

УДК 622.23.05

ГИДРАВЛИКАЛЫК ШЫНААЛУУ ТҮЗМӨКТҮН КЕРИЛМЕ ЖААКТАРЫНДАГЫ КҮЧТӨР

УСИЛИЯ НА РАЗДВИЖНЫХ ЩЕКАХ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛИНОВОГО УСТРОЙСТВА

FORCES ON THE SLIDING CHEEKS OF THE HYDRAULIC WEDGE DEVICE

Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев

J. Usubaliev, K. T. Elikbaev, T. O. Raiymbambaev

Бул макалада катуу материалды жакшыртылган конструкциядагы гидравликалык шынаа менен жарууда келип чыккан күчтөр каралат, атап айтканда, салттуу түзүлүштөрдөн негизги керилүүчү жаактарга карата тик түрүндө жайгашкан эки кошумча керилме жаактардын болушу менен айырмаланат. Ал кошумча керилме жаактар бөлүнүүчү тегиздикте чыңалуунун уюлун түзүү үчүн иштелип чыккан. Иште жаруучу баштын жаңы конструкциясы бар гидравликалык бургу-шынаалуу жаргычтардын жардамы менен табигый таштын блогун массивден бөлүп ажыратып алуучу ыкманын технологиясы кыскача каралат. Бул жерде табигый ташты жаруу процессинде таасир этүүчү күчтөрдү аныктоо үчүн күч-аракеттерди эсептөө сөлөкөттөрү жана математикалык көз карандылыктарын эсептөө ыкмасы келтирилген. Негизги жаактарга тик жайгашкан кошумча керилме жаактары бар жаруучу башты колдонуунун өзгөчөлүгү - жаруу тегиздигинде чоюучу жана кысуучу күчтөр бирге иштей баштайт.

В этой статье рассматриваются усилия, возникающие при расколе твердого материала, в частности, гидравлическим клином усовершенствованной конструкции, отличающейся от существующих традиционных устройств наличием двух дополнительных раздвижных щек, расположенных в закладной части перпендикулярно к основным раздвижным щекам, которые предназначены для создания концентраторов напряжений в плоскости раскола. В работе вкратце рассмотрена технология буроклинового способа отделения блока природного камня от массива с применением гидравлических клиновых раскалывателей с новой конструкцией раскалывающей головки. Здесь приводятся расчетные схемы усилий и методика математического расчета зависимостей по определению сил, действующих в процессе раскола природного камня. Особенностью применения раскалывающей головки с дополнительными раздвижными щеками, расположенными перпендикулярно к основным щекам, является то, что в плоскости

раскола начинают работать одновременно усилия растяжения и сжатия.

This article discusses the forces arising from the splitting of a solid material, in particular, by a hydraulic wedge of an improved design, which differs from the existing traditional devices by the presence of two additional sliding jaws located in the embedded part perpendicular to the main sliding jaws, which are designed to create stress concentrators in the split plane. The paper briefly considers the technology of the bore-wedge method for separating a block of natural stone from an array using hydraulic wedge splitters with a new design of the splitting head. Here are the design schemes of efforts and the method of mathematical calculation of dependencies to determine the forces acting in the process of splitting natural stone. A feature of the use of a splitting head with additional sliding cheeks located perpendicular to the main cheeks is that in the split plane, tension and compression forces begin to work simultaneously.

Түйүн сөздөр: жарып бөлүүчү түзмөк, шынаа, киргизме бөлүк, керүүчү жаак, гидроцилиндр, бургу көзөнөк, элемент, жумушчу суюктук, кысуу чыңалуусу, тартылуу (жаруу) чыңалуусу, бөлүүчү күч, жылычк.

Ключевые слова: раскалывающее устройство, клин, закладная часть, раздвижная щека, гидроцилиндр, штур, элемент, рабочая жидкость, напряжение сжатия, напряжение растяжения (раскола), усилие раскола, зазор.

Keywords: hydraulic wedge device, wedge, embedded part, sliding jaw, hydraulic cylinder, borehole, element, working fluid, compressionstress, tensile (split) stress, split force, gap.

Целью данной работы является определение возникающих усилий в плоскости раскола при направленном расколе твердого материала (в частности – природного камня) при применении гидравлического клина усовершенствованной конструкции.

