4. Transit Capacity and Quality of Service Manual [Электронныйресурс]. Part 7 of the Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM) stop, station, and terminal capacity, Washington, D.C., 1999. Режим доступа:
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp100/part%207.pdf.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зедгенизов Антон Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Менеджмент на автомобильном транспорте», Иркутский государственный технический университет, тел.: (3952) 40-53-53, e-mail: azedgen@mail.ru

Лагерев Роман Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Менеджмент на автомобильном транспорте», Иркутский государственный технический университет, тел.: (3952) 40-56-94, e-mail: lagerev.roman@gmail.com

Zedgenizov A.V., Candidate of Technical Sciences, associate professor, Irkutsk State Technical University, tel.: (3952) 40-53-53, e-mail: azedgen@mail.ru

Lagerev R.Yu., Candidate of Technical Sciences, associate professor, alternate head of Automobile Transportation Management Department, Irkutsk State Technical University, tel.: (3952) 40-56-94, e-mail:lagerev@gmail.com

УДК 622.5.539

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КЛИНОВИДНОГО ИНСТРУМЕНТА С МАССИВОМ ХРУПКОГО МАТЕРИАЛА

В.Г. Зедгенизов, Аль-саккаф Халед Саед Таха

Рассмотрен механизм взаимодействия инструмента с массивом хрупкого материала. Установлено, что под инструментом образуются две плоскости, выходящие на дневную и боковую поверхности уступа, в которых касательные напряжения максимальны, и, соответственно, возможны два вида разрушения: выкол и скол.

Ключевые слова: клиновидный инструмент, массив хрупкого материала, механизм разрушения.

ON INTERACTION OF A WEDGE SHAPED TOOL AND A BODY OF FRAGILE MATERIAL

V.G.Zedgenizov, Al-sakkaf Khaled Sayed Takha

The mechanism of interaction between a tool and a body of fragile material was investigated. It was found experimentally that two planes form under the instrument and face day and lateral surfices of the shoulder. Their tangential stresses are maximum, so, correspondingly, two types of destruction are possible – prick out and shear.

Key words: wedge shaped instrument, a body of fragile material, the mechanism of destruction.

Процессы взаимодействия инструмента с массивом хрупкого материала с целью разрушения последнего можно наблюдать во многих областях: горнодобывающей промышленности, металлургии, строительстве, коммунальном хозяйстве и других отраслях [1].

Хрупкие свойства материала независимо от его прочности и способа приложения нагрузки определяют механизм взаимодействия с рабочим инструментом. На рис. 1 представлена расчетная схема взаимодействия клиновидного инструмента с массивом хрупкого материала.

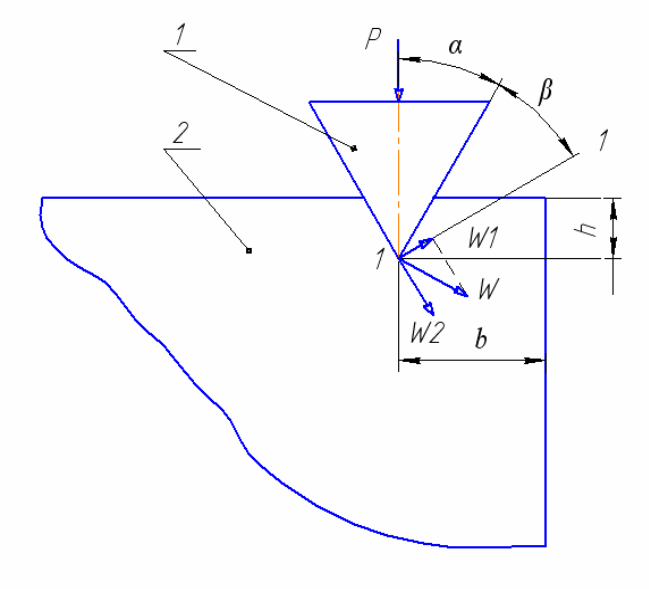


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия клиновидного инструмента с массивом хрупкого материала

Инструмент 1 установлен на уступ массива 2 на расстоянии b от края уступа. К инструменту приложена вертикальная сила P, под действием которой, преодолевая сопротивление внедрению, инструмент погружается в массив.

Примем предположение о том, что ширина лезвия инструмента и ширина уступа равны

$$c = d,$$

где d – ширина лезвия инструмента, м;

c – ширина уступа материала, м,

а материал обладает изотропными свойствами.

На первом этапе происходит линейный контакт рабочего инструмента с уступом, в материале возникают напряжения, превосходящие его контактную прочность, наблюдается локальное разрушение материала и продвижение инструмента вглубь массива. Процесс является симметричным, поэтому рассматривается одна его половина.

