

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ НАН КР

На правах рукописи

УДК 622.233

КАЛДЫБАЕВ НУРЛАНБЕК АРЗЫМАМатович

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

КОЛОТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность: 05. 05. 06 -«Горные машины»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек 2003

Работа выполнена в Кыргызско-Узбекском университете и Институте комплексного использования природных ресурсов Южного отделения НАН КР

Научные руководители:

Академик НАН Кыргызской Республики,
Заслуженный деятель науки КР,
доктор технических наук, профессор

М.Т. Мамасаидов

Член-корр. Инженерной академии КР,
кандидат технических наук, с.н.с

Р.А. Мендекеев

Официальные оппоненты:

Академик Инженерной академии КР,
доктор технических наук

М. Ураимов

Кандидат технических наук, доцент

А.В. Трегубов

Ведущая организация: Кыргызский горно-металлургический институт

Защита состоится «12» мая 2003 г. в 14⁰⁰ час на заседании Диссертационного совета Д 05.02.182 при Инженерной Академии КР и Институте машиноведения НАН КР, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в информационных отделах Инженерной Академии КР и Института машиноведения НАН КР.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23 Институт машиноведения НАН КР, Диссертационный совет Д 05.02.182.

Автореферат разослан « » 2003 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
Д 05.02.182, к.т.н., с.н.с.



А.О. Абидов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Изделия из природного камня отличаются высокими физико-механическими свойствами, большим сроком службы и в наибольшей степени отвечают жестким требованиям, предъявляемым современным градостроительством.

В настоящее время спрос на облицовочные и архитектурно-строительные изделия из природного камня в нашей республике постепенно увеличивается. Расширение объемов выпуска и ассортимента изделий из камня способствует их экспорту и может стать источником валютных поступлений. Следовательно, необходимость развития камнеобрабатывающей промышленности становится очевидной и требует кардинальной модернизации применяемых в данной отрасли технических средств и технологий.

Наиболее существенные резервы для развития имеет производство колотых изделий из камня (брусчатка, бордюр, бортовые камни, плиты ...), применяемых в архитектурном, дорожном и гидротехническом строительстве. Перспективность обработки камня расколом обусловлена малой энергоемкостью и относительно низкой себестоимостью получаемых изделий в сравнении с резанием и абразивной обработкой. В нашей стране имеются благоприятные условия для внедрения колотых изделий: есть большие запасы месторождений природного камня; разработаны и созданы типоразмерный ряд камнекольных прессов ПКА «Асгатеш», позволяющие механизировать процесс раскола. Несмотря на это, удельный вес колотых изделий в общем объеме производства облицовочных изделий из природного камня остается мизерным, причиной которого, на наш взгляд, является несовершенство существующих технологий и отсутствие новых архитектурных решений по их применению. В связи с этим, разработка и внедрение рациональных технологий производства колотых изделий является актуальной задачей.

Связь темы диссертации с планами НИР. Диссертационная работа выполнялась в соответствии с координационными планами НИР Института КИПР ЮО НАН КР (1995-2002 гг.) по проблеме «Научные основы совершенствования техники и технологии производства колотых изделий из природного камня» (ГР №0000458 от 20.06.1995), координационными планами НИР Госагентства по науке и интеллектуальной собственности при Правительстве КР, по научным проектам «Разработка рациональных технологий производства колотых изделий из природного камня» (1994-1995 гг.), «Подготовка конструкторско-технологической документации на изготовление прицепного технологического модуля ПКА-800п» (1996-1997 гг.), «Разработка ресурсосберегающих технологий применения колотых строительных изделий» (ГР №0001665 от 14.12. 2001 г.), выполненными в НИЦ «Природный камень» Кыргызско-Узбекского университета.

Целью работы является совершенствование технологического процесса получения колотых изделий из природного камня путем изыскания рациональных технологий их производства и применения.

Основная идея работы заключается в том, что повышения эффективности использования камнекольных прессов можно добиться рациональным сочетанием технологических факторов и созданием вспомогательного оборудования к прессу, позволяющего механизировать наиболее трудоемкие операции процесса.

Основными положениями, выдвигаемыми на защиту являются:

- математическая модель технологического процесса производства колотых изделий из природного камня;
- зависимости главных показателей производства колотых изделий от технологических факторов и конструктивного совершенства камнекольного пресса;
- эмпирический метод определения обрабатываемости природного камня направленным расколом;
- обоснование рациональных технологических схем получения колотых изделий с помощью передвижных модулей камнекольного пресса.

При выполнении работы использовались аналитические и экспериментальные **методы исследований**. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики.

В работе получены следующие **новые научные результаты**:

- систематизированы способы и технические средства производства колотых изделий из камня, разработана их классификация;
- разработана математическая модель технологического процесса производства колотых изделий путем направленного раскола;
- установлены зависимости главных показателей технологического процесса от совокупности основных факторов, выявлены резервы для совершенствования процесса производства колотых изделий и предложены пути их реализации;
- обобщены физические представления и разработан эмпирический метод определения обрабатываемости природного камня направленным расколом, позволяющий рационально использовать исходное сырье и эффективно управлять технологическим процессом;
- обоснованы рациональные области применения колотых изделий в различных отраслях строительства, разработана ресурсосберегающая технология производства и применения колотых изделий из речных отложений обломочных горных пород «Сай-Таш».

Практическая ценность и реализация работы. Разработана инженерная методика расчета показателей технологического процесса производства колотых изделий из природного камня.

Создан прицепной технологический модуль ПКА-800п, обоснованы параметры и разработана конструкция мобильного камнекольного агрегата МКА-800, обеспечивающие производство колотых изделий на месторождениях природного камня, расположенных в труднодоступной горной местности и отдаленных от энергисточников.

Технология производства колотых изделий из речных камней («Сай-Таш») с применением прицепного технологического модуля апробирована при строительстве пешеходной дорожки на восточном склоне Сулайман-Тоо, а также при строительстве тротуара в микрорайоне «Курманжан датка» г.Ош, в рамках госпрограммы Ош-3000. Разработанные технологии могут найти применение в практике реконструкции и строительства каналов и других гидросооружений, а также при проведении берегоукрепительных работ.

