

УДК: 622. 23. 05

АКАДЕМИК О. Д. АЛИМОВДУН ТАШ КАЗУУ ТЕХНИКАСЫН ӨНУКТҮРҮҮДӨ ЧЫГАРМАЧЫЛ МУРАСЫ

О ТВОРЧЕСКОМ НАСЛЕДИИ АКАДЕМИКА О. Д. АЛИМОВА В РАЗВИТИИ КАМНЕДОБЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ

ON THE CREATIVE LEGACY OF ACADEMICIAN O. D. ALIMOV IN DEVELOPMENT OF STONE MINING TECHNIQUE

М. Т. Мамасаидов

M. T. Mamasaidov

Макалада академик О. Д. Алимовдун чыгармачылык табигый тааш казып алуу тоо-кен техникасын жана технологиясын өнүктүрүүгө арналган мурастарынын бири берилген. Илимий жана колдонмонун кыскача маңызы бул багытта анын жетекчилиги астында жүргүзүлгөн изилдөөлөр сунушталган. Массивден ири тааштарды бөлүү үчүн каражаттардын жана ыкмалардын классификациясы берилген. Массивдин табигый жаракаларын эске алып чек чөйрө бургу көзөнөктөрдү жаратуу жолу менен бөлүүчү технологиялык жараяндарынын моделдери иштелип чыккан. Жалтыланган технологиялык жараяндын негизги көрсөткүчтөрүнүн байланышы жана негизги факторлордун жыйындысы алынган. Жаратылган саптык бургулоочу жана тааш кесуучу тестедин тажрыйба-өнөр жайлык орнотмолордун үлгүлөрүнүн конструктивдүү өзгөчүлүктөрү келтирилген. О. Д. Алимов жетектеген жаратылыш таашты багыттуу бөлүнүү изилдөөлөр боюнча кыскача маалыматтар баяндалган. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы жана иштелип чыккан тажрыйба-өнөр жайлык ыңгайлашуучу тааш жаруучу үлгүлөрү берилген. Окуучулар жана шакирттер тарабынан О. Д. Алимовдун чыгармачылыгы ишке ашкандыгы жана келечекте да ишке ашырылышы көрсөтүлгөн.

В статье представлено одно из творческих наследий академика О. Д. Алимова, посвященное развитию техники и технологии добычи природного камня. Изложена краткая суть научно-прикладных исследований, проведенных под его руководством, в этом направлении. Представлена классификация средств и способов отделения блоков камня от массива. Разработаны модели технологических процессов отделения блоков камня путем бурения оконтуривающих штуров и отделяющих щелей

с учетом естественных трещин массива. Получены обобщенные взаимосвязь главных показателей технологического процесса и совокупность основных факторов. Приведены конструктивные особенности созданных опытно-промышленных образцов установок строчечного бурения и камнерезных машин. Кратко изложены сведения об изысканиях под руководством О. Д. Алимова по обработке природного камня направленным расколом. Приведены результаты исследований и представлены разработанные опытно-промышленные образцы адаптивных камнекольных прессов. Показаны результаты продолжения творчества О. Д. Алимова учениками и последователями, что будут осуществлены и в будущем.

In the article presents one of the creative legacies of Academician O. D. Alimov, dedicated to the development of techniques and technology of natural stone mining. The brief essence of scientific and applied research carried out under his leadership in this direction is outlined. The classification of means and methods of separating blocks of stone from the array is presented. Models of technological processes of separating blocks of stone by drilling delineating boreholes and separating slots taking into account natural cracks in the massif are developed. Generalized relationships of the main indicators of the technological process and the totality of the main factors are obtained. The design features of the created pilot samples of stringing drilling installations and stone-cutting machines are given. Briefly described information about the research under the leadership of O. D. Alimov processing of natural stone directional split. The results of research and developed prototypes of adaptive stone-cutting presses are presented. The results of continuation of O. D. Alimov's work by his students and followers are shown, which will be implemented in the future.

