

**Ж.А. Казарян**

**ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ В  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ:  
ОБРАБОТКА, ДИЗАЙН,  
ОБЛИЦОВОЧНЫЕ РАБОТЫ**

**СПРАВОЧНИК**

Москва ООО НИПЦ «Петракомплект» 2010

ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОБРАБОТКА, ДИЗАЙН,  
ОБЛИЦОВОЧНЫЕ РАБОТЫ.  
Справочник-М.: ООО НИПЦ «Петракомплект»,2008.-282 с. ISBN 5-247-00478-7

Наиболее успешные современные фирмы, связанные с работами с применением природного камня чаще всего являются многопрофильными. Многие из них осуществляют весь цикл работ, начиная с добычи и обработки природного камня и кончая проектными, архитектурными и монтажными работами при использовании камня в строительстве и быту. Причем все этапы работ, связанные с природным камнем взаимосвязаны. Специалист по применению природного камня в строительстве должен учитывать весь объем информации по камню, начиная с карьера до строительной площадки. Исходя из этого, в настоящем справочнике дан весь комплекс работ и решений, связанных с использованием природного камня.

В краткой форме даны характеристики каменных материалов, изделий из камня, описаны технологические процессы, оборудование и инструмент для обработки природного камня. Даны основные технологии облицовочных работ с применением природного камня, приведены характерные архитектурные и проектные решения по применению камня в строительстве. Приведен пример основных решений по облицовке гранитом и реставрации существующего здания.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие .....	4
1. Сырье, материалы и изделия из природного камня.....	8
1.1. Общие свойства природных каменных материалов.....	8
1.2. Классификация сырьевых запасов, характеристики основных месторождений природного камня и добываемого сырья.....	21
1.3. Основные свойства природного камня.....	23
1.4. Изделия из природного камня.....	26
1.5. Продукция карьеров природного камня.....	30
1.6. Облицовочные изделия, виды (фактура) обработанных поверхностей.....	38
1.7. Архитектурно-строительные и ритуальные изделия из природного камня.....	44
1.8. Изделия для дорожных покрытий из природного камня.....	57
2. Технологические процессы и оборудование для добычи природного камня.....	60
2.1. Инструмент для добычи и обработки природного камня.....	60
2.2. Технологии, применяемые при осуществлении подготовительных работ для организации карьера.....	63
2.3. Технологии, применяемые для первичного (резания) отделения блоков от массива.	
2.4. Технологические процессы подготовки (пассировки) блоков.....	115
2.5. Грузоподъемные и транспортные устройства карьеров.....	117
2.6. Вспомогательные подразделения карьера и оборудование.....	120
3. Технологические процессы, изделия и оборудование для обработки камня.....	120
3.1. Технологические процессы для производства крупномерных плит (слейбов) – GangSaw процесс.....	122
3.2. Технологические процессы производства стандартных плит (block -cutter cicle)....	167
4. Использование природного камня в строительстве.....	186
4.1. Наружные напольные и стеновые покрытия.....	187
4.2. Современные схемы (рисунки) облицовок.....	191
4.3. Структура напольных покрытий.....	197
4.4. Монтаж напольных каменных покрытий.....	213
4.5. Дизайн и компоновка каменных полов.....	218
4.6. Модульные «поднятые» или фальшполы.....	227
5. Монтаж полов пешеходных и транспортных зон городов и населенных пунктов.....	229
6. Стеновые облицовочные работы с применением природного камня.....	238
6.1. Облицовочные работы «мокрым» традиционным способом.....	238
6.2. Метод облицовки с применением клея.....	247
6.3. Метод сухого монтажа с применением механического крепления плит к стене («вентилируемые фасады») .....	247
6.4. Облицовочные работы в интерьерах зданий.....	278

Приложение 1. Пример проекта каменной облицовки фасада здания (основные узлы)..	280
Список литературы.....	295

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Природный камень, несмотря на появление огромного количества искусственных материалов различного назначения, используется человечеством во все более возрастающих количествах. Ежегодный прирост потребления камня составляет 8- 9%. За последние 10 лет потребление камня в мире удвоилось, достигнув 120 млн. тонн карьерной продукции в год. Это значительно превышает темпы роста мировой экономики и показывает на все более возрастающий интерес к такому традиционному материалу как природный камень. Объем мирового рынка природного камня превышает 25 млрд. долларов США, что сопоставимо с мировым рынком вооружений, на который работает огромное количество отечественных предприятий.

За последние годы появилось множество новых технологических процессов, соответствующее оборудование и инструмент для добычи, обработки и утилизации отходов природного камня.

Изменилась также номенклатура добываемых пород. При опережающем росте добычи и обработки сланца, известняков, песчаников, кварцитов, оникса, травертина, базальта и др. соотношение добычи мраморов и гранитов стабилизировалось.

Значительно изменился рынок природного камня. Если в начале 90-ых годов на рынке доминировали Европейские страны (Италия, Греция, Испания и др.), то в настоящее время на передовые позиции выходят страны третьего мира (Китай, Индия, Бразилия и др.), которые из поставщиков сырья превращаются в крупнейших поставщиков готовой продукции на мировом рынке. Эти страны имея значительные территории, запасы сырья, дешевую рабочую силу, комфортное экологическое и социальное законодательство, при разумной экономической политике государства дают наиболее высокие темпы роста, как производства, так и потребления изделий из камня. К сожалению, Россия, имеющая огромный потенциал развития данного сектора рынка является импортером природного камня и находится во втором десятке мировых производителей камня.

Основным тормозом отставания России являются огромное количество административных препятствий на местах, расплывчатое законодательство, полное отсутствие внимания государства к проблемам отрасли.

Инвестиции в отрасль достаточно быстро окупаются (2-5 лет), так как стоимость основного оборудования невелика по сравнению с стоимостью готовой продукции.

Ниже в табл.1 приведены мировые объемы добычи (готовой продукции карьеров) за период с 1926 года по 2005 год.

Таблица 1

Годы	1926	1976	1986	1994	1999	2003	2005	2008
Объем добычи , млн. тонн	1,79	17,8	21,71	37,8	54,5	75,1	89	100
%, по отношению к 2005 году	2	20	24	42	61	84	100	124

Как видно из таблицы происходит все более интенсивный рост мировых объемов добычи. Если в 80-ые годы ежегодный прирост составлял 2-3%, в 90-ые годы 6-7%, то в настоящее время ежегодный прирост составляет 8-9%. Значительное количество отходов образуется при добыче камня в карьерах. Объемы отходов в карьерах практически равны объемам поставляемого карьерами сырья, т.е. в 2005 году в карьерах осталось около 90 млн. тонн отходов. При дальнейшей переработке сырья, еще около 40% (36 млн. тонн в 2005 году) готового сырья уходит в отходы. В связи с этим утилизация отходов является одним из основных направлений развития отрасли.

В связи с появлением новых синтетических связующих, наполнителей, пигментов, клеев расширилось использование ряда каменных материалов, которые по тем или иным причинам (наличие сети трещин, естественная пористость, низкая долговечность, малая прочность и др.) ранее практически не использовались. Кроме того, использование синтетически материалов позволило утилизировать отходы камнеобработки, создавая искусственные облицовочные материалы с декоративными каменными наполнителями и синтетическими связующими.

Широкое применение нашли новые искусственные материалы для защиты камня от естественных климатических и техногенных нагрузок, что значительно расширило применение камня в строительстве и быту.

Если в мире имеются практически неограниченные запасы гранитов и аналогов, различных излившихся пород (базальты, туфы и др.), то запасы карбонатных (осадочных) пород ограничены. Появление нового месторождения высококачественного мрамора достаточно редкое явление. При достаточно хорошей изученности ряда районов мира на определение запасов карбонатного сырья, на карте планеты имеются белые пятна, слабо изученные в этом отношении. Наиболее слабо изученным регионом может считаться Россия и ряд стран СНГ. Препятствием к развитию добычи природного камня в этих регионах является: слаборазвитая инфраструктура, суровые климатические условия, отсутствие квалифицированных кадров, административные препятствия (коррупция), несовершенное законодательство, нестабильная экономика (отсутствие инвестиций) и др.

Преодоление этих препятствий может сделать Россию и страны СНГ ведущими поставщиками каменной продукции на мировой рынок.

В связи с ростом производства наблюдается рост и диверсификация рынка оборудования для добычи и обработки природного камня. На количественные и качественные характеристики отечественного рынка оборудования (Россия и страны СНГ) для добычи и обработки природного камня, влияют ряд факторов:

- стабильный рост потребления природного камня в России (в основном за счет импорта);
- высокие цены на высококачественное оборудование из Европы;
- производство и экспорт рядом стран (Китай, Индия, Греция, Турция, Польша, Португалия и др.) оборудования, до последнего времени не поставляющих его на экспорт;
- разорение (в связи с ростом курса Евро и конкурентной борьбой с азиатскими производителями) ряда мелких европейских производителей и появление, в связи с этим, высококачественного и дешевого бывшего в употреблении оборудования;
- возросшие требования российского потребителя к качеству и номенклатуре изделий из природного камня.

Условно все виды добычного и камнеобрабатывающего оборудования можно разделить на группы:

- оборудование основного производства;
- оборудование малых, перерабатывающих полуфабрикаты, предприятий;
- оборудование для добычи камня, камнекольное и камнетесное оборудование,
- оборудование для утилизации отходов камня.

Оборудование основного производства – штрипсовые (рамные), ортогональные станки (block-cutter), шлифовально-полировальные конвейеры, сопутствующее оборудование поточных линий для производства плит и слейбов, оборудование для пропитки и

покрытия изделий из камня с целью улучшения эксплуатационных и декоративных характеристик, оборудование для утилизации отходов производства, подъемно-транспортные средства, очистные устройства и др.

Несмотря на то, что ряд стран (Китай, Индия, Турция, Греция, Армения, РФ и др) производят подобное оборудование, ведущие предприятия этих стран пользуются в основном новым высококачественным итальянским оборудованием, которое несмотря на высокую стоимость дает высокую производительность, хорошее качество обработки при длительных (более 10 лет) сроках эксплуатации. Наш опыт поставки (более 8 лет) восстановленного, бывшего в употреблении итальянского оборудования (Италия лидер в этой области и производит более 50% оборудования основного производства) позволяет прийти к выводу, что при реальной оценке б/у оборудования, качественной реставрации и монтаже оно по критерию цена-качество превосходит новое оборудование, произведенное в других странах. По аналогии можно сравнить оборудование, произведенное в третьих странах и Италии как отечественные «Жигули» и аналогичный немецкий автомобиль (Мерседес или BMW), которые даже после 7-8 лет эксплуатации превосходят по критерию цена-качество новые отечественные автомобили.

При полностью аналогичных внешних параметрах (наличие автоматизированного цикла обработки, использование цифровых, лазерных технологий, использование современной инструментальной базы и др.) , технических характеристиках и паспортной производительности, оборудование, произведенное в третьих странах обладает рядом технических недоработок по сравнению с аналогичным итальянским или немецким оборудованием, что характеризует общий уровень развития машиностроения в этих странах, низкое качество комплектующих и отсутствие опыта при производстве подобного оборудования.

Для сравнения ниже приведены (табл.2 ) примерные расценки (цены даны в РФ, с учетом транспортировки и таможенных услуг) на штрипсовые станки различных производителей.

Страна производитель	Италия, новые станки	Китай, Индия, Турция, новые станки	Россия, новые станки	Италия, б/у станки
Цена, тысяч Евро	400-900	80-170	100-130	90-160

Оборудование для утилизации шламов, несмотря на относительную простоту, покупается либо в Италии, более высокого качества, либо более дешевое из других стран.

В качестве подъемно-транспортного оборудование подобных предприятий (козловые, консольные, мостовые краны, тележки, лебедки, тали и др.) в основном используются отечественное или, реже, итальянское оборудов . Экономически также выгодно использовать б/у импортное оборудование.

Большое разнообразие оборудования для малых предприятий (распиловочные, отрезные, кромкообрабатывающие, шлифовально-полировальные станки, оборудование для гидроабразивной резки, технологическая и вспомогательная оснастка, подъемно-транспортное оборудование и др.) подразумевает значительное число производителей в различных странах (Италия, ФРГ, Испания, Португалия, Греция, Армения, РФ, Франция, Китай, Индия и др.).

По некоторым простым видам оборудования (консольные фрезерно-окантовочные станки, колено-рычажные шлифовально-полировальные станки, ручные пневматические устройства, подъемно-транспортные устройства, оснастка общемашиностроительного применения и др.) отечественное оборудование вполне конкурентоспособно.

Другие виды оборудования являются предметом импорта. В качестве примера ниже приведены приблизительные расценки на наиболее востребованные фрезерные (раскройные) мостовые станки. ( табл. 3).

Табл. 3

Страна производитель	Италия, ФРГ, новое	Индия, Польша, Турция, Армения, новое	Китай, новое	Италия б/у, восстановленное
Цена в РФ с учетом транспорта и таможенных услуг, тыс. Евро	35-80	20-40	15-30	15-35

Высокая цена на новые итальянские станки, относительно низкая надежность и быстрая потеря эксплуатационных характеристик оборудования других стран (срок эксплуатации подобных станков не менее 8-10 лет) делает экономически более выгодным использование б/у и восстановленные итальянские станки.

Станки гидроабразивной резки производят в РФ, Италии и ряде Европейских стран. Наиболее интересными выглядят чешские производители, которые при использовании европейской или американской элементной базы предлагают относительно низкие цены.

Технологическая оснастка (тележки, стеллажи, поддоны, клещевые захваты, рольганги, пневматические и гидравлические устройства покупаются либо в Италии либо в РФ.

Ручной механизированный инструмент приобретается либо дешевый отечественный, либо более дорогой и надежный ведущих мировых производителей.

Добычное, камнекольное, камнетесное оборудование в основном используется либо добывающими либо специализированными предприятиями.

Добычное оборудование (канатные установки, буровые, гидроклиновые установки, баровые машины, терморезаки, различная оснастка и др.) в основном приобретается в Италии или Финляндии. Используется также отечественное оборудование, имеющее при более низких ценах, более худшие эксплуатационные характеристики.

Наиболее дорогостоящее подъемно-транспортное карьерное оборудование (погрузчики, бульдозеры, деррик-краны и др.) для крупных карьеров приобретается у ведущих производителей - «Катерпиллер», «Камацу» и др., а также в Италии. Экономически выгодно, с учетом высококвалифицированного обслуживающего персонала в РФ, приобретение б/у оборудования тех же производителей, а также б/у и восстановленные подъемно-транспортных устройств итальянского производства.

Более мелкое подъемно-транспортное оборудование (бульдозеры, погрузчики, экскаваторы, тележки, тали, лебедки и др.), а также бурильное и перфорирующее оборудование используются либо российского либо болгарского (погрузчики) производства.

Достаточно высоким спросом пользуются камнекольные прессы для производства брусчатки и др. колотых изделий, где низкое качество отечественного или третьих стран оборудования позволяет говорить о монополии европейских производителей. С учетом того, что основная металлоконструкция прессов достаточно проста и основные изнашивающиеся элементы это резинотехнические изделия и ножи, наиболее оптимальным (исходя из нашего опыта) можно считать приобретение б/у европейского оборудования, которые по критерию цена-качество превосходят новые.

Ниже приведены примерные расценки на этот вид оборудования различных производителей (табл. 4).

Табл. 4

Страна производитель	Европа, новое	Индия, Польша, РФ, новое	Италия, б/у, восстановленное
Цена в РФ, с учетом транспорта и таможенных услуг, тыс. Евро	30-120	22-50	14-35

Камнетесные прессы – универсальное оборудование для тески камня используются на всех видах производств и карьерах для производства тесаных изделий и утилизации отходов. В основном этот вид оборудования импортируется из Греции, Турции, Италии (б/у), хотя отечественные аналоги (К-118 – ООО НИПЦ «Петракомплект» или др.) при более низкой цене имеют практически те же качественные и эксплуатационные характеристики.

Наш опыт показывает, что наиболее оптимальным можно считать оснащение нового либо модернизируемого производства комплексным набором оборудования, как нового так и б/у различных производителей, учитывая финансовые возможности инвестора, а также основные направления его развития предприятия.

В качестве оборудования для утилизации отходов природного камня используется как оборудование других отраслей (дробилки, мельницы, грохота, конвейеры, прессы и др.) так и специализированное оборудование (автоматические линии) для производства облицовочных и других изделий

Рынок инструмента в России и странах СНГ также интенсивно развивается. Алмазный и абразивный инструмент для малых предприятий и строителей (отрезные круги малых диаметров, шлифовальный инструмент и др.) используется как отечественный, так и импортный (Италия, Германия, Южная Корея, Китай и др.). Высокотехнологичный инструмент для предприятий основного производства (чугунная и стальная дробь, полосовые пилы, корпуса для алмазных отрезных кругов, абразивные шлифовальные элементы и др.) в основном приобретается у Европейских производителей.

Проведенный анализ показывает значительный потенциал роста индустрии природного камня и сопутствующих производств в России и странах СНГ.

## **1. СЫРЬЕ, МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ**

### **1.1. ОБЩИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Каменные материалы и породы залегают в виде сплошных слоев, пластов, массивов, прорезанных системой трещин, разломов, неоднородностей или же в виде агломератов, рыхлых скоплений обломков камня. Ниже (табл. 1.1.1.) приведена классификация камня по генезису (происхождению), что оказывает существенное влияние на его физико-механические и эксплуатационные свойства.



Таблица № 1.1.1.

Классификация камня по генезису [3]		
Происхождение	Условия образования	Породы
Изверженные породы, слагают до 95% земной коры до глубины 20 км	<i>глубинные:</i> - породы группы гранитов (интрузивные)	граниты, гранодиориты, диориты, сиениты, граносиениты и др.
	- породы группы габбро	габбро, лабрадориты
	<i>излившиеся:</i> - породы группы базальтов	базальты, андезитобазальты, андезиты, дациты, диабазы и др.
	- обломочные спекшиеся	вулканические туфы, туфолавы, брекчии
Осадочные породы, составляют до 1% земной коры, занимая около 75% площади суши	химические осадки	гипс, некоторые известняки; мрамор, конгломераты, брекчии, известковые туфы, травертин, доломит, кварциты, мраморный оникс
	органогенные	некоторые известняки, ракушечники, опоки, мел, диатомит, трепел
	обломочные сцементированные	песчаник, конгломерат, брекчия и др.
Метаморфические (измененные) породы, составляют до 4% земной коры	метаморфические изверженные метаморфические осадочные	гнейсы кварциты, мрамора, сланцы

Из монолитного камня в основном получают сырье для производства различных изделий из камня, из рыхлых скоплений или дробленного монолитного камня получают щебень, песок, бут и др.

По химическому составу большинство изверженных горных пород являются силикатами и в зависимости от содержания силикатов делятся на пять групп:

- основные(40-52%);
- средней основности (52-65%);
- кислые (65-75%);
- ультракислые (более 75%).

Учитывая, что в изверженных горных породах силикаты представляют из себя чаще всего минерал кварц, с повышением содержания силикатов в этих породах повышается прочность породы, твердость, абразивная способность, хрупкость.

Ниже в таблице 1.1.2. приведен усредненный химический состав строительных горных пород. Содержание кварца характеризует основные прочностные свойства этих пород.

Таблица № 1.1.2.

Усредненный химический состав строительных горных пород (по данным М.А.Оганесяна)									
Породы	Основные компоненты химического состава, %								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	прочие породные примеси
<b>Силикаты</b>									
Группы гранитов	62,9	0,5	16,7	6,7	5,2	2,2	6,0	0,2	1,0
Группы базальтов	54,6	1,2	19,0	8,1	8,2	5,2	4,9	0,2	0,9
Вулканические туфы	64,3	0,7	16,6	4,6	3,5	1,4	7,2	0,7	2,4
Кварциты	90,1	0,7	6,1	1,1	1,1	0,8	0,9	0,4	2,0
<b>Карбонаты</b>									
Группы мраморов	2,0	0,0	1,0	0,06	54,3	0,9	-	0,0	42,0
Группы известняков	5,0	0,1	1,1	49,0	1,0	0,5	-	0,8	39,2
Доломиты и доломитизированные известняки	3,3	-	3,2	-	30,0	17,0	0,1	0,04	43,4
<b>Сульфаты</b>									
Гипсовые породы	6,6- 8,7	следы	3,0	0,5- 1,5	25,0- 33,0	0,5- 1,8	-	28,0- 41,0	-

Так как горные породы состоят из одного или нескольких минералов, то свойства основных породообразующих минералов влияют на свойства породы. Ниже в табл. 1.1.3. приведены основные породообразующие минералы и их свойства.

Структурой каменных материалов называют взаимоотношение слагающих ее минералов, форму этих минералов и величину их отдельных зерен. Структура камня может быть мелкозернистой, среднезернистой или крупнозернистой; равномернозернистой или порфирированной (среди основной мелкозернистой массы встречаются крупные вкрапления – порфирированные включения).

В зависимости от условий образования породы могут иметь следующие структуры:

- полнокристаллическую, когда все вещество успело выкристаллизоваться в отдельные минералы (граниты и др.);
- полустекловатую, когда вещество не успело полностью выкристаллизоваться и частично застыло в виде аморфной стекловатой массы (туфы, базальты и др.);
- стекловатую, когда вся порода так быстро застывала, что образовала сплошную стекловатую массу (туфы, базальты, обсидианы и др.).

Текстурой камня называют внешние признаки, обусловленные пространственными взаимоотношениями отдельных минералов, слагающих горную породу, например, однородная, слоистая, гнейсовидная и др. текстуры.

По форме минеральных зерен метаморфические бывают гранобластовые (изометрические зерна), лепидобластовые (пластинчатая форма), нематобластовые (столбчатая форма) и др.

-

Таблица № 1.1.3.

Основные породообразующие минералы [5]				
Наименование	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твердость по Моосу	Спайность	Блеск и цвет
Полевые шпаты:				<u>блеск стеклянный</u>
ортоклаз	2500-2700	6-6,5	2 плоскости спайности	розово-красный
микроклин	-"	-"	-"	белый, желтый, красный
альбит	-"	-"	-"	
анортит	-"	-"	-"	
Слюда:				<u>блеск стеклянный</u>
биотит	3000-3300	2,5-3	1 плоскость спайности	черный
мусковит	2700-3100	-"	-"	прозрачная
Железисто-магнезиальные силикаты				<u>стеклянный блеск</u>
авгит	3200-4350	5,5-7	несовершенная	темный
роговая обманка	-"	-"	-"	зелено-бурый
оливин	-"	-"	-"	оливковый
Тальк	2700-2800	1	весьма совершенная	<u>жирный блеск</u> светло-зеленый или буро-желтый
Хлорит	2600-2850	2-2,5	-"	<u>перламутровый блеск</u> светло-темно-зеленый
Кальцит	2850	3	совершенная по 3 плоскостям	<u>блеск стеклянный</u> бесцветный или молочно-белый
Магнезит	3000	3,5-4	совершенная	<u>блеск стеклянный</u> желто-серый
Доломит	2800-2900	3,5-4	-"	<u>блеск стеклянный</u> серовато-белый
Кварц	2600	7	весьма несовершенная	<u>блеск стеклянный</u> молочно-белый или серый
Пирит	4900-5200	6	несовершенная	<u>блеск металлический</u> латунно-желтый
Гипс	2300	1,5-2	совершенная	<u>блеск стеклянный</u> бесцветный, белый, розовый, серый
флюорит		4	-	бесцветный, разноцветный
Ангидрит	2900	3,5	совершенная	<u>блеск стеклянный</u> белый, серый, голубой
Апатит		5		белый, желтый, голубой и др.

По взаимной ориентации зерен (текстура) и наличию пустот породы подразделяют на массивные, пористые, слоистые, линейно-параллельные, полосчатые и др.

По твердости природные камни делятся: твердые (граниты, габбро, лабрадориты, базальты, кварциты и др.), средней твердости (карбонатные породы, песчаники и др.) и малой твердости (туфы, ракушечники и др.).

По объемной массе (пористости) и теплоизоляционным свойствам камни делятся на легкие (с хорошими теплоизоляционными свойствами) с объемной массой до 2200 кг/м<sup>3</sup> и тяжелые (с низкими теплоизоляционными свойствами) с объемной массой более 2200 кг/м<sup>3</sup>.

К основным строительным горным породам относятся.

**1. Породы группы гранитов** – граниты, сиениты, диориты, габбро, лабрадориты, монзониты, тешениты, гранитогнейсы, и их промежуточные разновидности и палеотипные аналоги (кварцевый и безкварцевый порфиры, порфириты и др.). Габбро и лабрадориты включены в эту группу вследствие сходства их строительных свойств с более кислыми разновидностями интрузивных пород.

**2. Породы группы базальтов** – базальты, андезиты, дациты, и их промежуточные разновидности и палеотипные аналоги (андезитобазальты, андезитодациты, диабазы, трахиты и др.).

**3. Вулканические туфы**- спекшиеся четвертичные, цементированные фельзитовые туфы, туфолавы, туфобрекчии, туффиты.

**4. Породы группы мраморов** – собственно мраморы, доломитизированные мраморы, мраморизированные известняки, мраморные ониксы, конгломераты, брекчии, офиокальциты и др..

**5. Породы группы известняков** – различного генезиса и структуры известняки, доломиты, доломитизированные и мергелистые известняки, травертины и др..

**6. Песчаники, конгломераты и брекчии**, скрепленные различными природными цементами и др.

**7. Кварциты и аналоги.**

**8. Гипсовые породы** – гипс, ангидрит и аналоги.

Существует значительное число горных пород различного генезиса, которые реже применяются в качестве строительных стеновых и облицовочных камней – трепелы, опоки, долериты, диабазы, вулканические шлаки и др. [46, 55].

**Породы группы гранитов** принадлежат к массивным изверженным горным породам, образовавшимся в результате извержения магмы и ее внедрения в пустоты земной коры на значительную глубину. В результате медленного остывания под давлением вышележащей толщи земли эти породы хорошо выкристаллизовывались и имеют ярко выраженную полнокристаллическую, чаще всего гранобластовую структуру. Текстура массивная с весьма незначительной пористостью, иногда гнейсовая, характеризующаяся параллельным расположением минеральных компонентов. По размерам зерен, составляющих минералов различают три структуры: мелкозернистая с размерами зерен до 2 мм, среднезернистая – от 2 до 5 мм и крупнозернистая – свыше 5 мм. Размеры зерен составляющих минералов сильно влияют на строительные свойства пород группы гранитов: чем меньше размеры зерен, тем выше прочностные характеристики и долговечность пород. Эти породы плотны, прочны, декоративны, хорошо поддаются полировке, имеют обширную гамму цветов, от черного до белого.

Гранит – кислая порода, состоит из полевых шпатов (плагиоклаза и ортоклаза), кварца, роговой обманки, биотита. Трудно обрабатывается, весьма долговечны мелкозернистые разновидности с высоким содержанием кварца.

Сиенит – средняя порода, содержит те же минералы, что и гранит, за исключением кварца. Цвет более светлый, легче обрабатывается. Порода - менее долговечная.

Диорит – основная порода, состоит из плагиоклаза, темноцветных минералов (пироксена, амфибола), биотита, ортоклаза. Если в породе присутствует кварц, то она называется гранодиоритом, или кварцевым диоритом. По физико-техническим свойствам не уступает граниту, лучше раскалывается, но плохо полируется, что предопределяет применение этой породы для облицовки конструкций, которые подвергаются истиранию и износу: плиты для мощения полов, улиц, ступени, бортовые камни, шашка, брусчатка и т.д. Цвет серый с зеленоватыми оттенками.

Габбро – основная порода, состоит из основного плагиоклаза, проксенов и амфиболов. Присутствие темноцветных минералов делает эту породу очень вязкой и прочной. Трудно обрабатывается, хорошо полируется. Цвет черный, темно-серый с различными оттенками. Разновидностью габбро является лабрадорит, в состав которого входит минерал лабрадор, обладающий иризацией, т.е. образующий радужные отсветы. Лабрадориты бывают темных и светлых тонов, последние встречаются реже. Наличие рудного минерала отрицательно влияет на декоративные свойства пород, так как они быстро разлагаются, образуя ржавые потеки на облицовке.

Плотность пород группы гранитов 2,55-3,06 т/м<sup>3</sup>, пористость 0,50-7,0%, прочность на сжатие 70-300 МПа, твердость по шкале Мооса 6-7 [46].

Породы группы базальтов относятся к массивным излившимся горным породам. Площадь лав может достигать 1000 км<sup>2</sup> с мощностью покрова до нескольких километров. Чем глубже от поверхности земли происходит кристаллизация этих пород, тем медленнее они остывают, структура породы приобретает равномерную зернистость, пористая структура – равномерную пористость, причем объем ее незначительный и такие породы по своим строительным свойствам приближаются к интрузивным. Породы группы базальта имеют долеритовую, порфиоровую и интероертальную с микролитовой основной массой структуру. В зависимости от условий кристаллизации структуры базальтовых пород подразделяются на полнокристаллические, полукристаллические и стекловатые. В последних содержание вулканического стекла доходит до 70%. По размеру зерен породы подразделяются на среднезернистые с размерами зерен 2-5 мм, мелкозернистые - менее 2 мм и крупнозернистые. В минералогическом составе плагиоклазы, пироксин, оливин, роговая обманка, вулканическое стекло, рудные минералы, биотит; в андезитодацитах и дацитах присутствует кварц [46].

Текстура пород пористая, флюидальная, массивная, пузырчатая. Цвет варьируется от светло-серого до черного с различными оттенками: синеватыми, розоватыми, зеленоватыми и красноватыми.

Плотность базальтовых пород 1,6-2,9 т/м<sup>3</sup>, пористость 0,4-39,6%, прочность на сжатие 16,5-350 МПа, твердость по шкале Мооса 5-6 [46, 55].

Породы группы базальтов трудно обрабатываются, хорошо раскалываются, плохо поддаются полировке.

По структурным и другим петрографическим признакам базальты подразделяются на четыре типа /1/, от более прочных к менее прочным.

Тип 1. Мелкокристаллические (наиболее прочные) базальты без содержания стекла или незначительным его содержанием. Основная масса – беспорядочно расположенные игольчатые микролиты плагиоклаза шириной 0,01-0,02мм и длиной 0,1-0,2мм образуют решетчатую структуру, заполненную железо-магнезиальными минералами.

Тип 2. Среднекристаллические базальты с малым содержанием стекла. Плагиоклаз шириной 0,01-0,03мм и длиной 0,1-0,3мм. Содержание стекла до 10%.

Тип 3. а) Крупнокристаллический базальт (долериты, долеритовые базальты без стекла). Размеры кристаллов более 0,3мм. Промежутки между кристаллами заполнены цветными минералами.

б) Неравнозернистые базальты с значительным содержанием стекла (10-50%).

Тип 4. Скрытокристаллический базальт с порфировидными включениями (мелано-базальт). Структура настолько тонкозерниста, что минералы неразличимы. По сравнительно низкой прочности к этому типу относятся стекловато-порфиоровые базальты (гиалобазальты).

Породы группы базальтов характеризуются различной степенью пористости. Внешне плотные разновидности обладают мельчайшей (невидимой) пористостью до 10%. Разновидности с видимой пористостью можно разделить на мелкопористые и крупнопористые андезиты и андезито-базальты более пористые чем базальты.

Ниже (табл.1) даны основные свойства пород группы базальтов /1/.

Табл.1

Показатель	Базальт	Мелано-базальты	Андезито-базальты	Андезиты	Дациты	Андезито-дациты	Липарито-дациты
Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	2477	2516	2119	2264	2350	2216	2576
Плотность,	2870	2960	2800	2720	2570	2680	2680

кг/м <sup>3</sup>							
Пористость, %	13,5	15	23,9	16,5	8,3	17,6	4
Водопоглощение, %	2,45	4,6	3,9	3,9	2,2	3	1,2
Предел прочности на сжатие, МПа	102,2	71,2	56,5	70	147,6	74,3	163,2
Коэффициент морозостойкости при 50 циклах	0,91	0,86	0,94	0,82	0,79	0,86	0,96

Вулканические туфы относятся к магматическим спекшимся и цементированным обломочным породам. Образовались эти породы в результате выбросов мелкого обломочного материала [55]. К ним относятся вулканические туфы Армении, которые классифицируются по проф. З.А.Ацагорцяну на пять типов: арктикский, ереванский, анийский, бюраканский и фельзитовый. Первые четыре типа по возрасту относятся к четвертичному периоду, фельзитовые туфы – третичному [55]. Фельзитовые туфы в значительной степени окварцованы, карбонатизированы, железнены, хлоритизированы, это обуславливает их декоративность. Структуры четвертичных туфов пластические с содержанием вулканического стекла, кристаллов, минералов и обломков инородных пород, у фельзитовых туфов - порфировая.

Текстура пород пористая, пузырчатая, плотная, иногда слоистая. Минералогический состав: вулканическое стекло, плагиоклазы, пироксены, биотит, гематит, кварц, хлорит и др. Размеры включений колеблются от десятых долей миллиметров до нескольких сантиметров. В фельзитовых туфах, туффитах и туфобрекчиях присутствуют обломки осадочных пород.

Цветовая гамма вулканических туфов весьма разнообразна: розовая, красная, кирпичная, зеленая, коричневая, голубая, кремовая и других цветов и оттенков.

Вулканические туфы обладают высокой пористостью, низкой теплопроводностью, достаточной долговечностью, легко обрабатываются, декоративны, полировку, за редким исключением, не принимают.

Плотность вулканических туфов 1,18-2,4 т/м<sup>3</sup>, пористость 5,2-71,4%, прочность на сжатие 1-126,8 МПа, твердость по шкале Мооса 3-4 [50, 46, 55].

Породы группы известняков принадлежат к осадочным породам хемогенного, зоогенного и органогенного генезиса. Первые произошли в результате химических осадков (травертин), вторые – скопление панцирей мелких и мельчайших морских животных, третьи – скопления окаменелых растений.

Структура пород полно- и неполнокристаллическая, мелкокристаллическая, афанитовая, обломочная (брекчиевидная и ракушечная).

Текстура пород мелкопористая, крупнопористая, пещеристая, слоистая, массивная, трещиноватая.

Чистые известняки состоят преимущественно из кальцита. Наиболее частые примеси: доломит, кварц, глинистые минералы, пирит, гипс, гидроокиси железа и т.д. При содержании окиси магния от 4 до 17% известняки называются доломитизированными, более 17% – доломитами. При содержании глины от 2 до 10% порода называется мергелистым известняком, от 10 до 25% – известняковым мергелем. Чистые по минералогическому составу известняки имеют белый, светло-желтый или светло-серый цвет. В зависимости от примесей известняки бывают черного, бурого, темно-серого, желтого, розового, красного и темно-коричневого цвета.

Большинство разновидностей пород группы известняков обладают хорошими строительными свойствами, достаточной долговечностью, декоративностью, низкой теплопроводностью.

Пильные известняки представляют собой пористую породу, почти целиком состоящую из карбоната кальция. По генетическому признаку они делятся на хемогенные и органогенные; к ним относятся известняки самых различных составов и структурных типов. Общими для них являются пористая структура, наличие контактового цемента, значительная кристаллизация и сравнительно однородный химический состав. Они обладают хорошими теплоизоляционными свойствами и легко поддаются механизированной добыче. На пильные свойства значительно влияет присутствие зерен посторонних твердых минералов, в особенности кварца [46].

Породы группы известняков классифицируются по плотности и пределу прочности при сжатии на грубопористые, мелкопористые, пористые и плотные (таблица 1.1.4).

Под породами группы мраморов подразумевают все породы карбонатного состава, поддающиеся полировке. Образовались эти породы из известняков и других карбонатных пород под действием высоких температур и давления в результате регионального и контактового метаморфизма [46].

Структура пород чаще всего гранобластовая. Породы группы мраморов бывают полностью раскристаллизованы (собственно мраморы) или частично раскристаллизованы (мраморовидные известняки). По размеру зерен различают скрыто-, тонко-, крупнозернистые разновидности. Наибольшей прочностью, износостойкостью и долговечностью обладают мелкозернистые разновидности. По однородности размеров зерен различают равномерно- и неравномерно-зернистую структуру; по характеру границ между зернами – мозаичную, зубчато-мозаичную и зубчатую структуру. Такая тесная взаимосвязь зерен обеспечивает долговечность и износостойкость пород (особенно зубчатая и зубчато-мозаичная структура).

Текстура пород слоистая, плотная, массивная.

Породы группы мраморов состоят в основном из кальцита, доломита и арагонита, кроме того, присутствуют кварц, халцедон, графит, пирит, хлорит и др.

По цвету мраморы бывают: белые, розовые, желтые, серые, голубые, зеленоватые, красноватые, черные, коричневые, а также с различным сочетанием этих цветов.

Мраморные конгломераты, брекчии и конгломератобрекчии состоят из различных галек и кусков природного щебня, скрепленных известняковым цементом; им свойственна пестрота цвета. В мраморном ониксе ценится прозрачность.

Высоко ценится чистый, белый статуарный мрамор, который используется для изготовления скульптур.

Породы группы мраморов прочны, достаточно износостойки, плотны, декоративны, хорошо обрабатываются и легко принимают полировку. Плотность 2,65-2,9 м/м<sup>3</sup>, пористость 0,6-3%, прочность на сжатие 30-153 МПа, твердость по шкале Мооса 3-4 [46].