Апробация полученных результатов. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных научных сессиях и заседаниях Ученых советов Института КИПР ЮО НАН КР и Кыргызско-Узбекского университета, на международных конференциях, проведенных Инженерной Академией КР и Институтом машиноведения НАН КР по теме «Механизмы с переменной структурой и вибрационные машины» (Бишкек, октябрь 1995 г.), Кыргызско-Узбекским университетом по теме «История, культура и экономика юга Кыргызстана» (Ош, май 2000 г.), Кыргызским техническим университетом по теме «Современные технологии и управление качеством в образовании, науке и производстве: опыт адаптации и внедрения» (Бишкек, май 2001 г.), Ошским государственным университетом по теме «Образование и наука для устойчивого горного развития» (Ош, октябрь 2002 г.).

Обоснованность и достоверность выводов и положений подтверждена результатами промышленных испытаний прицепного технологического модуля ПКА-800п при производстве различных колотых изделий.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 14 научных статей и получены 2 патента КР на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает в себя введение, основной текст, состоящий из четырех глав, заключение, список литературы, приложения. Изложена на 172 страницах, содержит 45 иллюстраций и 17 таблиц, библиографию из 107 наименований. В приложении приведены акты изготовления, заводских и промышленных испытаний прицепного технологического модуля ПКА-800п, акты внедрения ресурсосберегающей технологии производства и применения колотых изделий на различных объектах, результаты экспериментальных наблюдений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе обобщены сведения о колотых изделиях из природного камня, разработана их классификация по назначению и технологическим признакам. Проведен обзор и анализ существующих способов и технических средств для обработки природного камня путем направленного раскола. Изложено существо и особенности технологического процесса производства колотых изделий из природного камня. Показано, что наиболее перспективными техническими средствами для производства колотых изделий являются камнекольные прессы с адаптивными рабочими органами, обеспечивающие сравнительно малые энергетические и

материальные затраты. Их преимуществом является также возможность обработки камней с криволинейной поверхностью, позволяющее использовать в качестве сырья отходы камнедобычи и камнеобработки («негабариты») и заготовки с различной конфигурацией.

Разработана концепция развития рассматриваемого технологического процесса, опирающаяся на следующих факторах: изученность сырьевых источников, степень совершенства технических средств и технологий по обработке камня расколом; изыскание новых архитектурно-строительных конструктивных элементов колотой фактуры.

На основе анализа состояния вопроса сформулированы задачи исследований, связанные с разработкой модели технологического процесса обработки камня расколом, изысканием рациональных технологий использования камнекольных прессов, обоснованием и разработкой ресурсосберегающих технологических схем применения колотых изделий.

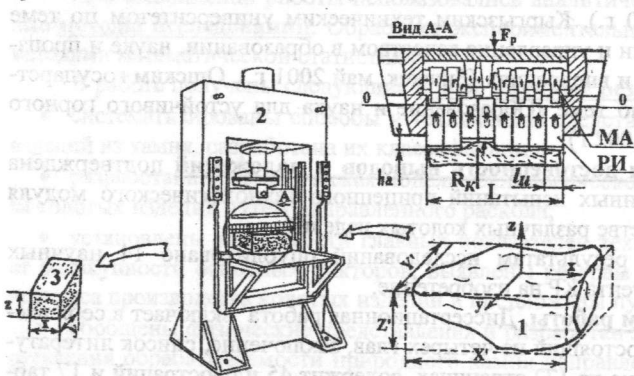


Рис.1. Обобщенная расчетная схема технологического процесса производства колотых изделий из природного камня: МА- клиновой механизм адаптации; РИ –раскалывающий инструмент.

сящая на следующих допущениях (рис.1):

1. Колотые изделия производятся с помощью камнекольного пресса 2 с адаптивными рабочими органами.

2. В качестве обрабатываемого сырья 1 используются плитовидные образцы природного камня, принимающие вид готовой продукции после совершения от 1 до 4-х расколов.

3. Получаемая продукция 3 имеет форму прямоугольного параллелепипеда средними геометрическими размерами X,Y,Z.

4. Подача заготовки на рабочий стол и уборка готовой продукции, а также отходов раскола осуществляется оператором.

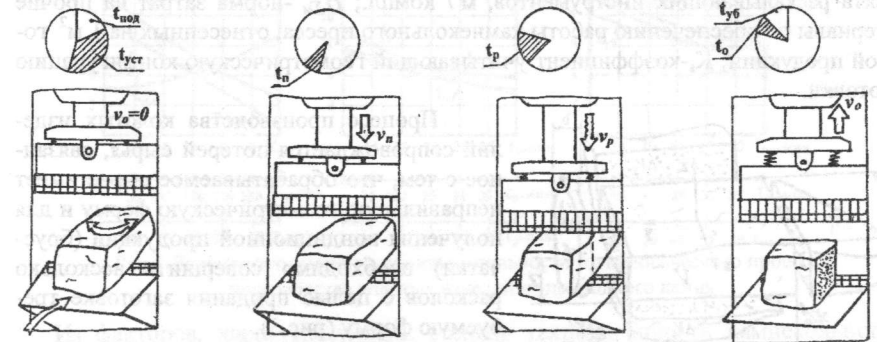
Вторая глава

посвящена к исследованию технологического процесса производства колотых изделий из природного камня. На основе обобщения имеющихся представлений о процессе обработки камня расколом, разработана математическая модель технологического процесса производства колотых изделий, базирующая

На основе изучения структуры затрат времени на технологические операции по производству колотых изделий (рис.2.) определена цикловая производительность пресса:

$$P_{ц} = \frac{XYZ}{t_{под} + (t_{учм} + t_n + t_p + t_o) \cdot K_p + t_{уб}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где, XYZ -объем продукции, произведенный за 1 цикл, м³; t_{под}-время затрачиваемая для переноса исходного сырья на рабочий стол пресса (время подачи), с; t_{учм} - время установки (ориентировки) камня в соответствии с желаемой линией раскола, с; t_n - время подвода верхнего рабочего органа, с; t_p - время совершения одного раскола (рабочий ход гидроцилиндра), с; t_o - время отвода верхнего рабочего органа, с; K_p -общее количество расколов, совершаемых для получения одной брусчатki; t_{уб} -время уборки готовой продукции (брусчатki) и отходов раскола, с.