По мере продвижения инструмента появляется площадь контакта его боковой поверхности с материалом, на которой возникает нормальное усилие:

$$W = \frac{P}{2\sin\alpha}, \qquad (1)$$

где α – половина угла заострения инструмента, рад.

Одновременно со стороны массива материала действует реакция:

$$W = \sigma_{сж} \cdot S, \qquad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности материала на сжатие, Па;
S – площадь контакта боковой поверхности инструмента с материалом, м^2:

$$S = \frac{dh}{\cos(\alpha)}, \qquad (3)$$

где h – глубина погружения инструмента, м.

Решая совместно уравнения (1) – (3), находим глубину погружения инструмента:

$$h = \frac{P\cos\alpha}{2\sin\alpha\sigma d}. \qquad (4)$$

Нормальное усилие W можно разложить на две составляющие W1 и W2 , которые направлены в сторону открытой поверхности и вглубь массива соответственно. Интерес представляет W1, под действием которой появляются касательные напряжения в плоскости 1–1, выходящей на дневную поверхность:

$$\tau_{1-1} = \frac{W_1}{S_{1-1}}, \qquad (5)$$

где S_{1-1} – площадь сечения материала в плоскости 1–1, м^2.
Составляющая W_1:

$$W_1 = W\sin\beta, \qquad (6)$$

где β – угол между боковой поверхностью инструмента и плоскостью 1–1, рад.

Площадь сечения материала в плоскости 1–1:

$$S_{1-1} = \frac{dh}{\cos(\alpha+\beta)}. \qquad (7)$$

Указанные зависимости реализованы в среде «MathCAD» и представлены на рис. 2.

Анализ полученных зависимостей показывает, что для любого угла заострения клиновидного инструмента существует плоскость 1–1, выходящая на дневную поверхность, в которой касательные напряжения будут максимальны. Указанная плоскость проходит под углом β к боковой поверхности инструмента. В исследованном диапазоне изменения угла заострения угол β:

$$\beta = -0{,}5\alpha + 0{,}785.$$

При соблюдении условия:

$$\tau_{1-1} = \frac{W_1}{S_{1-1}} \geq [\tau],$$

где [τ] – допускаемые касательные напряжения для материала, МПа;
в плоскости 1–1 произойдет выкол материала.