В связи с развитием технологий, открытием новых месторождений наметилась тенденция использовать в качестве облицовочных материалов используются материалы ранее применяемые в качестве поделочных камней. Несмотря на высокую стоимость эти породы (оникс, ляпис-лазурь, обсидиан, египетский алебастр и др.)

Оникс, точнее мраморный оникс, представляет из себя плотные просвечивающие агрегаты кальцита или арагонита тонко-полосчатой структуры, окрашенные в мягкие тона (желто-коричневые, кремово-розовые, светло-зеленные). Окраску дают соединения 2-х и 3-х валентного железа, органические соединения и соли никеля. Состоит из карбоната кальция. Ониксы (по-гречески ноготь) гидрогенные образования, возникшие в результате осаждения карбоната кальция из низкотемпературных холодных растворов.

Оникс применяется только в внутренней облицовке зданий. Из-за малой прочности и твердости, а также подверженности воздействию воды и ее растворов или различных

органических и химических соединений применение его ограничено в местах далеких от каких либо механических или иных воздействий.

Песчаники, конгломераты и брекчии относятся к осадочным горным породам, образовавшимся в результате механических отложений зерен различных минералов и пород, скрепленных природными цементами. По скрепляющим цементам песчаники подразделяются на кремнистые (очень прочные), известняковые и доломитовые (менее прочные); железистые, глинистые, мергелистые, гипсовые и др., которые в облицовке и кладке стен не применяются вследствие низкой долговечности. Прочность песчаников зависит от состава и количества цементирующей массы и способа охвата зерен цементом. У наиболее прочных и долговечных песчаников цементирующая масса располагается в форме оболочки вокруг зерен и состоит главным образом из аморфного и мелкокристаллического кремнезема. Структура пород - кластическая.

По минералогическому составу песчаники подразделяются: на кварцевые, полевошпатовые, глауконитовые и др.

Как правило, большинство песчаников состоит из зерен кварца, частично из полевых шпатов и в меньшем количестве из других порообразующих минералов и обломков пород (слюд, известняков, диабазов). По крупности зерен породы подразделяются на мелко-, средне- и крупнозернистые. Текстура пород слоистая, иногда массивная, реже пористая. Цвет песчаников белый, серый, красный, коричневый, зеленоватый, желтоватый и др. [46].

Песчаники, скрепленные кремнеземистыми и карбонатными цементами прочны, долговечны, износостойки, полировку принимают плохо, за исключением кварцитоидного песчаника, имеющего полнокристаллическую структуру и приближающегося по своим свойствам к кварцитам. Песчаники с известковым цементом по своим строительным свойствам сходны с известняками. Плотность песчаников  $2,32-2,70 \text{ т/м}^3$ , пористость 1-13%, прочность на сжатие 30-300 МПа, твердость по шкале Мооса 4-7 [46].

Конгломераты, брекчии и конгломератобрекчии состоят в первом случае из окатанных камней (галек), во втором случае - из обломков пород в виде щебня и в третьем случае - из тех и других, скрепленных природными цементами. Разнообразная расцветка, форма и размеры составляющих породу элементов обуславливают исключительную декоративность этих пород. Как правило, они более трещиноваты, менее долговечны, легко обрабатываются, по износостойкости не уступают мелкозернистым мраморам. Некоторые разновидности хорошо принимают полировку [46].

Кварциты относятся к метаморфическим породам, сложенным из зерен кварца, скрепленных различными природными цементами, и подвергнутым воздействию высоких давлений и температуры, т.е. их образование связано с перекристаллизацией песчаников в процессе метаморфизма. Вторичные кварциты могут также образовываться гидротермально-метасоматическим путем из кислых, реже средних магматических или весьма редко - из осадочных и метаморфических пород. При образовании кварцитов из песчаников происходит переход аморфной кремнекислоты цементного связующего в кварц. Структура мелко- или среднезернистая, часто сливная, при которой зерна кварца обволакиваются кварцевой массой и сливаются друг с другом.

Текстура - массивная, наблюдается слоистость.

Кроме кварца в минералогическом составе принимают участие роговая обманка, гранаты, слюда, магнетит, гематит, опал и др.

Цвет кварцитов в зависимости от примесей белый, серый, красный, малиновый, желтый. Кварциты плотные, прочные и долговечные породы, трудно обрабатываются, хорошо принимают полировку. Применение кварцитов в строительстве ограничено их высокой твердостью и прочностью, используются в основном в облицовке ответственных монументальных сооружений.



Плотность 2,6-2,67 т/м<sup>3</sup>, пористость до 2%, прочность на сжатие достигает 560 МПа, твердость по шкале Мооса - 7 [46].

Гипсовые породы (гипс, ангидрит) относятся к осадочным породам хемогенного генезиса, образовавшиеся из химических осадков. Гипс состоит из двухводного сернокислого кальция кристаллического строения. По размеру зерна гипсовые породы разделяют на мелко-, средне- и крупнозернистые. Кристаллы гипса бывают пластинчатыми, волокнистыми, столбчатыми, зернистыми. Текстура слоистая, плотная, иногда массивная.

Гипс обладает разнообразными декоративными расцветками: белый, серый, бледно-розовый, зеленоватый, черный, желтый, голубой. Встречаются также разновидности гипса, обладающие прозрачностью: это наиболее чистая разновидность, напоминающая мрамор, называется алебастром.

Плотность гипсового камня 2,3-2,4 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 13,0-35 МПа, твердость по шкале Мооса 1,5-2 [46].

Ангидрит - горная порода, состоящая в основном из безводного сернокислого кальция. Кристаллы ангидрита преимущественно мелкие. Чистый ангидрит белого цвета, но в зависимости от примесей от также, как и гипс, может иметь различные оттенки. Наиболее декоративной разновидностью ангидрита является так называемый бергамский мрамор, имеющий голубоватый оттенок.

Ангидрит плотная и прочная порода (плотность 2,9-3,12 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии до 50 МПа, твердость по шкале Мооса 2,5-3,5).

Гипсовые породы декоративны, легко обрабатываются и принимают полировку. Полированные гипс и ангидрит по своей красоте не уступают мрамору, однако эти породы не водостойки и недолговечны, в особенности гипс, вследствие чего они в настоящее время редко применяются для облицовки [46].

Ниже приведены некоторые характеристики природных каменных материалов, используемых в различных областях (таблицы 1.1.5 и 1.1.6).

Для характеристики природных каменных материалов применяют комплексы свойств, характеризующие камень с различных позиций:

- комплекс физико-механических и химических свойств;
- комплекс геологических и петрографических свойств;
- комплекс технологических свойств;
- комплекс строительных свойств;
- комплекс эстетических свойств.

Таблица 1.1.5

## Некоторые петрографические и качественные характеристики строительных горных пород

Наименование группы пород	Минералогический состав	Структура	Текстура	Некоторые строительные характеристики
Граниты (граниты, диориты, монзониты, габбро, лабрадориты)	Ортоклаз, кварц, плагиоклазы, амфиболы, биотит, рудные минералы, гранат, сфен и другие акцессорные минералы	Мелко-, средне-, крупнозернистая, гранобластовая, габбровая, порфировидная	Плотная, массивная, иногда гнейсовая	Плотны, прочны, декоративны, хорошо принимают полировку (кроме диорита), трудно обрабатываются, хорошо раскалываются
Базальты (базальты, андезитобазальты, андезиты, дациты, андезитодациты, диабазы, долериты)	Плагиоклазы, пироксены, амфиболы, оливин, вулканическое стекло, рудные минералы, боксит, редко кварц	Полно-, полукристаллическая стекловатая; долеритовая, порфировая и интерсертальная с микролитовой основной массой	Пористая, флюидальная, массивная, пузырчатая. В основном мелко- и среднепористая	Прочны, долговечны, хорошо раскалываются, полировку принимают плохо
Вулканические туфы (четвертичные и третичные туфы, туфолавы, туффиты, туфобрекчии)	Вулканическое стекло, плагиоклазы, пироксены, биотит, гематит, кварц, хлорит	Пирокристаллическая, порфировая	Пористая, пузырчатая, плотная, иногда слоистая	Легки, прочны, долговечны, низкая теплопроводность легко обрабатывается, хорошо пилится, высокодекоративны, полировку не принимают

Известняки (известняки, доломиты, травертины, пильные доломитизированные и мергелистые известняки)	Кальцит, арагонит, доломит, кварц, глинистые минералы, пирит, гипс, гидроокиси железа	Полно-, неполно-, мелко-, тонкокристаллическая, афанитовая, обломочная	Мелко- и крупнокристаллическая, пещеристая, слоистая, массивная, трещиноватая	Легкие, прочные, достаточная долговечность, легко обрабатываются, низкая теплопроводность, плохо полируются или вообще не полируются
Мраморы (мраморы, доломитизированные мраморы, мраморизованные известняки, мраморные ониксы, конгломераты, брекчи, офикальциты)	Кальцит, арагонит, доломит, халцедон, кварц, пирит, графит, хлорит	Скрыто-, тонко-, мелко-, средне-, крупнозернистая, гранаблостовая	Слоистая, плотная, массивная	Высокодекоративны, плотны, прочны, износостойки, хорошо обрабатываются, легко принимают полировку, низкая электропроводность
Песчаники, конгломераты, конглобрекчи, брекчи	Кварц, полевые шпаты, глауконит, слюды, пирит, скрепленные кремнистыми, известковыми, доломитовыми и другими природными цеменстами	Классическая	Слоистая, массивная, реже пористая	Прочны, плотны, долговечны, износостойки, декоративны, плохо принимают полировку

Кварциты	Кварц, роговая обманка, полевые шпаты, гранаты, слюды, опал, рудные минералы	Мелко-, среднезернистая, сливная	Массивная, наблюдается слоистость	Очень прочные и плотные, трудно обрабатывается, весьма долговечны и износостойки
Гипс, ангидрит	Гипс, ангидрит, доломит	Мелко-, средне-, крупнозернистая	Слоистая, волокнистая, массивная	Прочны, очень легко обрабатываются и принимают полировку, неводостойки, высокодекоративны.

Таблица № 1.1.6.

Обобщенные физико-технические свойства строительных горных пород (по М.Л.Оганесяну)						
Наименование породы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент морозостойкости (при 50 циклах испытаний)	Истираемость на абразивном круге, см <sup>3</sup>
Типичные граниты	<u>2557-2794</u> 2641	<u>0.61-3.52</u> 1,8	<u>0.03-2.75</u> 0,34	<u>74.0-182.2</u> 126,7	<u>0.61-1.0</u> 0,86	<u>0.67-1.76</u> 1,1
Гранодиориты, сиениты, габбро, лабрадориты	<u>2556-2055</u> 2720	<u>0.41-4.78</u> 2,5	<u>0.06-0.74</u> 0,45	<u>79.1-122.6</u> 109,2	<u>0.61-1.0</u> 0,95	<u>1.25-1.91</u> 1,57
Базальты, андезитобазальты, андезиты	<u>2418-2700</u> 2579	<u>8.76-17.5</u> 11,91	<u>1.31-5.7</u> 1,8	<u>61.5-169.5</u> 102,8	<u>0.65-1.0</u> 0,92	<u>3.17-11.76</u> 5,32
Мраморы	<u>2683-2835</u> 2718	<u>0.58-2.95</u> 1,3	<u>0.07-0.31</u> 0,16	<u>30.5-101.5</u> 75,2	<u>0.74-1.0</u> 0,88	<u>2.86-11.58</u> 8,31
Мраморизованные известняки	<u>2648-2695</u> 2678	<u>1.29-3.35</u> 1,81	<u>0.13-0.51</u> 0,28	<u>56.9-127.7</u> 82,4	<u>0.82-1.0</u> 0,92	<u>6.14-8.23</u> 6,75
Травертин	<u>2383-2685</u> 2538	<u>2.54-12.4</u> 7,1	<u>0.06-1.89</u> 1,18	<u>32.2-105.4</u> 61,5	<u>0.81-0.97</u> 0,92	<u>9.18-11.41</u> 10,3

*В числителе приведен разброс значений показателей, в знаменателе - средние значения.*

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СЫРЬЕВЫХ ЗАПАСОВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО КАМНЯ И ДОБЫВАЕМОГО СЫРЬЯ

С целью подсчета и государственного учета запасов твердых полезных ископаемых в недрах по степени их изученности и промышленному назначению, условиям, определяющим годность данных месторождений к промышленному использованию, и была разработана Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

Согласно этой классификации все известные месторождения твердых полезных ископаемых классифицируются в зависимости от степени изученности, горно-геологических и пространственных условий залегания месторождения, от изученности технологических свойств полезного ископаемого (с учетом технологии его переработки), от гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических, горно-геологических и других природных условий, в зависимости от степени точности определения геометрических контуров месторождения.

К категории А относятся запасы месторождений камня, изученные с максимальной доступной достоверностью по определению условий залегания, формы и строения полезной толщи, изученностью качественных и технологических характеристик, природных факторов, а также геометрических контуров месторождения.

К категории В относятся запасы месторождений камня, исследованные для определения основных особенностей условия залегания, формы и строения полезной толщи, природных условий и геометрических контуров.

К категории С1 относятся запасы месторождения камня, для которых вышеперечисленные характеристики изучены в общих чертах.

К категории С2 относятся запасы месторождений камня, исследованные в общих чертах, а также с помощью интерполяции свойств аналогичных месторождений.

За рубежом этим категориям соответствуют: для категории А – досконально изученные месторождения, для категории В - месторождения, запасы которых определены как вероятные, для категории С – месторождения которых оценены как возможные.

На разрабатываемых месторождениях участки, находящиеся на различной стадии разработки, также классифицируются по категориям в соответствии со степенью изученности.

Геологическое изучение месторождений разделяется на предварительную разведку с целью обоснования промышленного значения указанного месторождения и подготовки технико-экономического доклада о целесообразности проведения детальной разведки. В дальнейшем при получении положительного ответа проводится детальная геологическая разведка, позволяющая получать данные о форме толщ и расположении полезного ископаемого, внутренней структуры вскрышных и добычных пород, трещиноватости, тектонических нарушениях, гидрографической ситуации, что позволяет с большой точностью подсчитать запасы.

Промышленность добычи и обработки природного камня предусматривает широкую кооперацию при производстве облицовочных работ. Архитектор имеет возможность выбирать практически любой каменный материал, добываемый и обрабатываемый в мире исходя из специальных фирменных каталогов или справочников. При этом наиболее известные месторождения и добываемое сырье имеют свое коммерческое название, под которым осуществляются все коммерческие и рекламные операции при заказе и приобретении данного камня.

К сожалению, страны СНГ еще не успели интегрироваться в мировую торговлю камнем и очень редкие месторождения имеют свое коммерческое название и учитываются при составлении различных справочников.

При этом следует учесть, что стандарты для определения различных свойств камня в СНГ и за рубежом практически не совпадают и приведенные характеристики могут применяться только для относительной оценки камня.

В последние годы вновь возрастает интерес к природному камню не только как к строительному или техническому материалу, но его во всем мире начинают применять в быту, в оформлении интерьеров, в оформлении объектов культурного назначения (раздел 2). В связи с этим возрастает интерес, как к облицовочному камню, так и к поделочным и даже к ювелирно-поделочным камням (декоративным разновидностям цветного камня), которые также могут использоваться.

В таблице 1.2.3 приведена классификация декоративных разновидностей цветных камней.

Камни по классу твердости (по Моосу)

Группа	Подгруппа	Высший (10)	I (более 7,5)	II (7,5-6,5)	III (менее 6,5-5)	IV (менее 5)
Ювелирные камни	Прозрачные (собственно ограночные)	Алмаз	Рубин, сапфир, alexandrit, топаз, шпинель, изумруд, аквамарин, гелиодор, воробьевит, берилл светлозеленый	Циркон, турмалин, демантоид, пирол, алмадин, кунцит, аметист, цитрин, дымчатый кварц, горный хрусталь, хризолит	Скаполит, клиногумит, хромдиопсид	
	Просвечивающие и непросвечивающие		Астерокорунд, иризирующий корунд	Хризопраз, жаденит благородный, соколиный глаз, тигровый глаз, лунный камень, солнечный камень	Опал благородный, бирюза	
Ювелирноподелочные камни	Просвечивающие			Цветной халцедон, переливт, агат, сердолик, гранатовый и везувиановый родингиты	Нефрит, чароит, родонит, обсидиан	
	Непросвечивающие			Амазонит, гематит-кравик, жадеит	Лазурит, нефрит, черный чароит, обсидиан	Малахит
Поделочные камни	Просвечивающие			Цветной кварцит, льдистый кварц		Мраморный оникс, селенит, флюорит
	Непросвечивающие			Яшма, роговик, цветной кварцит, джеспилит, графический пегматит, рисунчатый кремьень, окаменелое дерево	Лиственит, окаменелое дерево	Змеевик, нефритоид, агальматолит, цветной мрамор, талькохлорит, гатат, офиокальцит

### 1.3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Под основными свойствами камня понимается ряд физико-механических, технологических, эксплуатационных параметров, характеризующих поведение камня под воздействием соответствующих внешних воздействий. Эти свойства относятся к большинству используемых человечеством материалов.

Основные понятия и характеристики природного камня и методы их определения стандартизированы. Несмотря на огромный объем и качество стандартов СССР и РФ в настоящее время все более широко во всем мире применяются европейские стандарты, базирующиеся на национальных стандартах Италии, мирового лидера отрасли.

Существует достаточно много других показателей, характеризующих природный камень, имеющих ограниченное применение при его оценке (твердость, истираемость, полируемость, долговечность, обрабатываемость, буримость, блочность, трещиноватость, абразивность, величина естественного радиационного фона и др.) /1/. За рубежом, с целью упрощения понятия «природный камень и его разновидности», применяется коммерческая классификация природного облицовочного камня, которая делит все горные породы, используемые в камнеобработке на 4 категории в зависимости от комплекса их свойств (табл. 1.3.1.).



**Таблица 1.3.1**

## Коммерческая и петрографическая классификация природного камня

Категория камня	Вид камня и петрографическая характеристика
Мрамор (коммерческий)	<p>Кристаллические породы, плотные, полирующиеся с хорошими декоративными и конструкционными качествами, состоящие преимущественно из минералов твердостью 3-4 по Моосу (кальциты, доломиты, серпентиты и др.). к этой категории принадлежат:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- истинные мрамора (метаморфизированные кристаллические известняки), кальциферы, слоистые метаморфические породы;</li> <li>- известняки, доломиты, известковые брекчии, воспринимающие полировку: известковый алебастр, серпентит, офиокальцит.</li> </ul>
Гранит (коммерческий термин)	<p>Явнокристаллические плотные, полкристаллические породы с конструкционными и декоративными качествами, в основном состоящие из минералов твердостью 6-7 по Моосу (типа кварца, полевого шпата, аналогов).</p> <p>К этой категории относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- истинные граниты (магматические интрузивные кислые явнокристаллические породы, состоящие из кварца содово-поташного полевого шпата, слюды;</li> <li>- другие магматические интрузивные породы (диориты, гранодиориты, сиениты, габбро и др.);</li> <li>- соответствующие магматические эффузивные породы с порфировой структурой;</li> <li>- некоторые метаморфические породы, сходные по составу: гнейсы и др.</li> </ul>
Травертины	<p>Известковые породы осадочного и химического происхождения с пористой структурой, хорошими декоративными и конструкционными характеристиками, некоторые из которых полируются</p>
Камни (коммерческий термин)	<p>Декоративные строительные камни, обычно не полируемые. К этой категории относятся породы, состоящие из разных минералов, не включенных в эту классификацию. Они делятся на группы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- мягкие и (или) неплотные породы;</li> <li>- твердые и (или) первой группы.</li> </ul> <p>Пример первой группы: различные осадочные породы (известковые частицы, скрепленные известковым цементом и др.); различные пирокластические породы – пемзы, туфы и др. ко второй группе относятся: породы с естественной слоистостью (кварциты, слюдистые сланцы, плитчатые гнейсы, сланцы и др.); некоторые вулканические породы (базальты, трахиты и др.)</p>

## 1.4. ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ.

На протяжении всей истории человечества природный камень использовался не только как строительный материал, но и как исходный материал для производства изделий декоративного, художественного, технического назначения, а также широко использовался в быту.

Номенклатура изделий из камня постоянно изменялась и расширялась. Если первобытный человек использовал твердые разновидности камня как инструментальный материал, декоративные камни в качестве украшений, а некоторые породы для производства бытовых изделий (посуды, мебели и др.), то в дальнейшем камень становится одним из основных строительных и архитектурных материалов.

В настоящее время природный камень не потерял своего значения в строительстве и, кроме того, он широко используется в быту, технике, в производстве декоративно-прикладных изделий и др. В таблице 1.4.1. приведены основные области использования природного

камня по М.Л.Оганесяну (НИИКС).

**Таблица 1.4.1**

Области применения природного камня (по М.Л.Оганесяну)		
Группа пород	Рекомендуемое применение в естественном виде	Рекомендуемое применение в искусственно-переработанном виде
1	2	3
Граниты	Камни фундаментные, облицовочные, настилочные, бортовые, тротуарные; лестничные ступени, блоки для памятников и скульптур, камни для инженерных сооружений; валы, вальцы, жернова; щебень, песок и порошок для различного применения и т.п.	Заполнители тяжелых бетонов и растворов различного назначения; заполнители асфальтных бетонов; наполнители пластмасс, резин и других полимеров; сырье для каменного литья, стекла, стекловолокна, стеклопластиков, стекловаты, ситаллов и т.п.
Базальты	Камни фундаментные, стеновые, облицовочные, настилочные, бортовые, тротуарные; лестничные ступени, блоки для памятников, скульптур и инженерных сооружений; кислотоупорные изделия и мука; гарнитуры для размола бумажной массы; щебень, песок и порошок для различного применения и т.п.	Заполнители тяжелых бетонов и растворов различного назначения; заполнители асфальтовых бетонов; наполнители пластмасс, резин и других полимеров; сырье для каменного литья, стекла, стекловолокна, стеклопластиков, стекловаты, ситаллов, пресспорошковых материалов; каменной керамики, бумаги и т.п.
Вулканические туфы	Камни стеновые, облицовочные, бортовые; лестничные ступени, тротуарные плиты; жароупорные, кислотоупорные и щелочестойчивые изделия; щебень, песок и порошок в качестве дорожной засыпки, теплозвукоизоляционные засыпки; фильтрующего материала, адсорбентов, носителей катализаторов и ядохимикатов, абразивного материала и облагораживателя почвы и т.п.	Заполнители легких конструктивных, конструктивно-теплоизоляционных и гидротехнических, жароупорных и кислотоупорных бетонов и растворов; активные минеральные добавки к вяжущим; заполнители и наполнители асфальтовых бетонов, пластмасс, резин и других полимеров; сырье для производства стекла, стекловолокна, стеклопластиков, стекловаты, ситаллов, каменного литья, неотуфа, каменной керамики и др. материалов

## Продолжение табл. 1.4.1

1	2	3
Мраморы	Облицовочные и настилочные плиты, лестничные ступени, блоки для памятников, скульптур; электротехнические доски, детали бытового назначения, крошка и порошки различного назначения	Заполнители тяжелых и легких бетонов и растворов различного назначения; заполнители и наполнители асфальтовых бетонов, наполнители пластмасс, резин и других полимеров; сырье и компонент для производства вяжущих веществ, стекла, ситаллов, соды, карбида кальция, хлористой извести и т.п.
Доломиты	Камни фундаментные, облицовочные, бортовые; ступени; окислитель почв; щебень, песок, порошок различного назначения, флюс для металлургического производства	Сырье и компонент для производства ситаллов, магнезиальных вяжущих, огнеупоров, металлического магния, заполнителя тяжелых бетонов и растворов; заполнители и наполнители асфальтовых бетонов; наполнители пластмасс, резины и других полимеров
Кварциты	Строительный, абразивный, кислотоупорный материал; жерновые камни для размла древесины; футеровочный материал; шары для шаровых мельниц, точильные камни и бруски; формовочные пески и т.п.	Сырье для производства динасовых огнеупоров, стекла, ситаллов, искусстабразивов, ферросилиция, фарфоровой эмали, ферросплавов и т.п.
Гипсовые породы	Облицовочные плиты и камни, скульптурный и поделочный материал, обогажитель почвы	Сырье для производства гипсовых вяжущих, сернокислого аммония, серной кислоты и других продуктов

Как и в большинстве видов человеческой деятельности изделия из природного камня стандартизируются. В СССР существовала широкая система стандартизации, регламентирующая основные характеристики изделий из природного камня. К сожалению, эти стандарты отличались по методике измерения, объектам измерения, выбору основных параметров от соответствующих стандартов Европейских стран и во многих случаях их применение затруднено, особенно при оценке импортных материалов. В настоящее во всем мире широко применяется Европейская система стандартов для природного камня, базирующая на национальных итальянских стандартах.

Ниже в таблице 1.4.2.. даны Европейские стандарты на изделия и материалы из природного камня и их характеристика.

Таблица 1.4.2.

Комитет	Рабочая группа	Название стандарта	Код	Статус
1	2	3	4	5
CEN/TC125	WG-1	Спецификация и изделия для кладки – Часть 6: Изделия для кладки из натурального камня	EN771-6	Опубл. 2000 г.
CEN/TC128	SC-8	Сланцы и каменные материалы	EN12326-	Опубл.

		для кровли: Часть 1-спецификация	1	2004 г.
CEN/TC128	SC-8	Сланцы и каменные материалы для кровли: Часть 2- методы испытаний	EN12326-1	Опубл. 2004 г.
1	2	3	4	5
CEN/TC178	WG-2	Плиты (слейбы) для наружных напольных покрытий: предпосылки и методы испытаний	EN1341	Опубл. 2001 г.
CEN/TC178	WG-2	Брусчатка (кубики) для наружных напольных покрытий	EN342	Опубл. 2001г.
CEN/TC178	WG-2	Бордюры для дорог для наружных напольных покрытий	EN1343	Опубл. 2001г.
CEN/NC246	WG-1	Натуральный камень - Критерии и определения	EN12440	Опубл. 2000г.
CEN/TC246	WG-1	Натуральный камень – Терминология натурального камня	EN12670	Опубл. 2001г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение абсорбции (пропитки) через фильтрацию	EN1925	Опубл. 1999г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение предела прочности при сжатии	EN1926	Опубл. 1999г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение реальной или кажущейся плотности и общей или открытой пористости	EN1936	Опубл. 1999г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение сопротивления кристаллизации соли	EN12370	Опубл. 1999
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение морозостойкости	EN12371	Опубл. 2001
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение предела прочности на изгиб при концентрированной нагрузке	EN12372	Опубл. 1999г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – петрографическая оценка	EN12407	Опубл. 2000г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение предела прочности на изгиб в конкретный момент	EN13161	Опубл. 2001г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для	EN13364	

		натурального камня – определение ударной нагрузки в определенной точке		Опубл. 2001г.
1	2	3	4	5
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение водонасыщения при атмосферном давлении	EN13755	Опубл. 2001г.
CTN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение сопротивления разрушению под воздействием растворов CO <sub>2</sub>	EN13919	Опубл. 2002г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – Определение геометрических характеристик	EN13373	Опубл. 2003г.
CEN/NC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение сопротивления тепловым нагрузкам	EN14066	Опубл. 2003
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение сопротивления проскальзыванию с помощью маятникового механизма	EN14231	Опубл. 2003
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение динамического модуля упругости методом базовой резонансной частоты	EN14146	Опубл. 2004
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определении сопротивления разрушению при соляных испарениях	EN14147	Опубл. 2003г.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение энергии разрушения камня	EN14158	Опубл. 2004
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение микротвердости по Кноопу	EN14205	Опубл. 2003
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определения сопротивляемости	EN14157	Одобрено. Краткая публик.

		абразивному износу		
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определения скорости распространения ультразвука	EN14579	Одобрено. Краткая публик.
1	2	3	4	5
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определения статического модуля упругости	prEN 14580	Ожидается одобрение.
CEN/TC246	WG-2	Методы испытаний для натурального камня – определение коэффициента линейного термического расширения	prEN 14581	Ожидается одобрение.
CEN/TC246	WG-3	Натуральный камень – необработанные блоки-спецификации	EN1467	Опубл. 2003
CEN/TC246	WG-3	Природный камень – полуфабрикаты необработанные слейбы - спецификации	EN1468	Опубл.
CEN/TC246	WG-3	Природный камень – Конечный продукт – обработанный слейб - спецификации	EN1469	Одобрено. Опублик. краткие термины
CEN/TC246	WG-3	Продукт из природного камня – конечный продукт (модульные плиты) - спецификации	EN12057	Одобрено. Опублик. краткие термины
CEN/TC246	WG-3	Продукт из натурального камня – конечный продукт (плиты для напольных и стеновых покрытий)		Одобрено. Опублик. краткие термины
CEN/TC246	WG-3	Продукт из природного камня – конечный продукт (кубические элементы из природного камня – брусчатка) - спецификации	prEN12059	Не одобрено. Новый текст будет в черновике
CEN/TC246	WG-3	Продукт из натурального камня – кухонные столешницы, изделия ванн	-	Анулировано

### 1.5. ПРОДУКЦИЯ КАРЬЕРОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ.

Основной продукцией карьеров природного камня являются блоки, стеновые камни, разнородное сырье из природного камня различного назначения.

Основной продукцией карьеров облицовочного камня являются блоки из природного камня для производства облицовочных, архитектурно-строительных и других изделий на камнеобрабатывающих предприятиях.

Блоки должны иметь форму прямоугольного параллелепипеда или близкую к нему. Ширина и высота в пределах 0,2-2,0 м, длина – до 3,5 м.

По объему блоки подразделяют на пять групп, указанных в таблице № 1.5.1. [ГОСТ 9479-84].

Блоки подразделяют на пиленные и колотые. Отклонение от размеров и качество поверхности блоков должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице № 1.5.2. [ГОСТ 9479-84].

На блоках не допускается более одной трещины длиной до 1/3 наименьшего размера грани, распространяющейся на две смежные грани. На блоках из мрамора, кроме белого, допускаются тонкие извилистые трещины («черепные швы»), выходящие на две смежные грани.

Физико-механические свойства горной породы блока должны соответствовать значениям, указанным в таблице 1.5.3. [ГОСТ 9479-84].

К блокам, используемым для производства облицовочных материалов, применяемых для лестниц и полов, предъявляют требования по истираемости. Истираемость должна быть не более 2,2 г/см<sup>2</sup> при интенсивности движения менее 500 чел/ч, 1,5 г/см<sup>2</sup> – при интенсивности движения от 500 до 1000 чел/ч и не более 0,5 г/см<sup>2</sup> – при интенсивности движения более 1000 чел/ч.

**Таблица 1.5.1.**

Группа	I	II	III	IV	V
Объем блока, м <sup>3</sup>	св. 4,5 до 8,0	св. 2,0 до 4,5	св. 1,0 до 2,0	св. 0,4 до 1,0	св. 0,01 до 0,4

*Примечания.*

1. Допускается относить к группе III блоки из мрамора, кроме белого, объемом свыше 0,7 до 2,0 м<sup>3</sup>

2. По согласованию изготовителя с потребителем допускается выпуск блоков группы I объемом свыше 8 м<sup>3</sup>.

**Таблица 1.5.2.**

Характеристики блоков *)				
Наименование показателя	Значения показателей			
	пиленные блоки групп		колотые блоки групп	
	I-III	IV-V	I-III	IV-V
Отклонение от перпендикулярности двух смежных граней, мм на 1 м высоты грани, не более	60	60	110	110
Высота выступов и глубина впадин по наибольшему просвету под линейкой, мм, не более:				
для верхней и нижней граней	100	40	100	100
для остальных граней	150	100	200	100
Число отбитых углов, не более	3	3	3	3
Длина скола отбитого угла по ребру блока, мм, не более	150	60	200	80
Суммарная длина сколов ребер блока на 1 м ребра, мм, не более	150	100	150	150
Число запилы глубиной до 150 мм, не более	2	1	-	-

Следует учесть, что при определении реального (полезного) объема блоков необходимо учесть объем потерь в готовом блоке (карьерной продукции) - рис. 1.5.1. Согласно приведенному примеру на рисунке:

-полный объем (брутто) блока равен - 2,5x1,5x1,5=5,625 куб.м.;

- полезный (нетто) объем блока равен -  $2,35 \times 1,4 \times 1,4 = 4,606$  куб.м.;
- объем потерь -  $(5,625 - 4,606 / 5,625) \times 100\% = 18\%$ .

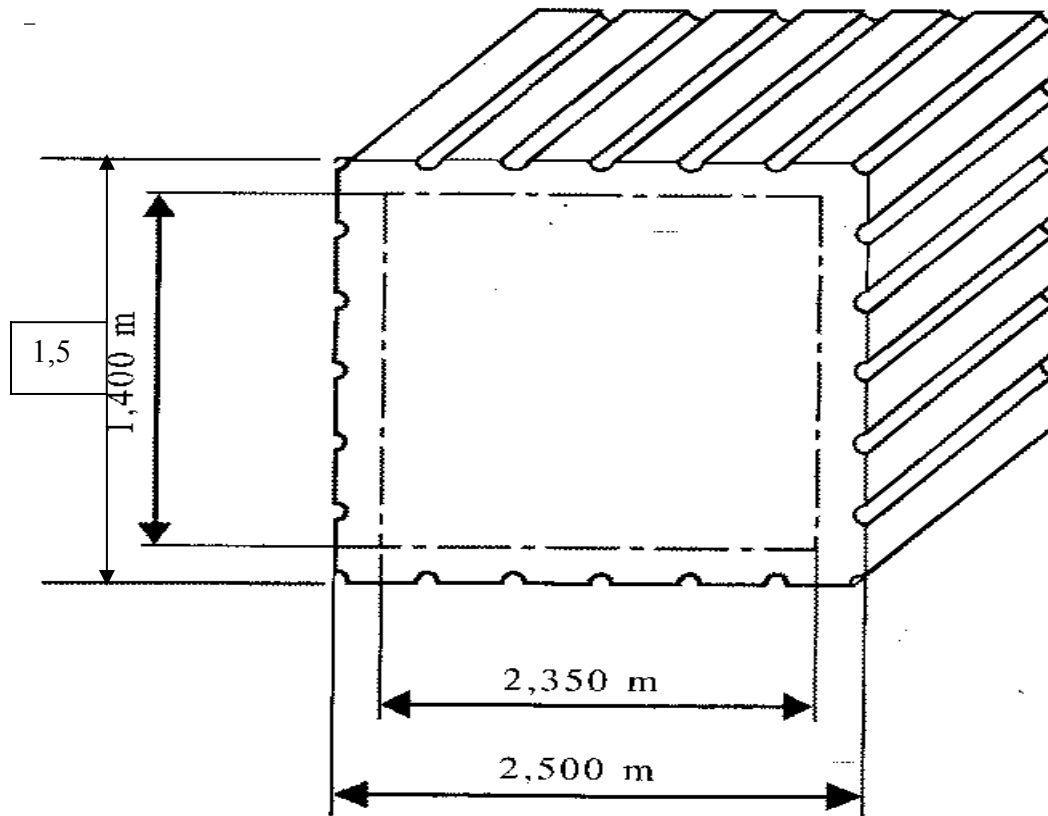


Рис.1.5.1. Схематическое изображение готового блока и его полезного объема.



**Таблица 1.5.3**

Наименование горной породы	Норма		
	предел прочности на сжатие в сухом состоянии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	коэффициент снижения прочности при насыщении водой, не менее	марка по морозостойкости, не менее *)
<b>Прочные породы</b>			
Гранит, сиенит, габбро, кварцит, диорит, плотный базальт	80 (800)	0,8	Мрз 50
<b>Породы средней прочности</b>			
Лабрадорит, диабаз, порфирит, порфир, андезит, липарит, гнейс, трахит	60 (600)	0,7	Мрз 50
Мрамор, конгломерат, брекчия, мраморизованный известняк	40 (400)	0,7	Мрз 25
<b>Низкопрочные породы</b>			
Пористый базальт, песчаник	30 (300)	0,7	Мрз 25
Плотные известняк и доломит, травертин	20 (200)	0,65	Мрз 25
Вулканический фельзитовый туф	20 (200)	0,7	Мрз 15
Пористые известняк и доломит *)	10 (100)	0,65	Мрз 25
Известняк-ракушечник	10 (100)	0,65	Мрз 15
Гипсовый камень	15 (150)	0,65	не нормируется
Вулканические туфы (кроме фельзитового)	5 (50)	0,7	Мрз 25

\*) Допускается выпуск блоков из пористых известняков и известняков-ракушечников с пределом прочности на сжатие менее 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>), но не менее 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>), при условии технико-экономического обоснования про-изводства и области применения плит из этих блоков.

\*\*) Требования по морозостойкости не предъявляются к блокам из изверженных горных пород, имеющих водопоглощение 0,5% и ниже, и к блокам, используемым для производства облицовочных изделий для внутренней облицовки.

В южных районах СНГ, странах Южной Европы, где имеются запасы легкопилимых пористых и относительно малопрочных пород (пильного камня), используемого для кладки стен, перегородок и других элементов гражданских и промышленных зданий природный (стеновой) камень используется как конструкционный материал в индивидуальном жилищном строительстве.

Существующим стандартом (ГОСТ 4001-84) предусматривается, что стеновые камни (пильный камень) выпиливаются из массива горных пород (известняков, туфов, ракушечников и др.) или из предварительно добытых блоков в виде прямоугольного параллелепипеда.

Типы и основные характеристики стеновых камней приведены в таблице № 1.5.4. [ГОСТ 4001-84].

