

### **Взаимодействие базы шагающего отвалообразователя с опорной поверхностью солеотвала**

Басалай Г.А., Казаченко Г.В., Ярмолинская А.А., Неверовская Я.Б.  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Отвалообразователь – полноповоротная горнотранспортная машина на шагающем ходу, предназначенная для перегрузки и складирования в отвал сыпучих материалов. При производстве калийных удобрений они используются чаще всего при складировании отходов обогатительных фабрик. На ОАО «Беларуськалий» применяются два типа отвалообразователей на шагающем ходу: с длиной отвальной консоли 110 м и 75 м.

Машины работают при неблагоприятных горно-геологических условиях. Во-первых, технологические площадки, где работают отвалообразователи, расположены на верхних уровнях солеотвалов, т.е. на значительной высоте по отношению к окружающему рельефу земной поверхности. Это сопровождается существенным воздействием на них ветровых нагрузок, особенно во время дождя или снега, которые могут вызвать потерю устойчивости машины. Во-вторых, отличительной особенностью отвалообразователя является то, что эта машина опирается элементами движителя на насыпной недостаточно уплотненный грунт. В-третьих, исполнительный орган отвалообразователя – ленточный конвейер большой протяженности представляет собой массивную и сложную динамическую систему.

Естественно, что при этих условиях приобретают исключительное значение вопросы долговечности, надежности и устойчивости работы машин. Кроме того, необходимо учитывать, что простои этих машин связаны с большими убытками. Выход из строя одного агрегата вызывает простой всего комплекса машин, занятых на формировании солеотвалов, вплоть до остановки обогатительной фабрики.

При работе отвалообразователя ветровые нагрузки могут существенно изменяться по величине, так и по направлению, что приводит к динамическим колебаниям системы, которые также способствуют потере устойчивости. Анализируя устойчивость отвалообразователя целесообразно рассматривать две ее формы: статическую и динамическую. В настоящей работе рассматривается статическая

устойчивость, под которой понимается устойчивость при действии постоянных нагрузок. Для оценки статической устойчивости, на наш взгляд, рациональнее использовать методику проф. Ф.А. Опейко, основанную на недопустимости работы отвалообразователя с неполным использованием опорной поверхности его базы.

Условие надежной устойчивости будет соблюдаться, когда координаты центра давления машины на опорное основание не выходят за пределы ядра сечения. В противном случае будет использоваться не вся площадь опорной базы, что влечет уменьшение площади опорной поверхности и вызывает существенное перераспределение давления по площади пятна контакта. Следствием этого является увеличение значений давления и прогрессирующий рост деформации опорного основания.

Для шагающих отвалообразователей с опорной базой в виде круглой плиты ядром сечения является круг, радиус ядра сечения которого

$$r_{я} = D/8, \quad (1)$$

где  $D$  - диаметр базы, м.

Расчетный радиус центра давления в наихудшем случае (Рис.1), т.е. при действии ветровой нагрузки перпендикулярно продольной оси машины:

$$r_{\partial} = \frac{m \cdot g \cdot x_c + P_{\partial} \cdot h_{\partial}}{P_z}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса машины, кг;  $x_c$  – координата центра тяжести, м;  $P_{\partial}$  – равнодействующая сил ветрового потока на конструктивные элементы отвалообразователя, Н;  $h_{\partial}$  – вертикальная координата приложения равнодействующей, м;  $P_z$  – реакция со стороны опорного основания, Н.

На основании этих зависимостей, а также определения равнодействующей силы  $P_{\partial}$  от ветровой нагрузки нами построена диаграмма, отражающая характер статической устойчивости отвалообразователя в зависимости от скорости ветра (Рис. 2).

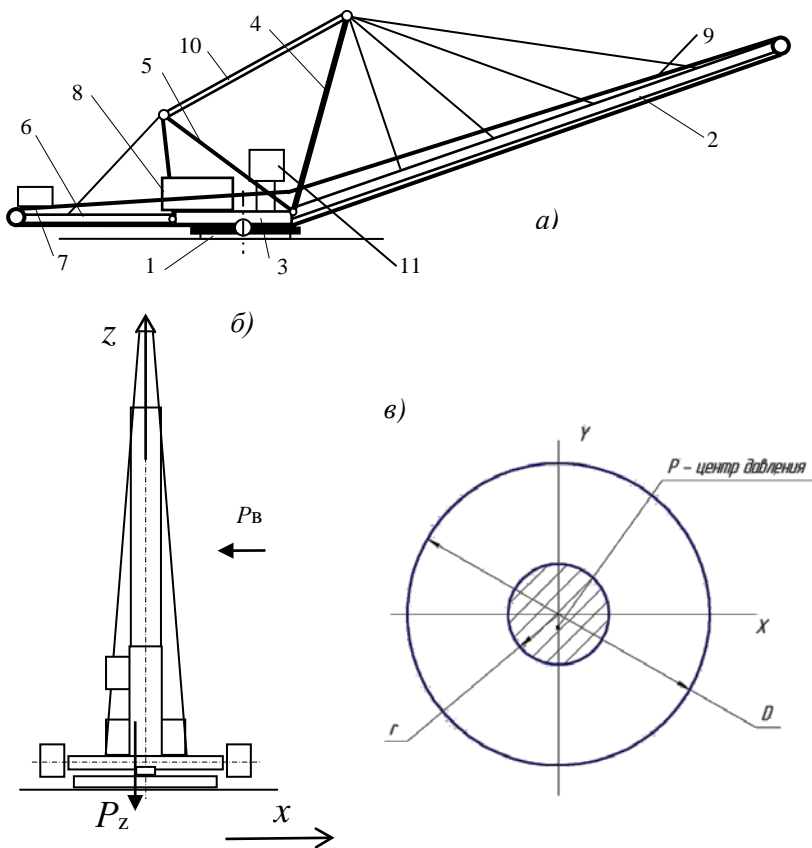


Рис. 1. К анализу статической устойчивости:  
 а) – расчетная схема: 1 – база; 2 – стрела, 3 – платформа поворотная,  
 4 – пилон, 5 – надстройка, 6 – хвостовая консоль, 7 – бункер,  
 8 – привод главный, 9 – конвейер, 11 – кабина;  
 б) – положение центра давления, в) – форма и размеры ядра сечения