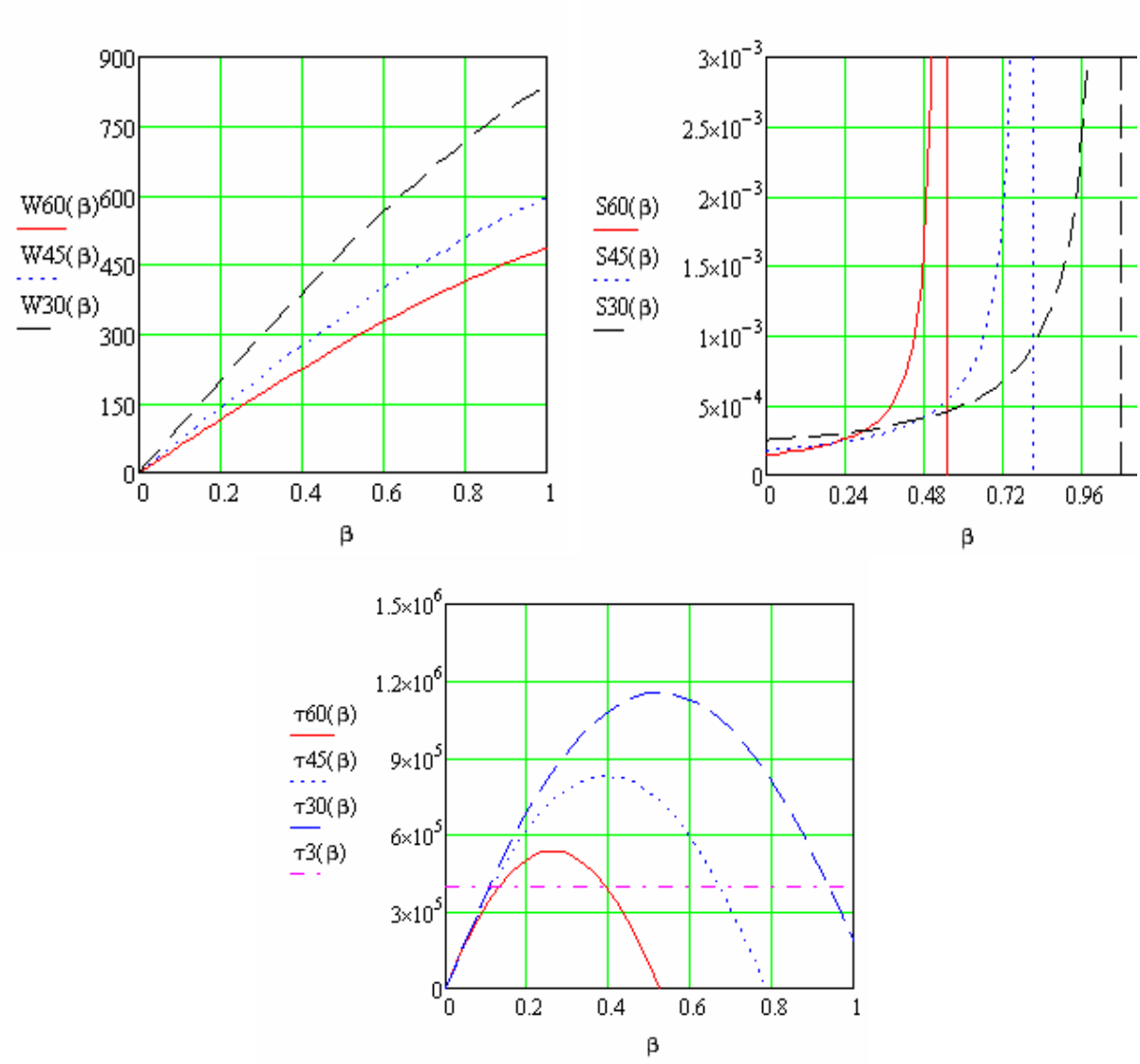


Рис. 2. Зависимость нормального усилия (W), площади сечения материала (S) и касательных напряжений (τ) в плоскости 1–1 от угла β для различных углов заострения инструмента (α): P = 1000Н; d = 0,04 м; σ = 4 МПа; b = 0,04 м

Нормальное усилие W также можно разложить на составляющие W_3 и W_4, как показано на рис. 3. Составляющая W_4 действует под углом δ и создает касательные напряжения в плоскости 1–2, выходящей на боковую поверхность уступа. Используя предыдущие рассуждения, зависимости, описывающие процесс скола массива материала, можно представить следующим образом:

$$\tau_{1-2} = \frac{W_4}{S_{1-2}}; \qquad W_4 = W\cos(\alpha - \delta); \qquad S_{1-2} = \frac{db}{\cos\delta}.$$

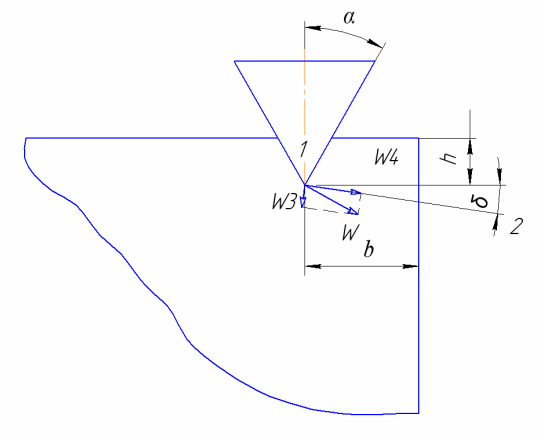


Рис. 3. Расчетная схема взаимодействия клиновидного инструмента с массивом хрупкого материала

На рис. 4 представлены указанные зависимости в функции угла δ.