Түйүн сөздөр: табигый таш, ири таш, классификация, артыкчылык, таш казуучу техника, бургу көзөнөк, бургулоо орнотмолору, жылычтыктар, таш кесүүчү машина, технологиялык жараян, жалтыланган модель, негизги көрсөткүчтөр, негизги өлчөм мүнөздөгүчтөр, түзүмдү топтоо, көп баа чендүү ойго төптөө, тандоо алгоритми, тажрыйбалык-өнөр жайлык, ташты жаруу, ыңгайлоочу механизм, таш кесүүчү жубас, технологиялык катар.

Ключевые слова: природный камень, блок камня, классификация, приоритет, камнедобывающая техника, шпурсы, бурильные установки, щели, камнерезная машина, технологический процесс, обобщенная модель, главные показатели, основные параметры, синтез структуры, многокритериальная оптимизация, алгоритм выбора, опытно-промышленные, раскол камня, адаптивный механизм, камнекольный пресс, технологическая линия.

Keywords: natural stone, block stone, classification, priority of rock-mining technique, boreholes, drills, slots, stone-cutting machine, technological process, generalized model, main indicators, relationship of parameters, synthesis

of structure, multicriteria optimization, algorithm of choice, pilot, split stone, adaptive mechanism, stone-cutting press, production line.

Одним из важных и широко распространённых полезных ископаемых является природный камень, который служит человечеству с самой зари существования по сей день. К настоящему времени разведано более 170 месторождений и выявлены значительные запасы (лишь в Кыргызстане свыше 1 млрд. м³) природных камней различных по минеральному составу, физико-механическим свойствам и цветовому изобилию. Они широко используются: в строительстве как стеновые (туф, ракушечник, ...), конструктивные (известняк, базальт, ...) и облицовочные (мрамор, доломит, ...) изделия, а в машиностроении как конструкционный материал (гранит, сиенит, ...) сверхточных деталей.

В открытом горном производстве существуют особые технологии как процесс добычи природного камня. Конечным продуктом этого технологического процесса является так называемый блок камня. Причем отделяемые от массива блоки камня регламентированы: должны иметь параллелепипедную форму и определенные размеры, должны быть без трещин и сколов на ребрах. Естественно, камнедобывающая техника, в отличие от обычных горных машин, должна обладать принципиальными особенностями как по конструктивному исполнению, так и по условиям применения.

Для решения этой проблемы по инициативе академика О. Д. Алимова была образована новая лаборатория с научным направлением: разработка научно-прикладных основ технологических процессов и создания высокоэффективных технических средств добычи природного камня. Данной лабораторией вначале подробно изучены и скрупулезно проанализированы обширный мировой опыт, суть и особенности технологии отделения блоков камня от массива. И вскоре был достигнут ощутимый результат – кардинальная систематизация всего многообразия рассматриваемой технологии, в ней приоритетно обобщены две принципиальные технологии [1]: *направленный откол*, обеспечиваемый путем бурения оконтуривающих шпуров; *направленное резание*, осуществляемое путем образования оконтуривающих щелей (рис.1). По научно-обоснованному утверждению, первая технология предпочтительна при добыче блоков природного камня высокой и

вышесредней крепости (граниты, высокопрочные мраморы), а вторая – блоков природного камня нижесредней и малой крепости (низкопрочные мраморы, известняки-ракушечники,...).

