Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова,т.LXIX,вып.1,1975 г.

О РОЛИ ПАДАЮЩИХ ГРЕБКОВ В ПОГРУЗОЧНЫХ МАШИНАХ

В.И.МОРОЗОВ

Одной из характерных особенностей предложенной ранее схемы гребково-роторного исполнительного органа погрузочной машины являлась шарнирная заделка гребка и падение его из вертикального положения на штабель под действием силы тяжести гребка [2] . Такая схема предполагала следующие преимущества по сравнению со схемой с закрепленными гребками: 1) увеличение зоны захвата материала из штабеля; 2) более глубокое внедрение гребка под воздействием энергии удара; 3) улучшение условий захвата материала на участке свободного протягивания гребка, когда гребок работает по принципу гребкового скрепера (до подхода упора ротора к тяге гребка, после чего гребок работает как жестко закрепленный на роторе).

Рассмотрим работу падающего гребка с учетом этих предполагаемых преимуществ. Разберем вопрос об увеличении зоны захвата материала или зоны воздействия гребка на штабеле.

На рис. I для упрощения представлен ротор с одним рядом гребков. Ротор с радиусом R установлен на раме $L = OA_0$, закрепленной шарниром O на корпусе машины. Поверхность откоса штабеля с разными углами наклона α показана линиями B_iC , приемная плита – линией CE с углом наклона $\gamma = 30^0$. Ротор, вращаясь вокруг оси A_0 , приводит гребок $B_вD_0$ в вертикальное положение, показанное на рисунке. С этого момента начинается свободное падение гребка под действием силы тяжести. Если считать, что шарнир гребка D_0 неподвижен, то гребок из точки $B_в$ придет в точку B_i' , находящуюся на пересечении линии откоса штабеля $B_i'C$ и окружности, проведенной из точки D_0 радиусом, равным длине гребка $l_г$. Степень внедрения гребка в штабель не рассматривается, так как поверхность штабеля $B_i'C$ принимается за абсолютно жесткое тело.

В этом случае, как видно из рис. 1, зона воздействия гребка на штабель S действительно увеличивается: закрепленный гребок при радиусе ротора R вошел бы в контакт со штабелем в точке B_i (зо-

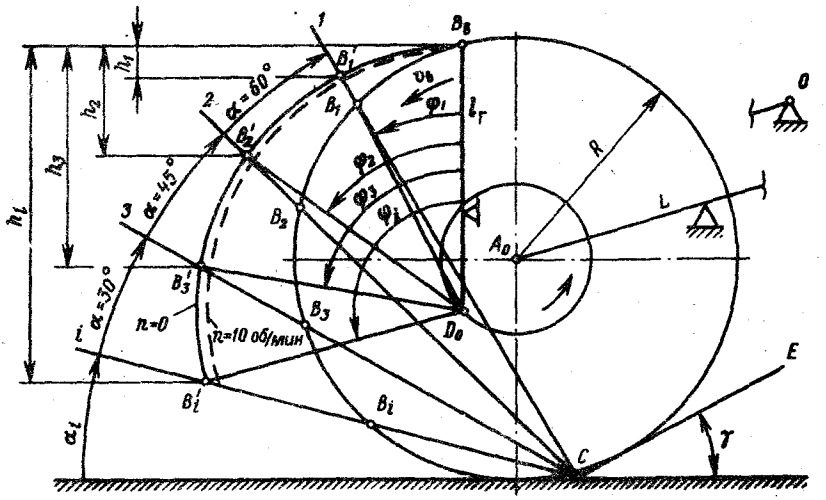


Рис. 1. Зоны воздействия падающих гребков на штабеле

на захвата B_iC), а падающий гребок – в точке B_i' (зона захвата $B_i'C$). Тогда увеличение зоны воздействия гребка на штабель при падающих гребках в процентах

$$\Delta S = \frac{B_i'C - B_iC}{B_iC} \cdot 100 \quad . \qquad (1)$$

С увеличением угла наклона штабеля α высота падения гребка h_i и величина зоны воздействия падающего гребка S снижаются. Процентное увеличение этой зоны по сравнению с зоной воздействия закрепленных гребков в зависимости от угла наклона штабеля из соотношения (1) составляет:

α , град.	15	30	45	60
ΔS , %	80	40	18	7,5

Фактическое увеличение этой зоны, в связи с вращением шарнира заделки гребка D_0 , будет меньше. Так при $\alpha = 45^0$ и частоте вращения ротора $n = 10$ об/мин зона S увеличивается примерно на 14%, вместо указанных выше 18% при $n = 0$.