а) подача и ориентировка камня

б) подвод верхнего рабочего органа

в) раскол камня

г) отвод верхнего рабочего органа

Рис.2. К определению цикловой производительности камнекольного пресса

В качестве наиболее интегрального показателя производительности, выражающего ее с учетом конструктивных особенностей пресса, технологии его применения и организации рабочего процесса принята сменная производительность, обобщенная зависимость которой представлена в виде:

$$P_{сч} = \frac{(T_{сч} - T_m - T_T - T_{np})S}{\sum_{i=1}^n t_{под} + \sum_{i=1}^n (t_{учм} + t_n + t_p + t_o)K_p + \sum t_{уб}}, \text{ м}^2/\text{ч}, \quad (2)$$

где S=XY –площадь лицевой поверхности получаемых изделий, м²; n-количество произведенной продукции (брусчатki), шт.

Значения составляющих затрат времени на операции процесса в зависимости (2) характеризуют степень совершенства конструктивных и технологических параметров пресса. Так, затраты времени t_{под} и t_{учм} показывают степень механизации вспомогательных операций, а составляющие t_n, t_p, t_o - технологичность пресса,

$t_{уст}$, K_p — характеризуют геометрические параметры обрабатываемого камня. Время t_p позволяет судить о сопротивляемости камня к раскалыванию.

Себестоимость получаемых изделий определена как:

$$C = \frac{1}{N_{св} \cdot \Pi_{см}} \left[C_k \cdot \left(\frac{H_{ам} + H_{тт} + H_{\Sigma м}}{100} \right) + \sum K_{роб. i} \cdot H_{м. i} + \frac{C_p}{S \cdot \xi_p} \right], \text{ сом/м}^2, (3)$$

где $H_{ам}$ — норма амортизационных отчислений, %; C_k — балансовая стоимость камнекольного пресса; $N_{св}$ — количество рабочих смен в году; $K_{роб. i}$ — количество персонала i -го разряда, обслуживающих камнекольный пресс; $H_{н. i}$ — нормированные годовые ставки обслуживающего персонала i -го разряда; $H_{м. i}$ — норма отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт камнекольного пресса; C_p — цена одного комплекта раскалывающего инструмента, сом; ξ_p — износостойкость комплекта раскалывающих инструментов, $\text{м}^2/\text{компл.}$; $H_{\Sigma м}$ — норма затрат на прочие материалы по обеспечению работы камнекольного пресса, отнесенных на 1 м^2 готовой продукции; K_s — коэффициент учитывающий геометрическую конфигурацию заготовки.

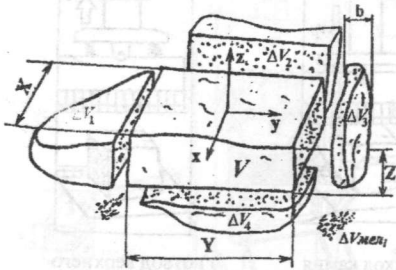


Рис.3. К оценке потерь сырья

Процесс производства колотых изделий сопровождается потерей сырья, связанное с тем, что обрабатываемое сырье имеет неправильную геометрическую форму и для получения кондиционной продукции (брусчатки) необходимо совершить несколько расколов с целью придания заготовке требуемую форму (рис.3).

Для оценки потерь сырья можно воспользоваться выражением:

$$K\Delta = 1 - K_s = 1 - \frac{V_{изд}}{V_{исх}} = 1 - \frac{XYZ}{XYZ'}, (4)$$

где K_s — коэффициент выхода готовой продукции; $V_{исх}$ — объем исходного обрабатываемого сырья, м^3 ; $V_{изд}$ — объем изделия (брусчатки).

Из выражения (4) следует, что потери сырья зависят исключительно от исходной геометрической конфигурации обрабатываемого камня и размеров получаемого изделия.

С точки зрения сокращения потерь сырья представляет интерес толщина откалываемой части заготовки (b), значение которой определяется технологическими возможностями камнекольного пресса и квалификацией оператора, обслуживающего пресс. В связи с этим, в работе изучена характеристика геометрических параметров исходного сырья и разработаны технологические рекомендации по рациональной обработке заготовок в зависимости от их конфигурации.

На рис.4 представлены зависимости сменной производительности камнекольного пресса, каждая из которых построена при усредненных значениях других

факторов, определенных по результатам хронометражных наблюдений: $t_{под} = 42$ мин; $t_{уст} = 48$ мин; $t_n = 24$ мин; $t_p = 43$ мин; $t_o = 21$ мин; $t_{уб} = 26$ мин; $T_{пр} = 161$ мин; $T_T = 32$ мин; $T_{нз} = 23$ мин; $K_p = 4$. Из них заметно, что наибольшее влияние на $\Pi_{см}$ оказывают: количество расколов (K_p), совершаемых для получения одного изделия, время простоев ($T_{пр}$) и габаритные размеры (XYZ). Как видно из рис.4, а), сменная производительность изменяется пропорционально (K_p). При увеличении высоты брусчатки Z от 10 до 35 см $\Pi_{см}$ повышается от 5 до $11,8 \text{ м}^2$, т.е. почти в 2,3 раза. Производительность находится в прямопропорциональной зависимости от времени простоев (если $T_{пр} \rightarrow \infty$, то $\Pi_{см} \rightarrow 0$, рис.4, а), что указывает на необходимость рационализации показателей технологического процесса.