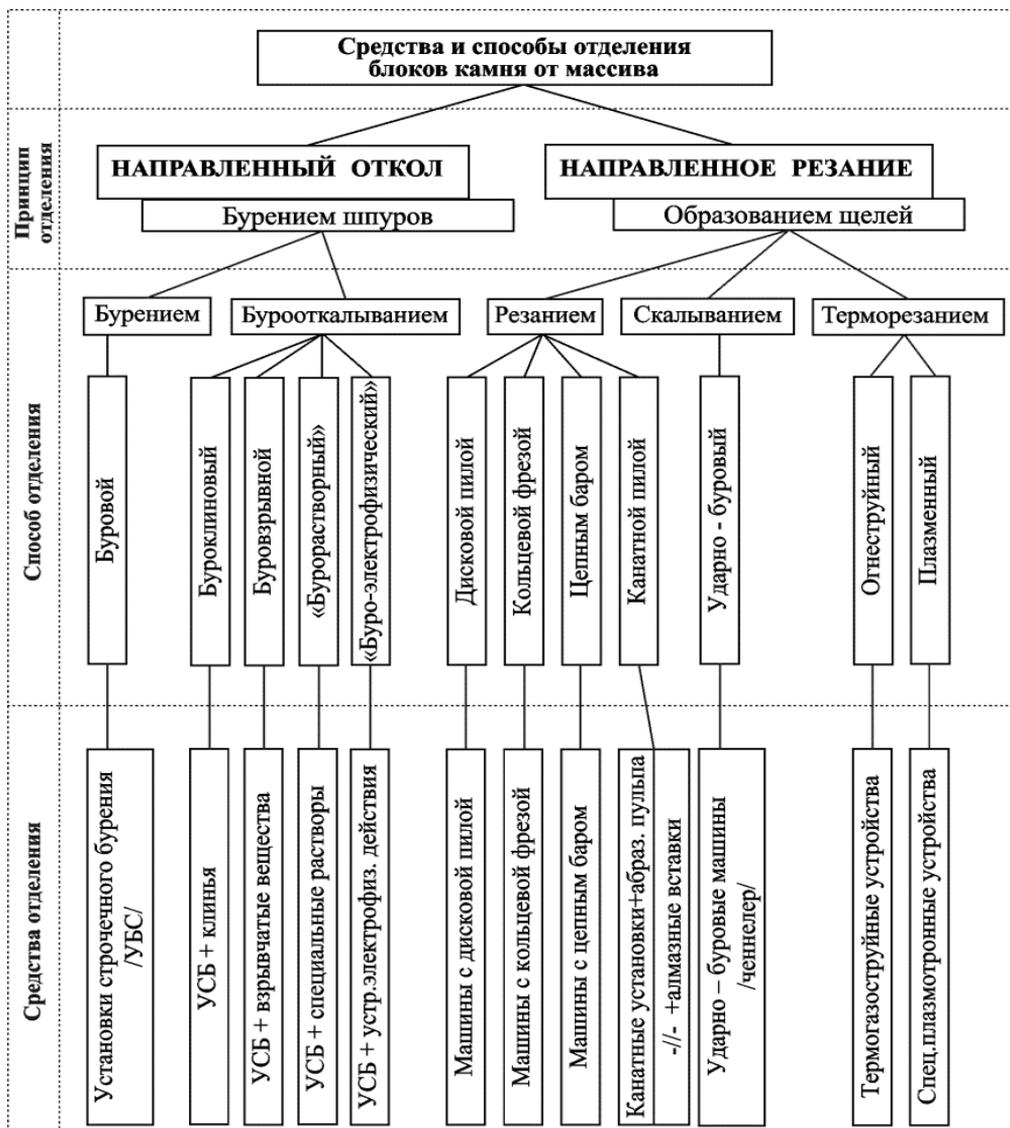


Рисунок 1 – Классификация средств и способов отделения блоков камня от массива

Однако главный вопрос: «Каким образом повысить эффективность технологии добычи природного камня и как выбрать