Таким образом, зона воздействия падающего гребка на штабеле действительно увеличивается. Правда, при типичных условиях работы машины, когда угли наклона штабеля $\alpha > 40^0$, это увеличение зоны захвата не превышает 20%.

Перейдем к ожидаемому лучшему внедрению гребка в штабель при его падении. Определим скорость зуба гребка $v_в$ (точка $B_в$) в положении B_i' , считая шарнир гребка (точка D_0) неподвижным.

Рассматривая гребок в двух положениях (вертикальном $B_в$ и после падения B_i'), применим теорему о кинетической энергии

$$\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_в^2}{2} = A , \qquad (2)$$

где m – приведенная к точке B масса гребка; v_1 и $v_в$ – скорость точки B соответственно в положении B_i' (в момент удара) и в начале падения гребка из положения $B_в$; A – работа силы тяжести,

$$A = mgl_г(1 - \cos\varphi_i) , \qquad (3)$$

g – ускорение силы тяжести; $l_г$ – длина гребка, м; φ_i – угол отклонения гребка от вертикали в момент удара, град.

Из уравнения (2) с учетом уравнения (3)

$$\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_в^2}{2} = mgl_г(1 - \cos\varphi_i) ,$$

откуда скорость точки B в момент удара

$$v_1 = \sqrt{v_в^2 + 2gl_г(1 - \cos\varphi_i)} . \qquad (4)$$

В качестве примера рассмотрим работу падающего гребка машины ВМТР-I в типичных условиях погрузки, т.е. при $\alpha = 45^0$. Для этих условий по рис. 1 $\varphi_2 = 55^0$, тогда скорость зуба гребка в момент удара в точке B_2' по формуле (4)

$$v_1 = \sqrt{0{,}63^2 + 2 \cdot 9{,}81(1 - \cos 55^0)} = 2{,}82 \text{ м/с}, \qquad (5)$$

где $l_г = 0{,}9$ м – длина гребка у машины ВМТР-I; $v_в = 0{,}63$ м/с – линейная скорость гребка машины ВМТР-I.

Считаем, что вся кинетическая энергия падающего гребка идет на работу внедрения его в штабель

$$A_{вн} = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} , \qquad (6)$$

где v_2 – скорость точки B – после удара, $v_2 = 0$.

У машины ВМТР-I приведенная к зубу сила тяжести гребка составляла примерно 200 Н, тогда из уравнения (6) с учетом расчета (5) работа внедрения

$$A_{вн} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v_1^2}{2} = \frac{200 \cdot 2{,}82^2}{9{,}81 \cdot 2} = 81 \text{ Дж}. \qquad (7)$$

При наличии трех зубьев на гребке со средним поперечным сечением каждого $\sim 2{,}5$ см^2 работа удара составляла около 11 Дж/см^2. При длине зубьев около 20 см этой работы хватило бы лишь для внедрения зубьев на половину их длины в мелкий просеянный песок. Об этом свидетельствуют опыты А.Н.Зеленина с ударником ДорНИИ [4]. Что же касается тяжелых горных пород, то такого удара недостаточно для сколько-нибудь заметного внедрения гребка в штабель даже при мелком кусковом материале.

Относительно преимущества, связанного со свободным, избирательным внедрением и захватом кусков при свободном протягивании гребка от точки B_i' до дочки B_i, где действует на гребок только сила его собственной тяжести, а гребок в это время работает как гребковый скрепер, достаточно сослаться на исследования М.Т.Бакаева [1] и Н.П.Грачева [3]. Ими доказано теоретически и проверено экспериментально, что при угле наклона поверхности скреперования, равном 45° (а это, как уже отмечалось, обычный средний наклон поверхности штабеля при работе падающего гребка), производительность скрепера равна нулю независимо от веса скрепера. При таких углах скреперования материал скрепером не захватывается.

Однако в процессе проведения опытов на экспериментальном стенде при погрузке дробленого гранита с максимальной крупностью кусков до 75 мм при падающих гребках было получено увеличение удельной производительности (захваченной массы материала за одно нагребание) на 6–8%, а для более мелкого материала даже до 11%.