Таблица 1.5.4

Основные характеристики стеновых камней					
Тип камня	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Объем одного камня, м <sup>3</sup>	Количество камней в 1 м <sup>3</sup> , шт.
<b>Полномерные камни</b>					
I	390	190	888	0,0139	72
II	490	240	188	0,0221	45
III	390	190	288	0,0213	47
<b>Неполномерные камни</b>					
3/4 I	292	190	188	0,0104	96
3/4 II	367	240	188	0,0165	61
3/4 III	292	190	288	0,0160	62
1/2 I	195	190	188	0,0070	143
1/2 II	245	240	188	0,0111	90
1/2 III	195	190	288	0,0107	93

По назначению камни подразделяют на рядовые и лицевые:

*P* – рядовые, предназначенные для кладки стен зданий и сооружений с последующим оштукатуриванием;

*L* – лицевые, предназначенные для лицевой кладки стен зданий и сооружений, без последующей облицовки и оштукатуривания.

Камни в зависимости от прочности при сжатии подразделяют на марки, указанные в таблице № 1.5..5. [ГОСТ 4001-84].

Таблица 1.5.5

Марки стеновых камней			
Порода	Марка камня по прочности на сжатие	Прочность на сжатие, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	
		средняя (из пяти образцов)	наименьшая для отдельного образца
Известняки	4	0,4 (4)	0,3 (3)
	7	0,7 (7)	0,4 (4)
	10	1,0 (10)	0,7 (7)
	15	1,5 (15)	1,0 (10)
	25	2,5 (25)	1,5 (15)
Известняки и туфы	35	3,5 (35)	2,5 (25)
	50	5,0 (50)	3,5 (35)
	75	7,5 (75)	5,0 (50)
	100	10,0 (100)	7,5 (75)
	125	12,5 (125)	10,0 (100)
	150	15,0 (150)	2,5 (125)
	200	20,0 (200)	15,0 (150)
	250	25,0 (250)	20,0 (200)
	300	30,0 (300)	25,0 (250)
	350	35,0 (350)	30,0 (300)
400	40,0 (400)	35,0 (350)	

Камни следует изготавливать из горных пород с физико-механическими показателями, указанными в таблице № 1.5.6. [ГОСТ 4001-84].

**Таблица 1.5.6.**

<b>Физико-механические свойства пород для изготовления камней</b>	
<b>Наименование показателя</b>	<b>Норма</b>
Средняя плотность (объемная масса), кг/м <sup>3</sup> , не более	2100
Водопоглощение, %, не более:	
для туфов и опок	50
для известняков и других пород	30
Морозостойкость, циклы, не менее *)	15
Потеря прочности на сжатие после испытаний на морозостойкость, %, не более	25
Коэффициент размягчения, не менее	0,6

*\*) По разрешению госстроев требования по морозостойкости камней не предъявляются, если долговечность стен из камня для местных климатических условий подтверждена многолетним опытом эксплуатации зданий.*

*В весенне-летний период допускается по согласованию с потребителем выпуск камней с коэффициентом размягчения не менее 0,5.*

*Для устройства наружных стен неотапливаемых помещений и внутренних стен зданий допускается изготовление камней из горных пород со средней плотностью более 2100 кг/м<sup>3</sup>.*

Допускаемые отклонения от номинальных размеров и показателей внешнего вида камней не должны превышать значений, указанных в таблице № 1.5.7. [ГОСТ 4001-84].

**Таблица 1.5.7.**

<b>Наименование показателя</b>	<b>Норма</b>	
	<b>высшая категория качества (лицевых камней)</b>	<b>первая категория качества</b>
Отклонение фактических размеров от номинальных, мм, не более:		
по длине	±6	±10
по ширине и высоте:		
при открытой добыче	±4	+1, -8
при подземной добыче	±5	+6, -8
Отклонение от перпендикулярности граней, мм, не более	4	6
Отклонение от плоскостности граней, мм, не более	4	6
Количество отбитых углов на одной грани камня, не более:		
лицевые камни	1	2
рядовые камни	не регламентируется	
Длина скола ребер поврежденного угла не должна превышать значений, мм:		
лицевые камни	15	20
рядовые камни	-	40
Скол одного ребра и естественные каверны, мм, не более:		
лицевые камни:		
длина	15	20
глубина	15	20
рядовые камни:		
длина	-	15
глубина	-	30

Стеновые блоки из относительно малопрочных, легкопилимых, пористых пород имеют широкое распространение в южных регионах СНГ, странах Средиземноморья и др.. Подобные строительные изделия обладают высокой технологичностью, малой теплопроводностью и высокими звукоизоляционными качествами.

Стеновые блоки выпиливаются либо непосредственно из массива горных пород (известняков, туфов, опок и др.) либо из предварительно добытых блоков-заготовок и предназначенных для кладки наружных и внутренних стен, фундаментов и других элементов зданий и сооружений

Стеновые блоки (ГОСТ 15884-85) по назначению подразделяются на следующие типы:

Д – стеновые блоки для кладки при двухрядной разрезке стен зданий и сооружений;

Б – стеновые блоки для кладки при многорядной разрезке стен зданий и сооружений.

Основная форма стеновых блоков прямоугольный параллелепипед.

Основные размеры блоков должны соответствовать указанным в таблице № 1.5.8.

**таблица 1.5.8**

Основные размеры стеновых блоков (см)			
Типы блоков	а	б	в
Д	236, 286	82, 100	40, 50
Б	40, 48, 78, 98, 105, 118, 128, 148, 178, 198	38, 78, 82, 100	30, 40, 50

*\*1 Выпуск стеновых блоков других размеров допускается по согласованию с потребителем и транспортными организациями по разрешению госстроя республики.*

Конструктивно блоки типа Д выполняются с прямоугольными пазами на торцевых вертикальных гранях по оси симметрии блоков и без пазов. Площадь поперечного сечения паза равна 112 см<sup>2</sup>. Блоки типа Б выполняются без пазов.

Блоки в зависимости от прочности при сжатии подразделяются на марки, указанные в таблице № 1.5.9.

**Таблица 1.5.9.**

Марки стеновых блоков		
Марка блоков по прочности на сжатие	Прочность на сжатие, МПа (кг/см <sup>2</sup> ), не менее	
	средняя (из пяти образцов)	наименьшая для отдельного образца
25	2,5 (25)	1,5 (15)
35	3,5 (35)	2,5 (25)
50	5 (50)	3,5 (35)
75	7,5 (75)	5,0 (50)
100	10,0 (100)	7,5 (75)
125	12,5 (125)	10,0 (100)
150	15,0 (150)	12,5 (125)
200	20,0 (200)	15,0 (150)
250	25,0 (250)	20,0 (200)
300	30,0 (300)	25,0 (250)
400	40,0 (400)	30,0 (300)

Физико-механические показатели горных пород, из которых изготовляют блоки, должны соответствовать:

средняя плотность (объемная масса), кг/м<sup>3</sup>. не более 2100

водопоглощение, %, не более:

для туфов и опок 50

для остальных пород 30

коэффициент размягчения, не менее 0,6

морозостойкость, циклы, не менее:

для наружных стен, фундаментов  
и стен подвалов

15

для внутренних стен – не регламентируется

По разрешению госстроев соответствующих стран СНГ морозостойкость блоков может быть менее 15 циклов при соответствующем технико-экономическом обосновании, если долговечность стен для местных климатических условий подтверждена многолетним опытом эксплуатации.

Для устройства внутренних стен зданий, фундаментов и стен подвалов допускается изготовление блоков из горных пород со средней плотностью более 2100 кг/м<sup>3</sup>.

Допускаемые отклонения от номинальных размеров и показателей внешнего вида камней не должны превышать значений, указанных в таблице № 1.5.10.

**Таблица 1.5.10.**

Допуски размеров стеновых блоков	
Наименование показателя	Норма
Отклонение фактических размеров от номинальных, мм, не более:	
по высоте	±10
по ширине	+7, -10
по толщине	±8
Отклонение от перпендикулярности граней (просвет под угольником), мм, не более	6
Отклонение от плоскостности граней, мм, не более	6
Число отбитых углов на одной грани камня, не более*):	
для наружных стен	2
для внутренних стен, фундаментов и стен подвалов	не регламентируется
Длина скола ребер поврежденного угла не должна превышать значений, мм:	
для наружных стен	40
для внутренних стен, фундаментов и стен подвалов	50
Скол одного ребра, мм, не более:	
для наружных стен	60
для внутренних стен, фундаментов и стен подвалов	100

\* Угол не считается отбитым, если скол по одному из ребер менее 1/3 установленного допуска.

В южных районах СНГ, странах Средиземноморья в гражданском и промышленном строительстве используется кладка стен штучными камнями для кладки «мидис». Штучные камни при этом имеют тесанную внешнюю поверхность прямоугольной формы и меньших размеров тыльную поверхность, образованную наклонными боковыми поверхностями. Удобство этой кладки состоит в том, что точной обработке подвергается только поверхность и контуры лицевой стороны. Основным материал камней туфы, базальты и другие породы различных месторождений.

Марка туфового камня должна быть более 50 (прочность породы на сжатие более 5 МПа), или камень должен быть изготовлен из высокопрочного туфа (марка более 100).

Высокопрочными считаются туфы, имеющие объемный вес выше следующих величин:

туфы анийского типа	1250 кг/м <sup>3</sup>
туфы арктического типа	1350 -"-
туфы ереванского типа	1450 -"-
туфы бюраканского типа	1600 -"-

Базальты и аналогичные породы должны быть мелкопористыми плотными и иметь предел прочности на сжатие более 50 МПа.

Коэффициент размягчения используемой породы должен быть не более 0,7, а коэффициент водонасыщения не более 0,85.

При испытании на морозостойкость туф должен выдержать без признаков разрушения 15 циклов, а базальт – 25 циклов.

Размеры штучных камней для кладки «мидис» приведены в таблице № 1.5.11.

**Таблица 1.5.11**

Размеры грубоколотых и тесанных камней для кладки "мидис"			
	Размеры камней с допуском, мм		
	длина	ширина	высота
Камни штучные грубоколотые:			
из туфов	330 (±30)	23 (±30)	330+500
из базальгов	330 (-20+30)	230 (-20+30)	330+600
Камни для лицевой кладки:			
чистотесанные *)	$300 \pm 0,2$ 240+270	200±2	300+550
тесанные с фактурой скалы (под "шубу")	$300 \pm 0,2$ 240+270	200±2	300+550

\*) В числителе размеры лицевой поверхности, в знаменателе - тыльной.

Тесанные камни лицевые должны иметь чисто обработанные горизонтальные постели шириной не менее 20-30 мм, отесанные под прямым углом к лицевой поверхности и служащие для четкой фиксации камней относительно друг друга при кладке, отклонение от плоскости не более 2 мм.

Боковые грани тесанные лицевых камней должны быть скошены на 2-3 см. Лицевая сторона чистотесанного камня должна быть прямоугольной и чисто обработанной. Отклонение от плоскости (просвет под линейкой) до 3 мм на 1 м.

Высота рельефа с фактурой скалы 40-50 мм. При этом изготавливается чисто тесанная лента шириной 20 мм по периметру фасадной стороны или не изготавливается.

## 1.6. ОБЛИЦОВОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ВИДЫ (ФАКТУРА) ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С увеличением объемов производства изделий из камня, усовершенствованием технологии обработки, дороговизной сырья производство облицовочных плит из природного камня в общем объеме производства изделий из камня неуклонно возрастает. Причем, исходя из дороговизны сырья, повышением требований к качеству облицовки, повышением технологичности облицовки наблюдается непрерывная тенденция уменьшения толщины облицовочных плит, ужесточение допусков на геометрические размеры плит, повышение технологической готовности облицовочных плит, применение стандартных размеров, наличие фасок на лицевой поверхности, наличие закрепительных канавок или прорезей на тыльной стороне плит и др.

В зависимости от исходного материала, плиты подразделяются на следующие виды: плиты облицовочные из природного камня и плиты декоративные на основе природного камня с использованием различных связующих.

На территории СНГ действует ГОСТ 9480-89 на плиты облицовочные из природного камня. Согласно этому ГОСТу допускается изготовление плит следующих размеров, мм:

- длиной 150-1500;
- шириной 150-1200 или полосок и пашек менее 150 мм;
- толщиной 8-30 мм, или 40 мм из мраморизованного известняка, туфа, ракушечника, известняка.

Предельные отклонения от номинальных размеров плит даны в таблице № 1.6.1.

Отклонения от прямого угла облицовочных плит на 1 м длины не более +1 мм.

Фактура лицевой поверхности облицовочных плит должна соответствовать таблице № 1.6.2.

**таблица 1.6.1.**

Предельные отклонения размеров плит, мм						
Показатель						
длина		ширина		толщина		
до 600 мм	свыше 600 мм	до 600 мм	свыше 600 мм	от 8 до 15 мм	свыше 15 до 30 мм	
					мрамор	другие породы
±1	±2	±1	±2	±1	±2	±3

Ниже приведены характеристики основных фактур, используемых при обработке природного камня.

1. Естественная (карьерная) фактура натурального камня привлекает все большее внимание архитекторов и дизайнеров. Эта фактура возникает при воздействии различных природных явлений на поверхность камня в течение длительного времени, сообщая ему различные цветовые (за счет физико-химических и механических процессов) и рельефные (за счет неоднородных включений) изменения. Наиболее характерным являются фактуры естественных сланцев, имеющих развитую (неровную) поверхность и широкую гамму цветовых эффектов. С учетом слоистой структуры и возможностью придавать пластинам прямоугольную форму сланцы используются для облицовки как вертикальных, так и горизонтальных (напольных) поверхностей. Кроме того используются естественные фактуры речной или морской гальки, валунов и др. За последние годы появились технические методы, позволяющие придавать поверхностям камня фактуры искусственного старения о чем пойдет речь ниже.

2. Поверхность раскола появляется в результате направленного раскалывания кусков камня как вручную, так и различными машинами.

Для раскола вручную используются различные ручные инструменты (см. рис.3.3.2.) и кувалды, причем этот метод еще не потерял свою актуальность. Тонкие и широкие долота (для точности раскола) применяются на некоторых сланцах и тонком кварците, обычные долота и кувалды для больших поверхностей раскола (на плотных известняках). Механизированный раскол осуществляется на механических прессах усилием от 20 до более 250 тонн с помощью системы плавающих ножей (инденторов). Пресса с небольшим усилием до 40 тонн делаются консольными с шириной ножа до 350 мм и предназначены в основном для конечной продукции (брусчатка и др.) шириной до 300 мм и высотой до 150-200 мм. Более мощные пресса имеют порталную конструкцию и предназначены в основном для заготовительных операций. Комплексы подобного оборудования оснащены конвейерами, манипуляторами, рольгангами для перемещения заготовок. Также используются портативные передвижные раскалывающие установки, применяемые на карьерах. Существуют пресса с усилием раскола до 1300 тонн и сечением раскола высотой до 1500 мм и шириной до 2000 мм для производства бордюрного камня, заготовительных и других операций.

Таблица 1.6.2.

Виды фактур лицевых поверхностей изделий из камня			
Фактура		Краткая характеристика	Способ получения
вид	наименование		
1	2	3	4
Абразивная	пиленая, вид А <sup>*)</sup>	неравномерно шероховатая поверхность с неровностями в виде прямолинейных царапин, борозд, ступеней или волн с максимальными неровностями до 3 мм	распиловка камня алмазным инструментом
	вид Б <sup>*)</sup>	неравномерно шероховатая поверхность с единичными неровностями в виде борозд с неровностями рельефа до 3 мм	
	вид Б <sub>1</sub> <sup>*)</sup>	то же, что пиленая вида Б, но очищенная от следов окислов и шлама	обработка стальными щетками, пескоструйным аппаратом, кислотой
	обработанная ультразвуком или гидробразивным методом <sup>*)</sup>	матовая поверхность с выявленными цветом, рисунком и структурой	ультразвуковая или обработка в абразивной суспензии с наложением вибраций
	лощенная <sup>*)</sup>	гладкая матовая поверхность без следов обработки, полное выявление рисунка камня	обработка лошительным инструментом
	полированная <sup>*)</sup>	зеркальный блеск на поверхности изделий, четкое отражение предметов, полное выявление цвета, рисунка и структуры камня	обработка полировальным инструментом
Ударная (скальвания)	"скала"	околотая поверхность с широкими сколами и острыми гребнями с неровностями рельефа 50-200 мм без следов инструмента	раскалывание камня за кольником либо инденторами (ножами) на колочном станке
	бугристая <sup>**)</sup>	равномерно обработанная поверхность с чередованием бугров и впадин с неровностями рельефа до 50 мм с малозаметными следами инструмента	обработка шпунтом или узкой скальпелю
	рифленая <sup>**)</sup>	непрерывные параллельные борозды глубиной до 2-3 мм	обработка троянкой или алмазными отрезными кругами
	бороздчатая <sup>**)</sup>	прерывистые параллельные борозды глубиной до 2-3 мм	обработка пластинчатой бучардой или катучей фрезой
	точечная <sup>*)</sup>	равномерно шероховатая поверхность с неровностями рельефа до 2 мм	обработка крестовой бучардой
термообработанная <sup>*</sup>	шероховатая поверхность со следами шелушения и неровностями рельефа до 10 мм	обработка термоинструментом	

<sup>\*)</sup> Фактуры применяемые при производстве облицовочных плит из природного камня ГОСТ 9480-89, а также декоративных плит на основе природного камня (ГОСТ 24099-80).

<sup>\*\*)</sup> Нестандартные фактуры, применяемые по желанию заказчика

3. Широкое распространение получили фактуры, получаемые после пиления (алмазными кругами, лентами, канатами, полосовыми пилами и др.). Эти фактуры используются для неответственных изделий, а также по выбору архитектора.



4. Ударная обработка имеет широкий диапазон фактур, зависящих от типа инструмента, направления удара, силы удара и др.

К ударным фактурам относятся: ручная или механическая обработка зубилом; нанесение линий рубящим инструментом; нанесение хаотических точечных фактур; бучардирование с помощью ручных и механических бучард с возвратно-поступательным, ударным или вращательным инструментом и др. К этим фактурам относится также пескоструйная обработка – получение шероховатой поверхности камня за счет ударов частиц кварцевого песка или абразива по поверхности камня, с образованием микроцарапин.

Условно все эти технологии можно разделить на 2 типа: нанесение хаотических ударов различными инструментами или абразивом или нанесение рисунка при котором полученные ударные отпечатки совпадают по форме с ударной частью инструмента.

Ударные фактуры получают ручным механизированным инструментом в случае небольших объемов обработки либо стационарных конвейерных или мостовых автоматизированных станков при больших объемах. Эти станки универсальны и на рабочую головку могут быть закреплены различные насадки для разных технологических операций и соответствующий инструмент.

Пескоструйная обработка имеет 3 вида: использование песка с водой, использованием сухого песка, использование шарообразных частиц искусственного происхождения. В качестве абразива применяется: речной песок, просеянный песок, корунд, наждак, карборунд, стальная или чугунная дробь, шарики из стекла, кварца или других материалов. В большинстве технологий поверхность присыпается влажным песком, исключая выделение пыли, осколков и др. вредных выбросов, хотя это уменьшает силу удара. Компьютерная система управления станками позволяет регулировать параметры обработки и размеры обрабатываемой поверхности. В качестве привода используются компрессоры для получения сжатого воздуха.

5. Термообработанные поверхности. Подобные поверхности получают путем высокотемпературного воздействия (2000 – 2500°C) на неоднородные хрупкие материалы (граниты и аналоги). При этом благодаря разнице в температурном коэффициенте расширения различных минералов происходит неравномерное разрушение поверхности с образованием шероховатой фактуры с хорошим противоскользящим эффектом. Эти фактуры широко используются при производстве наружных напольных покрытий, ступеней и др. Термическая обработка позволяет получать шероховатые поверхности с сохранением цвета полированного камня, что в некоторых случаях делают этот метод незаменимым. Горелки для создания высокотемпературной струи используют пропан с кислородом или просто метан, горящий в обычной атмосфере. Обработку можно делать с помощью ручной горелки либо на автоматизированных установках, работающих по тому же принципу, что и установки для ударных фактур. На этих установках происходит перемещение изделия относительно головки либо перемещение головки относительно изделия. Термическая головка с регулируемым расстоянием и углом наклона относительно поверхности камня при возвратно-поступательном перемещении относительно камня шириной не более 2200мм должна располагаться в звукопроницаемых отсеках исключая вредное воздействие на персонал. В некоторых установках используются несколько одновременно работающих термических головок. Компьютерная система управления позволяет регулировать режимы обработки, чтобы исключить разрушение кромок плит, где температурные напряжения выше, чем на середине плиты.

6. Шлифованные и полированные фактуры являются наиболее старым и распространенными поверхностями обработки камня. При этом используются механические (абразивная обработка) и физико-химические процессы (полировка).

Основные виды оборудования для этих технологических процессов следующие:

- колено – рычажные (колонковые) ручные станки;
- станки мостового типа;

- конвейерные станки с непрерывным циклом обработки, позволяющие обрабатывать в непрерывном цикле изделия толщиной 10-200мм и имеющие до 30 обрабатываемых (калибрующих, шлифующих и полирующих) головок. Эти станки оснащены мостовыми или консольными обрабатываемыми постами, автоматической системой контроля толщины и формы изделия, для сокращения рабочего хода головок, электронной системой изменения и контроля основных режимов обработки (скорости движения конвейера, скорости перемещения моста - до 60 м/мин); системой контроля неисправностей, аварийного торможения, смазки основных узлов в автоматическом режиме; вывода на экран основных технологических параметров, расхода энергии, инструмента, производительности и др. Этот тип оборудования составляет до 1/3 от всего оборудования на крупных предприятиях. Большая твердость гранита предполагает использование различных видов алмазного инструмента: торцовые планшайбы и круги, продольные ролики, цилиндрические ролики, конические ролики. Широко применяется инструмент с сложным, осциллирующим движением головки. Не потеряли своего значения различные абразивные инструменты, особенно при обработке мягких пород и на операциях лощения и полировки. Абразивы на магнезиальной связке, несмотря на нестабильность свойств во времени, до сих пор применяются из-за дешевизны и простоты технологии изготовления. Идет широкое применение алмазных инструментов на металлической и резиновой связке.

В последнее время используется фактура, полученная после шлифовки-полировки грубо обработанных поверхностей, когда часть поверхности имеет грубую фактуру, а часть (островками) полированную фактуру.

Используются лощенные фактуры, когда естественный рисунок камня нивелируется, оставляя только цветовой фон.

7. Химическая обработка. Это наиболее перспективная и быстро развивающаяся технология обработки камня, позволяющая вовлекать в производство материалы, ранее не используемые из-за своих низких качественных и декоративных характеристик. Высокая степень автоматизации этих процессов позволяет внедрять технологии химической обработки в линии по производству стандартных плит и слябов, сразу перед операцией шлифовки-полировки. Широкое распространение получило покрытие поверхности камня и пропитка его структуры различными смолами, позволяющими упрочнять материал, защищать его от атмосферных, механических и иных воздействий, заполнять поры, трещины дефекты, делать его полирующимся, повышать его декоративные характеристики за счет изменения фактуры (эффект «мокрого камня», эффект прозрачности поверхностных слоев, эффект старого камня – «антик» и др.), изменять его физико-механические свойства. Наиболее широко эта технология применяется для обработки травертина и др. карбонатных пород. При этом в основном применяются полиэфирные и эпоксидные смолы. Эти смолы имеют высокую стойкость к внешним химическим, механическим и иным воздействиям, не реагируют с большинством известных растворителей, имеют различные упрочняющие добавки. Линии по пропитке используют высокотемпературную и вакуумную обработку изделия с пропиткой смолами с различными добавками (упрочняющие, декорирующие, изменяющие цвет и др.). Ниже в таблице 1.6.3 даны сравнительные характеристики применения полиэфирных и эпоксидных смол.

Таблица 1.6.3.

№№	Характеристика	Полиэфирная смола	Эпоксидная смола
1	Прочность на сжатие, (МПа)	Средняя (13-14)	Высокая (50-60)
2	Оптимальный температурный интервал использования, °С	0-50°С	25-60°С
3	Экологичность	Хорошая	Высокая
4	Изменение структуры смолы во	Нет	Да

	времени		
5	Стабильность при воздействии ультрафиолетового излучения	Не стабильна	Стабильна
6	Твердение	Быстрое	Медленное
7	Стоимость	Низкая	Высокая

8. Старение («антик») камня. За последние годы у архитекторов и дизайнеров популярностью пользуется камень с искусственно состаренной (изношенной) поверхностью. Старению подвергаются не только слэбы и плиты, но и различные сложные поверхности (круглые, фасонные и др.). «Антика» сочетается и другими методами обработки (пескоструйной, бучардированием, нанесением на поверхность камня различных мастик и др.). Существуют множество методов старения, но не все подвергаются механизации.

А. Старение с использованием различных механических воздействий, с использованием различного оборудования и систем автоматизации.

В. Старение с использованием кислотных ванн, при этом не используется специализированное оборудование и не подвергается автоматизации.

С. Старение с использованием чистящих поверхностных составов.

Метод старения с использованием механических воздействий использует различные вибрационные, колебательные, вращательные устройства или устройства с комбинацией этих движений, куда загружаются куски камня различных размеров с добавками различных абразивов, химических и поверхностно-активных составов. Емкости для обработки при этом бывают круглые, грибообразные, многоугольные с вместимостью до нескольких сотен литров и возможностью загрузки, как с торца, так и с периферии емкости. Емкости для улучшения процесса обработки иногда делятся перегородками на несколько отделений, снабжаются элементами звукоизоляции, системами автоматической загрузки и др. Наиболее распространены вибрационные машины, более надежные в эксплуатации. Все чаще эти машины комбинируются с устройствами для наклейки элементов камня на бумажную или стекловолоконную основу для создания декоративных элементов, готовых мозаичных панно или бордюров. Эти автоматизированные комплексы оборудования характеризуются высокой производительностью шириной обработки до нескольких десятков сантиметров и типом обрабатываемых емкостей.

9. Обработка струей воды высокого давления (river-washed). Эта обработка дает эффект близкий к пескоструйной обработке. С учетом неоднородной по прочности поверхности камня подобная обработка изнашивает поверхности с разной интенсивностью формируя бугристую поверхность. Обрабатываемые изделия располагаются либо вертикально, либо чаще горизонтально.

Эти установки имеют конвейерную систему подачи слэбов в камеру обработки, куда с помощью насоса высокого давления и системой сопел подается струя воды высокого давления, перемещаемая вдоль всей обрабатываемой плиты. В некоторых случаях подобные установки могут использовать и процесс термообработки или бучардирование, что расширяет возможность системы. Преимуществом метода является возможность сохранения цвета и рисунка камня, съем материала с поверхности до 5мм глубиной регулировку режимов на кромках изделий с целью избежать сколов. Недостатком является невозможность обработки неровных (фасонных) поверхностей.

10. Обработка абразивной щеткой. Этот вид обработки производится набором щеток: стальных щеток; щеток с запрессованными в гибкие ворсинки частицами абразивов либо алмазов различных размеров. При обработке поверхности камня этими щетками она неравномерно изнашивается и, в зависимости от крупности зерен алмаза или абразива, получают бугристую поверхность различной степени чистоты. Обработку можно производить на шлифованных, пиленных или даже термообработанных поверхностях.

Результат близок к обработке типа «антик», однако исключается вибрация, колебания, удар или химия. В качестве абразива используются порошки карбида кремния, корунда, запрессованных в нейлон или специальные составы.

11. Лазерная обработка заключается в обработке поверхности камня интенсивным лазерным излучением, что позволяет за счет различия в температурном коэффициенте расширения различных порообразующих минералов проводить направленное неравномерное разрушение поверхности по аналогии с термообработкой. Эти установки обладают меньшей степенью воздействия на окружающую среду и персонал чем установки для термообработки имеют порталную структуру и хорошо подвергаются автоматизации. Они также благодаря компьютерному управлению позволяют получать на поверхности камня различные узоры или рисунки, выводимые на экран посредством сканеров, фотографий, чертежей, портретов, надписей за счет контраста между полированной и обработанной лазером поверхности.

## 1.7. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ И РИТУАЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Для наружной и внутренней облицовки зданий, сооружений, лестниц, площадок, оград, парапетов, набережных широко применяются архитектурно-строительные изделия из природного камня (ГОСТ 23342-78).

Условно эти изделия можно разделить на изделия простой формы (таблица № 1.7.1) и изделия профильные (колонны, базы колонн, карнизы, шары, балясины, детали мостов и набережных и др.), изготавливаемые по индивидуальным заказам.

Колонны это крупногабаритные линейные изделия, поставленные вертикально, из природного камня или иного материала цилиндрической или иной формы в поперечном сечении имеющие как декоративное, так и конструктивное назначение. **Колонна** в архитектуре— конструктивный элемент, употребляемый в качестве звена между основанием сооружения и его частями. Часто используется для поддержки арок, антаблементов. Колонна также может не поддерживать какой-либо массивный строительный элемент, а служить декоративным или триумфальным украшением, например, со статуей на вершине.

Снизу вверх колонна состоит из следующих по порядку частей: стилобат или пьедестал, база, ствол, капитель, абака.

Стилобат - верхняя поверхность ступенчатого цоколя (стереобата) древнегреческого храма, на которой сооружалась колоннада. Иногда стилобатов называют всю верхнюю ступень стереобата (стереобат в античной архитектуре — цоколь храма или колоннады или искусственная площадка, поднимающая основание здания над уровнем городской площади). В древнегреческом зодчестве стереобат обычно состоял из трёх ступеней. В современной архитектуре это верхняя часть ступенчатого цоколя здания, или общий цокольный этаж, объединяющий несколько зданий.

База это основание, нижняя часть колонны, пилястры. В ордерной архитектуре база — обязательная часть колонн всех орденов, кроме греко-дорического. База колонны в портике опирается непосредственно на опорную плиту (стилобат), в аркаде, при относительно широком просвете между колоннами — на высокий пьедестал (в этом случае базой называется деталь, переходная от пьедестала — к телу колонны).

Стол колонны это основной несущий вертикальный элемент чаще круглой цилиндрической или конусообразной формы.

Капитель это верхняя резная часть колонны, являющаяся отличительной чертой стиля (ордера).

Абака это верхняя часть колонны между капителью и верхними конструктивными элементами здания или сооружения.

Применение колонн по фасаду или интерьеру камня подчеркивает монументальность высокую декоративность здания или помещения. Колонна чаще всего состоит из базы колонны в нижней части и служащей для опоры всей конструкции, самой колонны и верхней декоративной части колонны – капители, служащей в качестве опоры вышележащим конструктивным элементам здания. Реже колонны имеют исключительно декоративные функции и не имеют никакой вертикальной нагрузки. Иногда колонны применяют в качестве опоры для скульптур, памятников и др.

Если до недавнего времени колонны делались либо монолитными из цельнотесанных кусков, то в условиях современного производства колонны (особенно крупные) имеют внутренний несущий конструктивный стержень, изготовленный из различных материалов (бетон, кирпич, трубы общестроительного назначения, металл и др.), который облицовывается элементами из природного камня, по форме колонны.

По классификации выдающегося итальянского архитектора XVI века А. Палладио колонны условно делятся на ордера, в соответствии с рисунком капителей, которые классифицируются по времени и месту их возникновения (рис. 1.7.1.) В последующие века в связи появлением новых стилей в архитектуре появились и другие виды колонн, которые здесь не освещаются.

Цельные колонны, изготовлялись в виде цельных барабанов, которые имели центральное осевое монтажное отверстие. При установке барабанов друг на друга эти отверстия служили в качестве фиксирующих и крепежных поверхностей. В качестве крепежа чаще всего использовались металлические стержни, вставляемые в эти отверстия и фиксирующие детали колонны относительно друг друга.



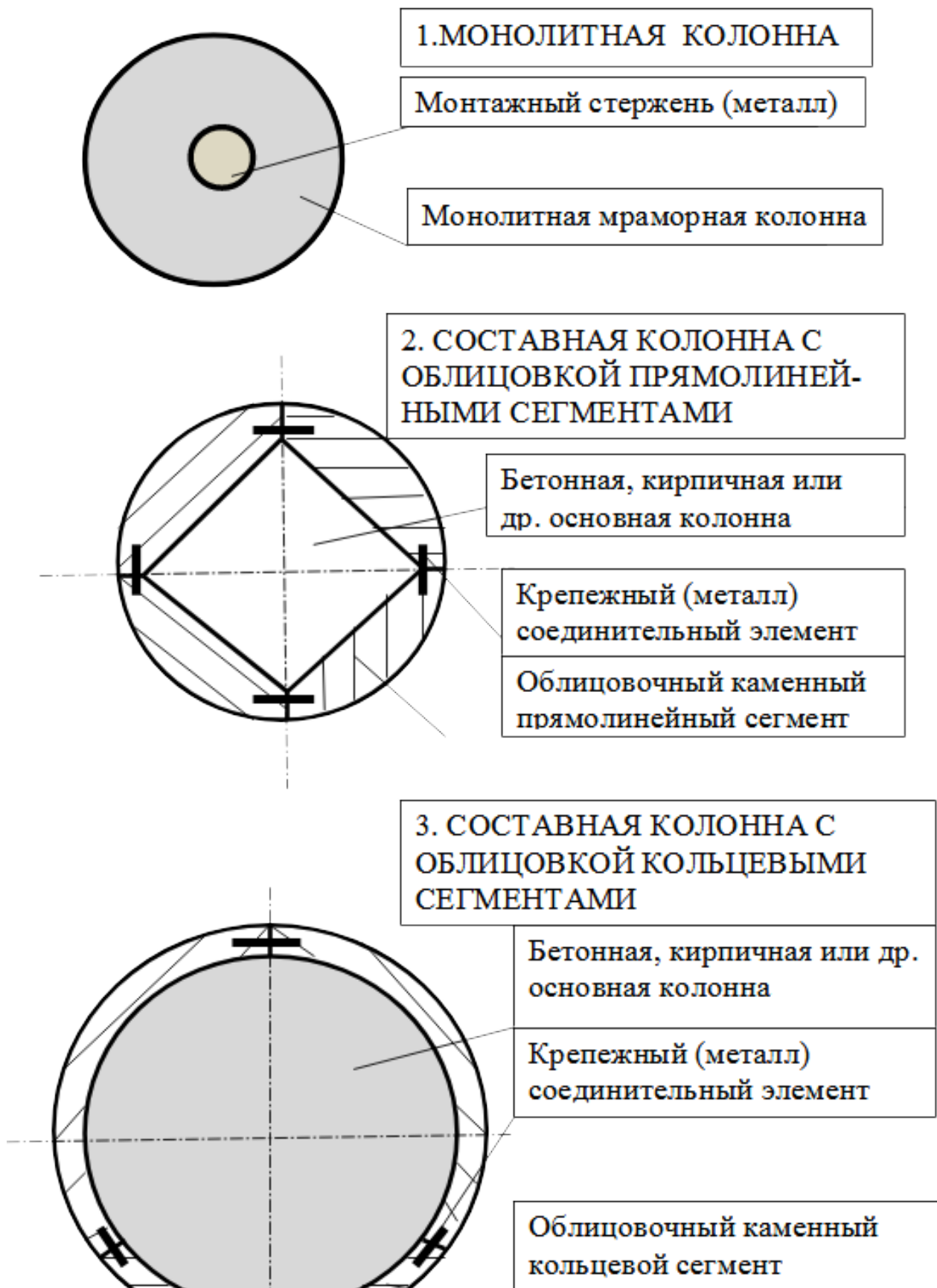
Рис. 1.7.1. Классификация колонн по ордерам.

. Подобная конструкция (рис. 2.3.2.) применяется и в настоящее время для изготовления и монтажа колонн малого диаметра и малой материалоемкости. При более массивных колоннах с учетом современных цифровых технологий обработки камня

Generated by Unregistered Batch DOC & DOCX Converter 2011.3.124.1464, please register!

используют облицовочные сегменты различных конфигураций (рис. 2.3.2.).

