

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
КОЛОТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ В ДОРОЖНОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ****EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF BATTERS PRODUCTS FROM
NATURAL STONE IN ROAD CONSTRUCTION**

Рассмотрены возможности применения колотых изделий из природного камня для строительства автомобильных дорог и дана оценка экономической эффективности дорожных покрытий из брусчатого камня по сравнению с асфальтобетонными изделиями. Показано, что применение местных каменных материалов обеспечит декоративность и долговечность дорожного покрытия, экономически выгодно за счет снижения эксплуатационных затрат и увеличения срока службы покрытия.

Ключевые слова: природный камень, направленный раскол, колотые строительные изделия, транспортные сооружения, дорожное покрытие, экономическая эффективность.

Макалада жаратылыш таштарынан сындыруу ыкмасы менен алынган курулуш буюмдарын автомобиль жолдорун курууда колдонуу мүмкүнчүлүктөрү каралып, мындай таштардан жасалган жол каптамасынын асфальт-бетон каптамаларына салыштырмалуу экономикалык эффективдүүлүгүнө баа берилген. Жергиликтүү таш материалдарын колдонуу менен жасалган жол каптамасы кооздугу жана түбөлүктүүлүгү менен айырмаланып, аны эксплуатациялык тейлөөдөгү чыгымдардын кыскарышына байланыштуу экономикалык жактан пайдалуу экендиги көрсөтүлгөн.

Ачык сөздөр: жаратылыш ташы, багыттуу сындыруу, сындыруу ыкмасы менен алынган курулуш буюмдары, транспорттук курулмалар, жол каптамасы, экономикалык эффективдүүлүк.

The possible uses of gold products made of natural stone for construction of highways and the evaluation of economic efficiency of the cobbled pavements of stone compared to asphalt products. It is shown that the use of local stone materials provide durability and decorative paving is economically advantageous due to lower operational costs and increase service life.

Keywords: natural stone, directed split, chipped building products, transportation construction, pavement, economic efficiency.

Недра Кыргызстана чрезвычайно богаты месторождениями природного камня, служащего ценным строительным материалом. Среди прочих архитектурно-строительных изделий из природного камня особое место занимают колотые изделия, возможности использования которых пока не реализованы в полной мере. В декоративном отношении их главным преимуществом является сохранение на лицевой поверхности изделий естественного, первозданного вида камня без следов инструмента. При этом красота отражается блеском кристаллов, чередующимися буграми и впадинами, придающими камню приятный, выразительный рельеф. Благоприятные условия для их широкого применения создает также возможность их получения сравнительно малыми энергетическими и материальными затратами [1].

Одним из перспективных направлений использования изделий из природного камня является дорожное строительство. Практика показывает, что дорожное покрытие из природного камня по себестоимости иногда дешевле, чем асфальт, а по сроку службы

превосходит все аналогичные изделия. Также брусчатка выгодно отличается от асфальта тем, что ее можно, при необходимости, демонтировать, а затем выложить на прежнее место без каких-либо повреждений. Выполняемая полностью из натуральных материалов, различной формы брусчатка является безопасным дорожным покрытием, которое прослужит несколько десятков лет. В Кыргызстане большинство автодорог проходят по горной трассе, где в близости всегда имеются скопления природного камня (штучный камень в виде гранита и др. горные породы). Например, в автотрассе Ош-Бишкек наблюдается обилие сырья в виде булыжников и валунов. В связи с этим представляется перспективным использование природного камня в строительстве горных дорог. В Кыргызской республике для этого имеется научно-технический задел: разработаны конструкции камнекольных прессов типа ПКА «Аскаш» (Институт машиноведения), позволяющие получать различные колотые изделия из природного камня. Разработаны и апробированы технологии мощения дорог на объектах Ош-3000 (Кыргызско-Узбекский университет, Институт природных ресурсов ЮО НАН КР). Имеется опыт применения местных сырьевых материалов, в том числе из речных камней (валуны и булыжные камни), так называемых «Сайташ».