Из обзора и анализа различных способов раскалывания природного камня [1, 2, 3] установлено, что одним из эффективных способов является буроклиновый, с использованием гидроклиновых устройств. Буроклиновая технология отделения блока камня от массива предусматривает использование только бурового оборудования (станки строчечного бурения) и гидроклиновых установок. Для отделения блока камня от массива необходимо с помощью бурильного оборудования предварительно пробурить шпуры по намеченной линии раскола (рис. 1). Затем в подготовленные шпуры вставляются закладные части

гидравлических клиньев в количестве, достаточном для получения блока требуемого объема согласно ГОСТу 9479-84 «Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий» [4].

В связи с тем, что тело камня, как правило, не имеет монолитную структуру из-за наличия неоднородности, микротрещин, слоистости и т.д., в процессе раскола возможно отклонение линии раскола от намеченной линии, что приводит к снижению качества отделяемых блоков и получению изделий неправильной формы или негабаритов.

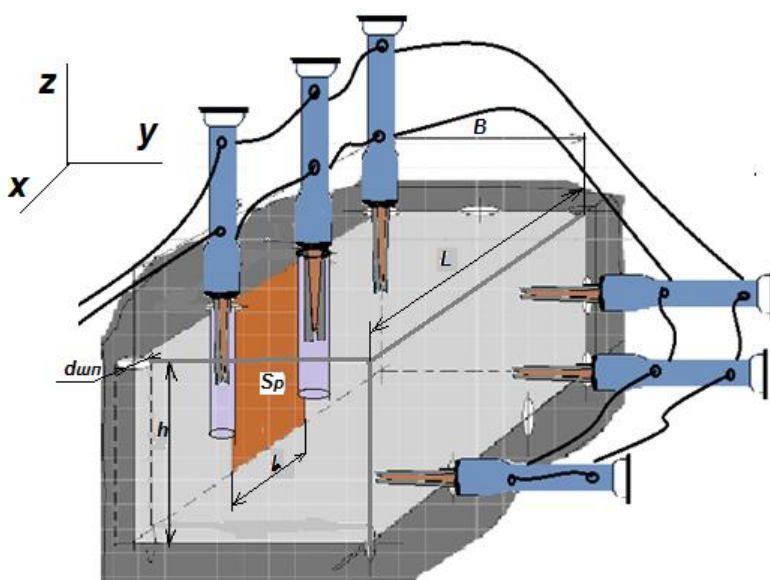


Рисунок – 1 Схема отделения блока природного камня от массива гидроклиновым способом

Для получения направленного раскола в работах [3, 5, 6, 7, 8] предлагаются различные оригинальные конструктивные решения закладной части гидроклиновых устройств с применением дополнительных раздвижных щек различной конструкции, в которых в процессе раскола предварительно или одновременно с действием основных раздвижных щек создаются концентраторы напряжений на линии раскола в виде борозд, канавок и т.д.

Авторами предлагается конструкция раскалывающего

устройства, представленная на рисунке 2, отличающаяся от существующих конструкций тем, что оно снабжено двумя основными и двумя дополнительными раздвижными щеками (рис. 2), расположенными взаимно перпендикулярно. Дополнительные же щеки имеют заостренное ребро на рабочей поверхности.

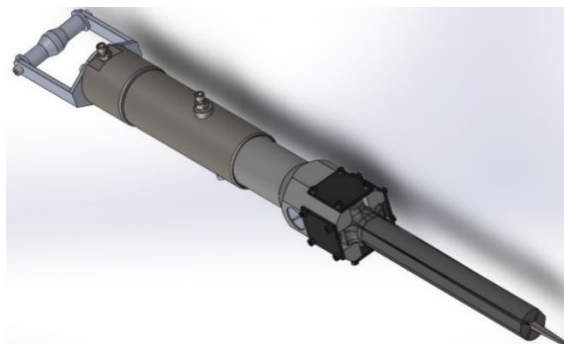
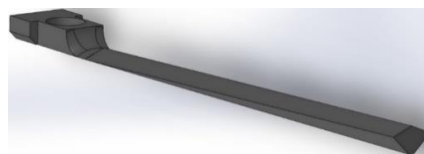


Рисунок 2 – Гидроклиновое устройство усовершенствованной конструкции

Наглядное изображение основных и дополнительных раздвижных щек представлено на рисунке 3.