**РИС. 2.3.2. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ КАМЕННЫХ  
МОНОЛИТНЫХ ИЛИ СОСТАВНЫХ КОЛОНН**





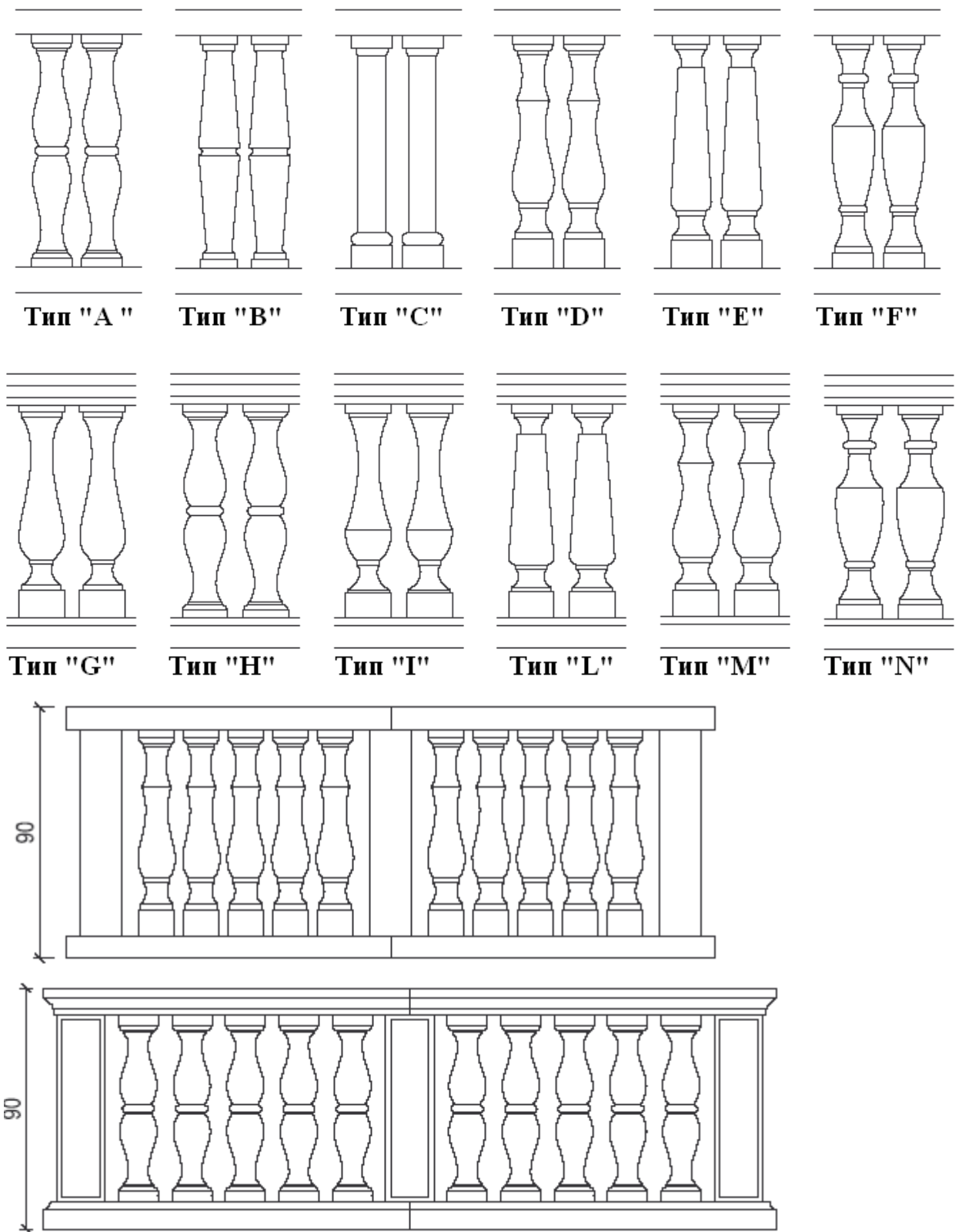


Рис. 1.7.3. Характерные типы балясин и балюстрад из природного камня.

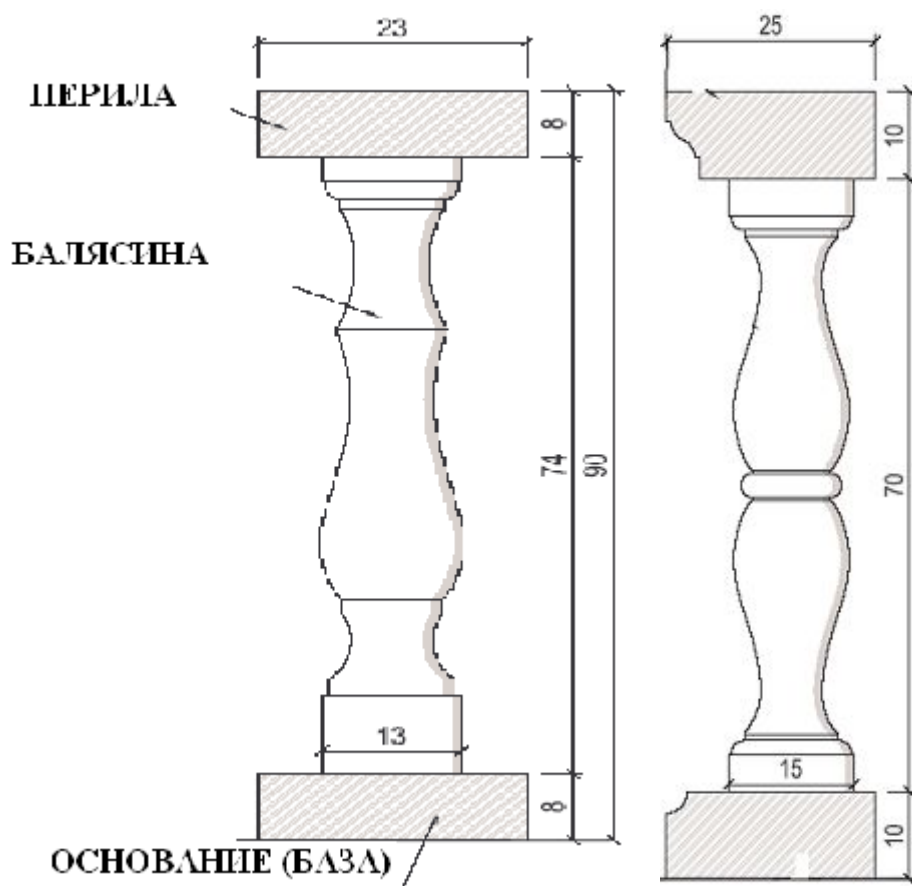


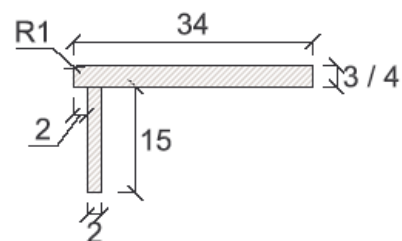
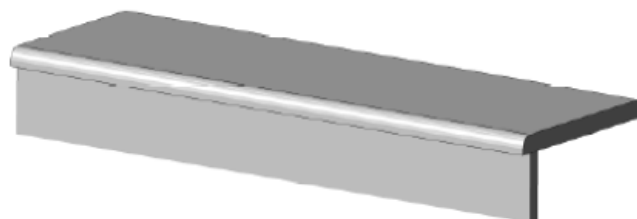
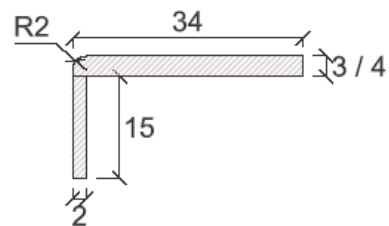
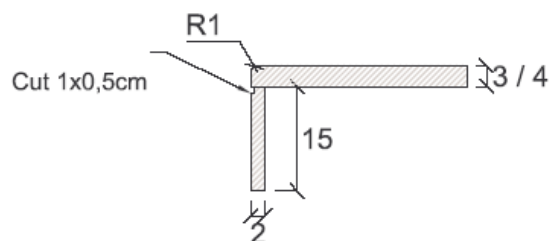
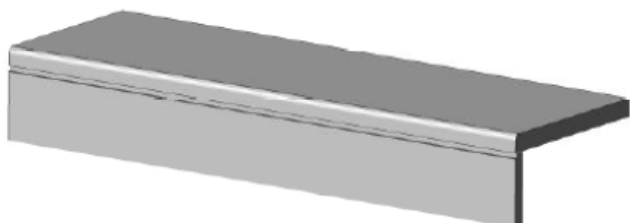
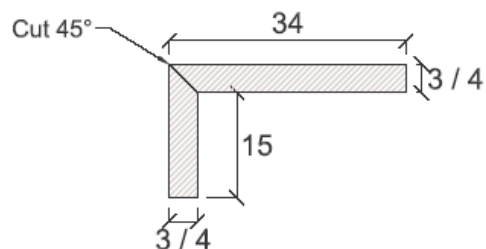
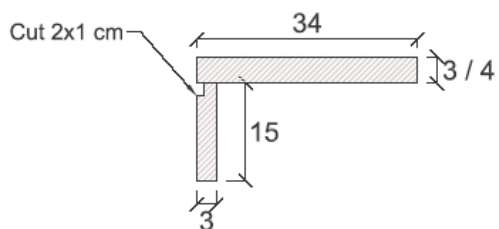
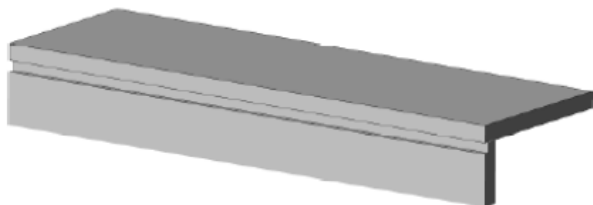
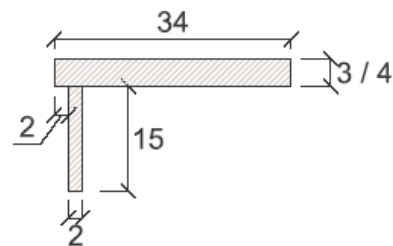
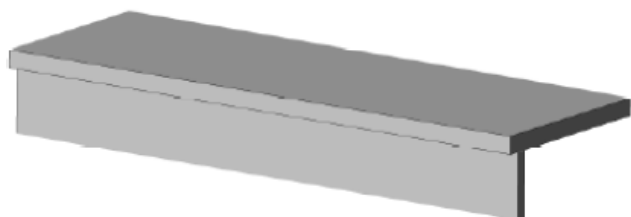
Рис. 1.7.4. Конструктивные элементы и размеры характерных балясин.

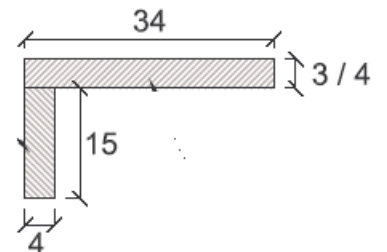
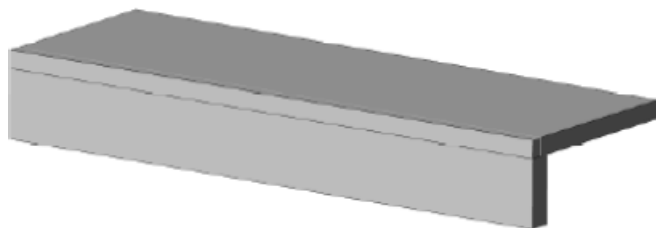
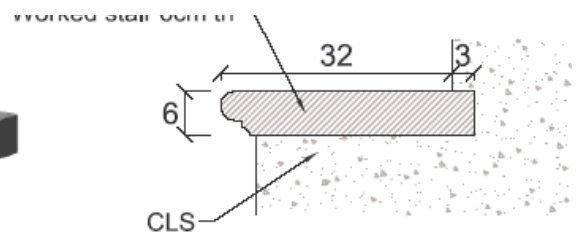
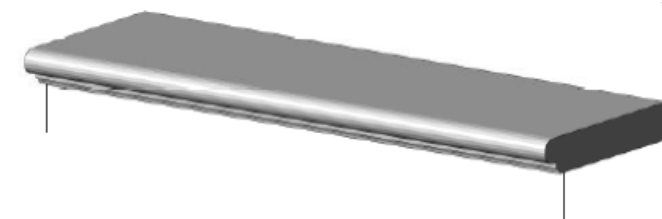
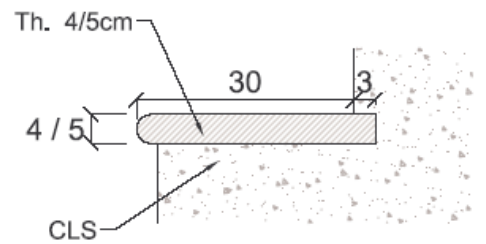
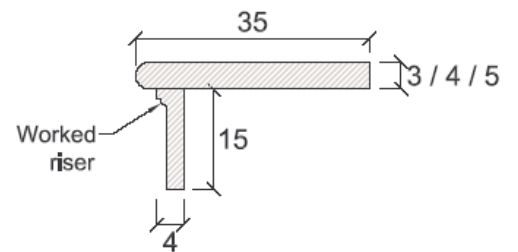
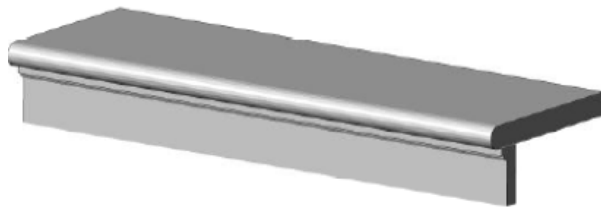
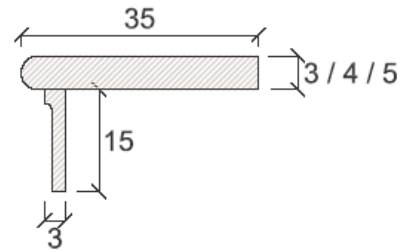
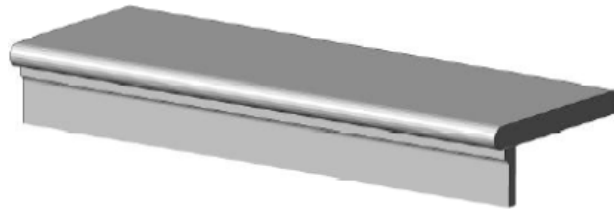
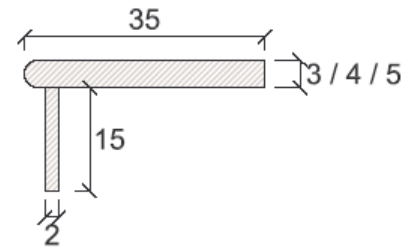
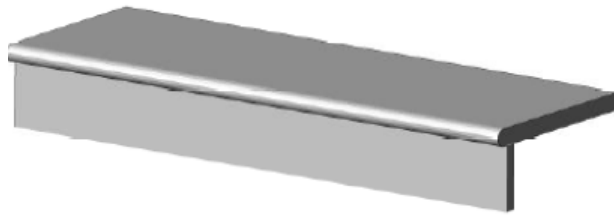
Наиболее экономным и простым в монтаже является метод облицовки круглых или иных по форме сечения колонн кольцевыми сегментами, которые получают за счет обработки на станках с числовым программным управлением. Эти сегменты учитывают не только наружную заданную архитектором форму колонны, но и форму основы колонны, которую предстоит облицевать. В реальности между каменным кольцевым сегментом и несущей основой колонны оставляют зазор 10-50мм для заливки крепежного раствора или монтажного клея, а также для компенсации различных геометрических неточностей кольцевых сегментов несущей основой колонны. Сегменты между собой и основой колонны фиксируются различными крепежными элементами из металла (скобы, крючки, прижимы и др.). Несмотря на большую стоимость подобных каменных элементов, они за счет меньшего веса, более легкого монтажа, низкой материалоемкости, применения дешевых и стандартных несущих основных элементов колонн (бетон, кирпич, стандартные трубы из различных материалов и др.) находят все большее применение.

Широко распространенным архитектурным элементом из природного камня является балюстрада.

Балюстрада (фр. balustrade) — ограждение лестницы (обычно невысокое), балкона, террасы, элементов садово-парковой архитектуры и т. д., состоящее из ряда фигурных столбиков (балясин), соединенных сверху перилами или горизонтальной балкой, а снизу общим основанием (тетивой). Перила представляют собой линейные фасонные в поперечном сечении элементы соединяющие между собой балясины сверху и служащие для опоры человека. Балясины это невысокие фигурные столбики (иногда с резным декором), высотой не более 1,2 м, поддерживающие перила ограждений балконов, лестниц и т. д. Опора для балясин это линейный элемент вдоль всей балюстрады, имеющая не только декоративное назначение, но несущая и ряд функциональных нагрузок. Учитывая огромный выбор конструкций балясин и балюстрад, на рис. 1.7.3.

приведены наиболее широко применяемые их типы, (рис. по каталогу фирмы Grassipietre – Италия), а также конструктивные элементы и размеры характерных балясин (рис. 1.7.4.). Концевые или промежуточные участки балюстрад иногда украшают колоннами, а также шарами на подставках сверху колонн.





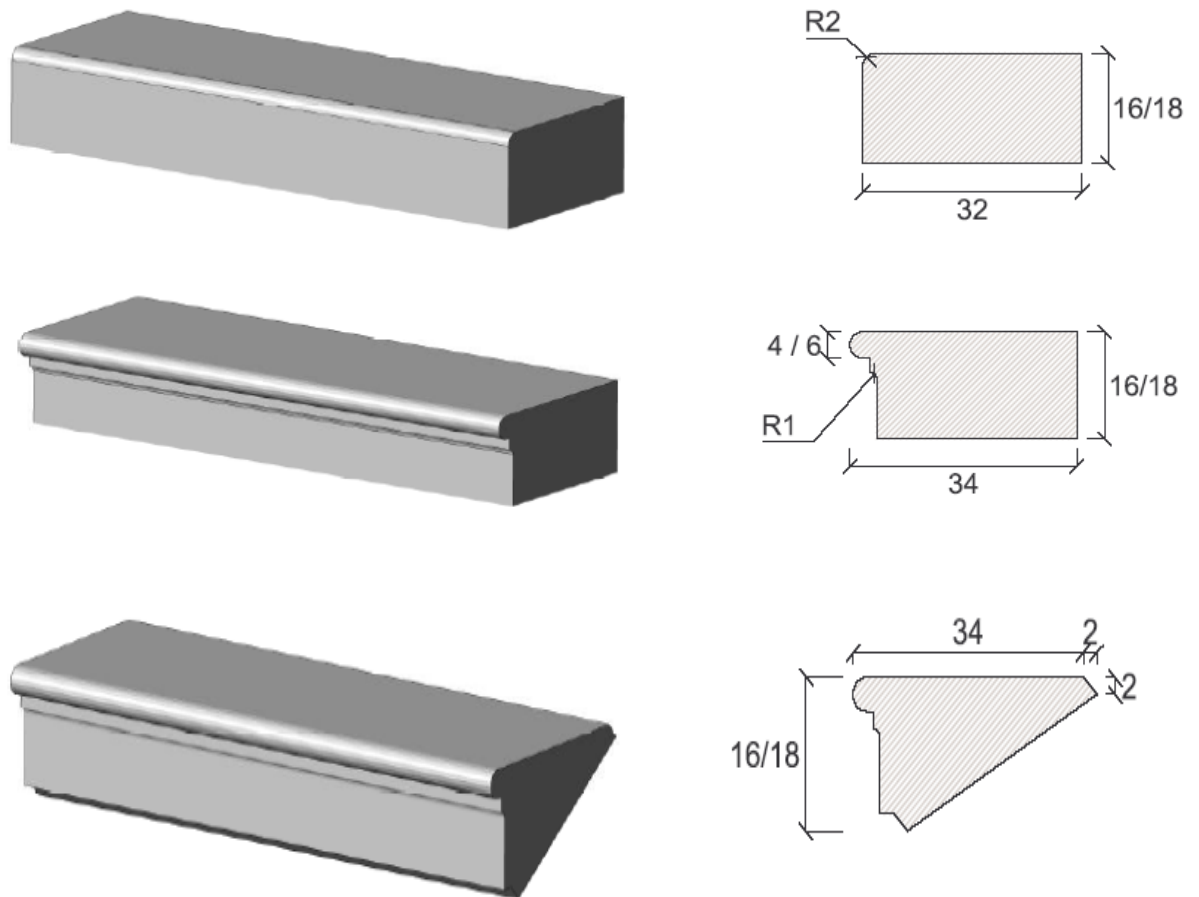


Рис. 1.7.5. Характерные типы и размеры ступеней из природного камня.

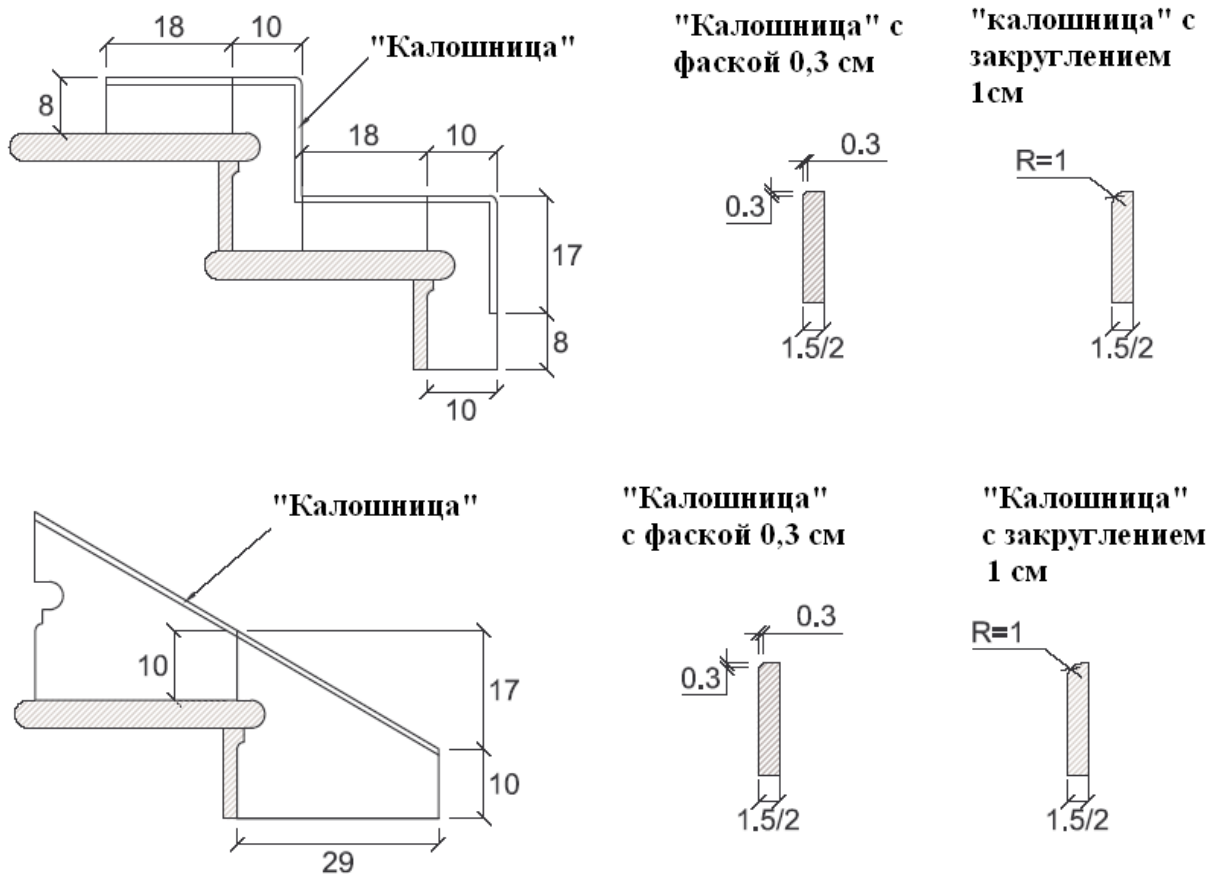


Рис. 1.7.6. Характерные варианты оформления «калошниц» вертикальных защитных вставок на стыке ступени с боковой стеной.

В некоторых случаях наиболее оптимальным, а иногда и единственным материалом для изготовления ступеней является природный камень. На рис. 1.7.5. приведены наиболее характерные типы ступеней предлагаемые итальянской фирмой Grassipietre.

Боковые стыки ступеней с стеной принято защищать от различных механических и эксплуатационных нагрузок плоскими элементами камня «калошницами». Характерные виды оформления «калошниц» приведены на рис. 1.7.6. (фирма Grassipietre).

Боковые свободные торцы ступеней чаще всего закрывают боковыми фасонными заглушками. Пример монтажа подобной заглушки дан на рис. 1.7.7.

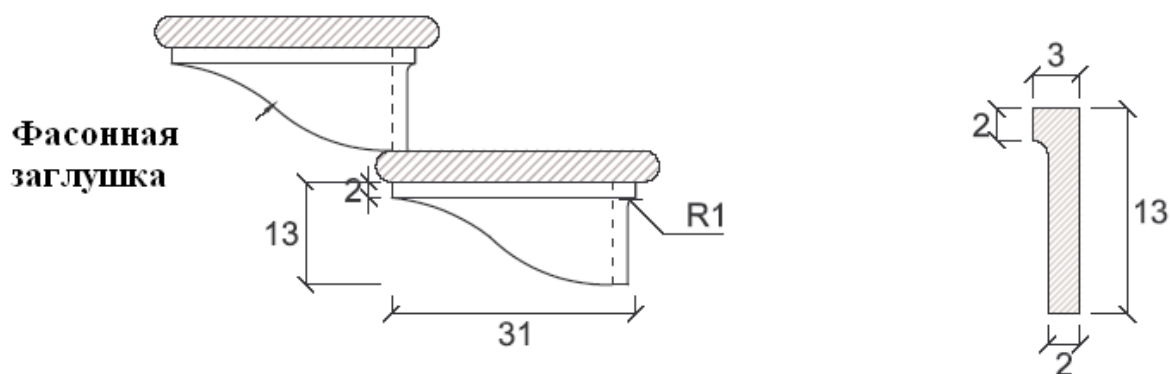


Рис. 1.7.7. Пример монтажа боковой фасонной заглушки на боковом свободном конце ступени.

**Таблица 1.7.1.**

Типы и характеристики изделий		
Тип изделий	Горная порода	Фактура лицевой поверхности
1. Цокольные пиленые и колотые плиты	гранит и другие прочные породы, мрамор, плотные известняки и доломиты, песчаники	полированная, лощеная, шлифованная, пиленая всех видов, обработанная ультразвуком, термообработанная, точечная, "скала"
2. Накрывочные пиленые и колотые плиты (рис.2.3.1)	-"	полированная, лощеная, шлифованная, пиленая всех видов, обработанная ультразвуком, термообработанная, точечная
3. Подоконные пленые плиты (рис.2.3.1)	-"	полированная, лощеная, шлифованная
4. Цельные пиленые и колотые ступени	-"	полированная, лощеная, шлифованная, пиленая всех видов, термообработанная
5. Проступи	гранит и другие прочные породы, мрамор, плотные известняки и доломиты	полированная, шлифованная, пиленая всех видов, термообработанная, точечная
6. Парапеты пиленые и колотые	гранит и другие прочные породы	полированная, пиленая всех видов, обработанная ультразвуком, термообработанная, точечная
7. Парапеты криволинейные	-"	то же, кроме пиленой

Размеры изделий по длине и ширине должны быть кратными 10 мм.

Фактуры лицевой поверхности изделий должны удовлетворять ГОСТ 9480-89 (раздел 6).

Грани изделий, примыкающие к другим изделиям, должны обрабатываться под фактуру с неровностями рельефа высотой не более 3 мм, а изделий с фактурой термообработанной и «скала» – не более 5 мм.

Изделия из гранита и других прочных пород не должны иметь трещин и поверхностных каверн.

На изделиях из цветного мрамора и мраморизованного известняка допускаются трещины, просматриваемые не более чем на 1/3 ширины изделия, которые должны быть заделаны мастикой, не ухудшающей эксплуатационных и декоративных качеств изделий.

Изделия могут быть склеены любым водостойким клеем, обеспечивающим предел прочности при изгибе не менее 100 кгс/см<sup>2</sup> и не ухудшающим их декоративных качеств.

Допуски и качественные характеристики архитектурно-строительных изделий, полученных распиловкой, приведены в таблице № 1.7.2.

Таблица 1.7.2.

Допуски и качественные характеристики архитектурно-строительных изделий				
Показатели качества пиленых изделий	Допускаемые отклонения <sup>7</sup>			
	Изделия из гранита и других прочных пород		Изделия из мрамора, известняка, доломита, травертина, песчаника и других аналогичных пород	
	первая категория	высшая категория	первая категория	высшая категория
По толщине, мм	±3	±3	±3	±3
По ширине, мм	±2	±1	±1	±1
По длине, мм	±1	±1	±1	±1
Сколы на ребрах лицевой грани по периметру:				
количество	3	2	2	2
длина по ребру, мм	5	3	5	3
Отбитые углы:				
количество	2	-	2	-
длина по ребру, мм	5	-	5	-
Каверны и раковины на изделиях из травертина, мм	-	-	30	20
с выходом на кромку, мм	-	-	10	5
Отклонения от прямого угла смежных граней на 1 м длины, мм	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5
Неплоскостность на 1 м длины, мм	±2	±2	±2	±1

<sup>7</sup> Отклонения от проектных размеров изделий, вытесняемых из массива горных пород, не должны быть по толщине более 4 мм, по длине и ширине - более 3 мм.

Породы для производства архитектурно-строительных изделий должны соответствовать ГОСТ 9479-76.

Допуски и размерные характеристики изделий, полученных путем раскалывания приведены в таблице № 1.7.3.



**Таблица 1.7.3.**

Показатели качества колотых изделий	Допускаемые отклонения			
	полированная, лощеная, шлифованная фактура		термообработанная, точечная, скальная фактура	
	первая категория	высшая категория	первая категория	высшая категория
По толщине, мм	±3	±2	±10	±5
По ширине, мм	±2	±1	±5	±3
По длине, мм	±2	±1	±5	±3
Сколы на ребрах лицевой грани по периметру:				
количество	2	-	2	-
длина по ребру, мм	10	-	15	-
Отбитые углы:				
количество	2	-	2	-
длина по ребру, мм	10	-	15	-
Отклонения от прямого угла смежных граней на 1 м длины, мм	±1,5	±1,5	±3	±2
Неплоскостность на 1 м длины, мм	±2	±2	±4	±3

Ритуальные изделия (надгробные памятники, мемориальные доски) являются частью культуры погребения, свойственной различным развитым странам, исповедующим различные религии.

В СНГ, а также в большинстве развитых стран в состав ритуальных изделий входят: надгробная плита, стела, основание (подставка), постамент, ограда (бордюр), цветник. Реже в состав изделия входят различные вазы, сиденья, скульптурные и барельефные изделия из натурального камня. Памятник может состоять либо из всех перечисленных деталей, либо из их части, но наличие стелы обязательно.

В качестве материала для ритуальных изделий используется практически вся гамма каменных материалов, используемых в строительстве.

С повышением твердости, способности воспринимать полировку, декоративностью, сложностью формы и размерами стоимость ритуальных изделий возрастает.

Иногда в сочетании с камнем в компоновке ритуальных изделий применяют литые (чугун, бронза), кованные, а также бетонные изделия.

Наибольшим спросом в СНГ пользуются ритуальные изделия из пород, способных воспринимать точечный рисунок на полированной поверхности (габбро, некоторые разновидности мелкозернистых темно-серых гранитов, кварцит).

По внешнему виду детали памятников допускают следующие дефекты: количество отбитых углов на одной детали – не более 1, при абразивной фактуре лицевой поверхности и не более 2, при фактуре скалывания (при наибольшем размере ребра 5 мм): сколы на ребрах лицевой грани – не более 2 на 1 м (при наибольшей длине скола 5 мм).

Не лицевые поверхности памятника могут быть тесанными с максимальной высотой выпуклостей 4 мм. Зазор между стыкуемыми элементами памятника не должен превышать 3 мм. Лицевые поверхности памятников не должны иметь видимых глазом дефектов (сколов, царапин, не отшлифованных участков). Отклонение от прямолинейности элементов памятника (горизонтальных и вертикальных) не должно превышать 2 мм на всю длину элемента.

Поверхности памятников покрываются различными надписями и изображениями, при этом используется гравировка, наклеивание или монтаж букв, изображений, окраска атмосферостойкой краской (сусальное золото, алюминиевой и бронзовой пудрой и др.).

Гравировка декоративных изображений и букв на лицевых сторонах памятника может быть врезной (глубина гравировки не менее 2 мм) либо рельефной (высота рельефа не менее 1,5 мм).

Декоративные изображения очень часто выполняются точечной контрастной обработкой с выделением тонов и различных полутонов.

В ряде стран СНГ размеры деталей памятника стандартизированы. Согласно стандартам Украины (РСТ УССР 1584-81) размеры стеллы, получаемой на станочном оборудовании не должны превышать 1500x800x150 мм, постамента 1300x800x150 мм, цветника 1500x150x100 мм. Высота памятника от плиты, укладываемой на фундамент, не более 1200 мм, (иногда допускается высота 2000 мм). Допускаемые отклонения размеров не более 5%.

Мемориальные доски представляют собой крупную облицовочную плиту (ГОСТ 9486-89), чаще с полированной лицевой и боковыми поверхностями, они имеют, в ряде случаев, фигурные фаски, специальные крепежные отверстия по четырем углам доски. Требования к качеству обработки, граверных и других работ аналогичны требованиям, предъявляемым к качеству надгробных памятников.

С развитием технологий обработки камня и удешевлением продукции все чаще в качестве украшений парков, скверов, архитектурных ансамблей опять начинают применять вазы, урны, шары, полушария и др. архитектурно-строительные изделия из природного камня. В основном эти изделия изготавливаются ручным способом. Изделия цилиндрической или криволинейных форм точатся на токарных станках, а прямоугольной формы получают склеиванием прямоугольных элементов. Материалом этих изделий могут служить практически все разновидности облицовочного камня средней и высокой прочности и достаточной атмосферостойкости. Основным поставщиком таких изделий за последние годы стал Китай, который за счет демпинговых цен, за счет государства.

## **1.8. ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ.**

Изделия для дорожных покрытий из природного камня (брусчатка, бортовой камень, шашка, кляйнпфлястер и др.) широко применяются для покрытия проезжей части населенных пунктов, площадей, скверов, участков, испытывающих большие эксплуатационные нагрузки, а также для покрытий некоторых промышленных объектов на протяжении многих веков.

Несмотря на высокую стоимость, трудоемкость укладки, появление за последнее столетие новых искусственных материалов для дорожного строительства изделия из природного камня достаточно широко применяются в градостроительстве.

Высокие декоративные качества, монументальность, стремление к сохранению исторического облика городов обуславливают использование изделий для дорожных покрытий из природного камня в формировании архитектурного облика центральных улиц и площадей крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, столицы стран СНГ, города Европы и Америки).

К достоинствам подобных изделий относится высокая долговечность в условиях интенсивной эксплуатации (движение тяжелой военной техники, транспорта, значительные людские потоки, стойкость к химическим и другим воздействиям). С помощью этих изделий можно создавать различные рисунки на покрытиях площадей, скверов, улиц и др., что придает архитектурным ансамблям особую неповторимость. Кроме того подобные покрытия являются в отличие от других покрытий ремонтпригодными, т.е. после разборки покрытий из природного камня, удаления дефектных изделий и доукомплектации все эти изделия можно повторно использовать для дорожного покрытия этих же участков, либо на других участках.

Брусчатый камень (брусчатка) ГОСТ 23668-79) для дорожных покрытий изготавливается из изверженных горных пород или из литых огненно-жидких металлургических шлаков и предназначен для устройства покрытий на городских площадях, улицах, трамвайных путях и городских автомобильных дорогах.

Брусчатый камень должен иметь форму усеченной пирамиды с параллельными прямоугольными верхним и нижним основаниями, перпендикулярными оси. При

механизированном производстве допускается изготовление брусчатых камней в виде прямоугольных параллелепипедов.

В зависимости от размеров брусчатые камни делятся на три типа: высокие (БВ); средние (БС); низкие (БН).

Размеры камней (мм) должны удовлетворять указанным в таблице № 1.8.1.

**Таблица 1.8.1**

Размеры брусчатых камней			
Тип камня	Длина верхней грани	Ширина верхней грани	Высота
БВ	250	125	160
БС	250	125	130
БН	200	100	100

Камни типов БВ и БС укладывают в основном на песчаное основание, а типа БН – на бетонные или другие прочные основания.

Проекция нижней грани камней должна целиком вписываться в контур верхней грани. Величина скоса (отклонение проекции стороны верхней грани от нижней) для типа БН должна быть с каждой стороны 3-5 мм, типов БВ и БС – 7-10 мм.

Верхние грани камней должны иметь шероховатость (рифление) с микрорельефом глубиной 2-3 мм, обеспечивающим коэффициент сцепления с шинами автомобилей 0,5-0,55.

Камни изготавливают из изверженных горных пород, согласно данным таблицы № 1.8.2 либо из литых огненно-жидких металлургических шлаков и расплавленных горных пород.

**Таблица 1.8.2.**

Физико-механические свойства горных пород для производства брусчатого камня	
Наименование показателей	Норма для породы
Предел прочности при сжатии в воздушно-сухом состоянии, МПа не менее	0,8
Марка морозостойкости, не менее	Мрз 100
Коэффициент размягчения, не более	0,8
Солестойкость в циклах (при потере объема не более 5%), не менее	20
Истираемость на круге, ч/см <sup>2</sup> , не более	0,5

Вышеизложенным требованиям удовлетворяют практически все граниты, большинство базальтов и долеритов, тешенитов, гранодиоритов и диоритов.

За рубежом используется брусчатка, основные характеристики которой приведены в таблице № 1.8.3.

**Таблица 1.8.3.**

Характеристика брусчатки			
Типоразмер	Характерный размер, мм	Масса, кг/м <sup>2</sup>	Количество изделий на 1 м <sup>2</sup>
4/6	40+60	105	290-300
6/8	60+80	135	150-160
8/10	80+100	180	95-100
10/12	100+120	220	63-67
12/14	120+140	260	44-47

В каждом наборе брусчатки должно быть достаточное количество разных по величине изделий, размеры которых не выходят за стандартные.

К дорожным покрытиям относится шашка, близкая по своим функциональным и техническим характеристикам к брусчатке. Шашка изготавливается из высокопрочных мелкозернистых пород (гранитов, диабазов, базальтов и др.) методами раскалывания. Шашка – это колотый камень с формой, близкой к прямоугольному параллелепипеду длиной 150 мм, шириной 100 мм и высотой 150 мм. Шашка в основном используется для отмостки площадей, центральных улиц, используется для реставрации и строительства уникальных архитектурных памятников и др. Лицевая поверхность шашки должна иметь неровности скола не более 5 мм по просвету под линейкой.