Колотые изделия из природного камня также могут найти применение для берегоукрепительных работ и реабилитации хвостохранилищ, а также в индивидуальном жилищном строительстве в условиях горных территорий.

Обоснование экономической эффективности применения различных материалов в качестве дорожного покрытия необходимо выполнять с учетом основных положений, изложенных в [1,2].

Основным критерием для оценки экономической эффективности капитальных вложений в различные отрасли народного хозяйства, в том числе и в дорожное строительство, является прирост национального дохода по отношению к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост.

Эффективность капиталовложений характеризуют коэффициентом эффективности, т. е. отношением прироста годовой прибыли к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост

$$E = \Delta/K, (1)$$

где Δ — годовая прибыль (экономия) в результате строительства или реконструкции дороги; K — капиталовложения на строительство или реконструкцию дороги. Величина, обратная коэффициенту эффективности, называется *сроком окупаемости* капиталовложений.

$$T_o = \frac{1}{E} = \frac{K}{\Delta} (2)$$

При сравнении вариантов дорожных одежд с применением местных и привозных материалов за расчетный период времени приведения затрат принимают межремонтный срок для наиболее капитального варианта дорожного покрытия. Выявление технико-экономической целесообразности использования местных материалов должно начинаться на стадии конструирования дорожной одежды. Согласно современной теории прочности, дорожные одежды нежесткого типа, работающие под воздействием временных нагрузок в стадии обратимых (упругих) деформаций, рассматриваются как сложные линейно-деформируемые системы, каждый слой которых характеризуется модулем упругости E , коэффициентом Пуассона μ и толщиной h . Способность каждого слоя сопротивляться изгибу при воздействии временной нагрузки зависит от его толщины и модуля упругости материала слоя и может быть охарактеризована показателем жесткости EI (где I — момент инерции вертикального прямоугольного сечения слоя шириной $b=l$). При одинаковой жесткости слоев, устраиваемых из местного и привозного материала, т. е. при $E_M I_M = E_{П} I_{П}$, слои равнопрочны и взаимозаменяемы (эквивалентны).

Моменты инерции сечений слоев с местным и привозным камнем определяются по формулам:

$$I_m = \frac{Ih_m^3}{12}, I_n = \frac{Ih_n^3}{12}, (3)$$

После подстановки значений моментов инерции в предыдущую формулу и преобразований получим

$$\frac{h_m}{h_n} = \sqrt[3]{\frac{E_n}{E_m}}, (4)$$

где h_m — толщина слоя из местного материала, равноценного по жесткости слою толщиной h_n , устроенному из привозного материала; E_m и E_n — модули упругости слоев, устроенных из местного и привозного материала.

Стоимость устройства 1 м^2 конструктивного слоя дорожной одежды в общем случае может быть определена по формуле

$$P = A + hC, (5)$$

где A — расходы на устройство 1 м^2 слоя, не зависящие от вида каменного материала, сом; h — толщина устраиваемого слоя, м; C — стоимость 1 м^3 каменного материала, примененного в данном слое, франко-трасса, сом.

Тогда стоимость устройства 1 м^2 слоя с применением местного и привозного материала может быть представлена следующими выражениями: при использовании местного материала $P_m = A_m + h_m C_m$; при использовании привозного материала $P_n = A_n + h_n C_n$. Критерий экономической целесообразности применения местного материала в рассматриваемом конструктивном слое может быть выражен в виде неравенства

$$P_m \leq P_n, (6)$$

Положив $A_m \sim A_n$, будем иметь

$$\frac{h_m}{h_n} \leq \frac{C_n}{C_m}, (7)$$

Окончательное выражение для оценки экономической целесообразности применения местного каменного материала в рассматриваемом слое дорожной одежды может быть представлено в виде неравенства

$$\frac{C_m}{C_n} = \sqrt[3]{\frac{E_m}{E_n}}, (8)$$

Графически это условие может быть изображено кривой экономической целесообразности (рис.1), разделяющей поле графика на две части. Верхняя часть поля графика выше кривой является зоной экономической выгоды применения местного каменного материала.