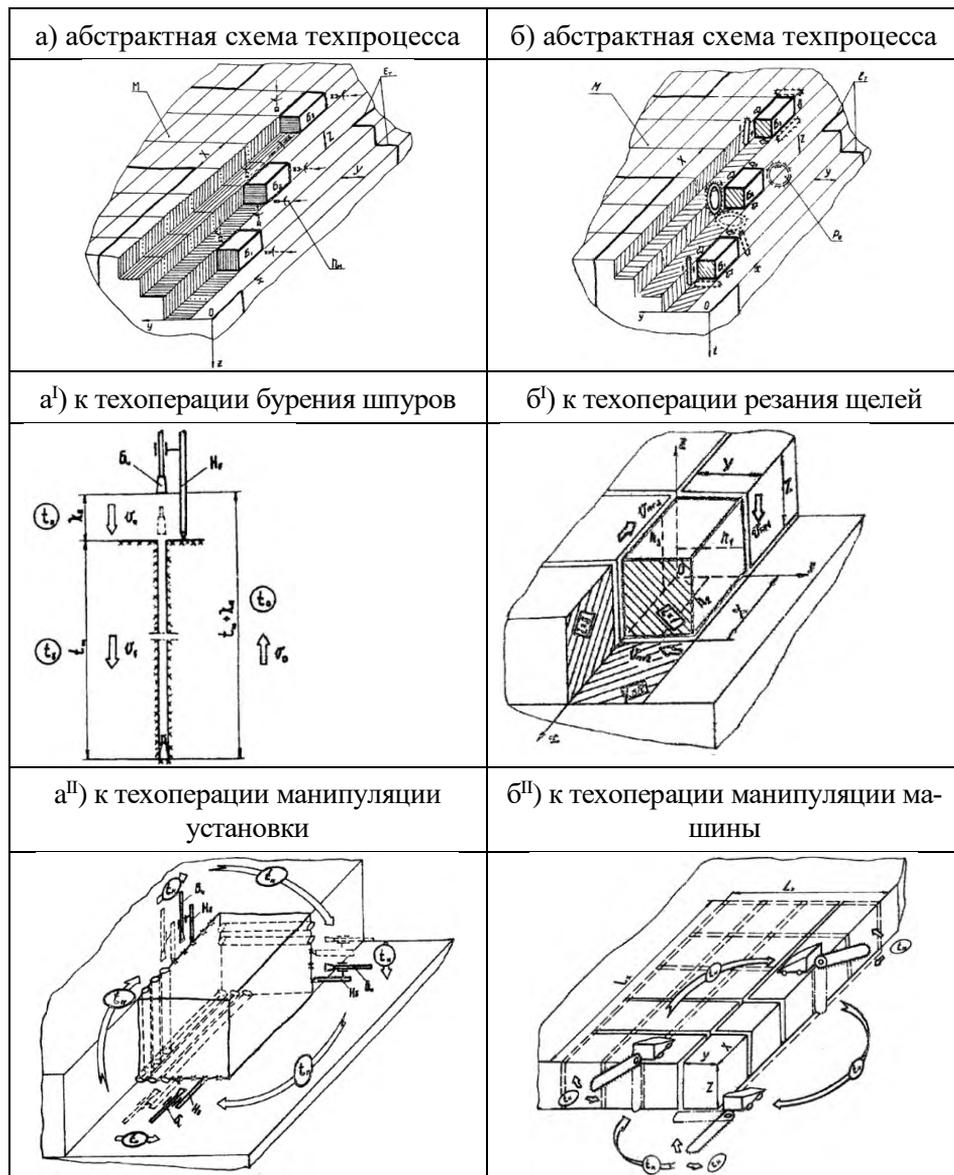
рациональные параметры камнедобывающих технических средств?» пока остался без ответа. Этот чрезмерно многофакторный технологический процесс не был прост, и еще не было серьезного научного рассмотрения. Существующие изыскания того времени ограничивались изучением отдельных элементов техники и технологии добычи природного камня, а общий подход и анализ целого технологического процесса вовсе отсутствовал.

Под общим руководством академика О. Д. Алимова нами впервые были обоснованы предпосылки и разработаны обобщенные модели [1, 2, 5] технологических процессов отделения блоков камня от массива путем бурения оконтуривающих шпуров (рис. 2, а) и путем резания оконтуривающих щелей (рис. 2, б) при учете реального состояния массива. На базе этих моделей нами выявлены и установлены фундаментальные связи главных показателей технологического процесса¹ во всей совокупности основных факторов: физико-механических свойств камня (f , a_k) и естественных трещин массива (E_T) камня, режимных (ω_i , ν_i) и конструктивных (n_m , d_i , K_c , t_i , ...) характеристик технических средств, технологических (X , Y , Z , δ , $V_{ш}$, ...) и организационных (T_i) параметров (см. рис. 3). Вот теперь, наконец-то, давно искомые основополагающие взаимосвязи получены (!) и появилась возможность количественно оценить, какой из основных факторов и как влияет на главные показатели технологического процесса отделения блоков камня от массива.

