

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ СКАЛЬВАНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НАВЕСНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ АВТОГРЕЙДЕРА

Сталоверов П.А.

Научный руководитель канд. техн. наук Мальцев В.А.

*Сибирский федеральный университет*

Автогрейдер является одной из основных машин, применяемых в дорожном строительстве и коммунальном обслуживании автомобильных дорог. В зимнее время одной из главных проблем для безопасности движения транспорта являются снежно-ледяные образования на поверхности дорожных покрытий которые могут образовываться в результате коммунальных аварий, а так же естественных преобразований снега в лед. В результате чего повышается вероятность дорожно-транспортных происшествий, затруднение движения транспортного потока. На сегодняшний день снежно-ледяные отложения удаляются при помощи использования солевой смеси, а также навесного оборудования которое устанавливается на машины специального назначения. В данной статье предлагается математическая модель для нового навесного оборудования автогрейдера представленного на рисунке 1.

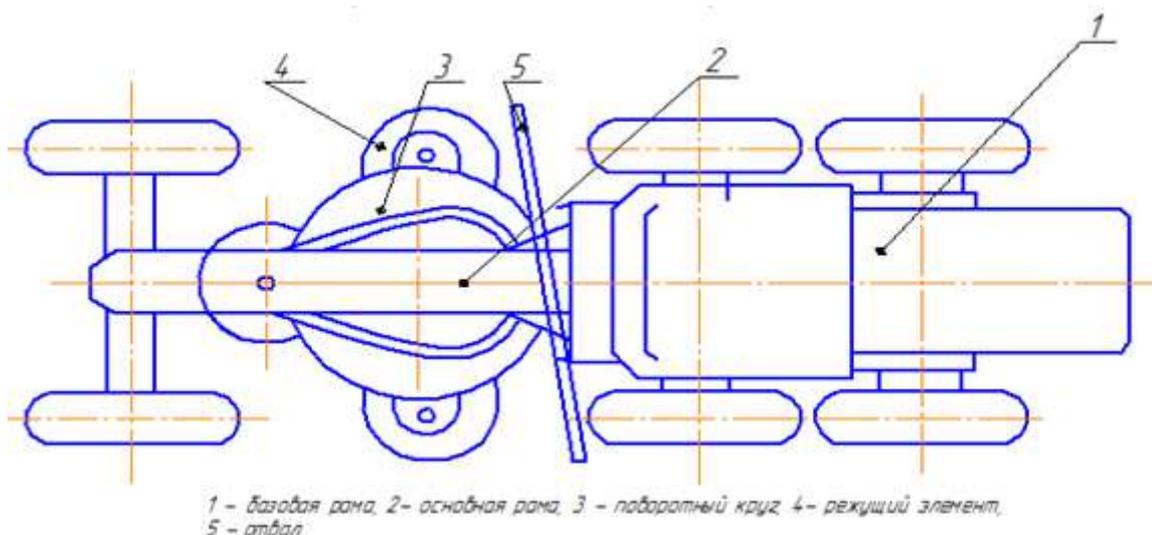


Рисунок 1 – Принципиальная схема автогрейдера

Работа устройства осуществляется следующим образом. Вращение передней фрезы происходит за счет передачи крутящего момента от гидромотора на вал фрезы, которая вращается по часовой стрелке. Задние фрезы вращаются по направлению друг другу. При движении автогрейдера, вперед, фреза врезаясь зубками режущего элемента в лед и прорезая в нем узкую щель, в которую при поступательном движении автогрейдера и вращательном движении режущего элемента внедряются сектора, тем самым обеспечивается скол льда в двух плоскостях одновременно, что приводит к уменьшению энергоемкости процесса разрушения льда рабочим органом. Сколотая снежно-ледяная масса за счет центробежной силы, возникающей при вращении фрезы отбрасывается в сторону. Отвал, установленный за фрезами, предотвращает разбрасывание сколотой массы льда.

Основными факторами, влияющими на усилие резания для элементарного профиля, например зубка фрезы, являются глубина резания, толщина профиля, угол резания и угол заострения, а так же число ударов ударника ДорНИИ [1].

$$P_{рез} = 10 \cdot C \cdot h \cdot (1 + 0,1s) \cdot \left(1 - \frac{90 - \alpha}{180}\right) \cdot V, \quad (1)$$

где  $P_{рез}$ , - усилие резания, возникающее на зубке фрезы, Н;  $C$  - число ударов ударника ДорНИИ;  $h$ - ширина срезаемой стружки, см;  $s$  - толщина режущего профиля, см;  $\alpha$  - угол резания;  $V$  - коэффициент, зависящий от угла заострения;

Полученное усилие рассчитано на один зубок, следовательно необходимо его увеличить в 8 раз, чтобы получить усилие которое необходимо для внедрения в снежно-ледяное образования всеми зубками одной фрезы.