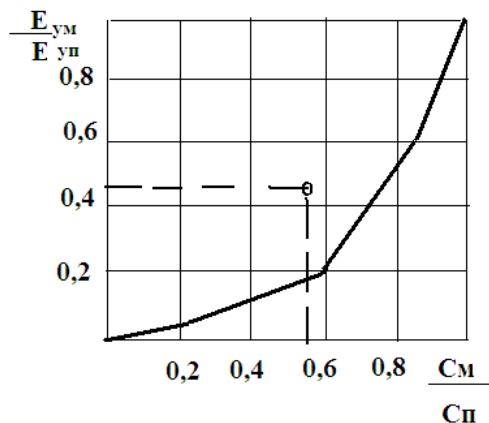


Рис.1.График для предварительного определения технико-экономической целесообразности применения местных каменных материалов

Если точка М с координатами (E_M/E_n ; C_M/C_n) будет находиться в этой зоне, то применение местного каменного материала в проектируемом конструктивном слое будет экономически выгодно.

Анализ конъюнктуры рынка стройматериалов, в частности, показателей использования различных облицовочных материалов, показывает, что природный камень имеет ряд преимуществ, обусловленных его декоративностью и долговечностью (табл. 1.). Причем среди изделий из природного камня наименьшей себестоимостью характеризуются брусчатые камни, изготавливаемые колкой.

Таблица 1 - Сравнительные показатели различных облицовочных изделий

№п. п	Вид облицовочного изделия	Себестоимость изделий, сом/м ²	Ориентировочный срок службы изделий, лет	Предприятия-изготовители
1.	Облицовочные плиты из природного камня: -пиленые -полированные	600 ÷ 3000 800 ÷ 18000	25 ÷ 50 50 ÷ 75	(АО Токмакский камнеобрабатывающий завод, АО «Ош-Акташ», ОсОО «Мрамор-Таш», «КыргызТОО-Таш», «Таш-Махал»)
2.	Асфальтобетонные изделия	3000 ÷ 6000	1 ÷ 5	Асфальтобетонные заводы (АБЗ)
3.	Цементобетонные изделия	350 ÷ 520	3 ÷ 10	АО и ОсОО строительного профиля
4.	Бетонные тротуарные плиты, в т.ч. фигурные	250 ÷ 500	3 ÷ 10	СП «Хоуффинг», «Омран-ЛТД», «Бессер», ОсОО «Темир-Таш» и др.
5.	Железобетонные изделия	650 ÷ 1000	10 ÷ 30	Заводы ЖБИ
6.	Колотые изделия из природного камня (брусчатка)	600 ÷ 800	50 ÷ 100	По данным НИЦ «Природный камень»

Рассмотрим перспективы применения колотых изделий в дорожном строительстве.

Для оценки эффективности капиталовложений в дорожное строительство применяют метод приведенных капиталовложений и эксплуатационных затрат с учетом фактора времени. Этот метод является разновидностью метода сравнительной экономической эффективности. Основой данного метода является приведение всех капиталовложений, затрачиваемых в разное время на строительство и последующую эксплуатацию дороги, включая транспортные расходы на автотранспорт, пользующийся дорогой, к определенному уровню, с последующим их суммированием.

Суммарное значение приведенных затрат Z_{np} рассчитываем по формуле

$$Z_{np} = C_{см} + \sum_{t=1}^{T_c} \frac{C_{к.р}}{(1 + E_{нп})^t} + \sum_{t=1}^{T_c} \frac{C_{с.р}}{(1 + E_{нп})^t} + \sum_{t=1}^{T_c} \frac{C_{т.р}}{(1 + E_{нп})^t}, \quad \text{сом,} \quad (9)$$

где $C_{см}$ -сметная стоимость дорожной одежды; T_c -срок сравнения конструкции в годах, равный сроку службы наиболее долговечной из рассматриваемых конструкций; $C_{к.р}$ –затраты на капитальный ремонт; $C_{с.р}$ –затраты на средний ремонт; $C_{т.р}$ -затраты на текущий ремонт и содержание дороги; $E_{нп}$ -норматив для приведения разновременных затрат, равный 0,08; t -год осуществления затрат.