К продукции, аналогичной шашке и брусчатке, относится кляйпфлястер. Кляйпфлястер в основном используется для мощения и реставрации площадей и главных улиц крупных городов, в ремонтно-восстановительных работах уникальных архитектурных памятников и др.)

Кляйпфлястер представляет из себя правильный трапециевидный параллелепипед, полученный раскалыванием. Длинная сторона имеет размеры 60-70 мм, короткая – 40-60 мм, высота – 100 -150 мм. Трапециевидная форма кляйпфластера позволяет создавать дугообразные, веерные или другие криволинейные узоры на мощеных поверхностях, повышая их декоративные свойства.

В условиях интенсивного городского движения для ограждения и архитектурного оформления деревьев, кустов, цветников, клумб, применяют садовый бортик, изготавливаемый из тех же материалов что и другие дорожные покрытия. Садовый бортик изготавливают в виде полосок из камня шириной 40-60 мм, высотой 150-200 мм и длиной по заказу архитектора.

Бортовые камни из природного камня, несмотря на применение в дорожном строительстве изделий из искусственных материалов, являются более долговечными и декоративными изделиями и широко применяются для отделения: проезжей части улиц, дорог, внутриквартальных проездов, пешеходных дорожек и тротуаров от остальных участков городского и путевого дорожного покрытия. В зависимости от способа изготовления бортовые камни делятся на пиленные и колотые. Марка и размеры основных типов бортовых камней приведены в таблице № 1.8.4.

**Таблица 1.8.4.**

Характеристика бортовых камней			
Типоразмер	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг/м
10/27-30	100	280-300	75
12/18-20	120	180-200	60
12/27-30	120	270-300	90
15/18-20	150	180-200	80
15/27-30	150	270-300	115

Основные требования к породам для производства бортовых камней даны в таблице 1.8.5. Приведенным требованиям удовлетворяют почти все граниты, базальты, сиениты, некоторые известняки, мрамора, песчаники, доломиты и др.

За рубежом бортовой (бордюрный) камень как и брусчатка не стандартизированы. Чаще всего камень имеет ширину 10,12 и 15 см, длину – не менее 70 см и высоту – 27-30 см.

**Таблица 1.8.5.**

Свойства пород для изготовления бортовых камней			
Показатель	Горные породы		
	изверженные	метаморфические	осадочные
Прочность при сжатии в воздушно-сухом состоянии, МПа, не менее	90	60	60
Морозостойкость, не менее	Мрз 100	Мрз 50	Мрз 25

Для кладки на городских улицах кромки камня отесываются, для предотвращения износа колес автомобилей.

Для дорожных покрытий за рубежом используются стандартные плиты с естественной фактурой получаемые методами раскола, распиловки и ударной обработки (таблица 1.8.6.).

**Таблица 1.8.6.**

Основные характеристики стандартных дорожных плит с естественной фактурой (толщина плит 30-50 мм)			
Типоразмер	Размер, мм	Масса, кг/м <sup>2</sup>	Количество изделий на 1 м <sup>2</sup>
20/20	200x200	100	25
20/30	200x300	100	16
25/25	250x250	100	16
30/30	300x300	100	11
40/40	400x400	100	5

Для неупорядоченной кладки применяют плиты с необработанными краями, с толщиной 30-60 мм и обработанными краями и массой до 90 кг/м<sup>2</sup>. Такая укладка применяется в горных районах для укладки полов и облицовки стен. Основной материал этих изделий: гранит, порфир, базальт, прочные туфы и известняки, песчаник, диабаз и др.

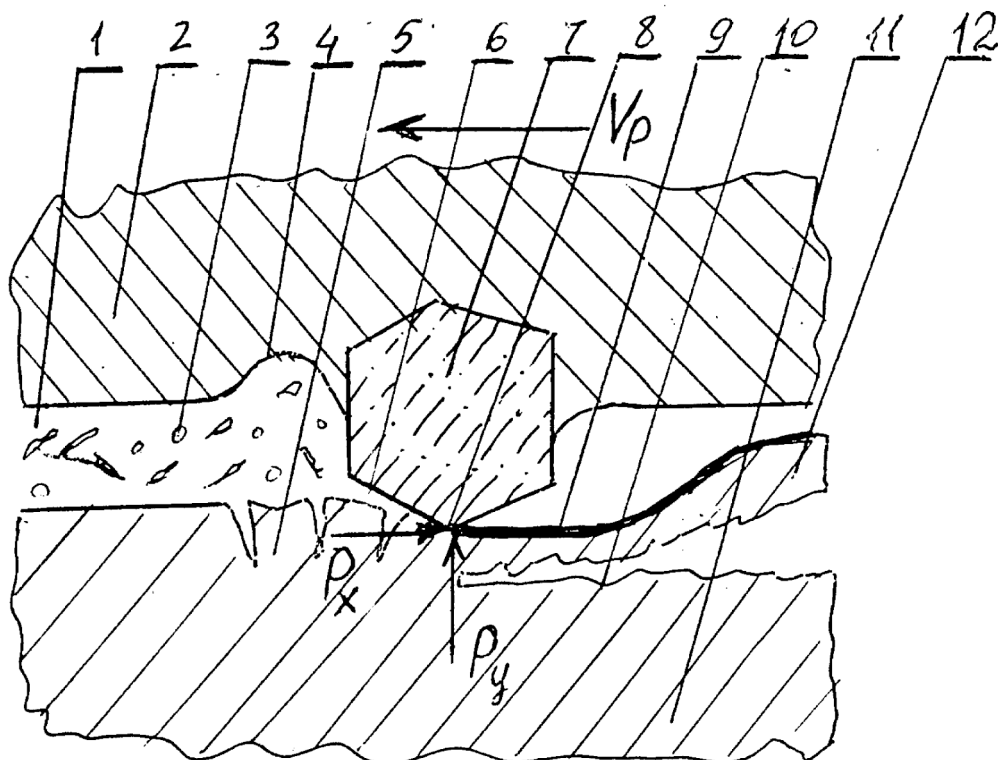
## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ КАМНЯ.**

### **2.1. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДОБЫЧИ И ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ**

Наиболее широкое распространение в различных процессах обработки природного камня и его аналогов получил алмазный и абразивный инструмент, постепенно вытесняющий инструмент с применением других инструментальных материалов.

Учитывая, что основными инструментами для обработки камня являются алмазные и абразивные инструменты различных типов ниже приведена схема резания единичным зерном (алмазным или абразивным), поясняющая процесс резания и выявляющая основные проблемы, возникающие при стружкообразовании. (рис. 2.1.1.)

Более подробно основные характеристики и виды инструментов рассматриваются в соответствующих разделах, посвященных технологическим процессам добычи и обработки камня.



**Рис. 2.1.1.** Схема резания единичным зерном

- 1 – зона трения шлама и связки,
  - 2 – связка алмазных зерен,
  - 3 – частицы шлама и стружки,
  - 4 – зона износа связки от трения о шлам и стружку,
  - 5 – зона упругой деформации,
  - 6 – зона первичного стружкообразования,
  - 7 – алмазное зерно,
  - 8 – зона трения между алмазным зерном и камнем,
  - 9 – зона пластической деформации камня,
  - 10 – зона упругой деформации (вторичная),
  - 11 – обрабатываемый камень,
  - 12 – вторичная стружка,
- $V_p$  – направление движения резания,  
 $P_x$  – тангенциальное усилие резания,  
 $P_y$  – нормальное усилие резания

Широкое распространение на многих основных и вспомогательных технологических операциях добычи и обработки получил традиционный ручной инструмент (рис. 2.1.2).

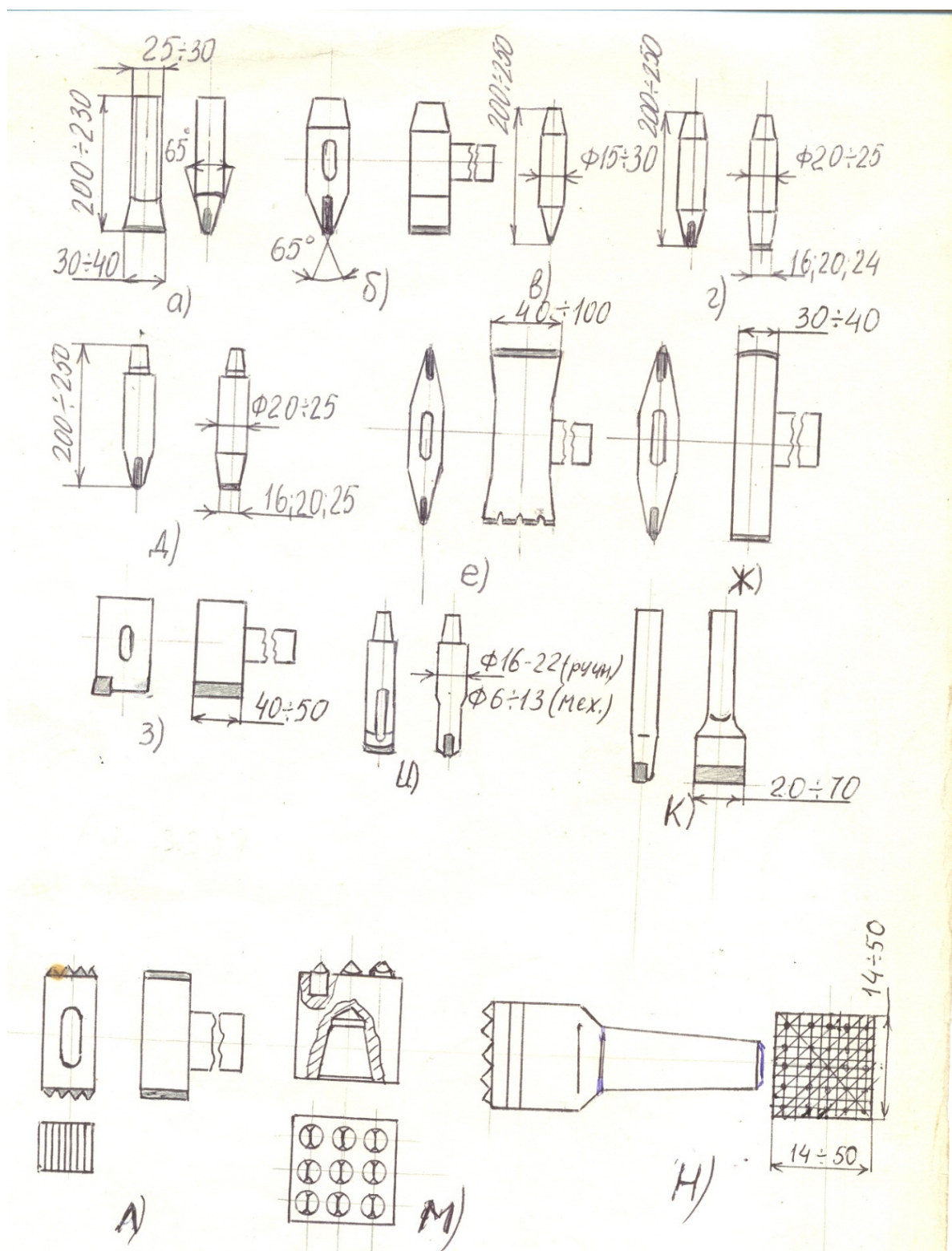


Рис.2.1.2. Ручной инструмент: а—одноручный закольник; б—дву-  
ручной закольник; в—шпунт; г- ручная скарпель; д- механическая скарпель; е-топорик 2-х  
сторонний; ж- кайло 2-х стороннее; з- киянка (молоток); и- долото (бур) ручное или  
механическое; к- отбойник. Бучарды: л- ручная, м- механическая насадная, н-  
механическая с хвостовиком (размеры в мм).

Технологические процессы добычи камня условно можно разделить на следующие операции:

- подготовительные работы (вскрыша, нарезание уступов, фланговых траншей, создание транспортной инфраструктуры и др.);
- первичное отделение массива от скалы (объем от нескольких сот кубических метров до 7500-8500 куб.м)
- разделка первичного массива на более мелкие элементы, удобные для дальнейшей переработки;
- опрокидывание элементов массива на специально созданную мягкую подушку из мелких отходов добычи;
- разделка опрокинутых элементов на товарные блоки (готовый продукт) и некондиционные (неправильной формы) блоки, идущие на переработку;
- пассировка (обработка сторон) блоков с получением формы правильного параллелепипеда и ровными поверхностями сторон;
- погрузка и транспортировка готовой продукции.

## **2.2.ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ КАРЬЕРА.**

На этой стадии используются как общетехнические горные технологии с применением стандартной техники (экскаваторы, погрузчики, бульдозеры, краны, транспортные средства и др.), так и специальные методы и техника, применяемая при добыче камня и освещаемые в следующем разделе.

## **2.3.ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО (РЕЗАНИЯ) ОТДЕЛЕНИЯ БЛОКОВ ОТ МАССИВА .**

Эти технологии в настоящее время интенсивно развиваются. Наиболее широко применяется алмазно-канатная распиловка, которая имеет ряд преимуществ: практически неограниченные размеры реза, малая ширина реза (9-14 мм), незначительное количество отходов, гладкая поверхность полученных резов и др. Если до настоящего времени алмазно-канатная распиловка применялась в основном для резания пород средней и малой прочности, то в настоящее время она широко применяется при резании высокопрочных пород (граниты и аналоги) постепенно вытесняя другие методы. При подготовительных (вскрышных) работах, разделке и обработке блоков применяются и другие традиционные методы обработки камня. Достаточно часто на карьерах применяют комплексные методы отделения блоков от массива. На рис. 2.3.1. представлена схема комплексного использования на карьере мрамора или других пород низкой и средней прочности баровой машины, канатной установки и ручных перфораторов. На рис. 2.3.2. представлена схема мраморного карьера с применением разнообразного оборудования:

- добычных канатных установок, установок строчечного бурения, баровых машин для отделения блоков от массива;
- стационарных и мобильных канатных установок для пассировки блоков;
- гидроподушек для опрокидывания блоков;
- деррик кранов и др. техники для перемещения и погрузки блоков, отходов и оборудования.

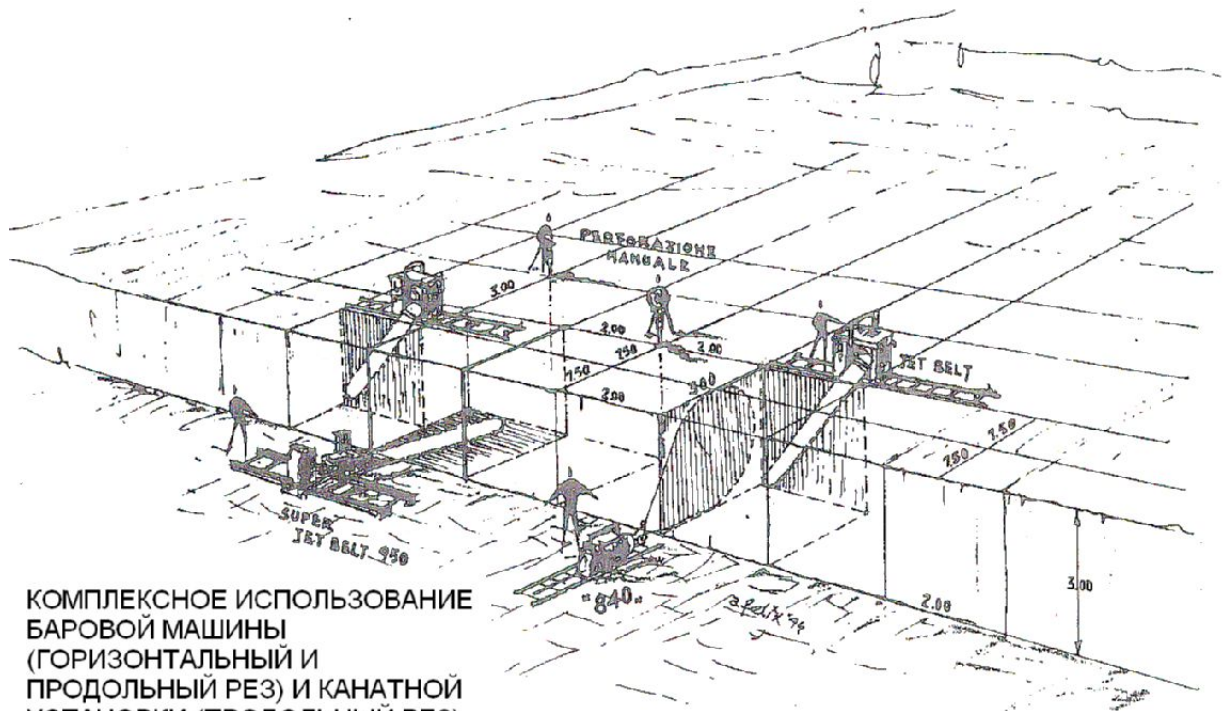
На рис. 2.3.3. представлена схема гранитного карьера с применением:

- установок строчечного бурения, гидроклиньев и добычных канатных установок для отделения блоков от массива;
- гидродомкратов и гидроподушек для опрокидывания блоков;
- стационарных и мобильных канатных установок для пассировки блоков;
- деррик-кранов и др. техники для перемещения блоков, отходов и оборудования.

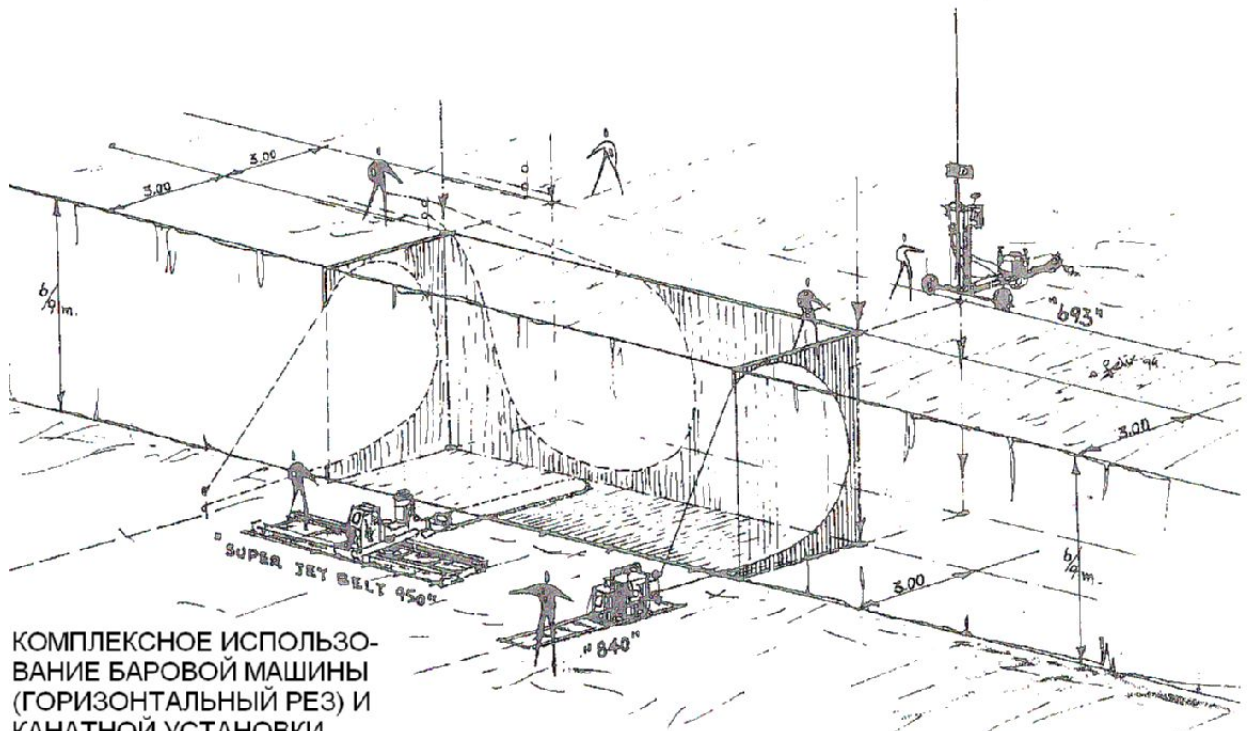
Все указанные схемы карьеров носят весьма условный характер. Окончательный выбор технологии добычи и набора оборудования носит индивидуальный характер и зависит от множества факторов: финансовых возможностей, объемов добычи, типа добываемого



камня, горно-геологических характеристик, климата, месторасположения, инфраструктуры, рыночной конъюнктуры и др.



КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
БАРОВОЙ МАШИНЫ  
(ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ И  
ПРОДОЛЬНЫЙ РЕЗ) И КАНАТНОЙ  
УСТАНОВКИ (ПРОДОЛЬНЫЙ РЕЗ)  
РУЧНОЕ БУРЕНИЕ



КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
БАРОВОЙ МАШИНЫ  
(ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ РЕЗ) И  
КАНАТНОЙ УСТАНОВКИ  
(ПРОДОЛЬНЫЙ И ПОПЕРЕЧНЫЙ РЕЗ),  
БУРЕНИЕ РУЧНОЕ

Рис.2.3.1. Схема комплексного использования оборудования

## КАРЬЕР ПО ДОБЫЧЕ МРАМОРА И АНАЛОГОВ

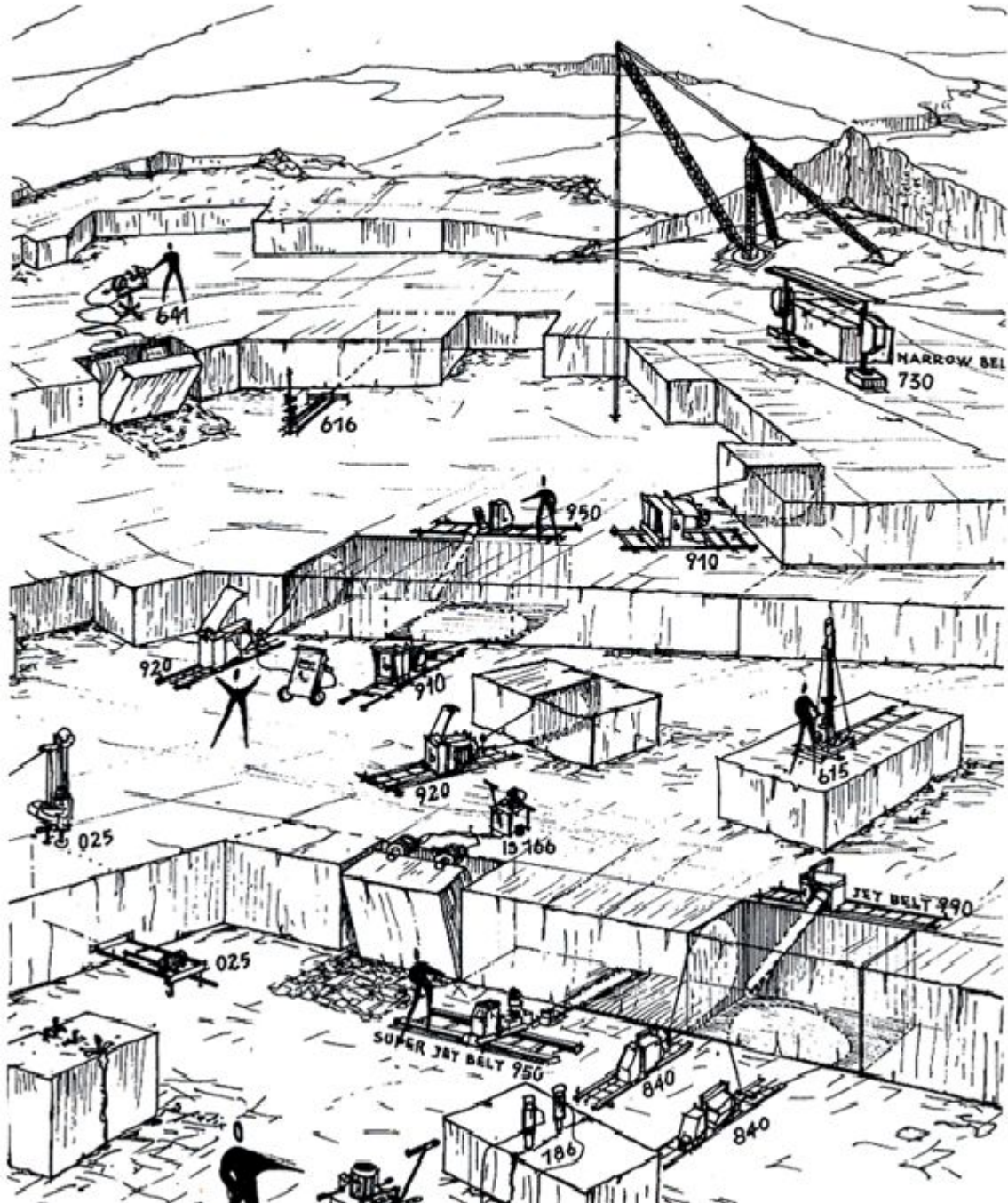


Рис. 2.3.2. Схема мраморного карьера.

## КАРЬЕР ПО ДОБЫЧЕ ГРАНИТОВ И АНАЛОГОВ

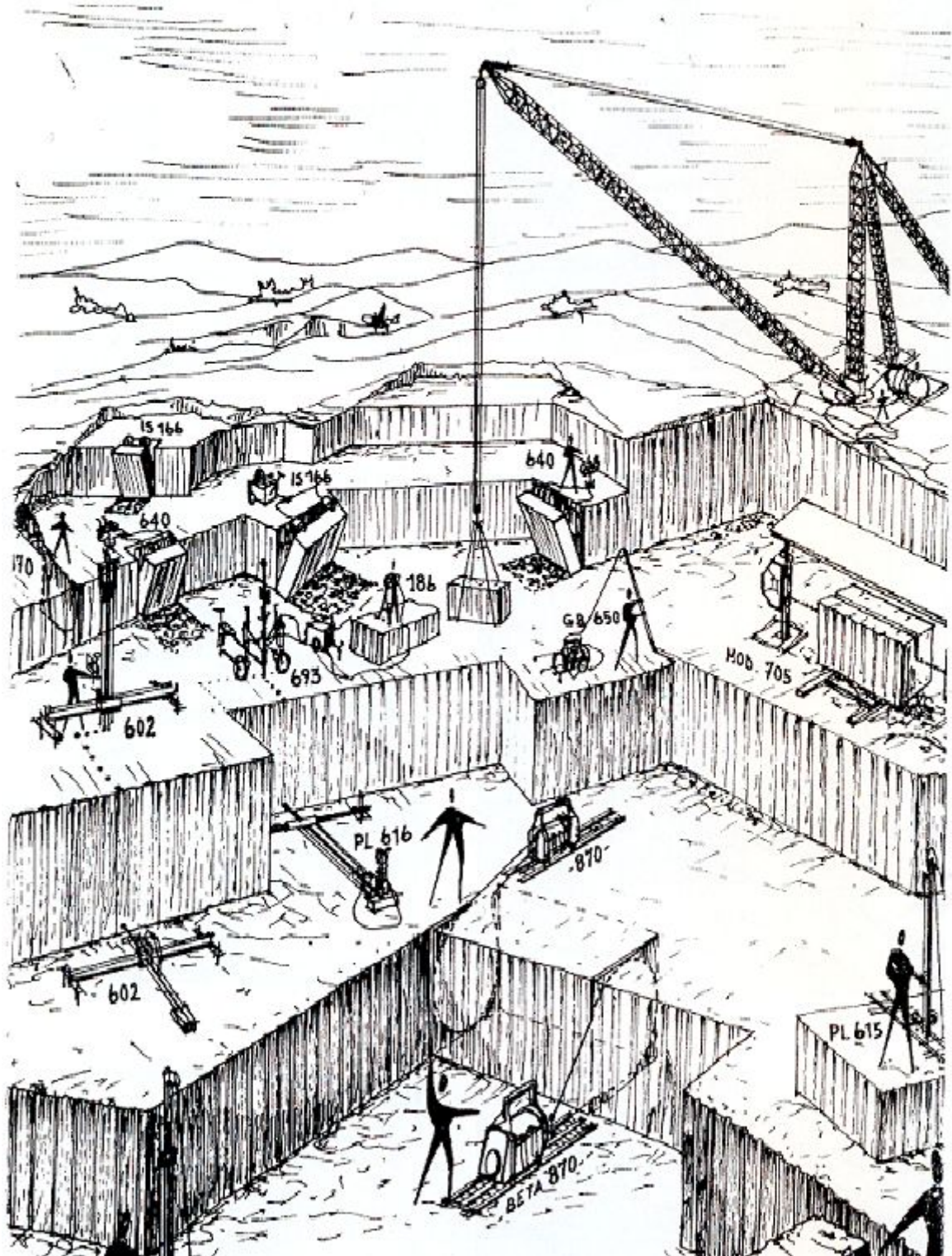
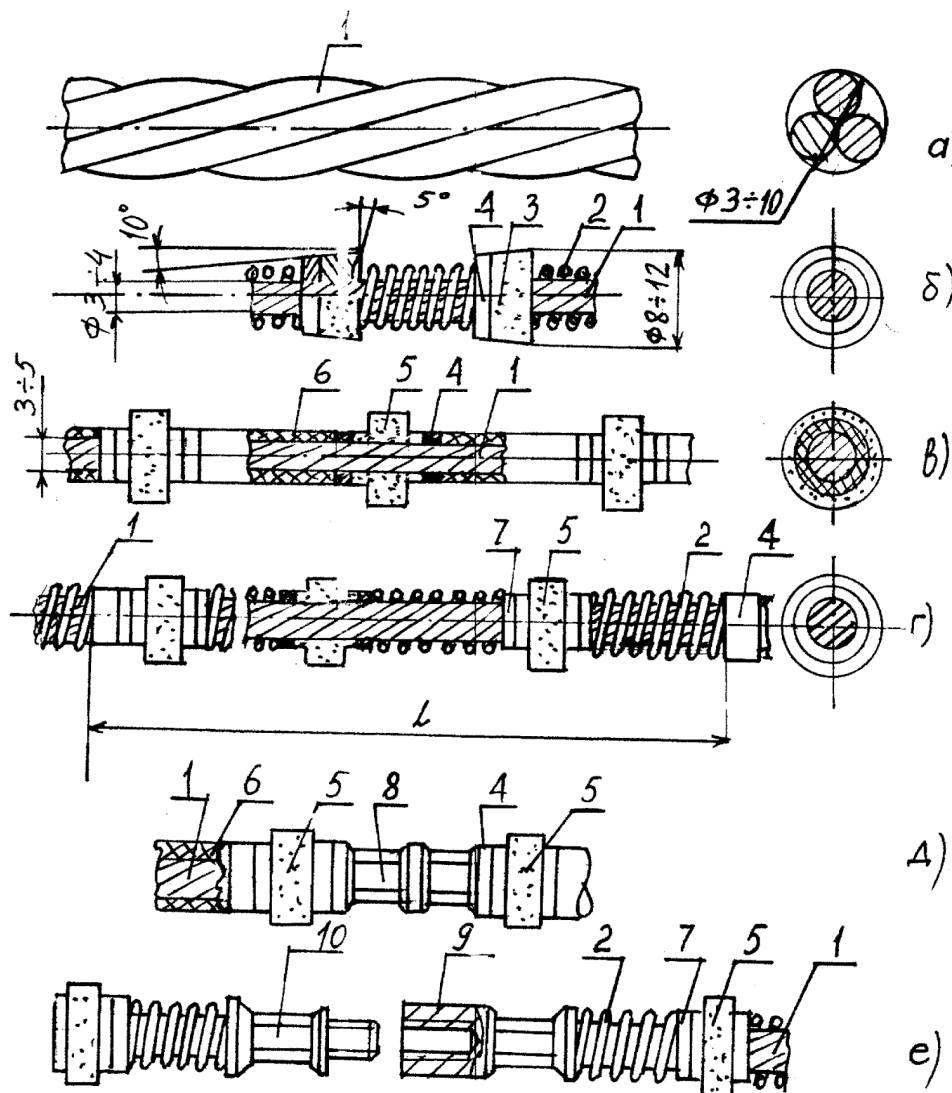


Рис. 2.3.3. Схема гранитного карьера

### АЛМАЗНО-КАНАТНАЯ РАСПИЛОВКА.

Классический алмазный канат (рис.2.3.4. в,г) представляет из себя многожильный витой стальной канат – 1 с закрепленными на нем алмазосодержащими элементами (шайбы)- 5 и защищающими канат от износа пружинами (для мрамора) или пластмассовыми (полипропилен – для гранита) покрытиями-6. Алмазосодержащие шайбы получают либо гальваническим осаждением алмазов на поверхность шайбы либо горячим прессованием алмазных порошков и металлической связки. Тип, зернистость алмазного порошка и состав связки выбирается в зависимости от вида обрабатываемой породы и режимов резания. Рабочие места при этом оснащаются малогабаритным гидравлическим прессом со сменными матрицами с давлением до 700 бар для сборки изношенных или дефектных алмазных канатов. Кроме того необходима малогабаритная электрическая машинка для резки каната.



**Рис.2.3.4. Канатные рабочие органы**

- а – 3-х жильный канат, работающий со свободным абразивом;
- б – канат, армированный твердосплавными шайбами;
- в – канат с алмазными шайбами и гибким защитным покрытием каната;
- г – канат с алмазными шайбами и пружинными защитными сепараторами;
- д – крепление концов каната прессованной втулкой;

е – крепление концов каната резьбовым соединением.

1 – канат, 2 – пружинный защитный сепаратор (для мрамора и аналогов), 3 – твердосплавная шайба, 4 – прессованные фиксирующие втулки, 5 – алмазная втулка, 6 – резиновое или пластмассовое защитное покрытие (для гранитов и аналогов), 7 – дистанционная втулка, 8 – прессованная втулка крепления концов каната, 9 – крепежная гайка с запрессованным канатом, 10 – крепежный винт с запрессованным концом каната.

На рис.2.3.5. дана принципиальная схема добычной канатной установки.

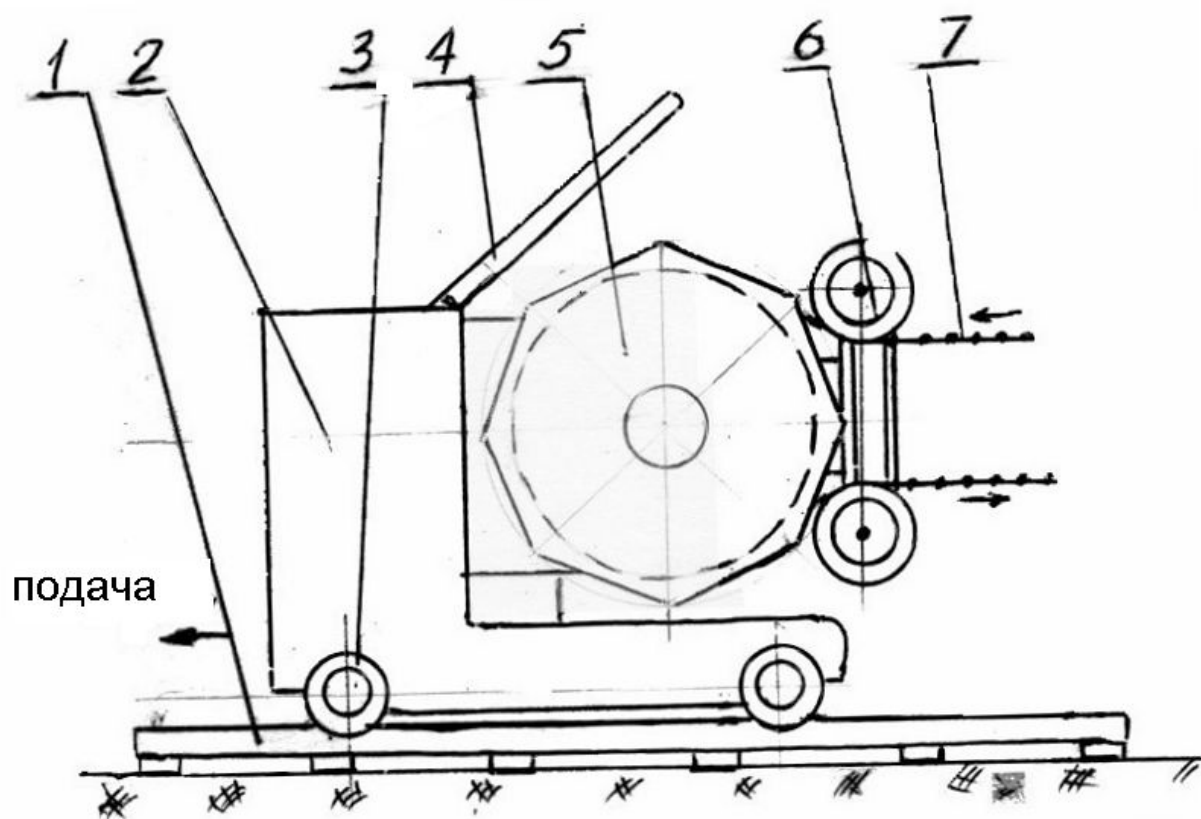


Рис.2.3.5. Принципиальная схема алмазно-канатной добычной установки. 1-рельсовый путь; 2-корпус; 3-колеса; 4-защитная планка (защита от оборванного каната);5-поворотный узел с рабочим (приводным) шкивом; 6- вспомогательные направляющие шкивы; 7-алмазный канат.