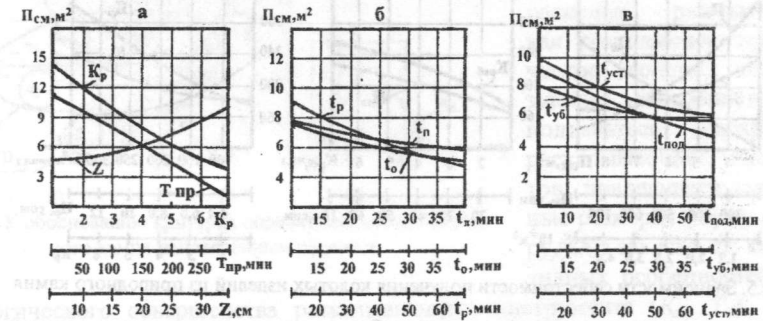


Рис.4. Зависимости сменной производительности технологического процесса производства колотых изделий из природного камня

Из факторов, характеризующих степень технологичности камнекольного пресса заметное влияние на $\Pi_{см}$ имеет t_p (рис.4, б), что обуславливает необходимость глубокого изучения физико-механических свойств камня и конструктивного совершенствования механизма адаптации (МА) камнекольных прессов, с учетом шероховатости и радиуса кривизны (R_z) раскалываемой заготовки. Полученные количественные данные могут использоваться для проектирования поточных технологических линий.

Весьма значительное влияние на $\Pi_{см}$ оказывают время подачи $t_{под}$ и уборку камня $t_{уб}$ (рис.4, в). Отсюда возникает необходимость создания вспомогательного технологического оборудования к камнекольному прессу, позволяющего механизировать операции подачи и снятия камня с рабочего стола. Существенное влияние на сменную производительность оказывает время $t_{уст}$, так как операция переворачивания и установки (ориентировки) камня перед каждым расколом повторяется многократно. Этот факт обуславливает необходимость оснащения пресса специальным ориентирующим устройством вращательно-поворотного действия, встроенного непосредственно на рабочем столе камнекольного пресса.

Из анализа зависимостей себестоимости производства колотых изделий из камня, представленных на рис.5 следует, что зависимость $C = f(I, R)$ носит почти

линейный характер (рис.5,а), т.е., при увеличении балансовой стоимости прессы C_k от 500 до 800 тыс. сомов себестоимость пропорциональна возрастает от 176 до 240 сом/м². Зависимость $C=f(P_{cm})$ – нелинейная, при значении $P_{cm}<5$ м² себестоимость изделий резко возрастает до 340 сом/м² и приводит к их удорожанию более чем в 1,5 раза. Следовательно, технические средства и технология обработки камня должны обеспечить высокую производительность, а камнекольное оборудование должно быть как можно дешевле, чего можно добиться упрощением конструкции и применением серийных узлов, недорогостоящего металла и т.п.

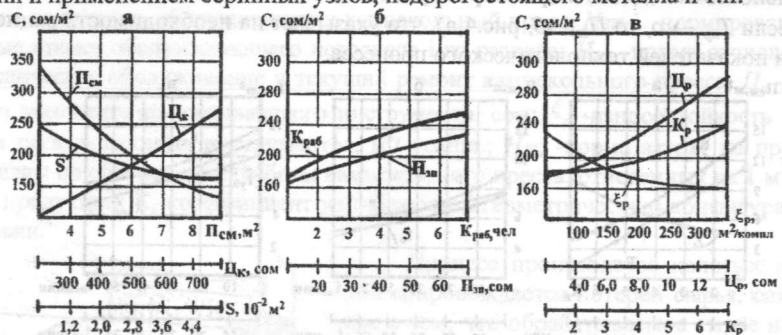


Рис.5. Зависимости себестоимости получения колотых изделий из природного камня

Весьма существенное влияние на себестоимость производства колотых изделий оказывают геометрические размеры обрабатываемого камня (рис.5, а). Так, увеличение размеров (лицевой площади) брусчатки ($S=x \cdot y$) от $1,2 \times 10^{-2}$ м² ($x \cdot y \cdot z = 12 \times 10 \times 10$ см) до $4,8 \times 10^{-2}$ м² ($x \cdot y \cdot z = 24 \times 20 \times 10$ см) способствует к снижению (C) от 212 сом/м² до 165 сом/м², то есть удешевляет на 47сомов за 1 м². Причем начиная с интервала $S=2,8 \times 10^{-2}$ м² степень влияния S на (C) значительно уменьшается. Это свидетельствует о том, что именно эти размеры являются оптимальными с точки зрения уменьшения себестоимости получаемых изделий.

Значительное влияние на себестоимость колотых изделий оказывают количество (K_{rab}) и тарифная ставка ($H_{зн}$) обслуживающего персонала. Зависимости $C=f(K_{rab})$ и $C=f(H_{зн})$ близки к линейной (см. рис.5, б). Отсюда следует, что камнекольный пресс должен управляться малым количеством персонала и быть простым в обращении.

Существенное влияние (K_p) на себестоимость (рис.5, в), объясняется разнообразием конфигураций заготовок и обуславливает необходимость поиска новых архитектурных структур с использованием отходов раскола. Применение раскалывающих инструментов стойкостью (ξ_p) ниже 150 м² является нерациональным, так как при этом себестоимость может возрастать от 190 до 225 сом/м² (рис.5, в).

Из анализа показателей эксплуатации камнекольных прессов установлено, что транспортировка сырья к месту обработки занимает львиную долю в структу-

ре затрат, составляя почти 40 % от себестоимости. Это подтверждает целесообразность создания передвижных конструкций прессов, позволяющих получить продукцию непосредственно на месте расположения каменного сырья.

Анализ влияния исходного вида сырья на главные показатели процесса (рис. 4,5), обусловленного геометрическими параметрами и физико-механическими свойствами камня показал, что необходимо провести специальные исследования по обрабатываемости камня, с целью выявления оптимальных видов каменного сырья и наиболее эффективных приемов обработки расколом.

