

О РАЦИОНАЛЬНОМ УГЛЕ РЕЗАНИЯ ЗУБКОВ ЗЕМЛЕРЕЗНЫХ МАШИН

И. Г. БАСОВ, Ю. Н. ЛУЗГИН

(Представлена кафедрой горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

В качестве основных факторов, определяющих величину рационального угла резания зубков землерезных машин, могут быть: а) усилие резания; б) средняя величина объема основного элемента отделяемой стружки; в) площадь соприкосновения передней грани зубка, находящаяся в контакте с абразивной средой (мерзлым грунтом); г) прочность зубка.

Экспериментально установлено, что элементарные объемы отделяемой резцом стружки периодически изменяются в определенных пределах, вызывая при этом скачкообразное изменение усилия P_p резания. Максимум усилия резания приходится на скол основного наибольшего элемента стружки. Величина его зависит от угла α резания (рис. 1). Отсюда и вытекает необходимость рассмотрения вопроса об отделении зубком от массива мерзлого грунта максимально возможного элемента стружки при минимально возможном усилии P_p и о зависимости этих величин от α . Элемент скола стружки в плоскости резания ограничивается, с одной стороны, передней гранью зубка, с другой — линией скола (рис. 1). Как показали эксперименты, линия скола при $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ проходит примерно перпендикулярно к рецу, а при $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ линия скола в плоскости резания проходит под углом к горизонту, примерно равным углу внутреннего трения мерзлого грунта (около 30°).

При постоянных ширине b зубка и глубине h резания объемы отделяемых элементов стружки будут пропорциональны площади F (рис. 1), ограниченной передней гранью реца и линией скола. Указанная площадь при постоянной h и изменении угла резания в пределах $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ может быть найдена из выражения

$$F = \frac{h^2}{2} \int_{\alpha}^{\alpha+90^\circ} \frac{d\alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{h^2}{2} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha). \quad (1)$$

При изменении угла резания в пределах $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ площадь F (рис. 1) с увеличением α уменьшается. Следовательно, максимально возможная площадь F будет соответствовать углам резания, изменяющимся в пределах $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$. Для отыскания экстремального значения искомой площади приравняем первую производную уравнения (1) нулю

$$\frac{dF}{d\alpha} = \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{1}{\sin^2 \alpha} \right) = 0.$$

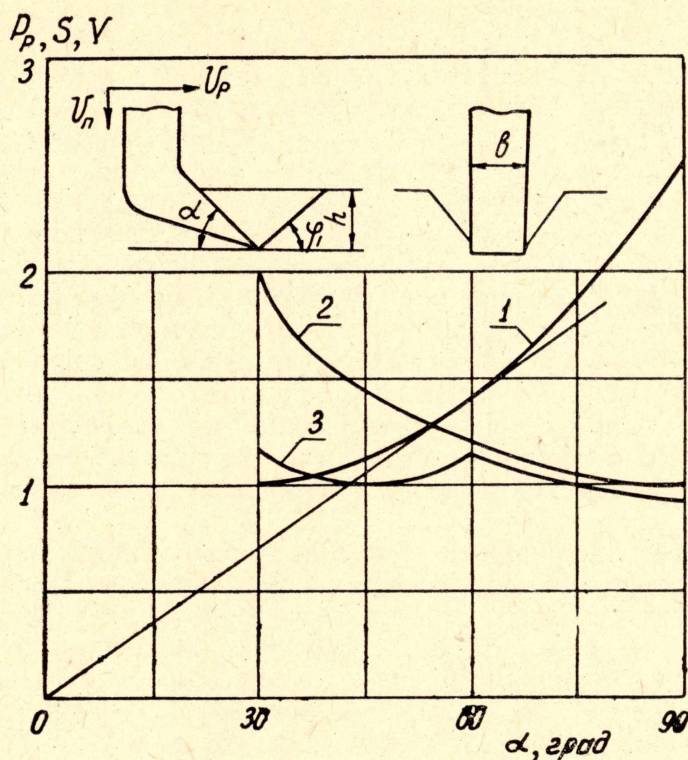


Рис. 1. Изменение усилия резания P_p — (1), площади S — (2) контакта передней грани резца с грунтом, объема V — (3) основного элемента стружки, выраженных в относительных единицах, в зависимости от угла резания α

Это условие выполняется только при $\alpha = 45^\circ$.