Для выяснения степени внедрения зубьев гребков при ударе и характера захвата материала при свободном протягивании гребка была проведена запись траектории гребка в штабеле через стеклянную боковую стенку методом светового луча [5]. На рис. 2 показана траектория падающего гребка в штабеле за один оборот ротора. Сплошная кривая – записанная световым лучом траектория лампочки $Л$, встроенной в гребок; пунктирная – траектория точки B, полученная построением.

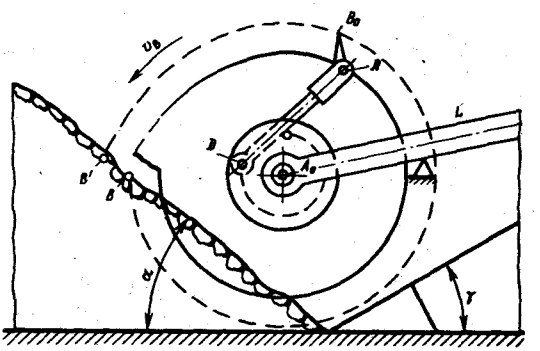


Рис. 2. Пример записи траектории падающего гребка

Из вертикального положения гребок с увеличивающейся скоростью (о чем свидетельствует уменьшение ширины следа луча) падает на штабель. Никакого заглубления зубьев гребка в штабель не произошло. Далее

зубья гребка скользят по откосу штабеля от точки B' до точки B (перемещение источника света параллельно поверхности штабеля), т.е. до момента, когда упор ротора подойдет к лежащему одним концом на штабеле гребку. Тогда гребок начинает работать как жестко закрепленный на роторе. На зуб гребка теперь действует сила тяжести всей роторной группы. И только с этого момента, который наступает, как видно из рис. 2, в точке перехода гребка с параллельной откосу штабеля траектории на круговую траекторию, начинается действительное внедрение гребков в штабель. Из записанной траектории гребка видно, что ни заметного внедрения гребка в штабель, ни захвата материала из штабеля в зоне свободного протягивания гребка после его падения не наблюдается.

Аналогичные опыты были проведены при разных углах наклона зубьев относительно тяги гребка – от 70 до 200°. Характер взаимодействия шарнирного гребка со штабелем на начальном участке до выхода гребка на круговую траекторию в штабеле при всех углах наклона зубьев гребка оказался аналогичным показанному на рис. 2.

Проведенная параллельно с записью траектории киносъемка процесса нагребания позволила выяснить причину некоторого увеличения удельной производительности при падающих гребках. Оказалось, что удар гребка при падении способствует более интенсивному обрушению штабеля за гребком и лучшему заполнению гребков последующего ряда в случае достаточно подвижного, не связного и сравнительно не крупного материала штабеля. Это подтверждается также и тем, что результаты опытов из одиночных нагребаний с падающим и закрепленным гребком не дали заметных расхождений. С увеличением крупности кусков материала штабеля разница в удельной производительности шарнирно закрепленных и жестко закрепленных гребков снижалась или исчезала полностью.

Итак, рабочая зона воздействия падающего гребка на штабеле действительно увеличивается, но в условиях реального штабеля это преимущество практически не может быть реализовано из-за недостаточной силы удара падающего гребка и из-за больших углов поверхности скреперования на последующем за ударом участке свободного протягивания гребка.

Существенное ухудшение маневренности машины из-за падающих гребков и сцепление гребков соседних рядов друг с другом осложняют эксплуатацию машины с падающими гребками. По этой причине, например, от шарнирного крепления гребков при промышленных испытаниях погрузочной машины ПМГР-I пришлось сразу же отказаться и все дальнейшие испытания ее проводились с жестким креплением гребков на роторе.

Таким образом, схему гребково-роторного исполнительного органа с падающими, шарнирно- закрепленными гребками следует считать нерациональной. Гребки должны быть жестко закреплены на роторе.

Литература

1. Бакаев М.Т. Теоретические исследования основных параметров рудных скреперов. Алма-Ата, изд. АН КазССР, 1948.

2. Берсенев В.С. Погрузочные машины с исполнительным органом верхнего действия. – В сб. Горные машины. М., Углетехиздат, 1958, № 3.

3. Грачев Н.П. Определение основных технических параметров канатных скреперов. – Зап. ЛГИ, 1956, т.33, вып.1.

4. Зеленин А.Н. Резание грунтов. М., изд.ИГД АН СССР, 1959.

5. Морозов В.И. Оценка эффективности работы гребково-роторных погрузочных машин. – Зап. ЛГИ, 1970, т.60, вып. 1.