а



б

Рисунок 3 – Раздвижные щеки: основная щека (а), дополнительная щека (б)

В работе рассматриваются усилия в плоскости раскола камня между двумя смежными шпурами. Принцип работы гидроклинового устройства не отличается от существующих прототипов. В предварительно пробуренный шпур соответствующего диаметра вставляется закладная часть гидроклина, в которой при движении клина действующая осевая сила F_o , из-за наличия заострения клина с углом α на раздвижных щеках возникают нормальные силы F_N , а из-за наличия трения между клином и щеками возникают силы

трения F_{mp} (рис.4).

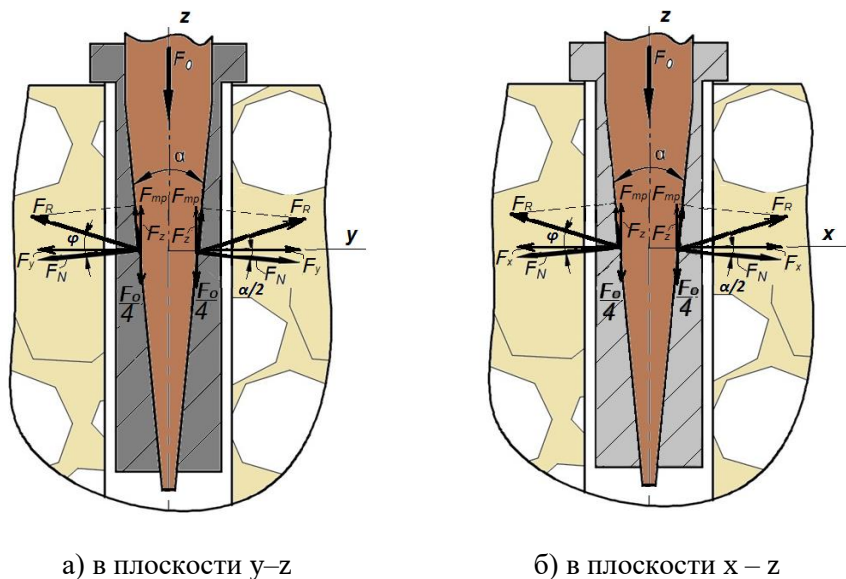


Рисунок 4 – Разложение осевой силы по плоскостям

Из рисунка 4 видно, что нормальные силы F_N определяются зависимостью:

$$F_N = \frac{F_o}{4 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (1)$$

Реактивная сила F_z препятствует действию осевой силы F_o и является проекцией силы трения F_{mp} на ось z .

$$F_z = F_{mp} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

здесь сила трения F_{mp} между клином и щеками равна $F_{mp} = f \cdot F_N$, где f – коэффициент трения граней клина о поверхность щек, зависящий от материалов и наличия смазки, определяемый по известной

формуле:
$$f = \frac{F_{mp}}{F_N} = \frac{f \cdot F_N}{F_N} = \operatorname{tg} \varphi_{\max},$$

где φ – угол трения между нормальной силой F_N и равнодействующей силой F_R : $\varphi = \arctg f$.

Численно реактивную силу F_z можно определить ниже следующим образом. При подстановке значений F_{mp} в формулу (2) и, совместно решая с (1), получим:

$$F_z = f \cdot F_N \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{(F_0 - F_z) \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{(F_0 - F_z) \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}} - \frac{F_z \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}},$$

вынесем величину F_z в левую часть:

$$F_z + \frac{F_z \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}} = F_z \left(1 + \frac{f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{F_0 \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}}.$$

После преобразований окончательно имеем:

$$F_z = \frac{F_0 \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2} \left(1 + \frac{f}{4 \tg \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \tg \frac{\alpha}{2} + 4 f} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \left(\tg \frac{\alpha}{2} + f \right)}. \quad (3)$$

Усилия $F_y = F_{pac}$ работают на растяжение в плоскости $z-y$, перпендикулярной линии раскола (рис. 5), а усилия $F_x = F_{сж}$ действуют в плоскости $z-x$, создавая напряжения сжатия по линии раскола. Причем при одинаковом угле заострения клина, равным α , в рассматриваемых плоскостях $z-y$ и $z-x$ усилия численно будут равны, т.е. $F_y = F_x$.