Учитывая, что по существующим нормам работа отвалообразователя допустима при скорости ветра не более 20 м/с, то можно установить коэффициент запаса устойчивости, принятый при установлении этой нормы:

$$K_3 = v_y / [v], \quad (3)$$

где  $v_y$  – расчетная скорость ветрового потока, при которой обеспечивается устойчивость по использованию опорной площади базы;  $[v]$  – предельная скорость ветрового потока, при которой допускается работа отвалообразователя по существующим нормативам.

Таким образом  $K_3 = 65/20 = 3,25$ .

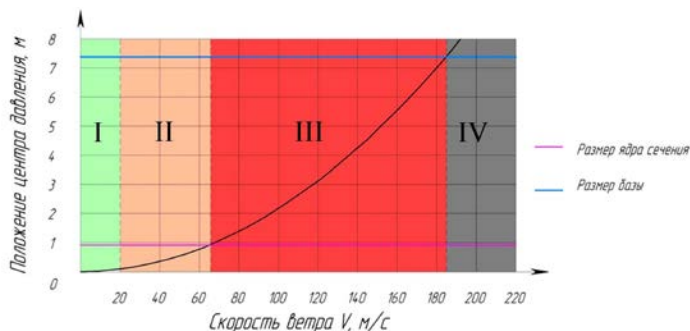


Рис.2. Области статической устойчивости машины в зависимости от скорости ветра:

I – зона устойчивой работы, II – зона допустимой работы,  
III – зона потери устойчивости, IV – опрокидывание машины.

Для повышения статической устойчивости есть возможность модернизировать конструкцию базы, не изменяя значительно ее массу. Это можно выполнить за счет кольцевой формы опорной поверхности базы. Преследуя цель сохранить площадь опорного основания одинаковой с круглой базой и не повлиять при этом на конструкцию механизма шагания, можно подобрать оптимальные параметры кольцевой базы: наружный диаметр базы – 7,6 м, а диаметр отверстия - 1,9 м.

Радиус ядра сечения для базы кольцевого профиля определим из условия равновесия нулю давления на ее границе. Это условие для кольцевой базы дает соотношение

$$\frac{4 \cdot P_z}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{32 \cdot P_z \cdot r_{я} \cdot D}{\pi(D^4 - d^4)}, \quad (4)$$

где  $r_{я}$  – радиус ядра сечения кольцевой базы;

$d$  – внутренний диаметр базы кольцевого сечения, м.

Разрешая это равенство относительно  $r_{я}$  имеем

$$r_{я} = \frac{D^2 + d^2}{8 \cdot D}, \quad (5)$$

Произведя такие же расчеты влияния ветровой нагрузки на положение центра давления, как и в случае обычной базы, построим диаграмму характерных областей устойчивости (Рис.3).

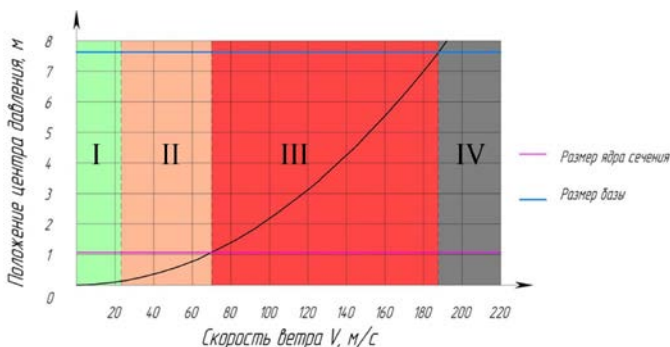


Рис.3. Области условий работы в зависимости от скорости ветра:  
 I – зона устойчивой работы, II – зона допустимой работы,  
 III – зона потери устойчивости, IV – опрокидывание машины.

Приняв такое же значение коэффициента запаса устойчивости, находим предельное значение скорости ветра, при котором еще допустима работа отвалообразователя. Предельное значение скорости ветра для отвалообразователя с кольцевой формой базы составляет 22 м/с.

Таким образом, кольцевая форма базы отвалообразователя повышает его статическую устойчивость на величину порядка 10 % при коэффициенте запаса 3,25. Величина используемого значения коэффициента запаса вряд ли достаточно обоснована и, на наш взгляд, завышена. Обоснование его значения требует дальнейшего исследования с учетом случайного характера ветровой нагрузки и колебаний системы под ее воздействием.

#### Литература

1. Волков Д.П., Черкасов В.А. Динамика и прочность многоковшовых экскаваторов и отвалообразователей – М.: Машиностроение, 1969. – 408 с.
2. Казаченко Г.В., Басалай Г.А. Основные параметры одноковшового экскаватора и его устойчивость. / Н-т. ж. «Горная механика», № 4, 2008, с. 87-93.