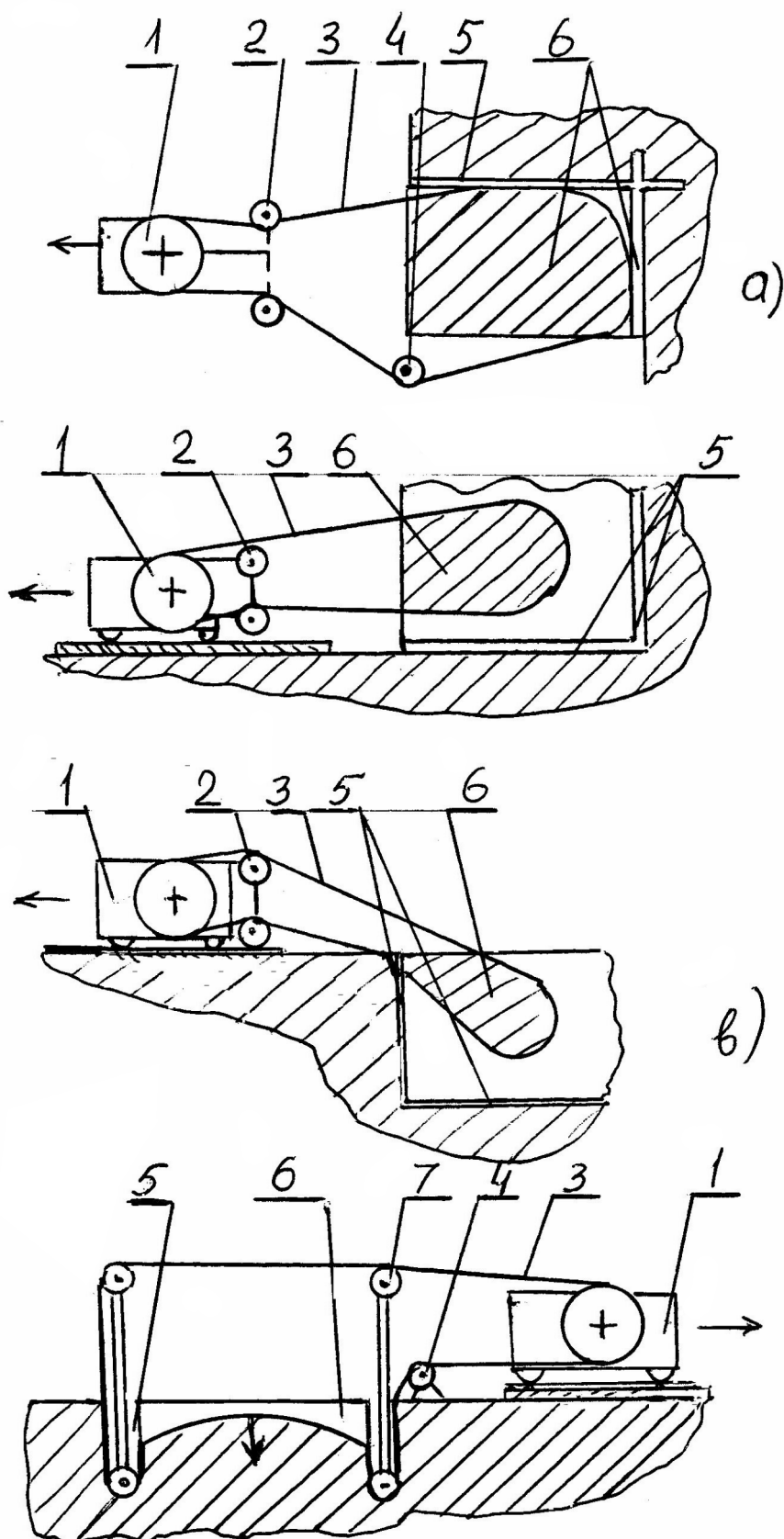


Рис.2.3.6. Способы резания алмазного каната в массив при отделении камня от массива: 1-канатная установка (электрическая или дизельная); 2-направляющие шкивы установки; 3-алмазный канат; 4- стационарные направляющие шкивы; 5-предварительно пробуренные отверстия для расположения каната; 6- пропил.

**осуществляемый канатом; специальный набор шкивов для осуществления вертикального пропила, врезания в горизонтальную поверхность.**

Способы первичного резания алмазным канатом подразделяются:

- горизонтальное резание, рис. 2.3.6-а ;
- вертикальное резание, рис. 2.3.6. -б,в;
- вертикальное врезание в горизонтальную поверхность, рис. 2.3.6. -г.

В настоящее время алмазно-канатное резание наиболее эффективный и дешевый метод добычи камня.

К недостаткам метода относится необходимость предварительного бурения отверстий для продевания каната, зависимость конечного результата от квалификации оператора, затруднение резания при наличии в породе трещин, более мягких включений и других неоднородностей. За последние 20 лет удалось повысить производительность метода с 2-3 кв.м./час при линейной скорости каната 10-20 м/сек до 5-18 кв.м./час на мраморе и от 1,5 до 8 кв.м./час (гранит) при линейной скорости 40 м/сек и более. Ниже в таблице 2.3.1 даны основные характеристики алмазно-канатных установок применяемых в карьерах.

Табл. 2.3.1.

№№	Характеристика	Карьер мрамора (оникса, гравертинга, серпентинита, мягкого песчаника, известняка и др.)	Карьер гранита (порфира, кварцита и др. твердых пород).
1	Тип каната и алмазной шайбы	Традиционный канат (канат + пружина + дистанционное кольцо + фиксатор), покрытый пластиком или резиной при отсутствии пружины, алмазные шайбы с прессованными или осажденными электролизом алмазами	Только канат покрытый пластиком или резиной без защитных пружин с прессованными или осажденными алмазами преимущественно с прессованными алмазами
2	Конфигурация	Канат имеет 28-34 алмазных шайб на 1м длины	Канат имеет 32-40 алмазных шайб на 1м длины
3	Применение	Вскрышные, добычные и другие работы, пассировка (приведение к форме параллеле-пипеда) блоков. Сухое и мокрое резание	Вскрышные, добычные и др. работы (горизонтальные резы реже) не всегда экономичны при пассировке. Мокрое резание, в последнее время даже сухое резание
4	Размеры реза одним канатом	От нескольких метров до 600-1000 кв.м. Реже более 1000 кв.м.	20-250 кв.м., реже 400-600 кв.м., иногда больше
5	Производительность	3-12 кв.м./час иногда до 18 кв.м./час	1-5 кв.м./ час иногда 7-8 кв.м./час
6	Величина реза 1 пог.м. каната	15-40 кв.м./м иногда 120-160 кв.м./м	2,5-7, иногда 10-20 кв.м./м
7	Линейная скорость (скорость резания) каната	30-36 м/сек иногда более 40 м/сек	16-28 м/сек

Алмазное резание предусматривает охлаждение зоны резания водой, что ограничивает его применение, однако в настоящее время внедряется сухое резание на мраморе и проводятся, с неплохими перспективами исследования для резки гранитов. При наличии современных методов пылеулавливания и утилизации пыли сухое резание имеет неплохие перспективы в местах с засушливым климатом или отрицательными температурами. На рис. 2.3.7., 2.3.8., 2.3.9., даны различные варианты резания алмазным канатом при отделении блока от массива.

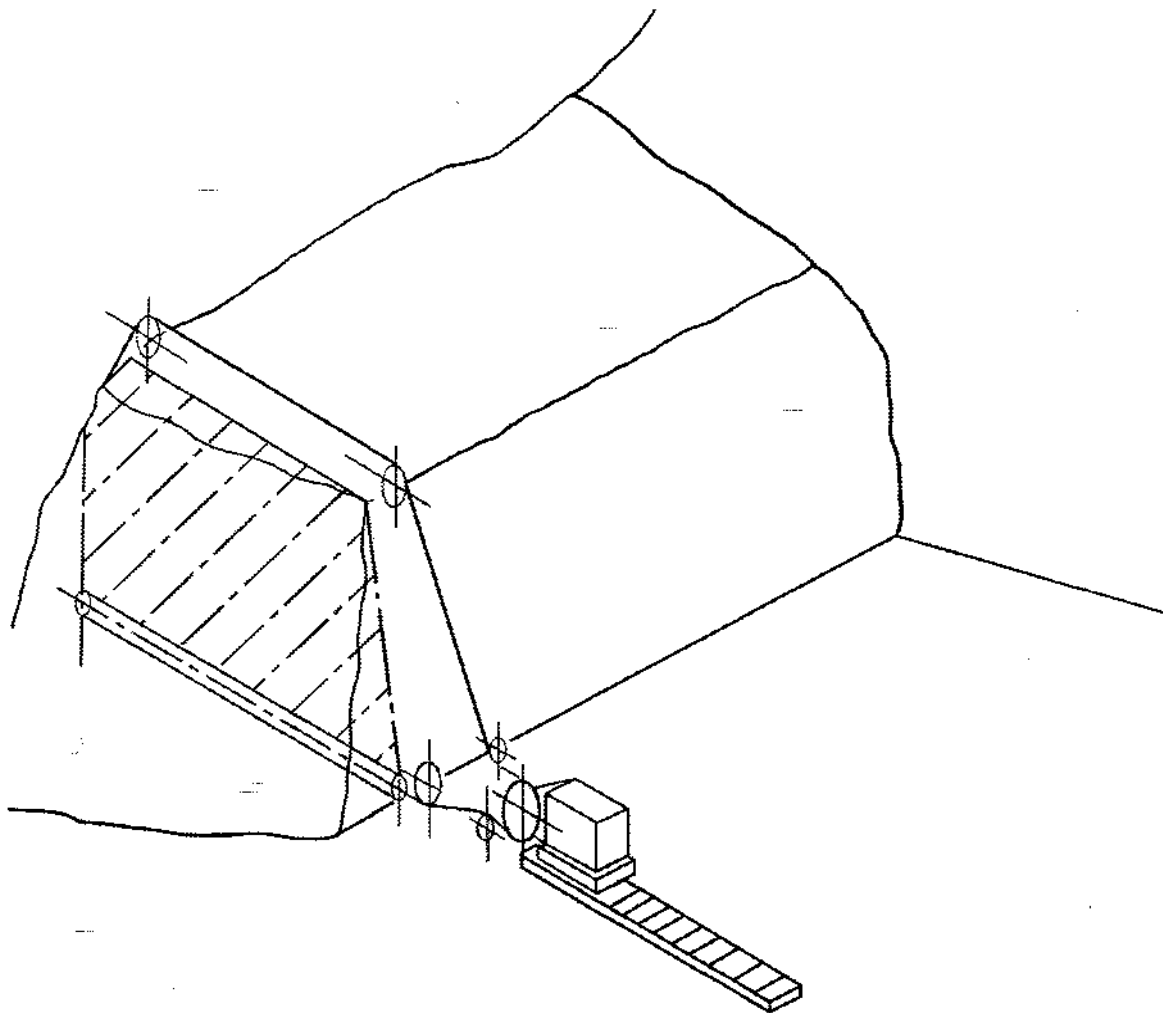


Рис.2.3.7. Вертикальное поперечное резание с использованием направляющих роликов при подготовительных работах.



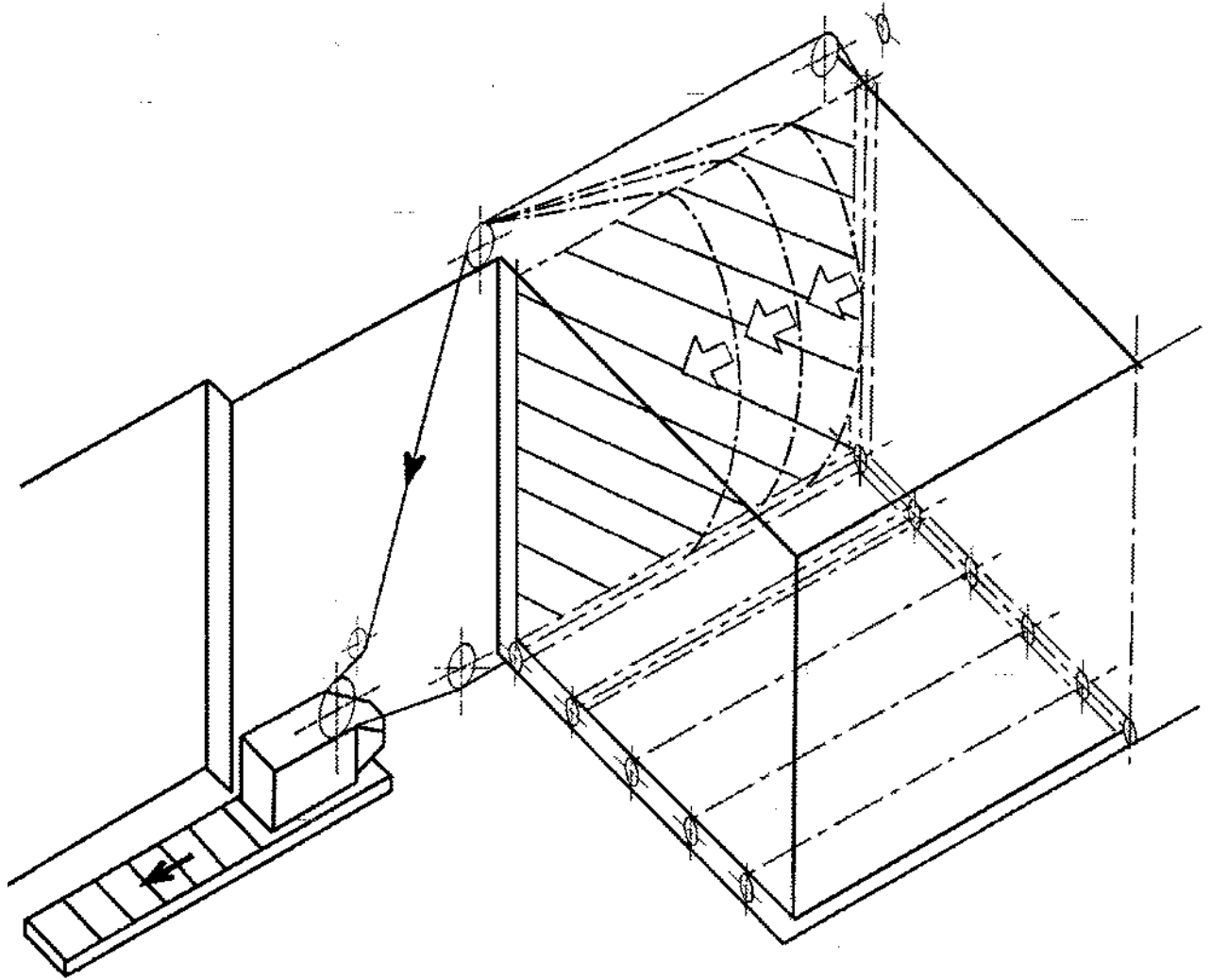


Рис. 2.3.8. Отделение блока от массива при вертикальном резании, с использованием металлических стержней для предотвращения разрушения блока при падении на горизонтальную щель.

В таблице 2.3.2 даны основные режимы работы и характеристики алмазного каната.

Таблица 2.3.2

Характеристики и режимы резания канатной распиловки (диаметры алмазных шайб: 6, 8, 10,2, 10,5, 11, 12,2, 13 мм)				
Материалы по Европейской классификации (раздел 1)	Скорость резания, м/сек	Число алмазных шайб на 1 м длины каната	Производительность, м <sup>2</sup> /час	Площадь резки на 1 м каната, м <sup>2</sup> /м
Гранит 5 кл.	19-23	39-40	1 (0,8)*	5 (7)
Гранит 4 кл.	21-23	37-39	1,2 (1)	7 (10)
Гранит 3 кл.	23-25	37-39	1,8 (1,6)	10 (12)
Гранит 2 кл.	23-26	35-37	2,5 (2)	12 (15)
Гранит 1 кл.	24-28	30-35	3,2 (2,8)	15 (18)
Бетон	22-27	32-39	5-9	5 (9)
Плотный туф (фельзитовый)	30-40	27-30	12-16	40-60
Туф	40-45	27-35	25-34	16-25
Травертин	28-40	27-30	14-18	85-100
Мрамор кристаллический	33-38	27-30	10-16	60-70
Цветной мрамор	30-40	27-30	5-8	15-20
Брекчия	30-40	27-30	7-12	15-20
Известняк с включениями	35-40	27-30	7-12	35-48
Чистый известняк	28-40	27-30	10-15	35-48

\* В скобках данные по стационарным установкам.

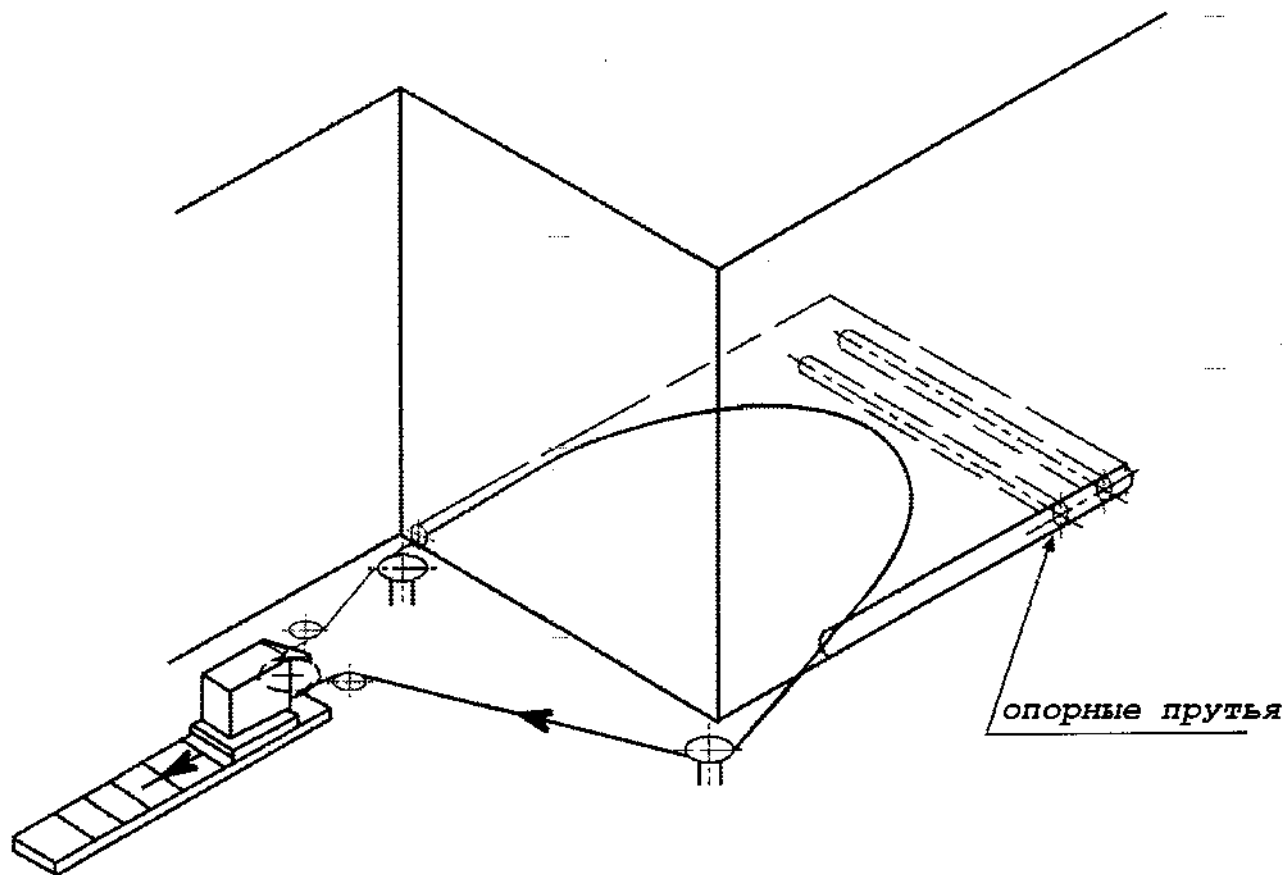


Рис.2.3.9. Осуществление горизонтального резания с предохранением отрыва блока от вертикали при помощи металлических опорных прутьев.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ АЛМАЗНО-КАНАТНОЙ РАСПИЛОВКЕ.

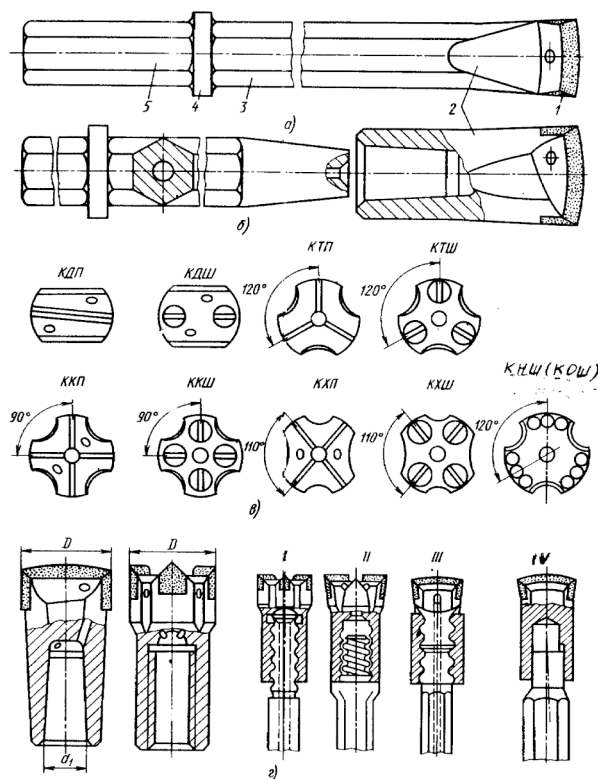
Для предварительного бурения с целью продевания алмазного контура используются специальные пневматические бурильные установки с возможностью их фиксации относительно горизонта, ручные перфораторы и, иногда, отбойные молотки.

Пневматические бурильные машины (перфораторы) снабжаются бурильными головками диаметром 60-350мм. Они используются в любых условиях с глубиной бурения до 15-25м при скорости 2-10м/час в зависимости от диаметра отверстия. Наибольшую точность и глубину получают при сверлении вертикальных отверстий. При увеличении диаметра отверстий увеличивается точность отверстия, уменьшается воздействие на процесс естественных разломов, трещин, неоднородностей, при одновременном увеличении потребляемой мощности. При больших диаметрах можно бурить отверстия длиной более 100м. Отбойные молотки используются при вспомогательных операциях. Ниже на рис. 2.3.10. даны основные конструкции бурового инструмента с твердосплавными коронками.

Основные характеристики и области применения бурового инструмента приведены в табл. 2.3.3.

Таблица 2.3.3.

<b>Основные типы и области применения буровых коронок</b>		
<b>Обозначение</b>	<b>Наименование</b>	<b>Область применения</b>
КДП	Коронки долотчатые пластинчатые	Бурение вязких монолитных пород
ККП	Коронки крестовые пластинчатые	Бурение вязких трещиноватых и абразивных пород
КТШ	Коронки трехперые штыревые	Бурение хрупких монолитных и трещиноватых пород
КНИИ ( КОШ )	Коронки неперетачиваемые ( одноразовые ) штыревые	Бурение крепких монолитных абразивных пород
КДШ	Коронки долотчатые штыревые	Бурение хрупких монолитных пород
КДП	Коронки трехперые пластичные	Бурение вязких монолитных пород
ККП	Коронки крестовые пластинчатые	Бурение вязких трещиноватых и абразивных пород
ККШ	Коронки крестовые штыревые	Бурение хрупких, трещиноватых и абразивных пород
КХП	Коронки Х-образные пластинчатые	Бурение вязких трещиноватых и абразивных пород диаметром отверстия более 50 мм
КХШ	Коронки Х-образные штыревые	Бурение хрупких трещиноватых и абразивных пород диаметром отверстия более 50 мм



**Рис. 2.3.10. Конструкции бурового инструмента:** а- цельный (напаянный) инструмент, б- составной (сборный) инструмент; в- типы коронок; г- виды соединения коронок с буровой штангой. 1,11,111 – резьбовое соединение с упором штанги в дно коронки, в бурт коронки и соединение муфтой, 1У – эксцентриковое соединение.

Основной операцией, при осуществлении бурения отверстий для продевания алмазного каната, является разметка на месте с целью осуществить точную стыковку вертикальных и горизонтальных отверстий в массиве. (Рис.2.3.11.) При этом, предварительно, задается горизонтальная разметочная ось с помощью разметочного стержня. Далее с помощью 2-х вертикальных отвесов привязанных к стержню определяется направление оси горизонтального отверстия. Путем нахождения точки пересечения оси стержня и оси с определяющим размером X находится ось вертикального отверстия для продевания каната. Перед сверлением отверстий в породе проводится сверление 2-х коротких отверстий (рис.2.3.12.) одно для зацентровки буримого отверстия и другое меньшего диаметра для фиксации бурового станка. Расстояние – I между отверстиями фиксированное для данного станка. На рис.2.3.13. дана схема подготовки, установки и бурения вертикального отверстия для продевания каната. При этом, как и при разметочной операции выявляется с помощью разметочного стержня ось буримого отверстия, устанавливается направление и бурится горизонтальное отверстие.

На рис. 2.3.14. приведена схема подготовки, разметки, установки и бурения горизонтального отверстия. При этом с помощью 2-х разметочных стержней (верхнего направляющего и нижнего вставляемого в вертикальное отверстие) и 2-х вертикальных отвесов, закрепленных на верхнем стержне, находится ось вертикального отверстия, пересекающаяся с осью горизонтального отверстия.

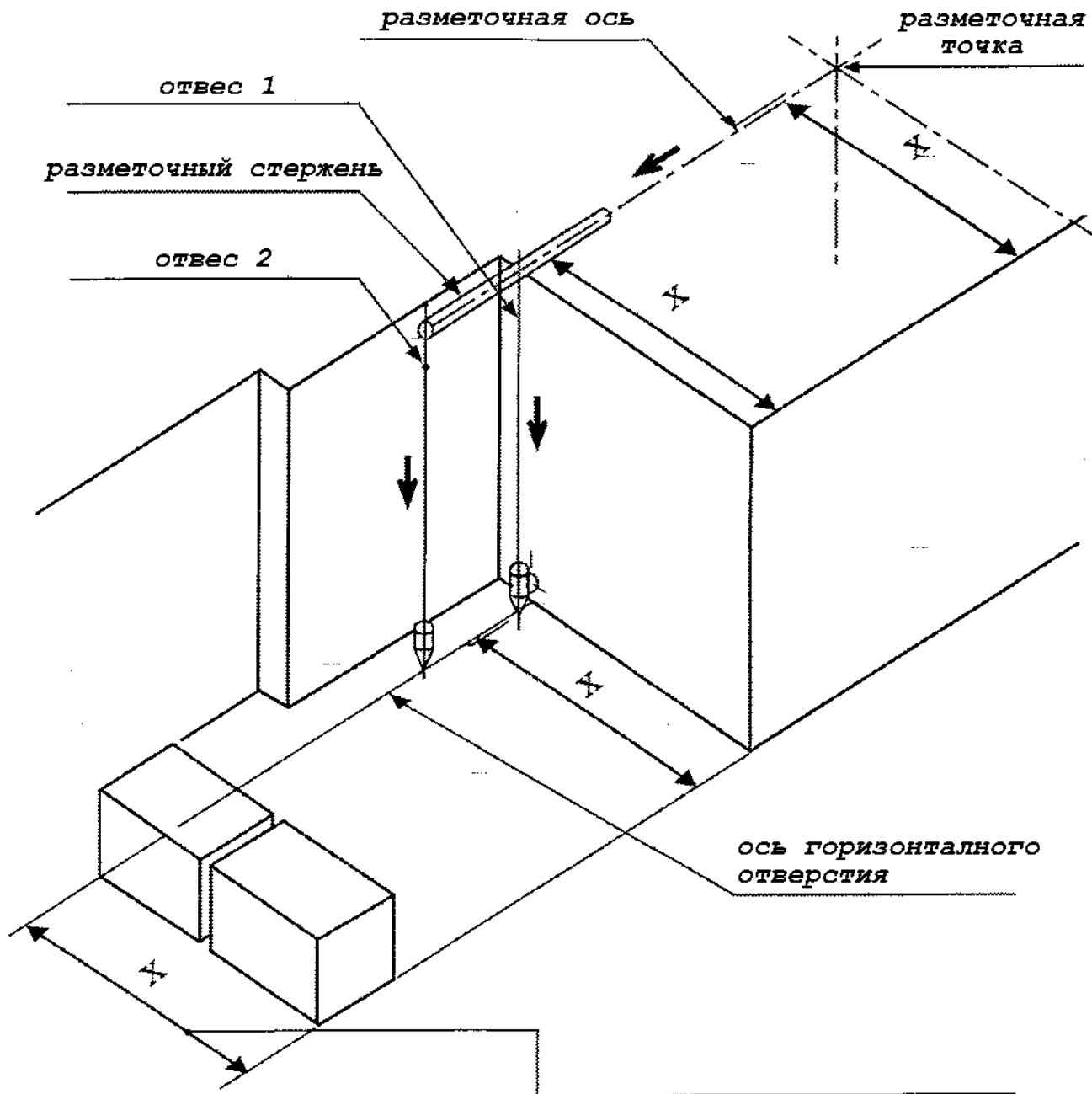


Рис.2.3.11. Схема разметки осевых линий вертикального и горизонтального отверстия буримых в породе, с целью нахождения точки пересечения этих отверстий.

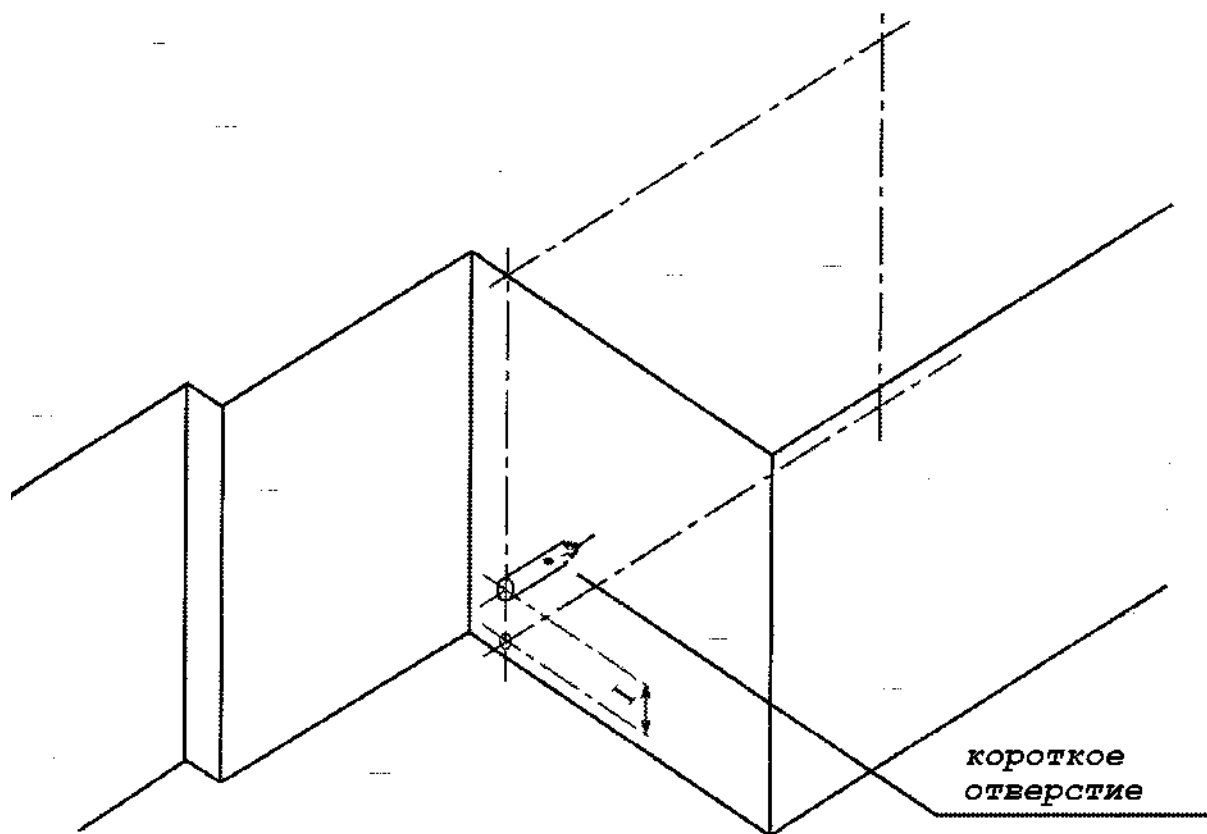


Рис.2.3.12. Схема сверления центровочного и фиксирующего отверстия для бурения горизонтального отверстия.

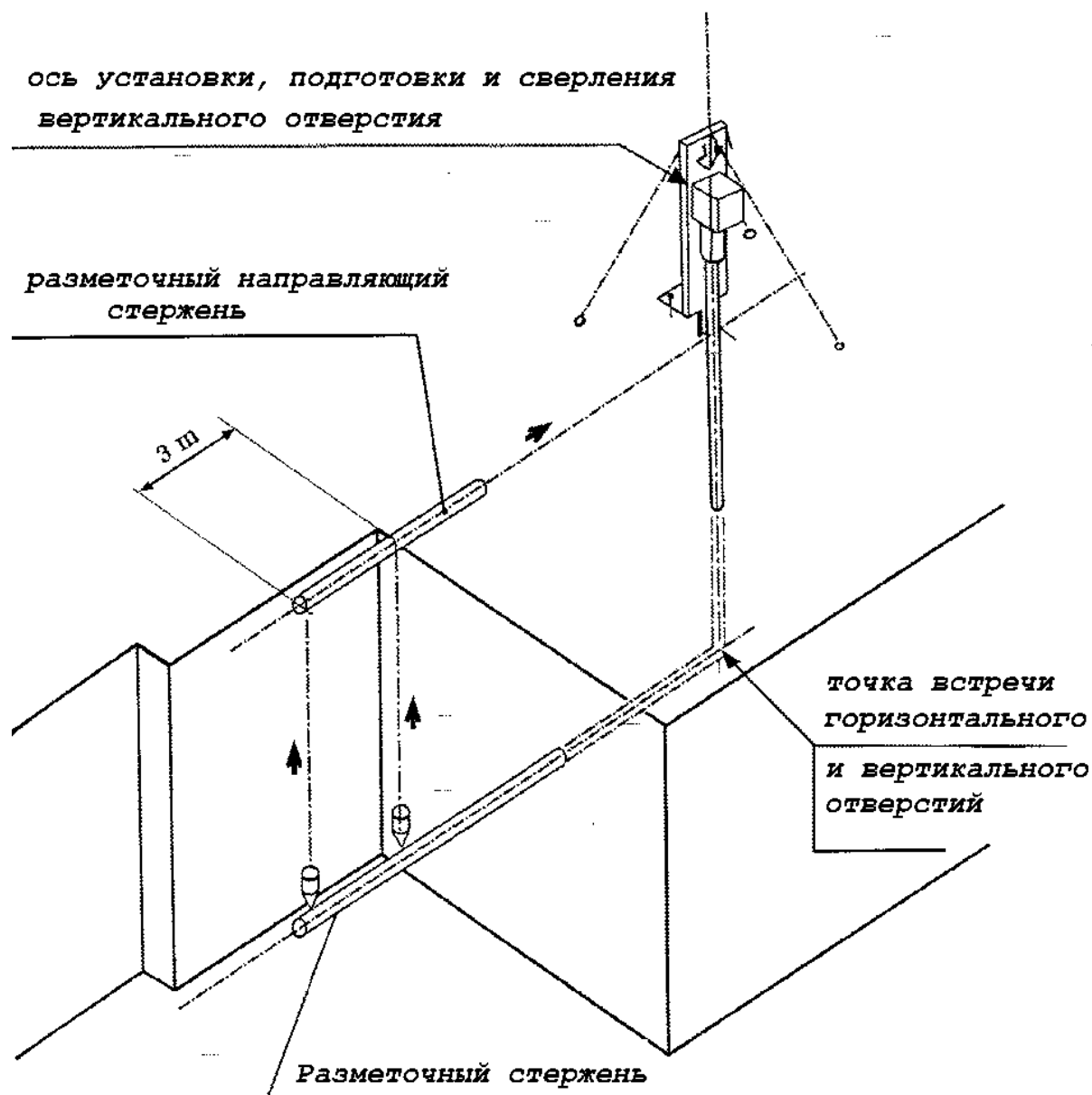


Рис.2.3.13.. Схема определения оси бурения вертикального отверстия с помощью верхнего разметочного стержня 2-х отвесов и нижнего направляющего стержня, вставляемого в пробуренное вертикальное отверстие.

На начальной стадии резания алмазным канатом его продевают через скрещивающиеся горизонтальное и вертикальное отверстия.

При этом, трение каната об острые кромки отверстий при вхождении в отверстие под прямым углом приводит к его быстрому разрыву. С целью избежать этого применяют систему мобильных малых шкивов обеспечивающих вхождение каната в отверстие под малым углом, уменьшающих вибрацию каната, увеличивающих точность реза (рис.2.3.15.). Наиболее оптимальной системой резания канатом можно считать резание с постоянным фронтом перемещения алмазного каната (рис.2.3.16.) – правильная схема резания.