В последующем были осуществлены такие оценки на основе полученных нами фундаментальных взаимосвязей $P_{см}$, C_c , K_{Δ} (см. рис. 3). При этом выявлены факторы, наиболее значительно влияющие на главные показатели технологического процесса. Тем самым установленная взаимосвязь позволила научно обосновать наиболее целесообразные направления совершенствования технических средств и технологии отделения блоков природного камня. Это строгая направленность буримых шпуров и прорезаемых щелей, многомашинность установок строчечного бурения и их совместная манипуляция, координатное позиционирование бурильных установок и мобильность камнерезных машин, минимизация диаметра буримых шпуров и

¹ В качестве главных показателей технологического процесса приняты сменная производительность ($P_{см}$) и себестоимость (C_c) отделения, а также потери сырья (K_{Δ}) при отделении блоков камня.

ширины прорезаемых щелей, максимализация размеров блоков камня и их отделения с учетом естественных трещин массива и др.



Условные обозначения: М – массив камня; Et – естественные трещины;
 Bi – блоки камня; X, Y, Z – размеры блока; Би – буровой инструмент;
 Po – режущий орган

Рисунок 2 – Обобщенные модели технологических процессов отделения блоков камня от массива: путем бурения шпуров (а) и путем резания щелей (б)

Следует, безусловно, отметить, что представленные обобщенные модели (рис. 2) и полученные основополагающие взаимосвязи (рис. 3) являются кардинально новыми научными результатами в области техники и технологии добычи природного камня. И в разработке этих уникальных моделей и выявлении таких фундаментальных взаимосвязей [1, 2, 5] приоритет принадлежит именно нашей научной школе!

***При технологическом процессе отделения блоков камня бурением оконтуривающих шпуров**

$$P_{CM} = \frac{(T_{CM} - T_{ПЗ} - T_{ОГ} - T_{ТН})XYZ}{\left(\frac{X+Y+Z}{\delta}\right) \frac{t_n}{K_c} + \frac{n_m}{K_c} n_c t_m + \frac{(X+Y+Z)^2}{n_c \delta} \left(\frac{1}{n_m v_{\bar{\sigma}}} + \frac{1}{n_m v_0} + \frac{t_u}{\xi_u} + \frac{t_w}{\xi_w}\right)}, M^3$$

$$C_C = \frac{1}{n_{cm} P_{cm}} \left[\Pi_B \left(\frac{H_{AO} + H_{ГТ} + H_{\Sigma\Pi}}{100} \right) + n_p \Gamma_{3П} \right] + \frac{(X+Y+Z)^2}{n_c \delta XYZ} \left(\frac{\Pi_u}{\xi_u} + \frac{\Pi_w}{\xi_w} \right), \text{ сом} / M^3$$

$$K_{\Delta} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{X}{3[d_w + 2\Delta_c^0 + X(tg\theta_y + 2tg\theta_n)]}}; \quad \vartheta_{\bar{\sigma}} = \frac{12}{\pi} \cdot \frac{N_y \cdot 10^{-4}}{d_w^{1,5} f^{1,25} l_w^{0,25}},$$

****При технологическом процессе отделения блоков камня резанием оконтуривающих щелей**

$$P_{CM} = \frac{(T_{CM} - T_{ПЗ} - T_{ОГ} - T_{ТН})XYZ}{\frac{X+Y+Z}{v_n} + \frac{n_w}{n_{\bar{\sigma}л}} (t_n + t_m) + \frac{t_3}{\xi_p} (XY + YZ + ZX)}, M^3$$

$$C_C = \frac{1}{n_{cm} P_{cm}} \left[\Pi_K \left(\frac{H_{AO} + H_{ГТ} + H_{\Sigma\Pi}}{100} \right) + n_p \Gamma_{3П} \right] + \frac{\Pi_{PO}}{n_{3p} \xi_p} \left(\frac{1}{X} + \frac{1}{Y} + \frac{1}{Z} \right), \text{ сом} / M^3$$

$$K_{\Delta} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{X}{3[B_{щ} + X(tg\theta_y + tg\theta_n)]}}; \quad \vartheta_n = \frac{0,72}{K_{\Sigma}} \cdot \frac{N_{u.o} n_{u.o}}{B_{щ} H_{щ} f},$$