Вторая производная рассматриваемого уравнения (1)

$$\frac{d^2 F}{d\alpha^2} = 8h^2 \frac{\sin^4 \alpha + \cos^4 \alpha}{\cos^3 2\alpha} > 0,$$

а это означает, что при угле $\alpha = 45^\circ$ получается минимальная площадь F .

Для определения максимальной площади F подставим в уравнение (1) минимальное и максимальное значения угла α и найдем, что

$$F_{30^\circ} = F_{60^\circ} = 1,155h^2.$$

Таким образом, максимальный объем отделяемого элемента стружки будет соответствовать площади $F = 1,55h^2$ и определяется углами резания, равными 30° и 60° . С изменением угла α от 30° до 90° усилие P_p резания, выраженное в относительных единицах, увеличивается (рис. 1). Минимум функции $P_p = f(\alpha)$, определяемый точкой касания кривой с линией, проведенной из начала координат, соответствует углу $\alpha = 60^\circ$.

Следующим фактором, влияющим на выбор угла резания, является площадь S соприкосновения зубка с разрушаемой средой. Эта площадь может быть представлена как функция угла резания

$$S = \frac{b \cdot h}{\sin \alpha}. \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует: чем меньше угол резания, тем больше будет значение S . С уменьшением угла α от 30° до 60° площадь S уменьшается примерно на 70% (рис. 1). Дальнейшее увеличение угла α до 90° незначительно уменьшает площадь S .

Мерзлый грунт является весьма абразивной средой [1], и это необходимо учитывать при выборе угла резания зубка. От величины α будут зависеть площадь контакта грунта с передней гранью зубка и угол встречи абразивных частиц с металлом резца. Следовательно, от угла зависят сила трения на передней грани зубка и интенсивность износа. Установлено [2], что при изнашивании в струе абразивных частиц характер износа зависит от угла встречи частиц с поверхностью металла. При нормальном ударе частиц (угол атаки 90°) поверхностный слой металла изнашивается в результате повторного деформирования. При угле встречи менее 90° изнашивание происходит вследствие царапающего действия частиц и значительно интенсивнее, чем при нормальном ударе частиц. В. Д. Кузнецов [3] показал, что износ фиксированными частицами принципиально не отличается от износа свободными частицами. Отсюда следует, что с целью уменьшения интенсивности износа режущих зубков угол α необходимо принимать как можно большим, поскольку при этом уменьшаются как площадь, так и интенсивность истирания зубка.

Кроме того, необходимо учитывать: чем меньше первоначальный угол α , тем скорее он увеличивается в результате интенсивного износа зубка. При этом резко возрастают силы сопротивления резанию. Зубки с большим углом α не приводят к резкому изменению нагрузки землерезной машины при прочих равных условиях. Следует также отметить: чем меньше угол резания, тем менее прочной будет конструкция зубка, которая дополнительно ослабляется необходимостью наличия заднего угла γ резания в пределах 8° — 10° .

Таким образом, с увеличением α более 60° значительно увеличивается усилие P_p резания и несущественно уменьшается площадь S . При $\alpha < 60^\circ$ усилие снижается незначительно, но быстро возрастает площадь контакта с мерзлым грунтом, уменьшается угол встречи передней грани резца с абразивными частицами и, следовательно, будет расти интенсивность износа.

В связи с этим рациональным углом резания зубков землерезных машин следует считать угол, близкий к 60° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Горюшкин. Исследование износа сталей применительно к работе движущихся деталей землерезных машин на мерзлых грунтах. Кандидатская диссертация. Библиотека ТПИ, Томск, 1965.
2. В. Н. Кашеев, В. М. Глазков. Изнашивание в потоке движущихся абразивных частиц. Тр. совещания «Методы испытания на изнашивание». Изд. АН СССР, 1962.
3. В. Д. Кузнецов. Физика твердого тела, т. IV. Изд. ТГУ, Томск, 1947.