Численные значения этих усилий (рис.4) можно определить как:

$$F_y = F_x = F_N \cdot \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

После подстановки зависимостей (1) и (3) в последнее уравнение найдем величину раскалывающих усилий основных щек R_{1y} и R_{2y} для одного гидравлического клинового устройства:

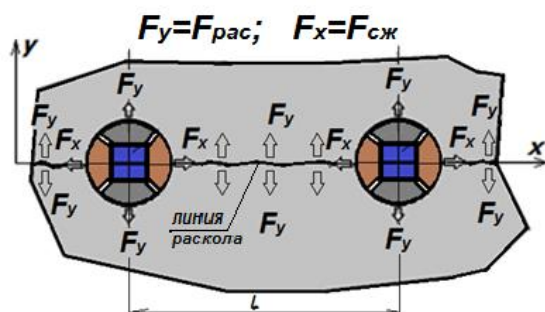


Рисунок 5– Схема действия сил в плоскости, перпендикулярной оси шпура

$$F_y = F_x = \frac{F_o - \frac{F_o \cdot f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f}}{4tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_o \left(1 - \frac{f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \right)}{4tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_o}{4tg \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{f}{4 \left(tg \frac{\alpha}{2} + f \right)} \right). \quad (5)$$

Здесь усилие F_y на плоскость раскола между шпурами действует как растягивающая (раскалывающая) сила, а сила F_x действует как сжимающая сила.

Таким образом, при расколе твердого материала гидравлическим клиновым устройством, имеющим четыре раздвижные щеки, расположенные взаимно перпендикулярно друг к другу, на самих раздвижных щеках возникают как раскалывающие усилия, направленные по плоскости раскола и перпендикулярно ей. Кроме этого, из-за наличия трения между клином и внутренними поверхностями щек и между рабочими призматическими поверхностями дополнительных щек и породой возникают реактивные силы, препятствующие действию полезных усилий.

Знание действующих сил при процессе раскола позволит правильно рассчитать и подобрать необходимый типоразмер гидравлического привода раскалывающего устройства.

Литература

1. Эликбаев К. Т., Кынатбекова Н. Н. / Предпосылки к разработке ударно-клинового устройства для отделения блока камня от массива ударным способом. // К. Т. Эликбаев, Н. Н. Кынатбекова. – Машиноведение. № 2 (14). – ИМА НАН КР. – Бишкек, 2021. – С 45 – 53.
2. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью буровых способов и невзрывчатых разрушающих средств (НРС). // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. – Машиноведение. № 2 (8). – ИМА НАН КР – Бишкек, 2018. – С. 59 – 70.
3. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью камнерезных машин и гидравлических раскалывателей (HRS). // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. – Машиноведение. № 2 (8). – ИМА НАН КР – Бишкек, 2018. – С. 71–82.
4. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор конструкций гидравлических клиновых устройств для отделения блока камня от массива. // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев – Машиноведение. № 1(13). – ИМА НАН КР. – Бишкек, 2021. – С. 52–64.
5. Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий. Технические условия. ГОСТ 9479—84 (СТ СЭВ 6315—88).
6. Авторское свидетельство SU 1314052 A1, кл. E21 C 37/02, 1984 / Рабочий орган для направленного разрушения монолитных объектов. О. Д. Алимов, М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев / Бюл. № 20. Опубл. 30.05.87. <https://patents.su/3-1314052-rabochijj-organ-dlya-napravlenno-go-razrusheniya-monolitnykh-obektov.html>
7. Авторское свидетельство SU 1 104267 A1, кл. E21C 37/02, 1984 / Гидроклин. А.С. Каныгин, А.В. Жидков, В. А. Булавцев /

- Бюл. № 27. Оpubл. 23.07.1984. [http://www.freepatent.ru / patents/2087711](http://www.freepatent.ru/patents/2087711)
8. Авторское свидетельство SU 1218105 А, кл. E21C 37/02, 1980 / Устройство для направленного разрушения монолитных объектов. А.С. Каныгин, А.В. Жидков, В. А. Охрямкин, Булавцев / Бюл. № 10. Оpubл.15.03.1986. <https://patents.su/2-1218105-ustrojjstvo-dlya-napravlenного-razrusheniya-monolitnykh-obektov.html>
9. Авторское свидетельство SU 899937A1, кл. E21C 37/02, 1982 / Устройство для направленного разрушения минеральных сред. А. А. Михайлович, А. М. Тлеубаевич, К. К. Никитович / Бюл. № 3. Оpubл. 23.01.82. https://yandex.ru/patents/doc/SU899937A1_19820123