На основе анализа выражения (9) и опыта строительства дорог, можно сделать вывод, что приведенные затраты включают в себя три основных составляющих: затраты непосредственно на изготовление дорожного покрытия ($Z_{изг.}$), затраты на устройство дорожной одежды ($Z_{устр.}$) и затраты на дальнейшее содержание дорог ($Z_{содерж} = C_{к.р} + C_{с.р} + C_{т.р}$).

На рис. 2. представлены графики изменения приведенных затрат в зависимости от срока службы изделий и диаграмма их структурных составляющих, отражающая обобщенные результаты сравнительного анализа технико-экономических показателей различных облицовочных изделий. Стоимость асфальтобетонных изделий тротуарных плит на основе бетона взяты по данным предприятий-изготовителей (табл.1.), себестоимость устройства покрытий брусчатыми камнями определена по данным опытно-экспериментальных работ, проведенных нами при строительстве пешеходной дорожки на восточном склоне Сулайман-Тоо, проведенных в рамках программы Ош – 3000.

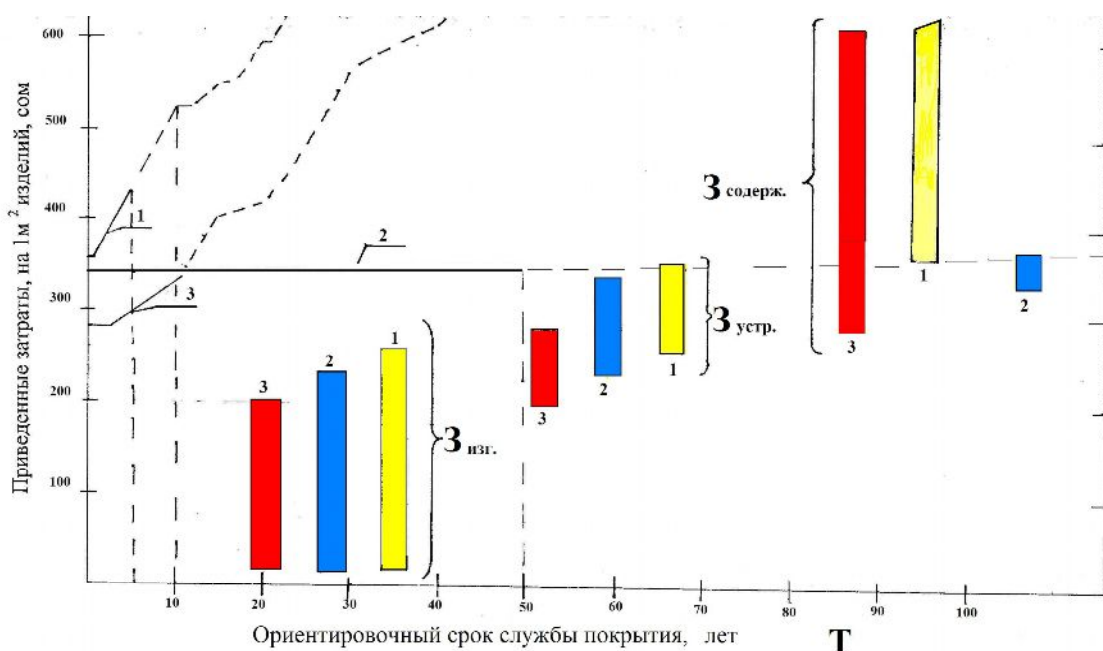


Рис.2. Сравнение технико-экономических показателей различных дорожных покрытий:
1 -асфальт; 2- природный камень; 3- бетон.