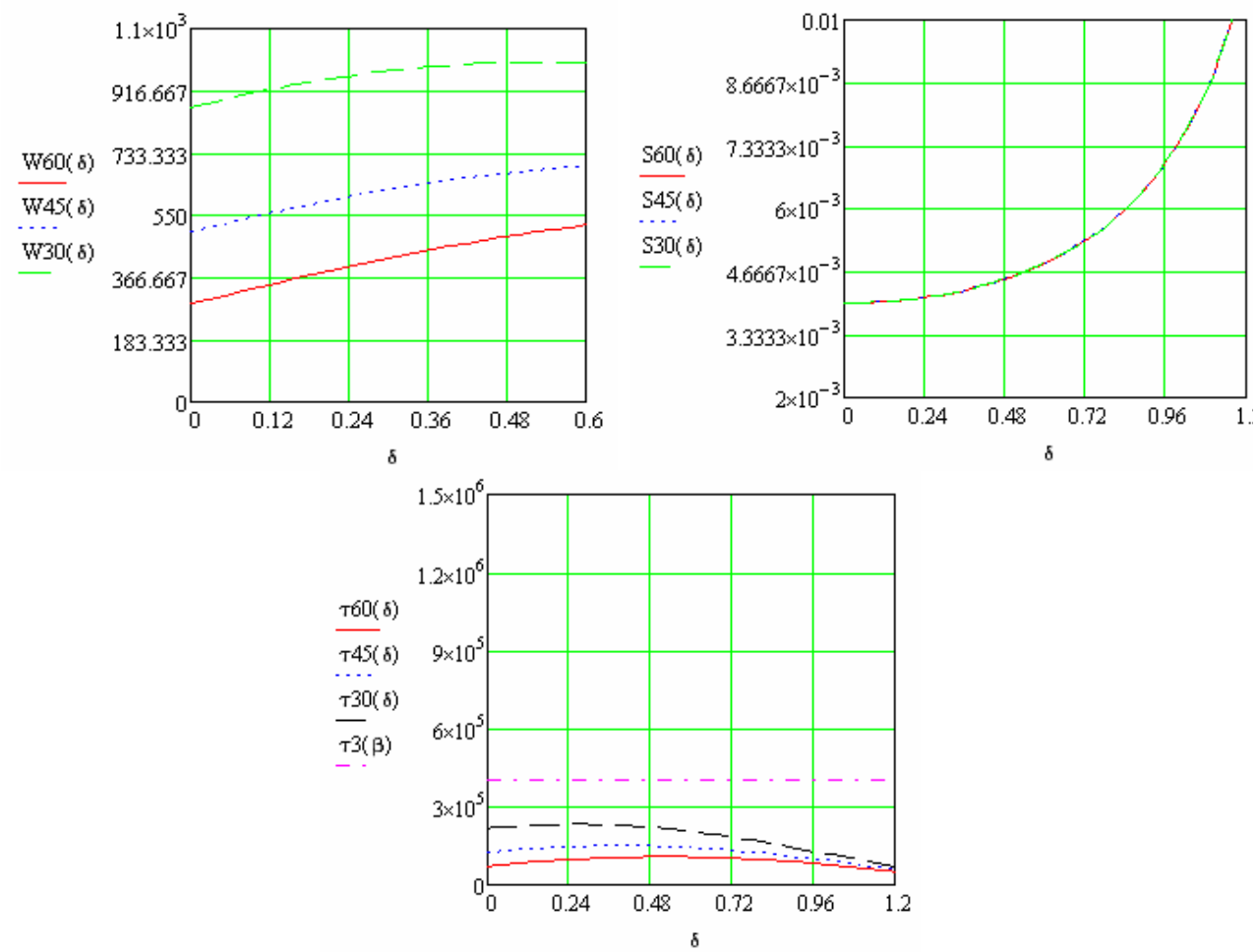


Рис. 4. Зависимость нормального усилия (W), площади сечения материала (S) и касательных напряжений (τ) в плоскости 1–2 от угла δ для различных углов заострения инструмента (α): P = 1000Н; d = 0,04 м; σ = 4 МПа; b = 0,04 м

Анализ полученных зависимостей показывает, что для любого угла заострения клиновидного инструмента также существует плоскость, выходящая на боковую поверхность, в которой касательные напряжения максимальны. Указанная плоскость проходит под углом δ к горизонту. В исследованном диапазоне изменения угла заострения угол δ определяется:

$$\delta = 0{,}5\alpha.$$

При соблюдении условия:

$$\tau_{1-2} = \frac{W_4}{S_{1-2}} \geq [\tau],$$

в плоскости 1–2 произойдет скол материала.

Выводы. При взаимодействии клиновидного инструмента с уступом хрупкого материала под действием касательных напряжений могут возникать два вида разрушения: выкол и скол.

Выкол материала происходит в плоскости максимальных касательных напряжений, выходящей на дневную поверхность под углом β к боковой грани инструмента. При увеличении угла заострения от π/3 до 2π/3 рад угол β уменьшается от π/6 до π/12 рад.

Скол материала происходит в плоскости максимальных касательных напряжений, выходящей на боковую поверхность под углом δ к горизонту. В зависимости от угла заострения инструмента диапазон его изменений находится в пределах π/12… π/6 рад.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Набиуллин Р. Ш. Обзор способов дробления негабаритов / Р. Ш. Набиуллин // Нетрадиционные технологии и оборудование для разработки сложно-структурных месторождений полезных ископаемых : сб. докладов II международной научно-технической конференции. Чтения памяти В. Р. Кубачека. Екатеринбург : УГГУ, 2005. С. 29–38.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зедгенизов Виктор Георгиевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», Иркутский государственный технический университет, тел.: (3952) 40-51-34, e-mail: vigez@istu.edu

Аль-саккаф Халед Саед Таха, аспирант кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», Иркутский государственный технический университет, тел.: (3952) 40-51-34

Zedgenizov V.G., Doctor of Technical Sciences, Head of Building and Road – Making Machines and Hydraulic Systems Department, Irkutsk State Technical University, tel.: (3952) 40-51-34, e-mail: vigez@istu.edu

Al-sakkaf Khaled Sayed Takha, post-graduate, Building and Road – Making Machines and Hydraulic Systems Department, Irkutsk State Technical University, tel.: (3952) 40-51-34