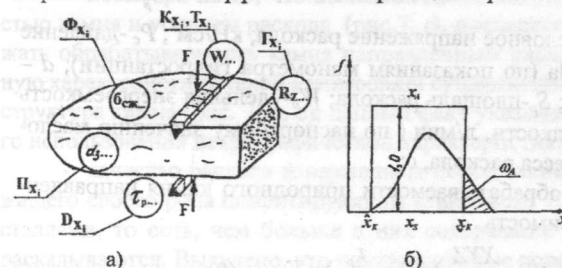


Рис.6. К обоснованию критерия обрабатываемости природного камня направленным расколом.

Обрабатываемость природного камня направленным расколом рассматривается как комплексное технологическое свойство, характеризующее способность камня поддаваться воздействию раскалывающих инструментов, придающего ему заданные размеры, форму и фактуру. Она зависит от: конструктивных особенностей и техно-

нологического совершенства раскалывающего инструмента (K_{xi} , T_{xi}), физико-механических свойств (Φ_{xi}), а также петрографической характеристики камня (P_{xi}). При определении обрабатываемости направленным расколом следует учитывать исходную геометрическую форму и требования к конечному виду получаемой продукции (Γ_{xi}) (рис.6).

Упрощенную математическую модель обрабатываемости камня направленным расколом по одному произвольно выбранному параметру x можно выразить в виде функции Дирихле:

$$K_o = 1 - \int_{\omega_A} f(x) dx, \quad (5)$$

Очевидно, что коэффициент обрабатываемости K_o изменяется в пределах от 0 до 1, а физический смысл этого критерия заключается в оценке обрабатываемости различных образцов природного камня направленным расколом для того, чтобы правильно подбирать исходное сырье и эффективно управлять процессом их обработки. На рис.6, б показан пример, когда множество $\omega_A = \{x_i \cap x_s\}$ расположено справа от кривой распределения закона $f(x)$ и следовательно в области ω_A камнекольный пресс не может производить полезные действия, то есть обрабатываемость камня направленным расколом не обеспечивается.

С целью оценки обрабатываемости различных образцов природного камня проводились опыты. При этом обрабатываемость камня направленным расколом оценивалась на основе трех составляющих: а) по геометрической характеристике

(K_s) исходного сырья с учетом конфигурации и размеров заготовки: $K_s = 1/K_p$; б) по качественной характеристике (K_A) изделий (размеры изделия, ровная поверхность, наличие дефектов и др.), определяемой из выражения (4); в) по прочностной характеристике (K_o), отражающей влияние физико-механических свойств обрабатываемого камня на конструктивно-технологические параметры пресса, которая зависит от силовых и энергетических показателей раскола, определяемых как:

$$F_p = \frac{\pi d^2}{4}(P_c - 3), \quad (6); \quad \tau_p = F_p/S_p, \quad (7); \quad W_p = 0044 \frac{P_c \cdot Q \cdot t_p}{S_p}, \quad (8)$$

где, F_p -усилие раскола, кН; τ_p -условное напряжение раскола, кН/см²; P_c -давление жидкости в гидроцилиндре, МПа (по показаниям манометра гидростанции); d -диаметр поршня гидроцилиндра; S_p -площадь раскола; W_p -удельная энергоёмкость раскола, кВт·ч/м²; Q -расход жидкости, л/мин (по паспортному значению маслостанции); t_p -длительность процесса раскола, с;

Для комплексной оценки обрабатываемости природного камня направленным расколом предложена зависимость

$$K_o = \frac{1}{K_p} \times \left(1 - \frac{XYZ}{XYZ'}\right) \times \left(1 - \frac{\tau_p}{\sigma_{сж}}\right) \times K_m, \quad (9)$$

где K_m представляет собой корректирующий коэффициент, учитывающий влияние петрографической характеристики камня (структуры и строения).

Опыты показали, что к направленному расколу хорошо подвергаются известняк-ракушечник «Сары-Таш», и обломочные отложения речных камней, условно названные «Сай-Таш». Метаморфические породы, особенно мраморы, менее способны воспринимать брусчатую форму при обработке расколом (табл.1).

Таблица 1

Результаты исследования обрабатываемости некоторых образцов природного камня направленным расколом

№ п.п.	Вид природного камня	Показатели обрабатываемости камня направленным расколом					K_o
		F_p , кН	τ_p	K_s	$K_{\sigma} = \tau_p/\sigma_{сж}$	K_b	
1.	Мрамор «Акарт»	45	0,50	1/6	0,67	0,45	0,03
2.	Известняк «Араван»	50	0,55	1/6	0,92	0,52	0,098
3.	Известняк-ракушечник «Сары-Таш»	50	0,38	1/3	0,76	0,75	0,19
4.	Гранодиорит «Каинды»	305	0,98	-	0,57	-	-
5.	Сиенит «Ак-Улен»	250	0,83	-	0,52	-	-
6.	Пикрит «Хиват»	120	0,85	1/6	0,71	0,45	0,04
7.	Гранодиорит «Булоду»	100	0,65	1/6	0,59	0,5	0,06
8.	Речные камни «Кара-Дарья»	200	1,85	1/4	0,92	0,65	0,15
9.	Речные камни «Ак-Буура»	100	0,62	1/4	0,52	0,67	0,18

Из результатов проведенных опытов и анализа зависимостей, представленных на рис.7. и табл.1 вытекает:

- усилие раскола с увеличением геометрических размеров камня (S) монотонно возрастает (рис.7,а); наибольшим усилием при одной и той же площади раскола, раскалываются изверженные породы 2,3;

- при малых площадях раскола ($S_p < 200$ см²) условное напряжение и удельная энергоёмкость резко возрастают (рис.7, б, в); опыты свидетельствуют, что с точки зрения минимальной энергоёмкости наиболее оптимальным является обработка заготовок с $S=288$ см², с размерами в сечении не менее 24 x 12 см;

- несмотря на то, что выявлена довольно устойчивая связь между прочностью камня и усилием раскола (рис.7, г), последнее не может в полной мере отражать обрабатываемость камня направленным расколом, так как на количественную характеристику такой взаимосвязи существенно влияет минеральный состав и структура камня (рис.7, д, е); данный факт указывает на целесообразность умелого использования петрографической характеристики камня;

- качество раскола изверженных пород зависит от содержания кварца, служащего своего рода цементирующим веществом, упрочняющим связь между кристаллами, то есть, чем больше в них содержание кварца, тем качественнее они раскалываются. Выявлено, что ультраосновные породы, имеющие в своем составе менее 40 % кварца, (например, пикрит) раскалываются большими неровностями и не пригодны для получения качественной брусчатки;

- с увеличением размеров зерен у кристаллических пород наблюдается уменьшение τ_p , даже при одной и той же площади раскола (рис.7, д);

- влияние минерального состава пород на силовые показатели раскола отражается тем, что породы, имеющие однородный состав, раскалываются при меньших усилиях (например, известняк-ракушечник).

