

## СКРЕПЕР ДЛЯ РЕМОНТА ЛЕСНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

**Вавилов А. В., проф., д.т.н., Лапенок В. В. магистр техн. наук**

Белорусский национальный технический университет  
(Минск, Республика Беларусь), e-mail: ftkcdm@bntu.by

## SCRAPER FOR REPAIRING FOREST GROUND ROADS

**Vavilov A. V., Prof., D.Sc., Lapenok V. V., Master of Technical Sciences**

Belarusian National Technical University  
(Minsk, Republic of Belarus)

В Беларуси эксплуатируются десятки тысяч километров грунтовых дорог, в том числе – лесных. Под воздействием колес автомобилей, лесной и другой техники на лесных грунтовых дорогах образуются выбоины, колеи, что в первую очередь сказывается на снижении проезжаемости по ним, и как следствие снижение производительности и повышение себестоимости выполнения работ в лесном комплексе.

В нашей стране распространенным способом ремонта грунтовых дорог с достаточно изношенным профилем дороги является применение комплекта машин, состоящего из бульдозера и фронтального одноковшового погрузчика (рисунок 1). Погрузчик в этом случае разрабатывает грунт в месте забоя, транспортирует его к проблемным участкам дороги и выгружает его. Далее к работе подключается бульдозер и восстанавливает профиль дороги [1]. Достоинством такого способа является наличие таких машин в лесных предприятиях, и простота технологии. Основным недостатком является применение 2-х единиц техники, небольшая экономически целесообразная дальность транспортирования грунта бульдозером: до 100 м, а также наличие дополнительных затрат на обслуживание и ремонт 2-х единиц техники.



**Рисунок 1 – Схема работы погрузчика и бульдозера**

Зарубежный опыт показывает успешное применение для ремонта грунтовых дорог малогабаритного прицепного скрепера. Наиболее подходящей моделью для данного вида работ является прицепной скрепер упрощенной конструкции голландской фирмы АП Машинбоув (рисунок 2) с объемом перевозимого грунта  $6 \text{ м}^3$ . Рабочая ширина ножа такого скрепера 2,3 метра, его вес 2 тонны, агрегатируется он с трактором класса тяги 1,4 или 2,0 [2].

Габариты машины и ее возможности идеально подходят для целей ремонта и содержания лесных грунтовых дорог, позволяя значительно снизить себестоимость этих дорог за счет сокращения числа задействованной техники и персонала (один человек и одна машина делают всю работу). Эта машина одна способна выполнять все основные операции и заменяет фронтальный погрузчик (на погрузке грунта для подсыпки дорог и транспортировке грунта к месту подсыпки, а также), бульдозер на разравнивании грунта на месте его отсыпки и окончательной планировке).

Преимуществом рассматриваемого скрепера является совмещение операций, небольшие затраты на ремонт лесных дорог за счет сокращения холостого пробега машины, а так-

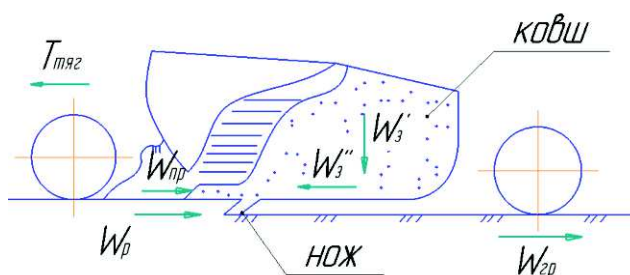
же единиц задействованной техники и персонала. Однако белорусский аналог такого скрепера отсутствует.



**Рисунок 2 – Скрепер фирмы Mashinebouw**

Сегодня скрепер фирмы Mashinebouw успешно эксплуатируется в ГОЛХУ «Стародорожский опытный лесхоз». С целью импортозамещения такого скрепера были проведены исследования в стародорожном лесхозе. Вначале проводили тяговый расчет скрепера по известной методике [3, 4]. В качестве базовой машины применялся трактор МТЗ – 80.

Сила сопротивления движению скрепера при копании грунта - величина переменная, она достигает максимального значения на заключительной стадии заполнения ковша. Этот момент, как наибольший, принимали за расчетный. Потребное для работы тяговое усилие расходуется на преодоление сопротивления грунта резанию, сопротивление перемещению груженого скрепера сопротивление перемещению призмы волочения и сопротивление возникающее при заполнении ковша (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Схема сопротивлений, действующих на прицепной скрепер**

Основная задача тягового расчета скрепера заключалась в определении силы тяги и мощности для преодоления сопротивлений при заданной вместимости ковша.

Суммарное сопротивление при работе скрепера должно быть преодолено силой тяги базовой машины [3,4].



где  $T_d$  - сила тяги по двигателю базовой машины, определяемая по формуле:

$$T_d = 3,6 \frac{N \cdot \eta}{v}$$

где  $N$  - мощность двигателя в кВт;

$\eta$  - к. п. д. трансмиссии;

$v$  - скорость перемещения машины во время копания  $v = 2,5 \dots 3$  км/ч.

