод: каталог продукции. – Минск, 2009. – 53 с.
14. Янцов, Н. Д. Агротехническая проходимость самоходных кормоуборочных комбайнов на торфяно-болотных почвах: автореф. дис. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1983. – 16 с.

Статья поступила в редакцию 14.11.2014