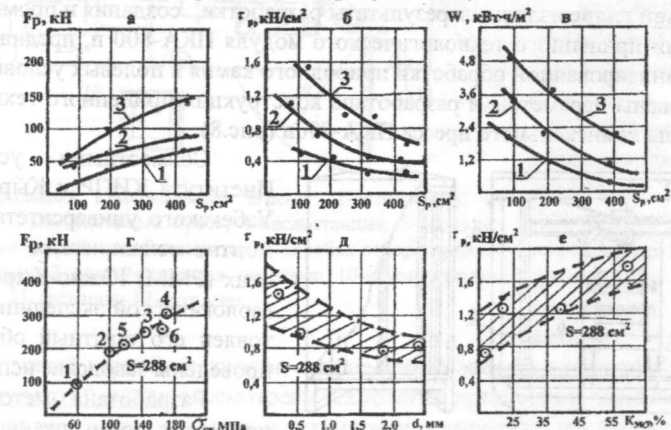


Рис.7. Зависимости силовых и энергетических показателей обработки камня расколом: 1-известняк-ракушечник, 2-гранодиорит «Сай-Таш», 3-пикрит «Хиват», 4-гранит «Каинды», 5-мрамор «Акарт», 6-сиенит «Ак-Улен».

Основываясь на результатах опытов, корректировочный коэффициент K_m , используемый в выражении (6), учитывающий влияние петрографической характеристики обрабатываемого камня представляется целесообразным определить как:

$$K_m = \frac{K_{M\alpha const}}{\sum K_M}, \quad (10) \text{ или,} \quad K_m = \frac{d_{3const}}{\sum d}, \quad (11) \quad \eta_{акт} = 1 - \frac{m}{100}, \quad (12)$$

где $K_{M\alpha const}$ — количество минералов одинаковой прочности; $\sum K_M$ — общее количество минералов в составе породы; d_{3const} — количество зерен с одинаковым размером в общем объеме частиц, слагающих породу $\sum d$, в %; m — процентное содержание твердых включений с размерами более 5 мм. Выражения (10, 11, 12) условно названы нами минералогическим критерием обрабатываемости и при расчете показателей процесса обработки камня расколом его рекомендуется учитывать. Из него следует, что однородные породы, слагаемые из частиц одинакового размера, характеризуются наилучшей обрабатываемостью по качеству раскола.

В качестве дополнительных условий (D_{xi}), сопровождающих процесс, рассмотрено влияние напряженного состояния камня под воздействием инструмента. При обработке заготовок камня с однородным минеральным составом рекомендовано раскалывать их с таким расчетом, чтобы толщина откалываемой части составляла не менее половины его высоты.

На основе рассмотрения схемы взаимодействия рабочего органа камнекольного пресса с поверхностью обрабатываемого камня выявлено, что улучшения качества поверхности раскола можно добиться оснащением рабочего органа пресса инструментами с выпуклым лезвием, обеспечивающим наибольшую равномерность распределения нагрузки по сравнению с прямым лезвием.

В третьей главе изложены результаты разработки, создания и промышленной апробации прицепного технологического модуля ПКА-800 п, предназначенного для механизированной обработки природного камня в полевых условиях.

Обоснованы параметры и разработана конструкция прицепного технологического модуля камнекольного пресса ПКА-800п (рис.8).

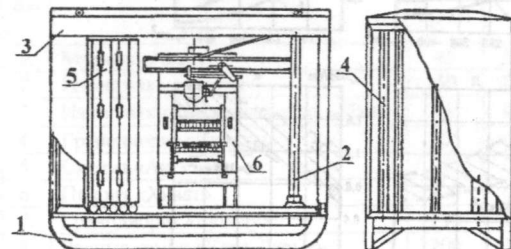


Рис.8. Прицепной технологический модуль ПКА-800: 1-передвижное устройство; 2-подъемно-подающее устройство; 3-крыша; 4-стойка; 5-боковые стены; 6- камнекольный пресс.

Совместными усилиями Института КИПР и Кыргызско-Узбекского университета на Ремонтно-механических мастерских (РММ) Южно-Кыргызской геологической экспедиции изготовлен его опытный образец и проведены заводские испытания.

Разработана методика и проведена промышленная апробация прицепного технологического модуля на объектах Ген-

дирекции «Ош-3000», где получаемые изделия использовались для строительства пешеходных дорожек на восточном склоне Сулайман-Тоо, а также в микрорайоне «Курманжан-Датка» г. Ош. Испытания показали функциональную работоспособность узлов и механизмов модуля, а также улучшение технико-экономических и эксплуатационных показателей технологического процесса производства колотых изделий (табл.2).

В результате использования технологического модуля производительность труда за счет исключения тяжелой ручной подачи камня возросла от 6 до 8,1 м²/смена, а себестоимость получаемых изделий снизилась от 240,2 до 141,7 сом/м² по сравнению стационарным вариантом эксплуатации камнекольного пресса. Коэффициент использования пресса повысилась от 0,47 до 0,65.