Сцепной вес автогрейдера можно определить по формуле:

$$G_{сц} = f_a \cdot G_a, \quad (2)$$

где  $G_{сц}$  - сцепной вес автогрейдера, Н;

$f_a$  - коэффициент, определяемый колесной формулой;

$G_a$  - вес автогрейдера, кг.

Значение коэффициента  $f_a = 1$ , для колесной формулы 1×3×3. Вес автогрейдера принят с учетом веса предлагаемого оборудования.

Максимальную свободную силу тяги грейдера можно определить по сцепной массе:

$$P_m = G_{сц} \cdot \varphi_{сц}, \quad (3)$$

где  $P_m$  - силу тяги грейдера, Н;

$\varphi_{сц}$  - коэффициент сцепления колес с дорогой.

$$W_{об} = G_a (f \pm i), \quad (4)$$

$W_{об}$  - сопротивление перекачиванию автогрейдера, Н;

$f$  - коэффициент сопротивления перекачиванию автогрейдера;

$i$  - уклон пути.

$$\Sigma W = [(W_{рез} + W_{хол.вр}) \cdot 1,2] \cdot 3, \quad (5)$$

$$W_{рез} = P_{рез}, \quad (6)$$

$$W_{хол.вр} = m \cdot r^2, \quad (7)$$

где  $\Sigma W$  - сумма сопротивлений действующих на автогрейдер, Н;

$W_{рез}$  - сопротивление резанию, кг с;

Сумму сопротивлений действующих на автогрейдер умножаем на 1,2 так как мы не просчитываем сопротивление при вращении врезы во время работы, но устанавливаем дополнительно 20% к этой сумме, а так же нам необходимо увеличить сумму сопротивлений в 3 раза, так как у нас 3 фрезы на автогрейдере.

$W_{хол.вр}$  - сопротивление при холостом вращении фрезы, Н;

$m$  - масса вращающихся частей фрезы, кг;

$r$  - радиус фрезы, м;

Необходимым условием для работы автогрейдера является следующее:

$$P_m \geq \Sigma W .$$

То есть сила тяги должна превышать суммарное значение сопротивлений действующих на автогрейдер, только в этом случае работа автогрейдера будет эффективной. В рассматриваемом случае условие выполняется.

Находим необходимую мощность двигателя автогрейдера при работе с предлагаемым оборудованием:

$$N = \frac{[\Sigma W + G_a \cdot (f \pm i)] \cdot v}{102 \cdot \eta}, \quad (8)$$

где  $N$  – мощность необходимая для работы фрезы, кВт.;  $\Sigma W$  - сумму сопротивлений действующих на автогрейдер  $N$ ;  $v$  - скорость автогрейдера, км/ч;  $\eta$  - КПД силовой передачи.

Расчет производительности для базовой модели автогрейдера определяется по формуле [1]:

$$П = \frac{1000 \cdot B \cdot v \left( t \cdot k_d - \frac{n_1 t_1}{60} \right)}{t \cdot n}, \quad (9)$$

где  $П$  - производительность,  $м^2/смена$ ;  $B$  - ширина захвата, м;  $v$  - скорость автогрейдера, км/ч;  $d$  - время рабочей смены, ч;  $k_d$  - коэффициент использования;  $n_1$  - число поворотов в конце участка;  $t_1$  - время, приходящееся на один поворот, мин;  $t$  - время рабочей смены, ч;  $n$  - число проходов по следу.

Для того чтобы определить энергоемкость процесса разрушения снежно-ледяных образований необходимо мощность затрачиваемую на этот процесс поделить на производительность машины.

$$E = \frac{N}{П} = \frac{\frac{[\Sigma W + G_a \cdot (f \pm i)] \cdot v}{102 \cdot \eta}}{\frac{1000 \cdot B \cdot v \left( t \cdot k_d - \frac{n_1 t_1}{60} \right)}{t \cdot n}} = \frac{\frac{[(W_{рез} + W_{хол.сп}) \cdot 1,2] \cdot 3 + G_a \cdot (f \pm i)] \cdot v}{102 \cdot \eta}}{\frac{1000 \cdot B \cdot v \left( t \cdot k_d - \frac{n_1 t_1}{60} \right)}{t \cdot n}} =$$

$$= \frac{[(W_{рез} + W_{хол.сп}) \cdot 1,2] \cdot 3 + G_a \cdot (f \pm i)] \cdot v \cdot t \cdot n}{1000 \cdot B \cdot v \left( t \cdot k_d - \frac{n_1 t_1}{60} \right) \cdot 102 \cdot \eta}$$

Полученная математическая модель показывает взаимосвязь всех рабочих параметров автогрейдера с навесным оборудованием.

#### Список использованных источников

1. Зеленин, А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. -М.: Машиностроение, 1975,-422 с.
2. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации: учебник. М.: Высшая школа, 2001. – 576 с.
3. Волков С. А., Евтюков С. А. Строительные машины: учеб. пособие для вузов. С.: изд-во ДНК, 2008.704 с.
4. Шестопапов К. К. Строительные и дорожные машины: учеб. пособие. М.: изд-во Академия, 2008. 384 с.