Как видно из диаграммы, по величине первоначальных затрат по изготовлению ($Z_{изг.}$) имеет наименьшие значения бетонные тротуарные плиты, а наибольшие – асфальт. Затраты по устройству дорожной одежды у сравниваемых материалов примерно одинаковые, за исключением бетонных тротуарных плит, имеющих наименьшие значения ($Z_{устр.}$), ввиду того, что они имеют ровную поверхность, правильную форму и вследствие этого не требуют затрат по заделке швов между плитами. Их широкое применение, наблюдавшееся в последнее время, обусловлено именно этим фактором.

Минимальных затрат по дальнейшему содержанию дорог ($Z_{содерж}$) требует брусчатка из природного камня. Как заметно из графика, с течением времени T кривая 2, характеризующая затраты на содержание дороги почти не изменяется (то есть не требует ремонта в течение продолжительного времени). Именно это обстоятельство дает большой выигрыш брусчатым камням по сравнению с асфальто-бетонными покрытиями. То есть, мощение дорог колотыми изделиями не требует в дальнейшем эксплуатационных расходов по её содержанию, так как камень является долговечным и декоративным

материалом. И в конечном итоге принесет наибольший экономический эффект за счет большого срока службы.

При определении суммарных приведенных затрат за расчетный период принят полный срок службы дорожной одежды, для дорог I и II категорий с цементобетонным покрытием - не менее 30 лет; для дорог I и II категорий с другими типами покрытий и для дорог III категории - 20 лет; для дорог IV и V категорий - 15 лет. Расчетный период времени не должен быть меньше нормативного срока окупаемости.

По нашим оценкам срок окупаемости дорожных покрытий из природного камня составляет 5-7 лет, а срок службы не менее 50 лет. Значения межремонтных сроков службы дорожных покрытий, установленные строительными нормами приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения межремонтных сроков службы дорожных покрытий

№п/п	Тип дорожного покрытия	Межремонтные сроки службы дорожных покрытий, установленные строительными нормами	
		Капитальный ремонт	Средний ремонт
1	Цементобетонные	30	10
2	Асфальтобетонные	18	6
3	Щебеночные и гравийные, обработанные органическими вяжущими	12	4
4	Из необработанного щебня или гравия	9	3
5	Мостовые булыжные и из грубоколотой шашки	16	8
6	Грунтовый	-	2-3

Краткий SWOT- анализ технологии мощения дорог брусчатыми камнями позволяет выделить следующие моменты:

Преимущества:

- Использование местных источников сырья;
- высокая декоративность;
- удобство монтажа и демонтажа в случае прокладки коммуникаций;
- жаро и холодоустойчивость;
- шероховатость поверхности дорожного покрытия, способствующая эффективному торможению автотранспорта в зимнее время;
- сравнительно низкая стоимость по сравнению с асфальтом;
- повышенный срок службы без ремонта (50 и более лет)

Недостатки:

- необходимость научно-технического обоснования отдельных моментов, в том числе возможности применения в осложненных горных условиях (пересеченная местность, большие уклоны, неустойчивые и оползнеопасные участки и т.п.)
- отсутствие средств механизации по укладке крупногабаритных брусчатых камней.

Указанные недостатки можно решить путем проведения НИОКР, совершенствованием существующих и созданием новых технических средств как по колке так и по укладке камней.

Существенным резервом снижения себестоимости колотых изделий является использование местных сырьевых источников и совершенствование технологии обработки камня расколом. Так, привлечение отходов камнеобрабатывающих предприятий и речных отложений обломочных горных пород («Сай-Таш») позволяют снизить себестоимость изготовления брусчатых камней почти на одну треть.

Перспективными сырьевыми источниками для производства брусчатки являются также плитчатые известняки месторождения «Бозбу-Тоо» (Аксы́йский р-н Жалалабадской области), сиениты месторождения “Ак-Улен” (Иссык-Кульская область), гранодиориты месторождения Булолу (Алайский район) и другие.