Таблица 2

Обозначение	Средние значения составляющих сменного времени						
	$T_{оп} = T_o + T_b$	T_r	$T_{пз}$	$T_{пр}$			$T_{см.}$
			t_r	t_o	$t_{пр}$		
Абсолют. значения, мин.	204/180	32/18	23/7	18/26	83/79	60/70	420/380
Относит. значения, %	48,6/42,2	7,6/4,2	5,5/1,6	4,3/6,2	20/19	14,3/16,6	100/100

Примечание: В числителе указаны данные прицепного технологического модуля, в знаменателе данные стационарного варианта ПКА – 800.

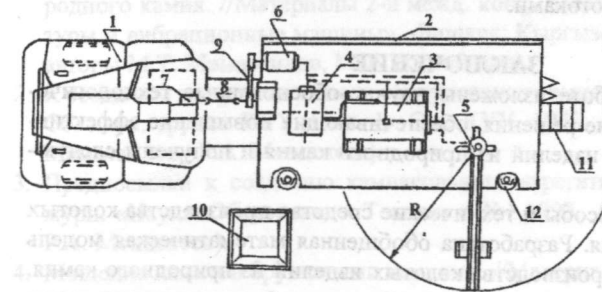


Рис.9. Мобильный камнекольный агрегат: 1-автомобиль; 2-платформа; 3-камнекольный пресс; 4-маслостанция; 5-подъемно-подающее устройство; 6-генератор; 7-коробка отбора мощности; 8-карданный вал; 9-ременная передача; 10-накопительное устройство; 11-лестница; 12-аутригер.

труднодоступной горной местности, отдаленной от энергоисточников (рис.9).

В четвертой главе рассмотрена технология применения колотых изделий. Обоснованы научно-технические и технико-экономические предпосылки для использования колотых изделий в различных отраслях строительства. Установлено, что брусчатый камень при прочих равных условиях превосходит по сроку службы

По результатам создания и апробации прицепного модуля, в целях дальнейшего его совершенствования разработана конструкция мобильного камнекольного агрегата МКА-800 на шасси высокопроходимого автомобиля КРАЗ-255Б. Агрегат имеет полное автономное питание от дизельного двигателя автомобиля, обеспечивающего работу в труднодоступной горной местности, отдаленной от энергоисточников (рис.9).

другие виды строительных изделий, в том числе асфальто-бетонные покрытия и при этом практически не требует дальнейших эксплуатационных расходов по содержанию.

Показано, что перспективными областями применения колотых изделий являются индивидуальное жилищное строительство в горных районах и гидротехническое строительство, где за счет использования местного сырья можно реализовать бесцементные, ресурсосберегающие технологии сооружения объектов.

Разработана и апробирована ресурсосберегающая технология получения и применения тротуарных плит из речных камней «Сай-Таш» и отходов распиловки известняка-ракушечника «Сары-Таш». По результатам промышленной апробации изделия, получаемые по данной технологии, рекомендуются для внедрения в благоустройстве объектов городского жилищно-коммунального хозяйства.

Рассмотрены вопросы мощения каналов камнями. Исходя из условий обеспечения устойчивости мостовой к размывающему действию воды и снижения затрат на переустройство каналов показаны преимущества мощения каналов брусчатыми камнями. Предложена технология мощения каналов с применением прицепного модуля ПКА-800п и местных сырьевых источников камня, позволяющая увеличить КПД водораспределительной сети за счет сокращения фильтрационных потерь воды на 25 % и длины работающих каналов на одну треть. Технология также рекомендуется при проведении берегоукрепительных работ, в целях борьбы с наводнениями и селевыми потоками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены научно-обоснованные технологические разработки и технические решения, обеспечивающие повышение эффективности производства колотых изделий из природного камня и получены следующие **основные результаты**.

Систематизированы способы и технические средства производства колотых изделий из природного камня. Разработана обобщенная математическая модель технологического процесса производства колотых изделий из природного камня. Установлены зависимости главных показателей процесса: производительности камнекольного пресса, себестоимости получаемых изделий и потерь сырья от различных технологических факторов. На основе анализа полученных зависимостей выявлены резервы и направления совершенствования технологического процесса.

Предложен эмпирический метод определения обрабатываемости природного камня направленным расколом, с учетом конструктивно-технологических параметров камнекольного станка, совокупности физико-механических свойств, геометрической и петрографической характеристики природного камня. Установлены рациональные геометрические размеры колотых изделий с точки зрения минимальных энергетических и материальных затрат.

Обоснованы параметры и разработана конструкция прицепного технологического модуля камнекольного пресса ПКА-800п. Изготовлен его опытный образец и проведена промышленная апробация, по результатам которой производительность труда повышается на 34...36 %, а себестоимость получаемых изделий снижается на 38...40 % по сравнению стационарным вариантом пресса.

Разработана конструкция мобильного камнекольного агрегата МКА-800 на шасси высокопроходимого автомобиля КРАЗ-255Б, предназначенная для производства колотых изделий на труднодоступных месторождениях природного камня, отдаленных от энергоисточников.

Осуществлен сравнительный анализ экономической эффективности и показаны перспективные области применения колотых изделий в строительстве. Разработана и апробирована ресурсосберегающая технология производства тротуарных плит из речных камней «Сай-Таш» и отходов распиловки известняка-ракушечника «Сары-Таш».