На том же рис.2.3.17. представлена наиболее часто встречающаяся ошибка при вертикальном резании. Фронт перемещения алмазного каната изменяется при перемещении станка по рельсам, что приводит к быстрому износу каната. Для правильной



установки малых направляющих шкивов, обуславливающего их устойчивость при минимальном расходе каната необходимо придерживаться схемы их установки (рис.2.3.18.).

На рис. 2.3.19.представлены 3 этапа расположения малого направляющего шкива при вертикальном резе уступа (начальное расположение шкива, расположение после первого перемещения и расположение в конце реза).

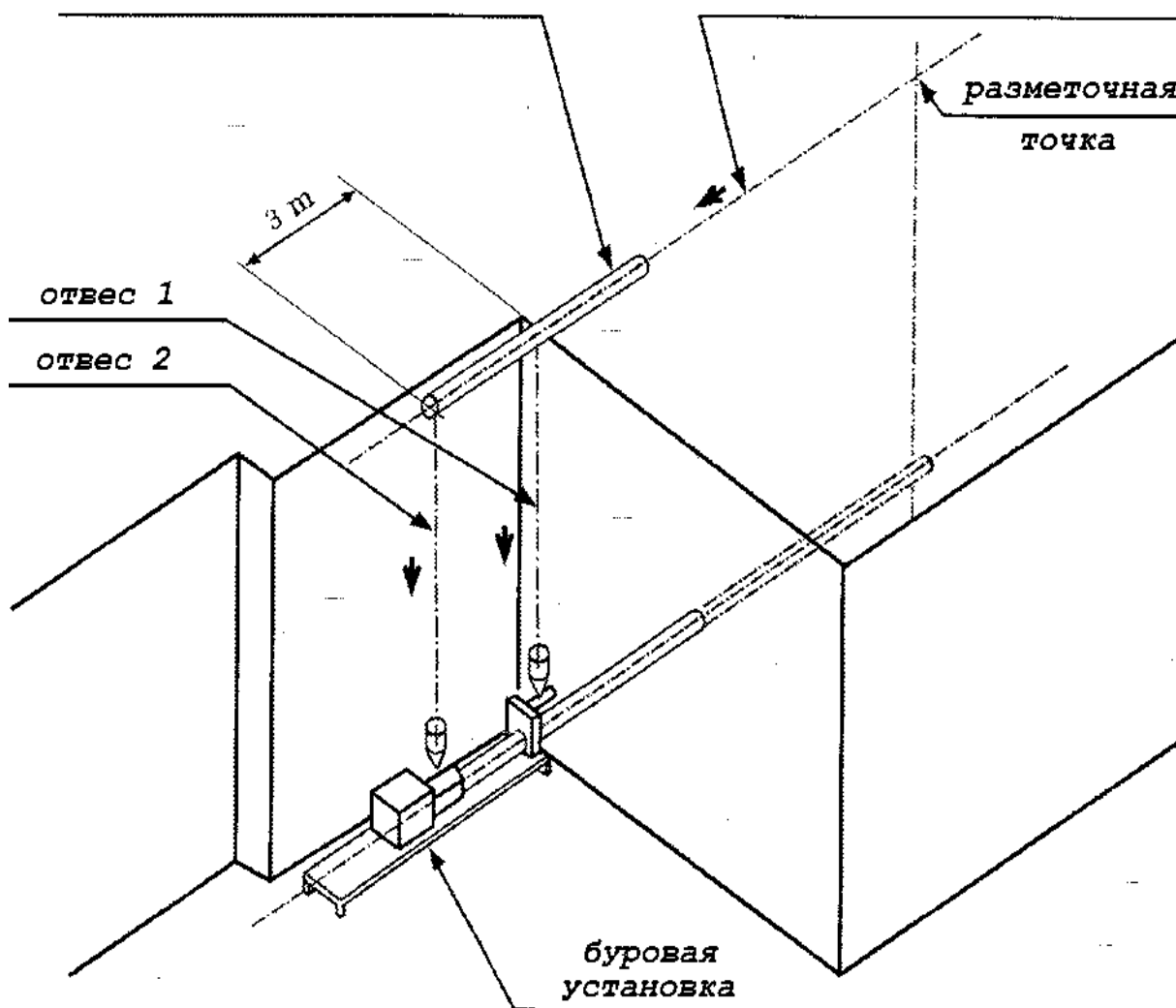


Рис. 2.3.14. Схема разметки, установки и бурения горизонтального отверстия.

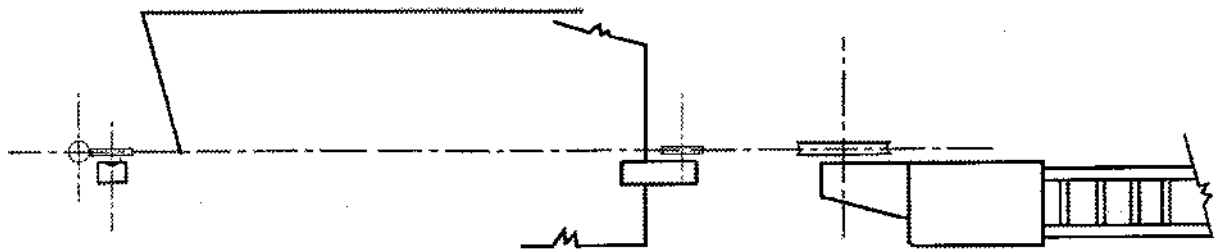
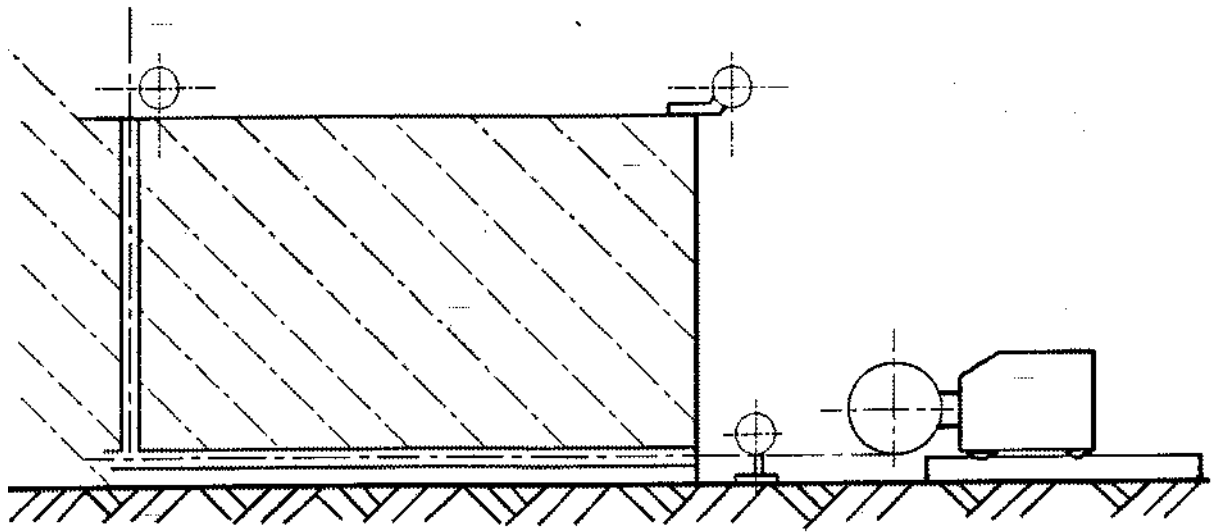


Рис.2.3.15. Схема расположения малых направляющих шкивов при вертикальном резании алмазным канатом. Вид сбоку, вид сверху.

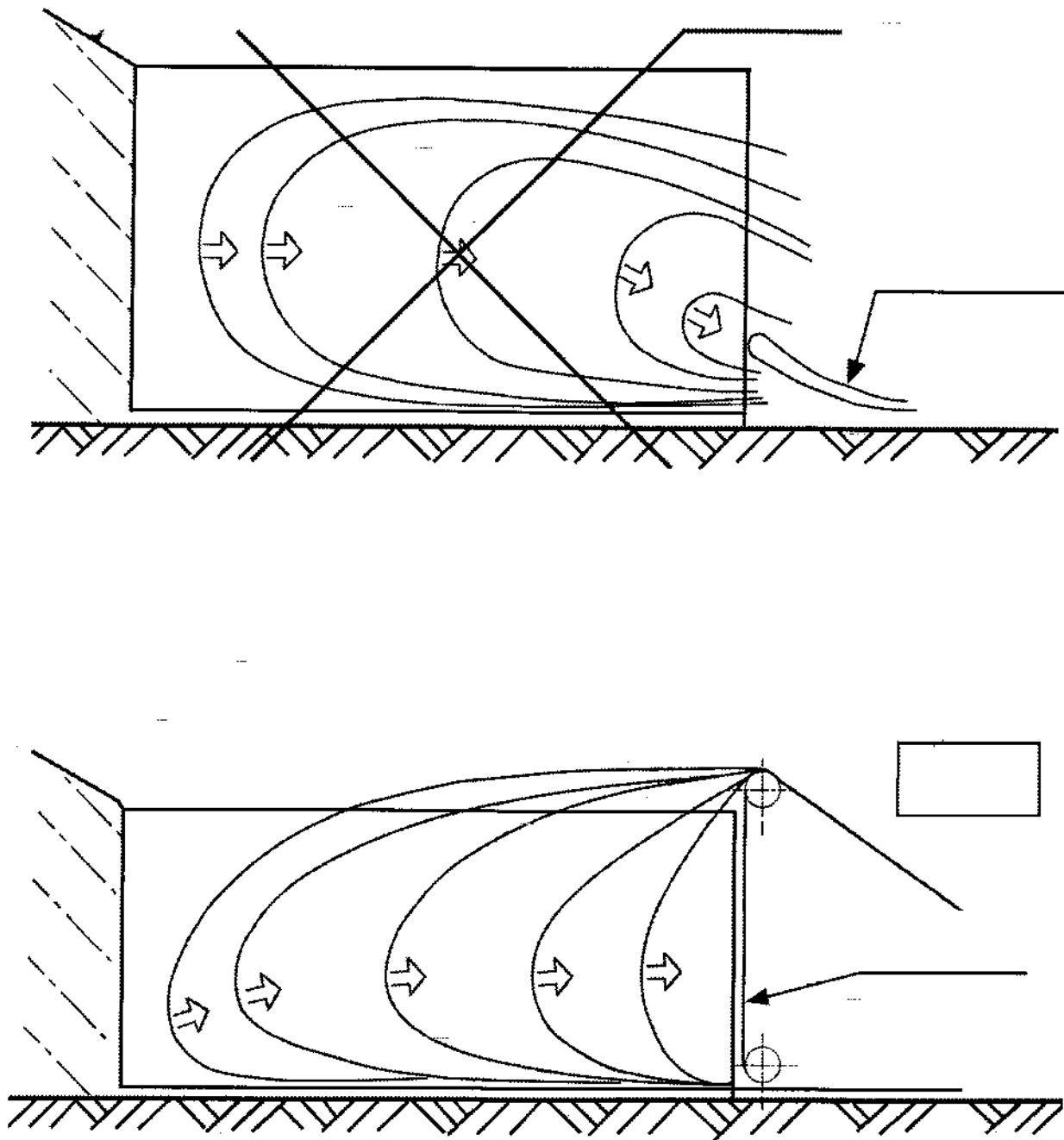


Рис. 2.3.16. Схема неправильного и правильного (с постоянным фронтом резания) резания алмазным канатом.

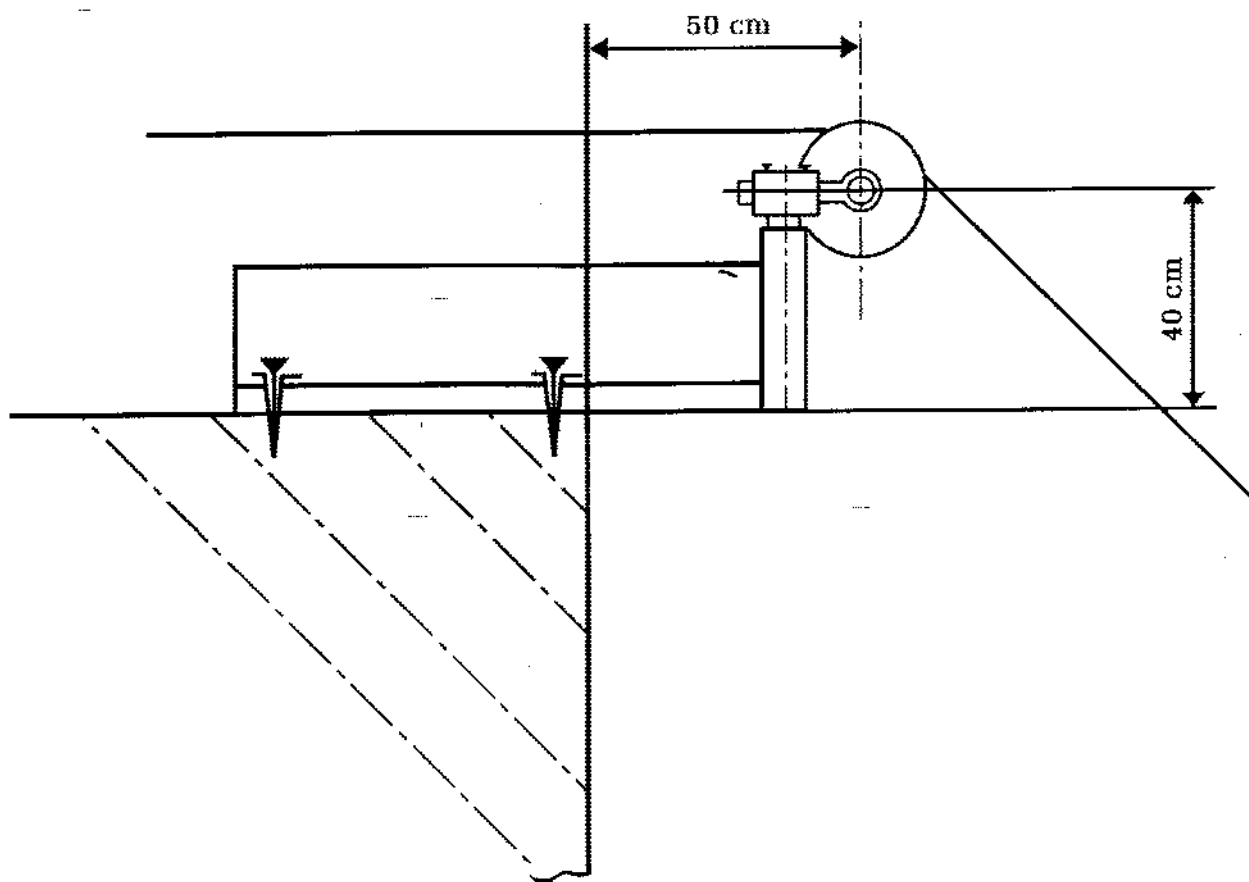


Рис.2.3.17. Схема правильной установки малых направляющих шкивов.

При использовании малых направляющих шкивов возникает необходимость их перемещения в зависимости от перемещения фронта резания алмазным канатом. На рис. 2.3.18. даны положения направляющего шкива в начале резания, середине процесса резания и на завершающей стадии при выходе каната из пропила.

При осуществлении реза канатная установка перемещается относительно уступа и с целью фиксации каната в вертикальной плоскости применяются малые направляющие шкивы. На рис.2.3.19.. даны расположение канатной установки, направляющих шкивов и каната в начале и конце резания.

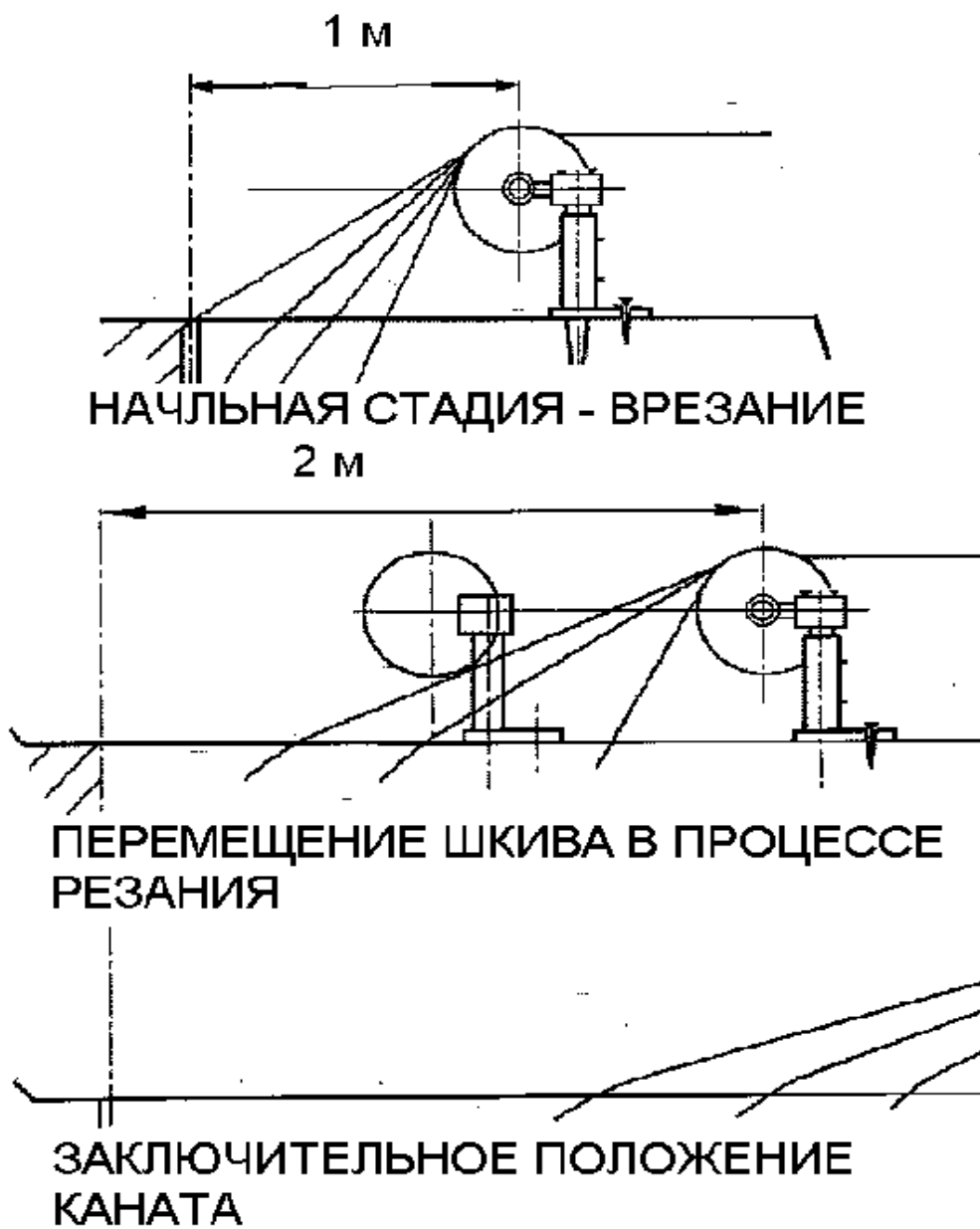
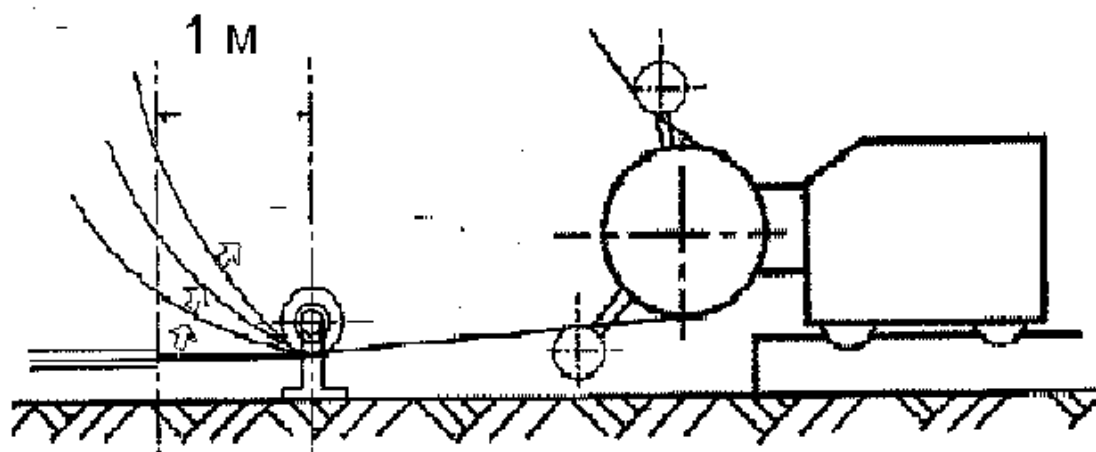
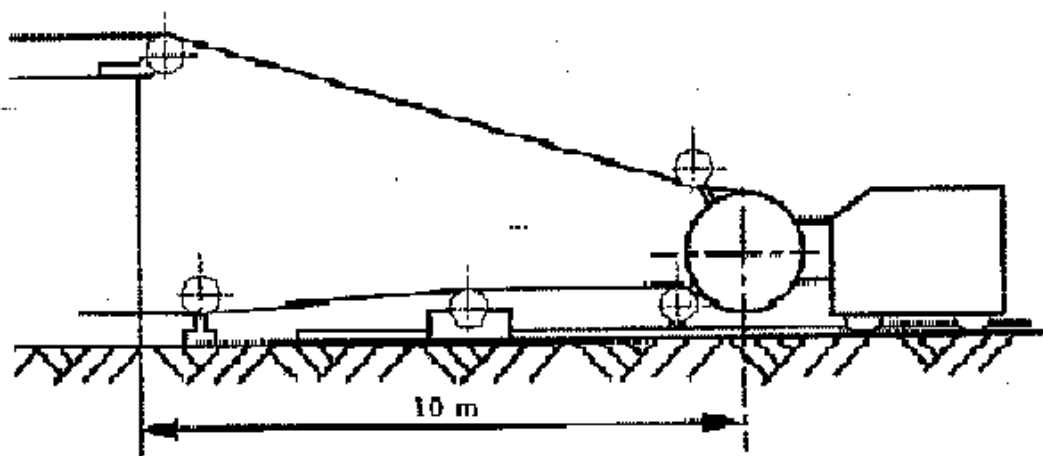


Рис. 2.3.18. 3 этапа расположения малого направляющего шкива при вертикальном резе уступа: начальное расположение шкива, расположение после первого перемещения и расположение в конце



ПОЛОЖЕНИЕ КАНАТНОЙ УСТАНОВКИ,  
НАПРАВЛЯЮЩЕГО ШКИВА И КАНАТА В  
НАЧАЛЕ РЕЗАНИЯ



ПОЛОЖЕНИЕ КАНАТНОЙ УСТАНОВКИ,  
НАПРАВЛЯЮЩИХ ШКИВОВ И КАНАТА В  
КОНЦЕ РЕЗАНИЯ

Рис. 2.3.19. Положение канатной установки, направляющих шкивов и каната в начале и конце резания.

Для расчета длины перемещения канатной установки по рельсам в зависимости от длины пропила (расстояние от вертикального отверстия для продевания каната до кромки уступа) можно использовать рис.2.3.20., где длина перемещения установки –С больше длины реза -В в 1,1 раза.

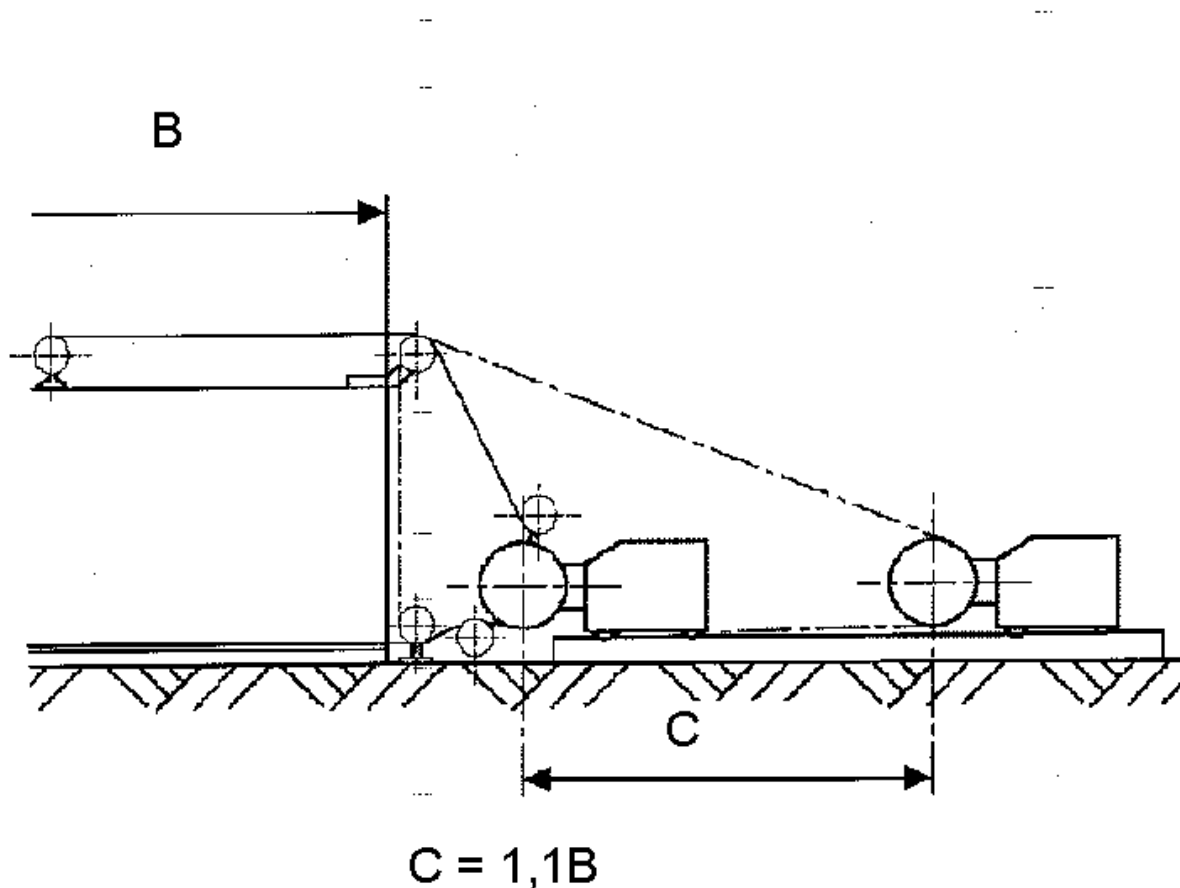


Рис. 2.3.20. Схема расчета длины перемещения канатной установки – С в зависимости от длины реза – В.

На рис. 2.3.21. даны рекомендации по определению положения плоскости реза и осей вертикального и горизонтального отверстий относительно канатной установки при вертикальном резании (А) и рекомендации по установке центральной оси канатной установки (оси ведущего шкива) относительно горизонтального отверстия для пропускания каната при осуществлении горизонтального реза (В).

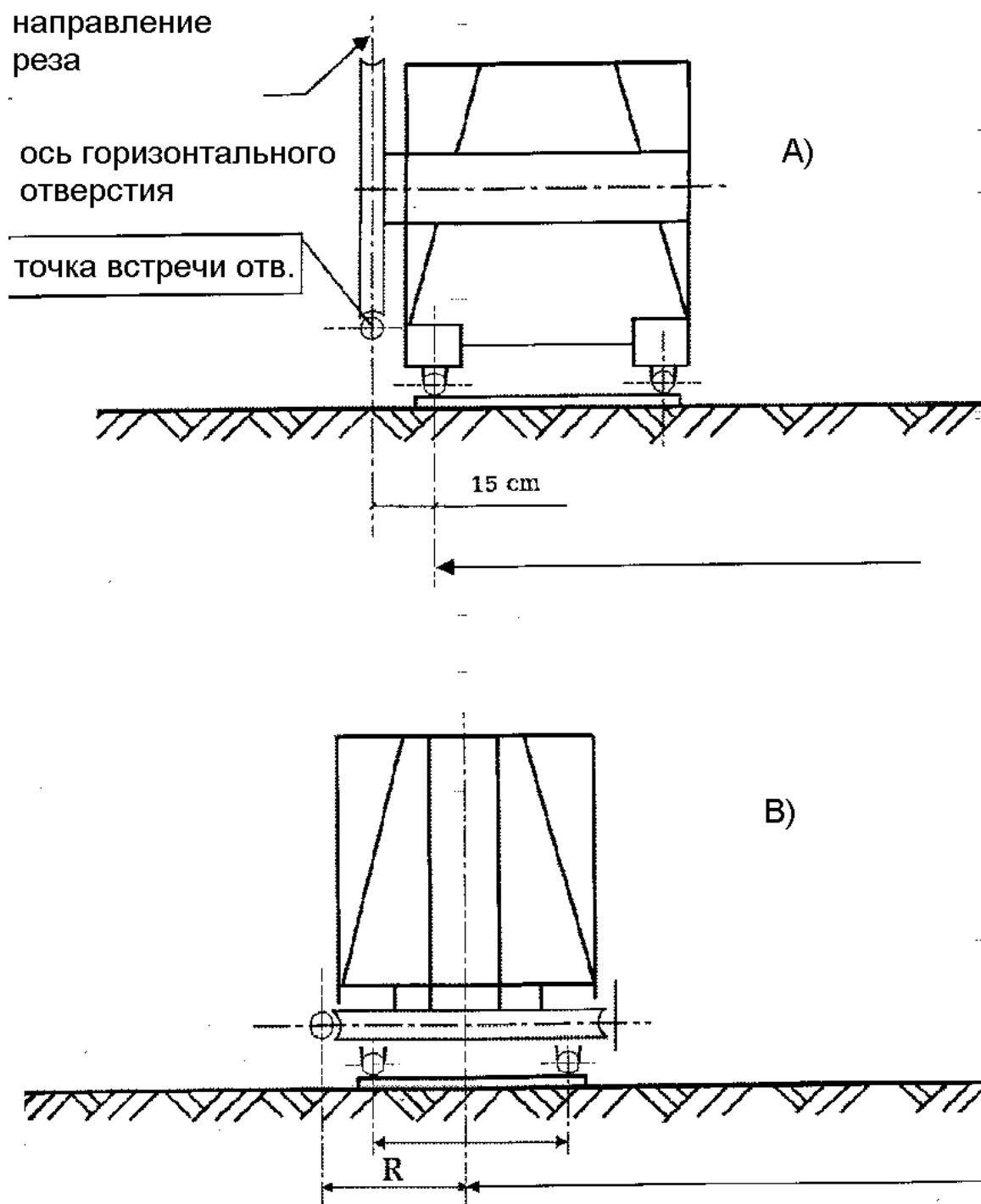


Рис.2.3.21. Рекомендации по определению положения плоскости реза и осей вертикального и горизонтального отверстий при осуществлении вертикального (А) и горизонтального (В) реза.

При уже установленной на стационарные рельсы канатной установке, у большинства подобных машин, имеется возможность регулировать положение каната относительно поверхностей уступа, либо поворотом рабочего шкива относительно горизонта (рис.2.3.22. ) - (А), либо поперечным перемещением шпинделя с рабочим шкивом - (В).



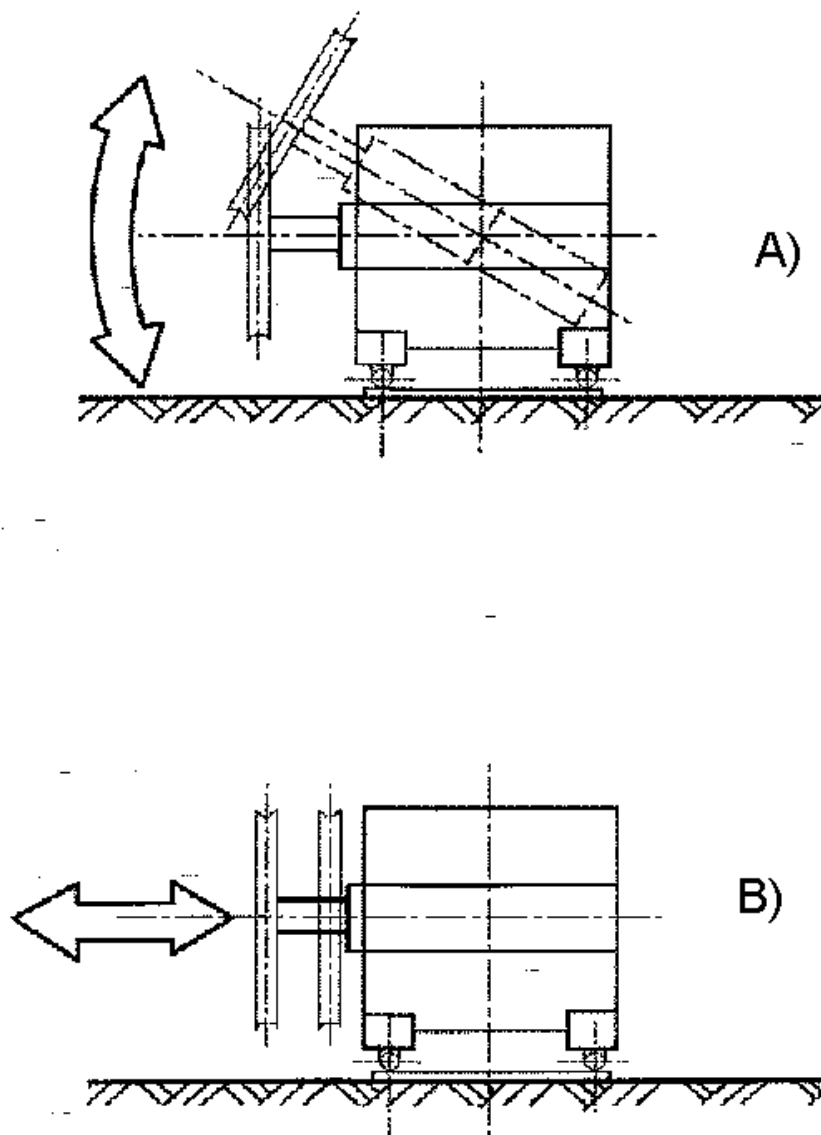


Рис.2.3.22. Схемы регулировки положения каната относительно уступа и канатной установки: поворотом шкива (А) и поперечным перемещением шкива (В).

При вскрышных и подготовительных работах особое значение придается очистке территории вокруг установки, особенно на расстоянии до 80 см по обе стороны, с целью избежать раскола отпиливаемого куска и защемления дорогостоящего каната в щели.

Для подсчета длины используемого каната используется приближенная достаточно простая формула.

$$L = (B + H + B + H) + H = (20 + 7 + 20 + 7) + 7 = 61 \text{ метров,}$$

где  $L$  – необходимая длина каната,  $H$  – высота уступа,  $B$  – ширина уступа. Предположим  $B=20$  м,  $H=7$ м, тогда  $L=61$ м. Можно употреблять канат в одном куске, но можно соединять несколько кусков. При использовании разных кусков необходимо совпадение диаметра каната, а также степени его износа. Этот момент очень важен и, если его не учитывать, можно получить аварийную ситуацию.

При сборке каната необходимо проверить диаметры всех алмазосодержащих втулок, при этом отклонения не должны превышать  $\pm 0,3$ мм, а для расстояния от центра втулки до

кромки (эксцентриситет) не более  $\pm 0,2$  мм. Наибольший эффект дает пластичный канат компенсирующий дефекты втулок. Концы тонкого гибкого каната заостряются для легкого нанизывания втулок. Другой конец на расстоянии 1 метр связывается узлом, чтобы избежать потери втулок. С учетом современных технологий алмазные втулки имеют оптимальное направление резания (рис. 2.3.23.) и их сборка должна учитывать этот фактор. Схема соединения концов алмазного каната с целью создания замкнутого контура дана на рис.2.3.24.

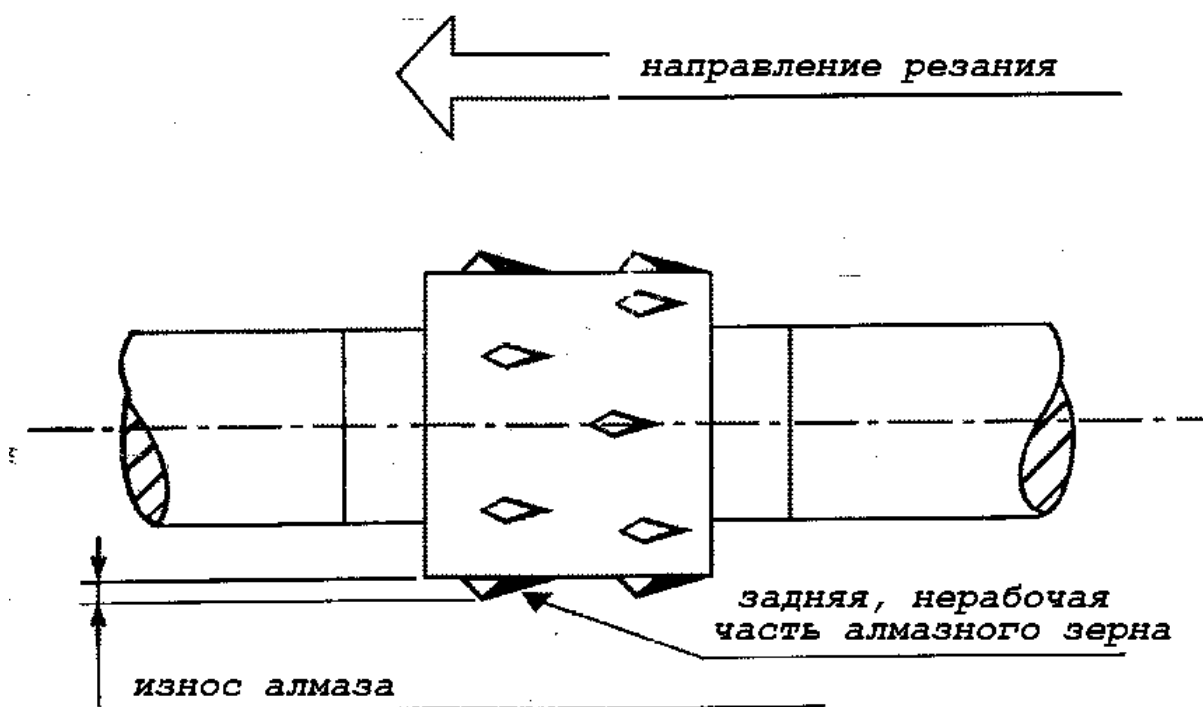


Рис.2.3.23. Схема работы алмазосодержащей втулки.