Рисунок 3 – Основополагающие зависимости технологических процессов отделения блоков камня от массива путем бурения шпуров (*) и путем резания щелей (**)

Продолжая осуществляемые научные исследования [2], нами прежде сформированы логические принципы синтеза структурной схемы, базирующиеся в унификации конструктивных узлов камнедобывающих технических средств и в особенностях технологии отделения блоков при различных состояниях массива камня. Затем предложен следующий научный подход к расчету основных параметров установок строчечного бурения и камнерезных машин на основе общепризнанных положений многокритериальной оптимизации. А именно: используя ранее установленные зависимости главных показателей технологического процесса ($P_{см}$, C_c , K_{Δ}) как критериев качества, имея реальные диапазоны изменения параметров и их функциональные ограничения, нами был разработан алгоритм выбора оптимальных значений параметров камнедобывающих технических средств в диалоговом режиме «Конструктор-ЭВМ».

Все осуществленные выше изыскания послужили научной базой, которая обеспечила проектирование и создание под руководством академика О. Д. Алимова целого семейства новой камнедобывающей техники (рис. 4): универсального УБА-1 и специализированного СБА-2р агрегатов строчечного бурения, передвижной гидроклиновой установки ПГУ-1, мобильных цепных камнерезных машин ЦКМ-1, ЦКМ-1м и ЦКМ-2.

Вышеуказанные образцы камнедобывающей техники обеспечивали высокие технико-экономические показатели на действующих карьерах природного камня и строительных площадках бывшего Союза и КР. Такие образцы семейства, как мобильные цепные камнерезные машины ЦКМ-1, ЦКМ-2, и ныне выпускаются промышленными партиями в России, Украине. Тем самым всецело доказана практическая состоятельность наших научно-практических деяний в области техники и технологии добычи природного камня!

Далее целесообразно представить краткие сведения об адаптивных камнекольных прессах, разработанных под руководством академика О. Д. Алимова. Поскольку в нашей лаборатории также осуществлены комплексные изыскания по этой актуальной проблеме – созданию техники и технологии обработки камня расколом [3]. Были обстоятельно изучены существующие такие технологии, обобщен

отечественный и мировой опыт создания камнекольных устройств и станков, систематизированы конструктивные схемы известных технических средств раскола камня. В результате тщательного анализа и прогноза нами научно обоснована эффективность технологии обработки камня направленным расколом и целесообразность создания адаптивных камнекольных прессов (ПКА) с гидравлическим приводом.

Основу предложенных нами конструкций адаптивных прессов ПКА составляет (рис.5) станина, верхний и нижний рабочие органы (раскалывающие ножи), силовой гидроцилиндр, рабочий стол и гидростанция с пультом управления. Оригинальными являются верхний 3 и нижний 4 ножи, которые представляют собой наборный ряд раскалывающих инструментов с клиновым механизмом адаптации. При этом каждый из инструментов 5 представленных ножей имеет возможность занимать разное положение по вертикали, повторяя рельеф-неровности поверхности раскалываемого образца камня 1. Они-то создают предельное напряженное состояние в намечаемой плоскости и производят направление раскола камня.

Следует отметить, что изюминкой (ноу-хау) предложенных раскалывающих ножей камнекольных прессов ПКА является клиновой адаптивный механизм, что нами всесторонне изучен, изобретательно развит геометрически и конструктивно, на приоритет которого получены авторские свидетельства СССР.

К 1984 г. под научным руководством академика О. Д. Алимова был разработан и изготовлен на заводе им. Ленина (г. Фрунзе) первый отечественный образец адаптивного камнекольного пресса с гидроприводом типа ПКА-800, который успешно прошел стендовые и промышленные испытания.