Дальнейшие перспективы исследований могут быть связаны созданием поточных технологических линий камнекольных прессов и разработкой нормативно-технической документации на колотые изделия.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. К теории технологического процесса производства колотых изделий из природного камня. //Материалы 2-й межд. конф. «Механизмы переменной структуры и вибрационные машины». -Бишкек: Кыргызстан, 1995. – С.219-224. (соавторы М.Т. Мамасаидов, М.Т. Токтобеков).
2. К созданию вспомогательного оборудования камнекольному прессу ПКА-800п. Сб. науч. трудов КУУ. Вып. 1. -Ош: КУУ, 1998. -С. 169-173. (соавторы М.Т. Мамасаидов, Р.А. Мендекеев).
3. Предпосылки к созданию камнекольного агрегата ПКА-800м. //Межд. науч. журн. «Наука. Образование. Техника» №1,1999. -Ош: КУУ. -С.25-28 (соавтор Р.А. Мендекеев).
4. Мощение каналов брусчатыми камнями. //Материалы межд. науч.-практ. конф. “Проблемы интенсиф. сельскохоз. производства в современных условиях”.-Ош: ОшГУ, 1999.-С.81-86. (соавтор Р.А. Мендекеев).
5. Проблемы переработки отходов природного камня. //Межд. науч. журнал. “Наука. Образование. Техника.” №2. –Ош: КУУ, 1999.-С.12-15 (соавторы М.Т. Мамасаидов, Р.А. Мендекеев).
6. Анализ показателей техпроцесса производства колотых изделий и природного камня. //Мат. межд. науч. конф. “История, культура и экономика Юга Кыргызстана”. –Ош: КУУ, 2000. –С.339-347.(соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
7. Методика определения производительности камнекольных прессов. //Материалы межд.научн. конф. “Совр. техн. и управление качеством в образо-

- вании, науке и производстве: опыт адаптации и внедрения». Часть II. -Бишкек: КТУ, 2001. -С.315-320. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
8. Техника и технология обработки камня расколом на современном этапе. /Сб. тр. ЮО НАН КР. -Бишкек: Илим, 2001. -С.39-44. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев, А.К.Кадыркулов).
 9. Влияние исходного вида и геометрических параметров обрабатываемого камня на показатели раскола./Сб. тр. ЮО НАН КР. -Бишкек: Илим, 2001. -С.44-50.
 10. Результаты промышленной апробации опытного образца прицепного технологического модуля камнекольного пресса ПКА-800п. Сб. научн. тр. Вып.2. Ош: КУУ, 2001. -С.242-247. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
 11. Исследование и технологическое опробование некоторых образцов природного камня в качестве дорожного покрытия. //Новые наукоемкие технологии и технологическое оборудование. -Бишкек: Технология, 2001. -С.197-203. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
 12. К определению обрабатываемости образцов природного камня направленным расколом методами теории упругости. /Материалы науч. практ.конф. посв. Году гор "Природные ресурсы Тянь-Шаня". Часть 2. -Ош: ОшГУ, 2002. -С.205-210 (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
 13. Влияние конструктивного совершенства механизма адаптации камнекольного пресса на обрабатываемость камня направленным расколом. /Вестник ОшГУ, 2002. -№5. Серия физ.-мат.наук. -С.179-183. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
 14. Перспективы использования колотых изделий из природного камня в современном строительстве. /Материалы межд. научн. конф. посвящ. 10-летию индийско-кыргызского сотрудничества. -Ош: ОшГУ, 2002. -С.179-184.
 15. Способ изготовления колотых строительных изделий из природного камня. Патент КР №546 от 31.01.03г. (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).
 16. Мобильный камнекольный агрегат. Патент КР №566 от 31.03.03г (соавторы М.Т.Мамасаидов, Р.А.Мендекеев).

РЕЗЮМЕ

Калдыбаев Нурланбек Арзымаматович: "Табиғый таштардан жаруу жолу менен курулуш буюмдарын алуунун технологиясын негиздөө"

Ачкыч сөздөр: Табиғый таш, багыттуу жаруу, таш жаруучу пресс, технологиялык процесстин модели, жылып жүрүүчү модуль, өндүрүштүк сыноо.

Диссертациялык жумуш табиғый ташты жаруу жолу менен ар түрдүү курулуш буюмдарын алуунун технологиясын изилдөөгө арналган. Мында ташты жаруунун ар кандай ыкмалары жана аларды ишке ашыруучу техникалык шаймандар тууралуу маалыматтар жалпылаштырылып берилген.

Ташты жаруу жолу менен буюм чыгаруунун технологиялык процессинин жалпыланган модели түзүлгөн, анализ жүргүзүнүн натыйжасында

процесстин негизги көрсөткүчтөрүн рационалдаштыруу сунуштары иштелип чыккан. Табиғый таштын үлгүлөрүнүн багыттуу жарылуусун аныктоо боюнча тажрыйбалык метод сунуш кылынган.

Таш жаруучу пресстердин конструкциясы өркүндөтүлүп, алардын жаны жылып жүрүүчү мобилдуу түрлөрү иштелип чыгып, айрымдары өндүрүштүк сыноодон өткөзүлгөн. Чыгарылган таш буюмдарын архитектура жана курулуш тармактарында эффективдуу пайдалануунун ыкмалары негизделген.

РЕЗЮМЕ

Калдыбаев Нурланбек Арзымаматович: "Обоснование технологического процесса производства колотых изделий из природного камня"

Ключевые слова: природный камень, направленный раскол, камнекольный пресс, модель технологического процесса, передвижной модуль, промышленная апробация.

Диссертационная работа посвящена исследованию технологического процесса производства колотых изделий из природного камня. Проведен обзор и анализ существующих способов и технических средств для направленного раскола природного камня.

Разработана обобщенная модель технологического процесса получения колотых изделий и на основе анализа его главных показателей выработаны рекомендации по их рационализации. Предложен эмпирический метод определения обрабатываемости образцов природного камня направленным расколом.

Разработаны и апробированы в производственных условиях мобильные передвижные конструкции камнекольных прессов, оснащенные вспомогательным технологическим оборудованием. Обоснованы рациональные области применения колотых изделий в строительстве.

THE RESUME

Kaldybaev Nurlanbek Arsimatovich: "Substantiation of technological process of manufacture of chipped products from a natural stone"

Key words: the natural stone, the directed split, stone milling, model of technological process, the mobile module.

Dissertational work is devoted to research of technological process of manufacture of chipped products from a natural stone. The review and the analysis of existing ways and means for the directed split of a natural stone is carried out.

The generalized model of technological process reception chipped products is developed and on the basis of the analysis of his main parameters recommendations for their rationalization are produced. The empirical method of definition machinability samples a natural stone's offered by the directed split.

Mobile module designs equipped are developed and approved by the auxiliary process equipment on industrial conditions. Rational scopes of chipped products in construction are proved.