Наибольшее сопротивление движению скрепера возникает в конце процесса наполнения ковша и в соответствии с методикой Е.Р. Петерса определяется по формуле:

$$\Sigma W = W_{гр} + W_p + W_3 + W_{тр}$$

где  $W_{гр}$  - сопротивление перемещению груженого скрепера;

$W_p$  - сопротивление резанию;

$W_3$  - сопротивление наполнению;

$W_{тр}$  - сопротивление перемещению призмы волочения.

Сопротивление перемещению груженого скрепера определяется по формуле [3,4].:

$$W_{гр} = (G_c + G_r) \cdot (f \pm i)$$

где  $G_c$  - вес скрепера в кН;

$G_r$  - вес грунта в ковше в кН;

$f$  - коэффициент сопротивления передвигению;

$i$  - уклон поверхности движения.

Вес грунта в ковше скрепера определяли

$$G_r = \frac{q \cdot \gamma_r \cdot k_n \cdot g}{k_p}, \text{ кН}$$

где  $q$  - геометрическая вместимость ковша в м<sup>3</sup>;

$\gamma_r$  - плотность грунта в естественном залегании в кг/м<sup>3</sup>;

$k_n$  - коэффициент наполнения ковша грунтом;

$g$  - ускорение свободного падения;

$k_p$  - коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера;

$$G_r = 6 \cdot 1600 \cdot 0,8 \cdot 9,81 / 1,2 = 62784 \text{ Н} = 62,78 \text{ кН}$$

$$W_{тр} = (G_{ск} + G_r) \cdot (f \pm i) = (25000 + 62784) \cdot (0,1 + 0,035) = 11850 \text{ Н} = 11,85 \text{ кН}$$

Сопротивление грунта резанию определяли по формуле:

$$W_p = k \cdot b \cdot h, \text{ кН}$$

где  $k$  - удельное сопротивление резанию в кН/м<sup>2</sup>,

$b$  - ширина резания в м;

$h$  - толщина стружки в м;

$$W_p = 90 \cdot 2,3 \cdot 0,05 = 10,35 \text{ кН.}$$

Полное сопротивление наполнению  $W_3$  складывается из сопротивления силы тяжести грунта  $W_3'$  поступающего в ковш, и сопротивления трению грунта в ковше  $W_3''$ .

Сопротивление силы тяжести поднимаемого столба грунта определяли по формуле:

$$W_3' = b \cdot h \cdot \gamma \cdot H \cdot g, \text{ кН}$$

где  $b$  - ширина резания в м;

$h$  - толщина стружки в м;

$\gamma$  - плотность грунта в кг/м<sup>3</sup>;

$H$  - высота наполнения ковша в м.

$$W_3' = 2,3 \cdot 0,05 \cdot 1600 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 2,17 \text{ кН.}$$

Сопротивление трению  $W_3''$  грунта по грунту в ковше возникает в результате давления боковых призм, располагающихся внутри ковша:

$$W_3'' = 2p \cdot \mu_2 = x \cdot b \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot g, \text{ кН}$$

где

$$x = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2} = \frac{\sin \varphi_2}{2}$$

$\varphi_2$  – угол внутреннего трения грунта

$$9,81 \cdot x \cdot b \cdot H^2 \cdot \gamma = 9,81 \cdot 0,4 \cdot 2,3 \cdot 1,2^2 \cdot 1600 = 20794 \text{ Н} = 20,8 \text{ кН}$$

Сопротивление перемещению призмы волочения равно:

$$W_{\text{пр}} = y \cdot \mu_2 \cdot b \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot g, \text{ кН}$$

где  $y$  – коэффициент объема призмы волочения, образующийся перед заслонкой и ножами ковша  $y = 0,5 \dots 0,7$ , наибольшее значение относится к сыпучим грунтам;

$H$  – высота наполнения;

$b$  – ширина резания;

$\gamma$  – плотность грунта в  $\text{кг/м}^3$

$\mu_2 = 0,3 \dots 0,5$  – коэффициент трения грунта по грунту (суглинки, пески).

$$W_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 2,3 \cdot 1600 \cdot 1,2^2 \cdot 9,81 = 12,48 \text{ кН}$$

$$\Sigma W = W_{\text{гр}} + W_{\text{р}} + W_3 + W_{\text{пр}} = 11,85 + 10,35 + 2,17 + 20,8 + 12,48 = 57,65 \text{ кН}$$

$$T_{\text{д}} = \frac{N \cdot \eta}{v} = 3,6 \cdot 60 \cdot \frac{0,85}{3} = 61,2 \text{ кН}$$

$$57,65 \leq 61,2$$

Таким образом, условие тягового расчета выполняется, следовательно отечественный трактор имеет достаточную силу тяги для работы скрепера с принятыми параметрами.

Работа над созданием импортозамещающего скрепера продолжается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов А.В. Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов А.В. Вавилов, А.М. Щемелев и др.-Мн.,БНТУ, 2003. 407 с.
2. Machine construction/ Earth moving/ AP Scrapers. Product catalogue. Rutten, 2011.2 с.
3. А.М.Холодов, В.В. Ничке, В.В. Назаров Землеройно-транспортные машины./ Справочник. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1982. 192 с.
4. Вавилов А.В. Дорожно-строительные машины /А.В.Вавилов, И.И. Леонович и др.- Мн. Технопринт. 2000. – 515 с.