Разработанные нами приоритетные элементы теории технологического процесса получения колотых изделий из природного камня и результаты обстоятельных стендовых исследований первого образца пресса ПКА-800 послужили основой тому, что в конце 80-х годов XX века в нашей научной лаборатории ТККМ НАН КР спроектированы четыре типоразмера адаптивных камнекольных прессов типа ПКА-400, ПКА-800, ПКА-3000 и ПКА-6000, предназначенных для раскола образцов камня разного габарита.



* Автономный универсальный буровой агрегат УБА-1



** Цепная камнерезная машина ЦКМ-1



* Специализированный буровой агрегат СБА-2р



** Цепная камнерезная машина ЦКМ-1м

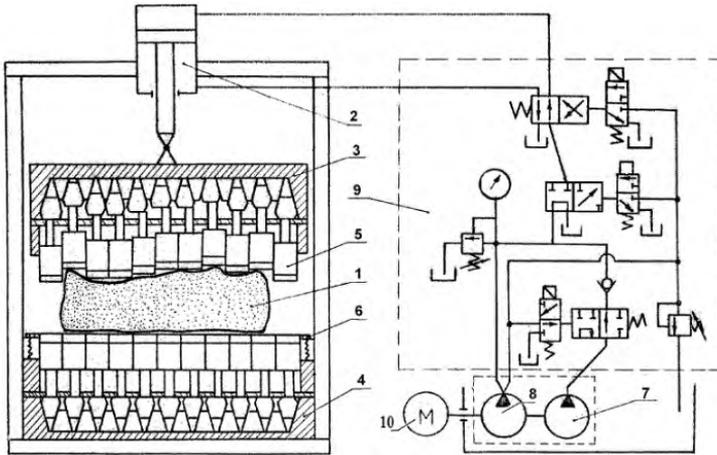


* Передвижная гидроклиматическая установка ПГУ-1



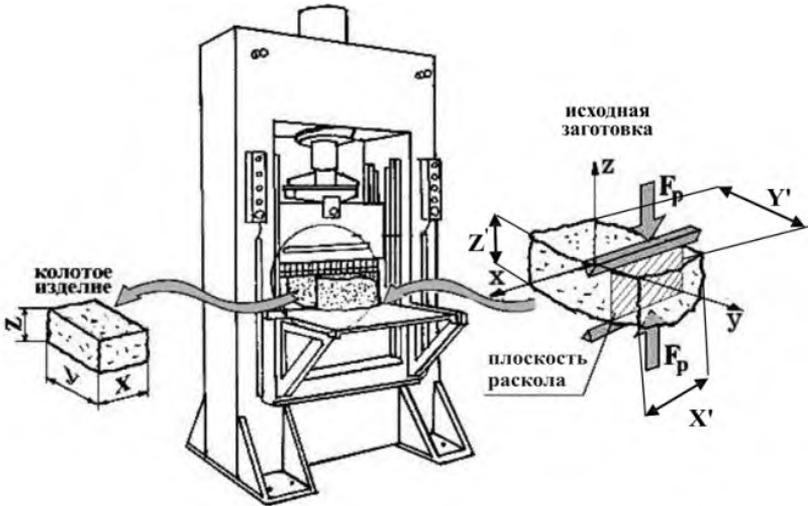
** Цепная камнерезная машина ЦКМ-2

Рисунок 4 – Опытно-промышленные образцы установок строчечного бурения (*) и мобильных цепных камнерезных машин (**)



1 – обрабатываемый камень; 2 – гидроцилиндр; 3,4 – верхний и нижний рабочие органы (ножи); 5 – раскалывающий инструмент; 6 – рабочий стол; 7,8 – шестеренчатый и поршневой гидронасосы; 9 – панель управления; 10 – электродвигатель

а



б

Рисунок 5 – Гидрокинематическая (а) и функциональная (б) схемы адаптивного камнекольного пресса ПКА

Из них первые три конструкции типоразмерного ряда камнекольных прессов прошли строгий отбор государственной комиссией и промышленно освоены Саранским станкостроительным заводом

«Автопромоборудование» (Мордовия, РФ). Несущая станина камнекольного прессы ПКА-400 имеет С-образную форму, а станины камнекольных прессов ПКА-800, ПКА-3000 – порталную. Пресс ПКА-3000 обладает двумя гидроцилиндрами и оснащен подающим механизмом в виде транспортера для подачи на рабочий стол крупных заготовок и блоков природного камня (рис.б).