Разработанные технологические схемы производства и применения колотых изделий апробировались при строительстве пешеходной дорожки на восточном склоне Сулейман-Тоо, являющейся объектом гендирекции «Ош-3000», а также при строительстве пешеходной дорожки в микрорайоне «Курманжан датка» (г. Ош). При строительстве дорог использовались дугообразная и паркетобразная укладка камней. Основные показатели строительства дороги приведены в табл.3-4.

Таблица 3 - Результаты апробации образцов природного камня в качестве покрытия пешеходной дорожки [1,5]

№ п/п	Наименование показателей	Вид исходного сырья	
		Отходы распиловки (извест.-ракушечник «Сары-Таш»)	Речные камни (“Сай-Таш”)
1.	Производительность обработки на камнекольном прессе, м ² в смену	10	8
2.	Коэффициент выхода готовых изделий (брусчатки)	0,8	0,75
3.	Себестоимость получаемых изделий, сом/м ²	150	180
4.	Характеристика полученных изделий (брусчатки):		
	1.Средние геометрические размеры, мм	200 x 150 x 75	180 x 120 x 75
	2. Масса 1 м ² изделий, кг	380	330
	3. Количество брусчатки в 1 м ²	32-36	44-46

Таблица 4 - Относительный удельный вес составляющих себестоимости производства 1м² брусчатки из речного камня (“Сай-Таш”)

№№	Обозначение составляющих	Средние абсолютные значения, в сомах	Средние относительные значения в %
1.	Приобретение исходного сырья (с учетом транспортировки)	100	56
2.	Амортизационные отчисления	11	6,0
3.	Затраты на ТР и ТО камнекольного пресса	8	4,5
4.	Затраты на приобретение раскалывающих инструментов, ГСМ и электроэнергии	31	17
5.	Заработная плата (с учетом отчислений в соц.фонд)	30	16,5
	ИТОГО:	180	100 %

Примечание*. Себестоимость рассчитана без учета налогообложения.

По результатам проведенных изыскательских работ тротуарные плитки, изготовленные из отходов распиловки известняка-ракушечника «Сары-Таш» и речных камней «Сайташ» рекомендованы нами для широкого внедрения в дорожном строительстве.

По данным Министерства транспорта и коммуникаций, в Кыргызстане 97% всех перевозок осуществляется автомобильным транспортом. Состояние дорог требует постоянного ремонта, необходимо в год ремонтировать более 1000 км дорог. Асфальтное покрытие характеризуется дороговизной и требует постоянного ухода и большого объема ремонтно-восстановительных работ .

Колотые изделия из природного камня можно использовать как для строительства новых, так и для реконструкции или восстановления существующих. Отходы колки могут применяться также для ямочного ремонта автодорог. Средняя стоимость ремонта колеблется в пределах 850 до 1500 сомов за один квадратный метр. Применение каменной дорожной одежды позволить сократить затраты на ремонт и содержание дорог.

Список литературы

1. Калдыбаев Н.А. Перспективы использования колотых изделий из природного камня в современном строительстве [Текст] / Н.А.Калдыбаев // Материалы межд. научн. конф. «Индия-Кыргызстан», посв. 10-летию сотрудничества. – Ош: ОшГУ, 2002. – с.179-184.
2. Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог [Текст] / ВСН 21-83. Минавтодор РСФСР. – Москва: Транспорт, 1985. - 93 с.
3. ГОСТ 23668-79. Камень брусчатый для дорожных покрытий [Текст]. –М: Изд-во стандартов, 1979. –6 с.
4. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог [Текст] – М.: Транспорт, 1976. – 263 с.
5. Мендекеев Р.А. Исследование и технологическое опробование некоторых образцов природного камня в качестве дорожного покрытия. Новые наукоемкие технологии и технологическое оборудование [Текст] / Р.А. Мендекеев, Н.А. Калдыбаев // Материалы конф. посвящ. I-съезду инженеров Кыргызстана и 10-летию Инженерной Академии КР. – Бишкек: Технология, 2001. – С.197-203.