Нами обоснован и предложен также ряд технологических линий (типа «Последовательная», «Елочка») из различных сочетаний камнекольных прессов ПКА, оснащенных вспомогательными подъемно-подающими устройствами. Спроектированные технологические линии адаптивных прессов ПКА предназначались для обеспечения полной механизации производства разнообразных колотых изделий из природного камня.

В последующем, развивая творческое наследие академика О. Д. Алимова, его ученики и последователи вели и ведут широкий спектр научно-прикладных исследований по развитию камнедобывающей техники. Результаты последующих исследований опубликованы в престижных научно-технических журналах, изданы в научных монографиях и реализованы в патентах на изобретения, обсуждены и одобрены в международных конференциях и симпозиумах, отчасти приняты производственниками к внедрению. На основе проведенных таких изысканий разработаны и созданы опытно-промышленные образцы специализированных установок кругового и строчечного бурения СБС-1п и ПСБ-1, перспективные образцы дисковых ККМ-1д, цепных КМЦ-1 и канатных КМК-1 камнерезных машин с приоритетными рабочими органами, а также модернизированные варианты ПКА-800п, ПКА-800м и новые образцы ВКП-1, ВКП-50 адаптивных камнекольных прессов.

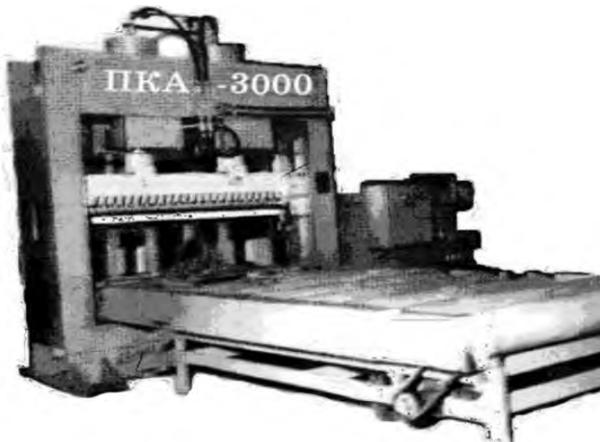
Ныне вышеуказанные исследования результативно продолжают последователями учеников академика О. Д. Алимова – молодыми учеными в двух научных лабораториях НАН КР и НИЦ «Природный камень» МОН КР. Есть надежда и уверенность, что эти актуальные исследования, имеющее важное народно-хозяйственное значение, будут и далее продолжены.



а



б



в

Рисунок 6 – Опытно-промышленные образцы адаптивных камнекольных прессов: ПКА-400 (а); ПКА-800 (б); ПКА- 3000 (в)

Литература

1. Алимов О. Д., Мамасаидов М. Т. Модели технологического процесса отделения блоков природного камня от массива. – Фрунзе: Илим, 1983. – 84 с.
2. Алимов О. Д., Мамасаидов М. Т. Технические средства отделения блоков природного камня от массива. – Фрунзе: Илим, 1987. – 216 с.

3. Алимов О. Д., Мамасаидов М. Т., Хохлов А.Я., Сирмбард О. Ю. Обработка природного камня расколом. – Фрунзе: Илим, 1988. – 53 с.
4. Алимов О. Д., Мамасаидов М. Т. К прогнозу развития камнедобывающей техники. – Бишкек: Илим, 2001. – 50 с.
5. Mamasaidov M. T., Mendekeev R. A., Ismanov M. M. Generalized model of technology for article production from stone massif // Journal of Mining Science. – New York, 2004, – Vol. 40, № 5. – P. 521 – 527.