Свободные концы каната затем соединяются с помощью запрессованной металлической втулки (рис. 2.3.24.)

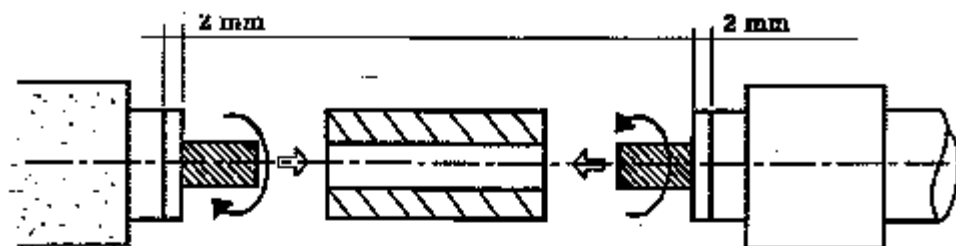
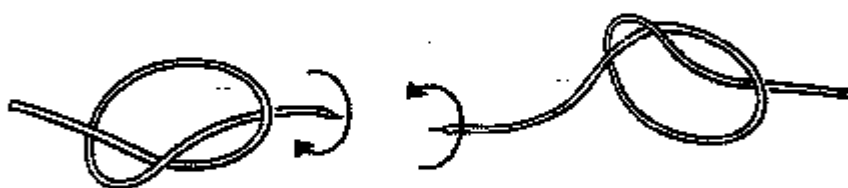


схема сборки каната



вид узлов на концах каната перед сборкой

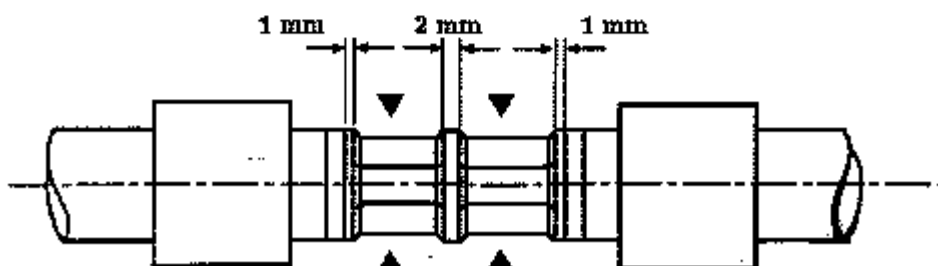


схема запрессовки концов каната

Рис.2.3.24. Схема соединения концов алмазного каната.

Исключительное значение для повышения износостойкости каната, уменьшения числа аварийных ситуаций, потребляемой мощности, а также повышения производительности имеет организация подачи воды в зону резания с целью удаления шламов и охлаждения каната. На рис.2.3.25. (А) показана схема подачи воды в зону резания при начале осуществления вертикального реза, а также схема поэтапного изменения точки подачи воды в процессе резания (В).

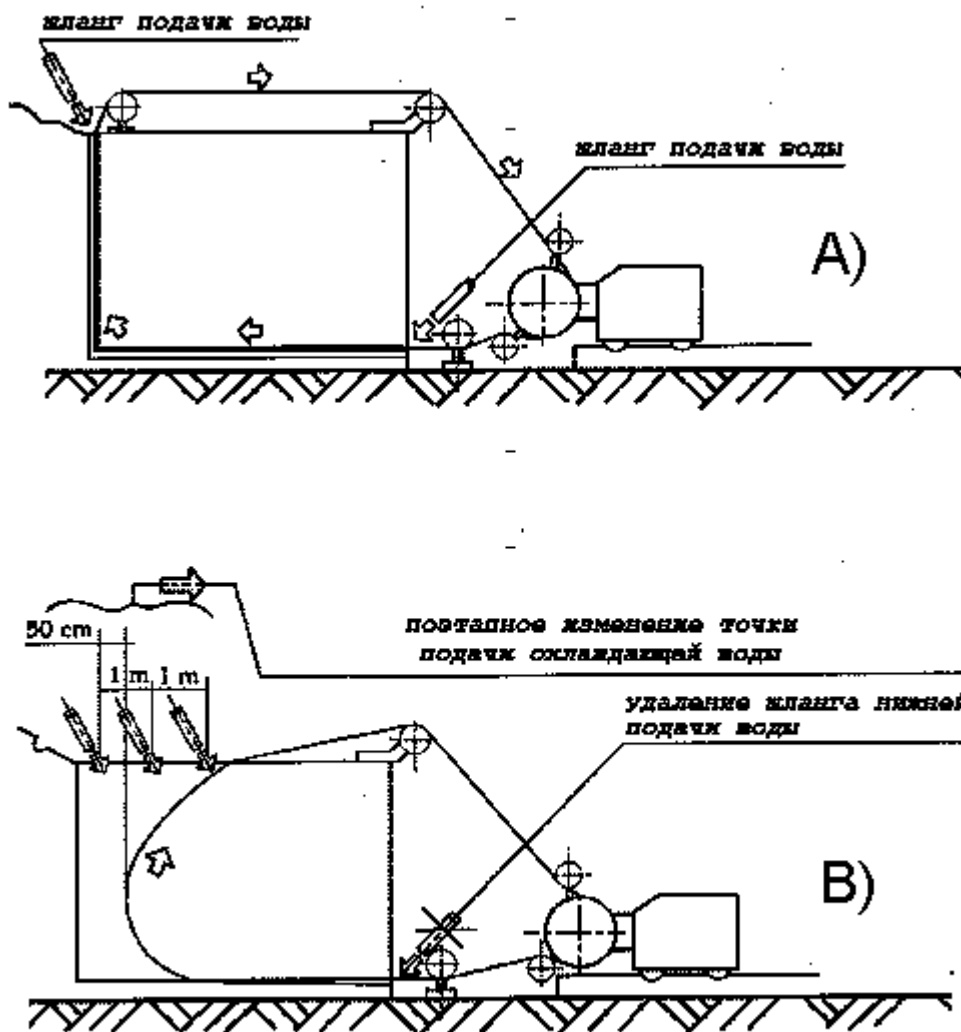


Рис.2.3.25. Схема подачи воды в зону резания при вертикальном резе.

Учитывая высокие режущие усилия, изгибающие нагрузки важное значение имеет равномерное распределение нагрузок, как по всем втулкам так и по длине каната. С целью обеспечения равномерности износа по диаметру алмазной втулки и самого каната, всему контуру задается вращательное движение вдоль оси (рис.2.3.26.). При этом, запуск машины проводится при минимальных подаче и нагрузке на канат, для протяжки всего контура в отверстиях, с целью контроля осевого вращения, согласно рис. 2.3.27.

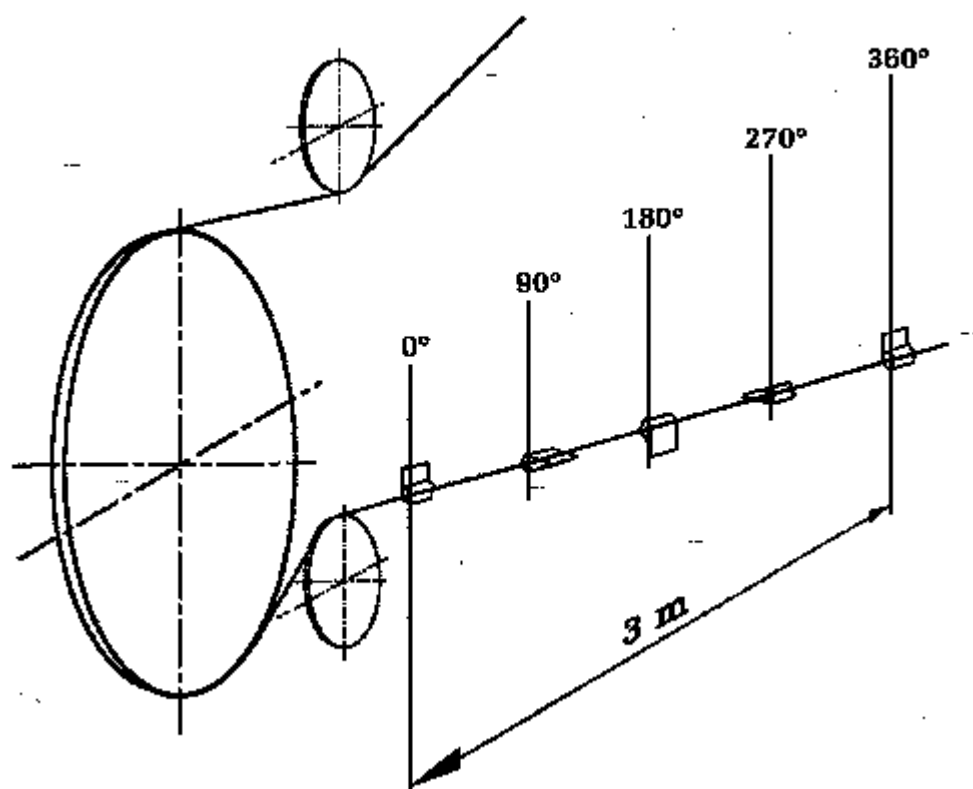


Рис.2.3.26. Схема контроля осевого вращения алмазного каната

Время эксплуатации каната зависит от характеристик канатной установки, а также от состояния самого каната.

Современные канатные установки имеют высокую степень автоматизации, позволяющие в автоматическом режиме изменять скорость резания и подачи каната для обеспечения максимальной производительности при минимальном износе каната.

При этом необходимо периодически контролировать состояние каната: контроль скорости резания, контроль на отсутствие вибрации, контроль вращения каната вокруг своей оси.

Каждые 2 часа необходимо визуально контролировать состояние каната. Каждые 12-24 часа необходимо проконтролировать состояние крепления алмазных втулок на канате: отсутствие осевого смещения и вращения вокруг оси. В случае обнаружения дефектов проводится дополнительное закрепление или замена втулок.

Схема полного отделения блока от массива при наличии постельной трещины приведена на рис. 2.3.28., когда пробуриваются горизонтальные отверстия: продольная и поперечная и далее осуществляются поперечные и продольные вертикальные резы отделяющие блок.

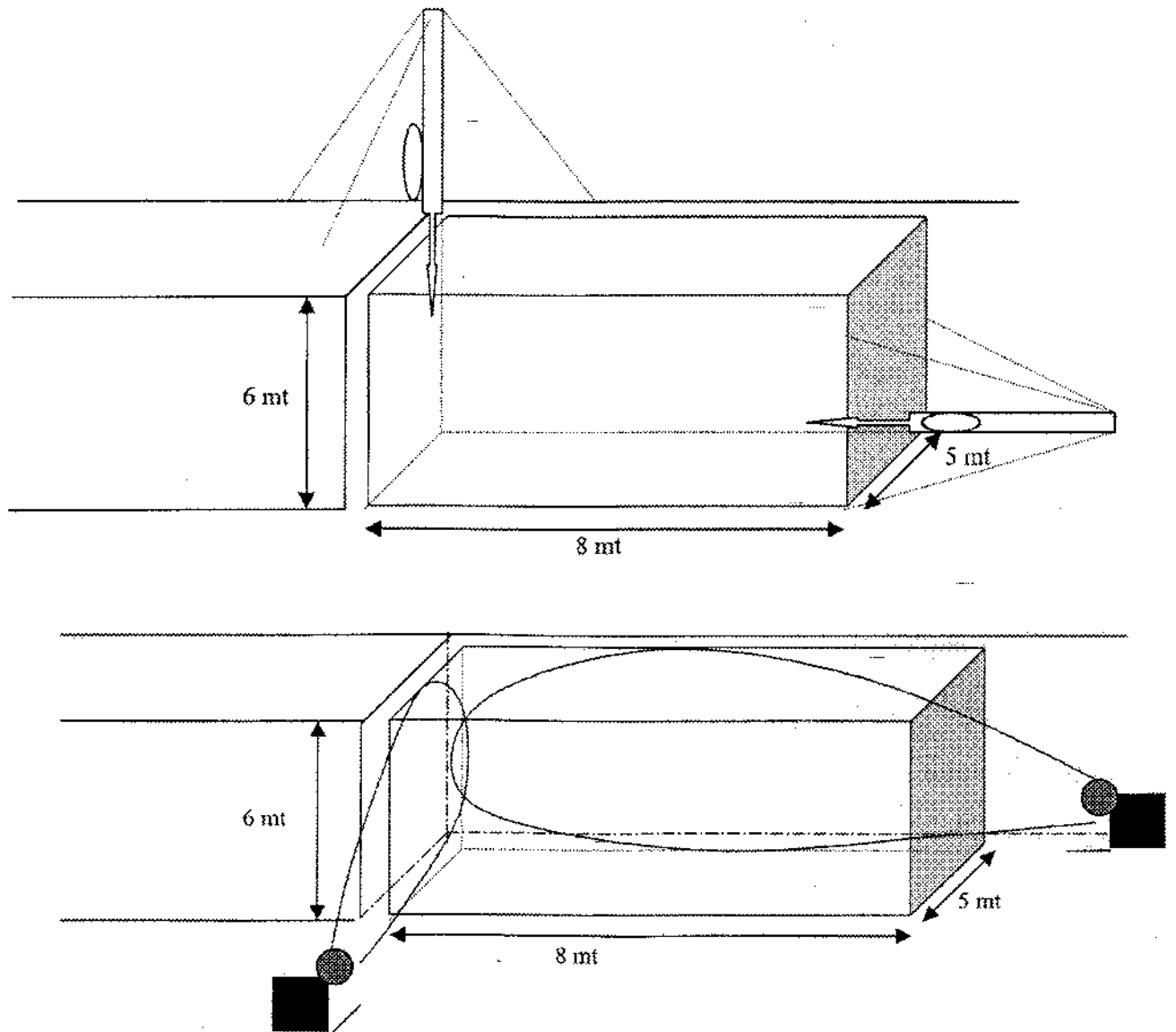


Рис.2.3.27. Схема отделения блока от массива с предварительным бурением отверстий и дальнейшим осуществлением продольного и поперечного вертикальных резов.

Схема отделения блока от массива при наличии вертикальной продольной трещины и осуществлении горизонтальных и поперечных вертикальных резов дана на рис. 2.3.28..

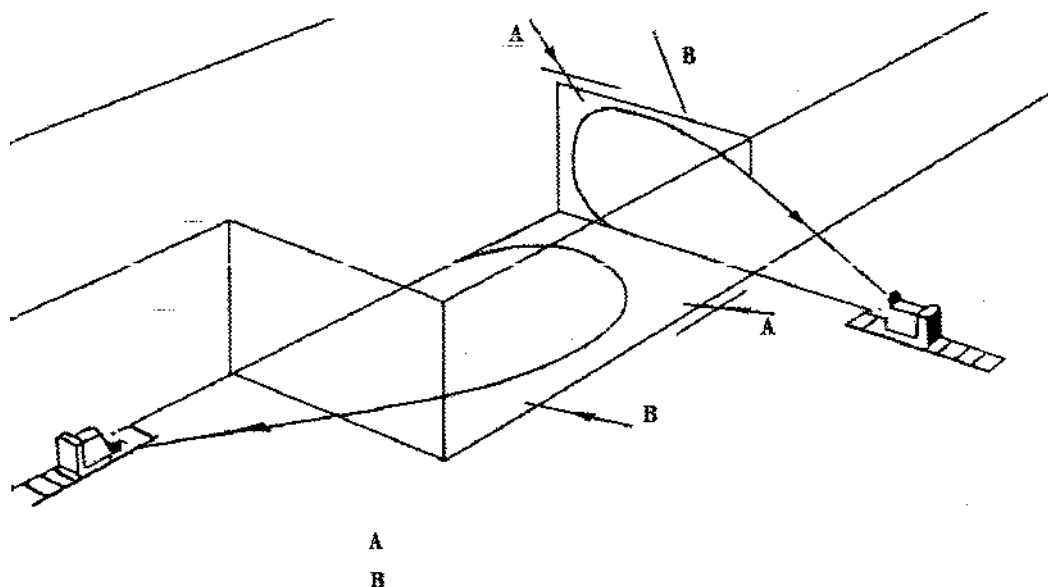


Рис. 2.3.28. Отделение блока от массива при наличии вертикальной продольной трещины.

После отделения блока камня от массива, с целью его дальнейшего перемещения, его необходимо отодвинуть от массива. Чаще всего это делается с помощью пневматических резиновых или гидравлических стальных подушек, когда при подаче во внутреннюю полость подушки воздуха или масла под давлением они расширяются и отодвигают блок от массива.

В некоторых случаях отодвинутый блок разделяется на более мелкие блоки на Для опрокидывания сдвинутого блока с целью его дальнейшей переработки (разделения на блоки товарных размеров) используют гидродомкраты, вставляемые у верхней кромки блока между блоком и массивом. При раздвигании гидродомкрата за счет подачи давления в его внутреннюю полость происходит опрокидывание блока. Для исключения разрушения блока от удара, у нижней кромки блока насыпаются рыхлые отходы добычи, смягчающие удар.

В дальнейшем опрокинутый блок разделяется на более мелкие блоки заготовки с помощью либо добычной канатной установки, либо с помощью малогабаритной вспомогательной передвижной канатной установки. (рис.2.3.29.)

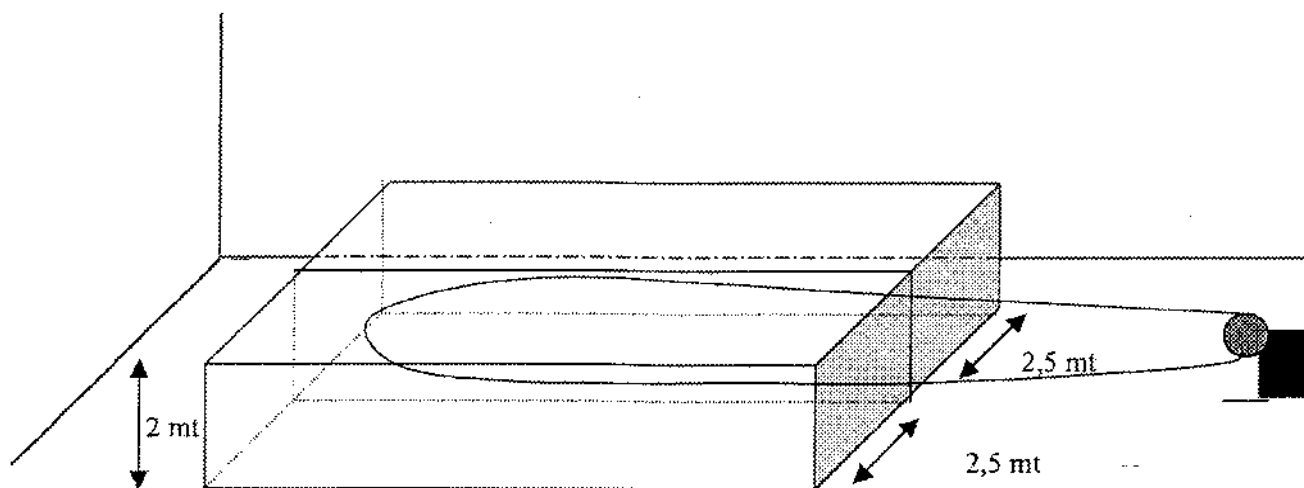


Рис.2.3.29. Разделка опрокинутого блока на блоки-заготовки.  
Полученные блоки заготовки в дальнейшем разделяются на блоки товарных размеров на том же месте и теми же средствами. (рис.2.3.30.)

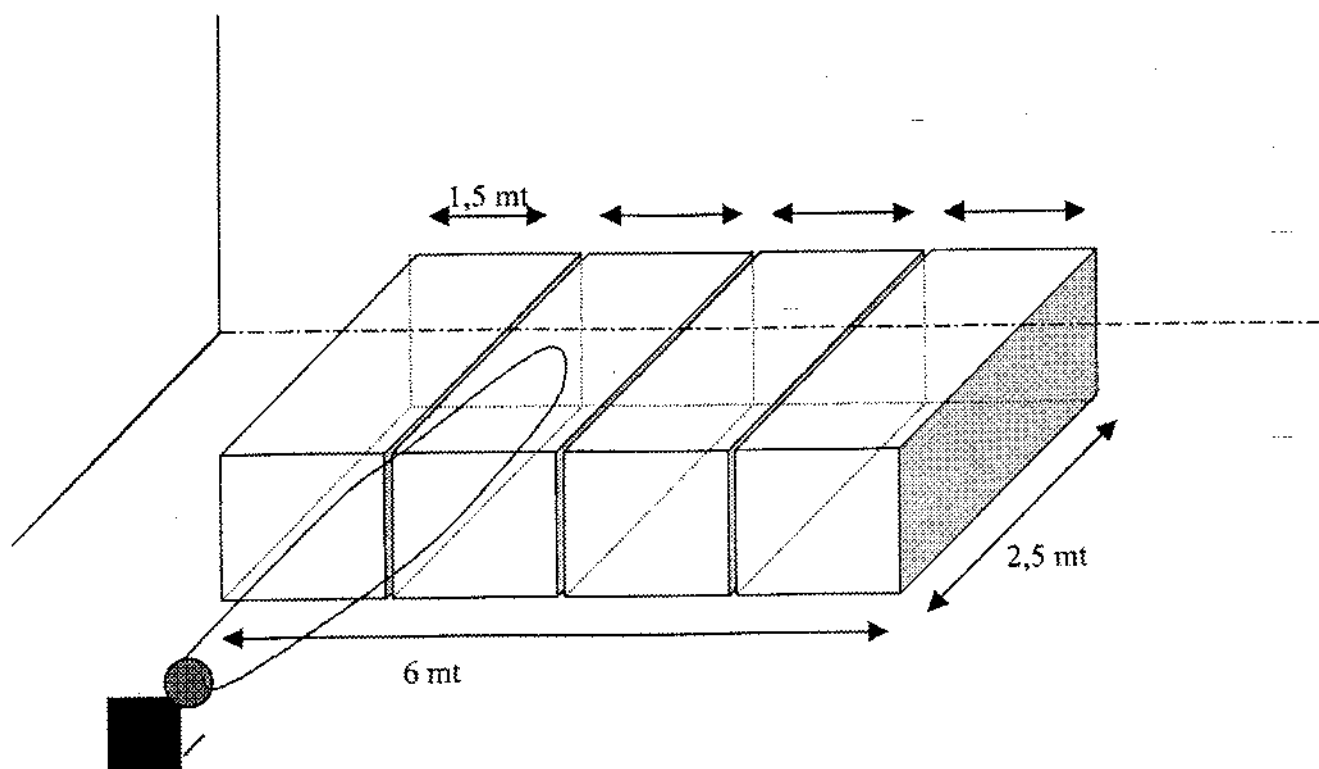


Рис. 2.3.29. Разделка блоков-заготовок на блоки товарных размеров.

Оптимальное положение каната и точек подачи воды при всех видах канатной распиловки, а также вспомогательных направляющих шкивов, предохраняющих канат от контакта с выступами, дано на рис.2.3.30.

В некоторых случаях разделка блоков-заготовок на товарные блоки осуществляется с использованием установок строчечного бурения. (рис.2.3.31.)



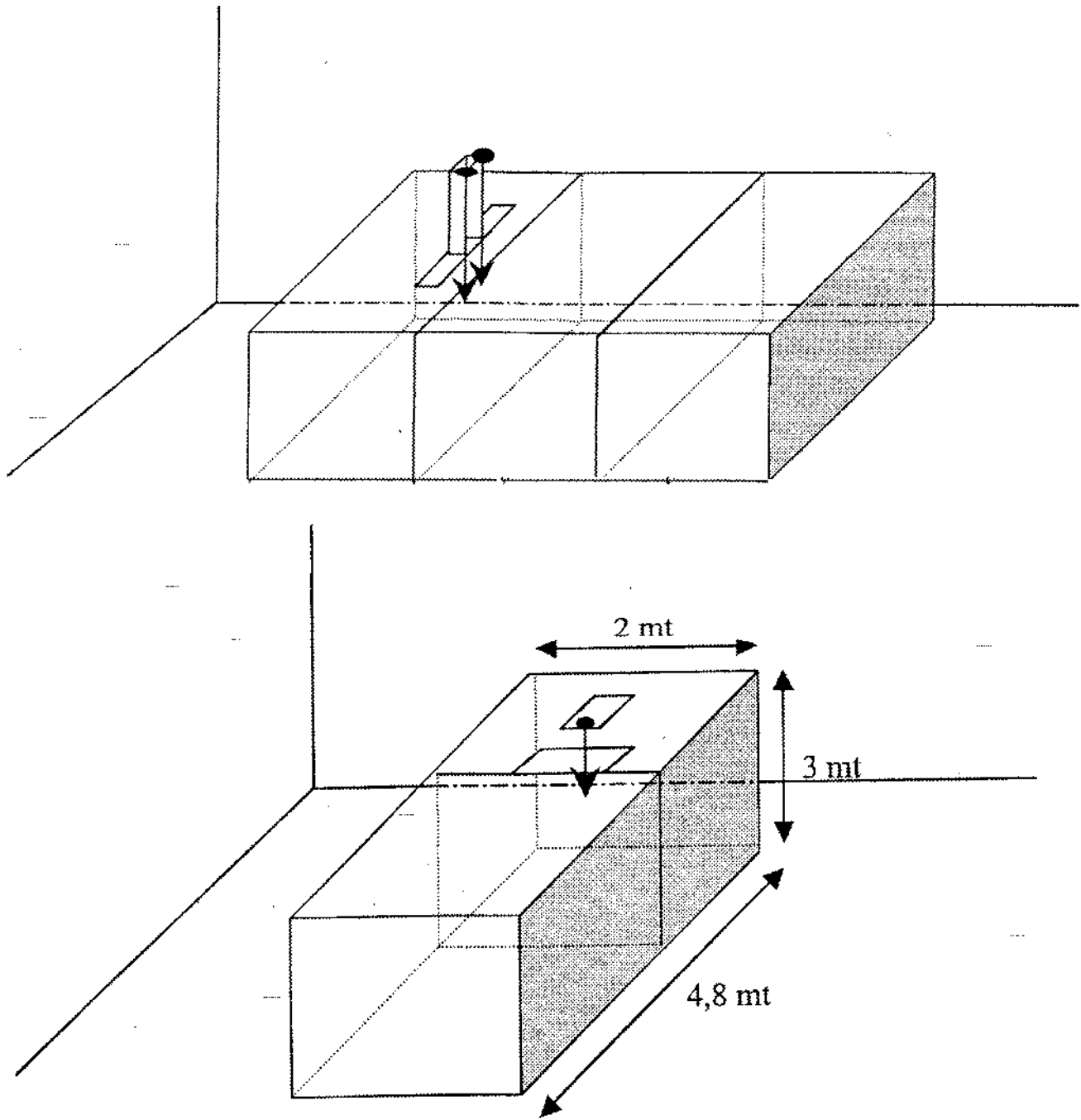


Рис.2.3.31. разделка блока-заготовки на товарные блоки с помощью установок строчечного бурения.

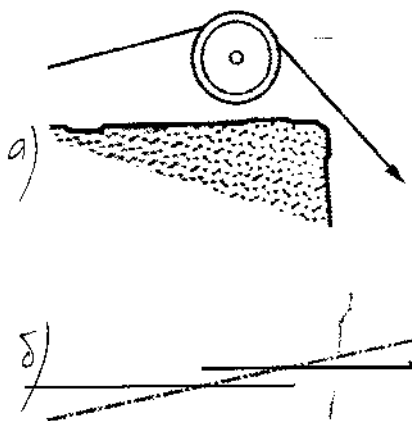
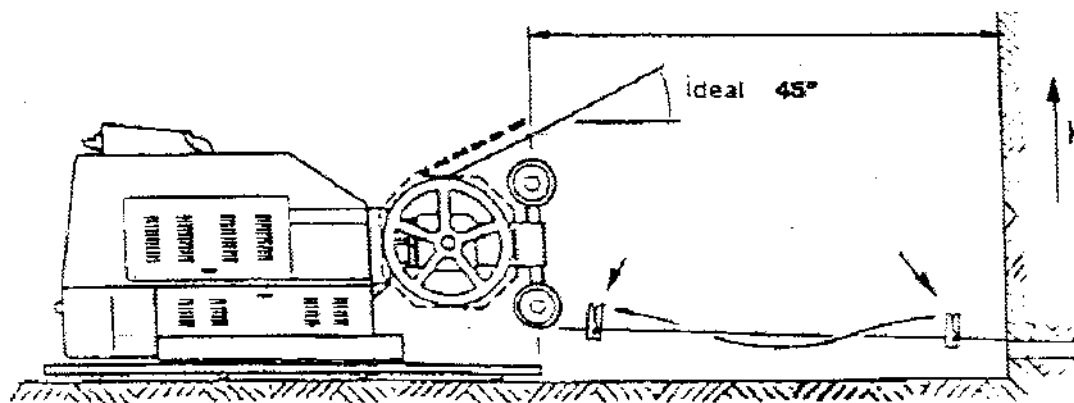


Рис.2.3.30. Оптимальное расположение каната и схем подачи воды при работе.

Суммарный анализ алмазно-канатной технологии добычи блоков натурального камня приведен в таблице 2.3.4.

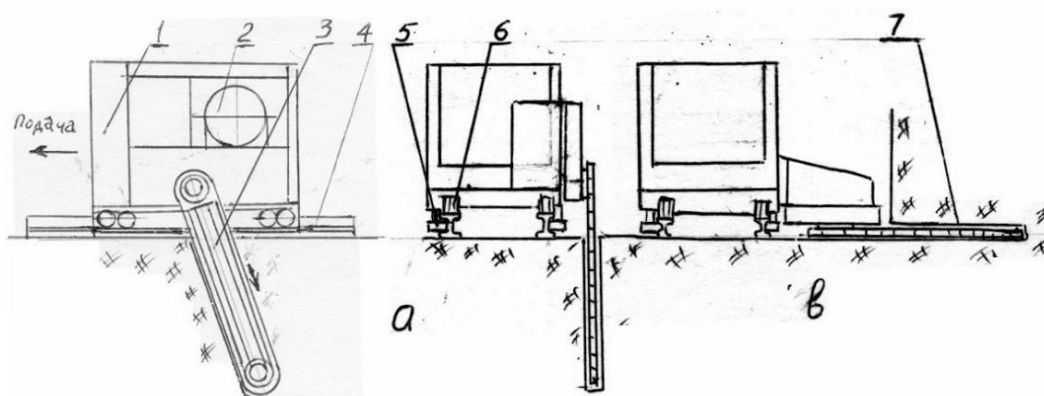
Таблица 2.3.4.

Тип реза	Абразивный износ породы при скольжении каната по поверхности камня
Применимость для различных типов камня	Применяется для широкой гаммы материалов, за исключением вязких материалов, засаливающих канат
Частота применения	Широко применяется для добычи карбонатных и аналогичных пород с высоким содержанием силикатов. Менее применим для хрупких направленно раскалывающихся материалов, а также в слабо развитых

	странах
Качество поверхности распила и легкость контроля	Ровная поверхность вдоль всего фронта распила с гладкой поверхностью, легкость контроля качества
Универсальность	Исключительно универсальный метод, можно использовать также для сухой резки мрамора и гранита (новинка). Возможны наклонные резы, двойные резы без перемещения рельсового пути
Легкость использования	Исключительно легко
Транспортабельность	Рельсы и приспособления легко перемещать, даже вручную. Машину можно перемещать только маломощными грузоподъемными устройствами
Потребность в квалифицированной рабочей силе	1 рабочий на 1 или 2 машины. В любом случае нужна высокая квалификация
Легкость автоматизации	Легко автоматизируется. Оператор осуществляет только контроль, так как машина может работать самостоятельно
Ширина пропила	Около 1 см.
Максимальная длина реза	Теоретически длина реза очень велика, в реальности доходит до 70 метров и зависит от глубины бурения отверстий. Площадь распила может доходить до 1000 кв.м.
Зависимость процесса от свойств Разрезаемой породы	Иногда метод чувствителен при наличии трещин и изломов, очень чувствителен к наличию твердых включений, валунов и др. Канат может защемиться в горной массе и потерян
Безопасность процесса	Средняя безопасность. Возможны обрывы каната при сдвиге горной массы и удар концом каната.
Экологическая совместимость (шум, пыль, вибрация, ядовитые газы, утечка ядовитых жидкостей)	Хорошая экологи. Отсутствует вибрация, пыль, газы, токсические выбросы. Не влияет на окружающую среду. Возможна работа в нежилых зонах.
Время наладки оборудования	Очень быстрая установка и подготовка рельсового пути и машины
Производительность	Высокая для пород средней и малой твердости. Хорошая для твердых пород. Очень высокая для пород типа травертина.

### **ЦЕПНЫЕ (БАРОВЫЕ) МАШИНЫ.**

Цепные (баровые) машины используются в основном для добычи камня малой и средней прочности, для подготовительных и вскрышных работ. (рис. 2.3.31.). Привод баровых машин может быть: электрическим, электрогидравлическим или гидравлическим, мощностью 20-60 кВт.



**Рис. 2.3.31. Схема цепной (баровый) камнерезной машины:**  
**а – вертикальный рез; в- горизонтальный рез; 1 – баровая машина; 2 – привод машины; 3 – цепная (баровая) пила; 4 - рельсы (направляющие) перемещения машины; 5 – горизонтальные роликовые прижимы; 6 - опорные колеса; 7 – пропил в массиве.**

. Зубки баровых машин снабжаются твердосплавными, алмазными или из другого твердого материала вставками. Баровый инструмент представляет из себя плоский корпус с боковыми направляющими по которым может перемещаться цепь с закрепленными на ней режущими зубками. При перемещении зубков относительно породы и перемещении машины по рельсам вдоль массива происходит процесс резания с образованием пропила шириной 30-45мм. Все основные движения современных баровых машин (скорость перемещения цепи, поворот бара, число оборотов привода, рабочая подача) регулируются в широких пределах. Баровый инструмент снабжается широкой номенклатурой режущих зубков с различными профилями зуба и различными типами режущих элементов, обеспечивающих работу машины при резании различных пород и в различных условиях. Машины имеют различные модификации для открытых и подземных разработок. Процесс резания может быть как влажным с подачей в зону резания охлаждающей воды, так и сухим с параллельным пылеудалением. Машины снабжаются заточными станочками для заточки изношенных зубков. Направляющие могут достигать длины до 8м. Для большей безопасности современные машины снабжены дистанционным управлением. Длина барового инструмента 1,2 – 3м, с соответствующей глубиной реза, что значительно сокращает применение баровых машин при добыче.

Суммарный анализ технологии резания цепной пилой (баром) дан в таблице 2.3.5.

Таблица 2.3.5.

Тип реза	Снятие стружки при перемещении зубков бара вдоль породы
Применимость для разных типов камня	Возможность работы при резании мрамора (кристаллического или аморфного), травертина, различных камней с умеренной абразивностью и наличием силикатов (песчаники, большинство вулканических пород, пеплов и др.), не применим на гранитных карьерах.
Частота использования	Часто используется для карбонатных и аналогичных материалов, в карьерах слоистых материалов с неоднородной структурой
Состояние распиливаемых поверхностей и легкость контроля качества реза	Ровная поверхность реза вдоль всего фронта пропила, качество реза легко контролируется. Налет отходов пиления искажает цвет камня

Универсальность применения	Технология очень универсальна. Можно пилить всухую (без подачи воды в зону резания) одновременно контролируя 1 оператором несколько машин, возможна саморегуляция для корректировки положения машины и автономное перемещение. Оператор может заниматься другими работами при работающей машине
Простота использования	Очень легко использовать. Процесс резания можно начать сразу после установки машины на стартовую позицию
Транспортабельность	Большой вес. Большие стационарные модели требуют довольно мощных грузоподъемных механизмов. Легкие мобильные установки можно перемещать разнообразными средствами
Потребность в квалифицированной рабочей силе	Желательна определенная квалификация
Возможность автоматизации процесса	Процесс легко автоматизируется. Контроль со стороны оператора рекомендуется, но машина может работать самостоятельно
Ширина пропила	Приблизительно 28-42 мм
Предельные размеры реза	Глубина реза может достигать до 7,4м (у экспериментальных машин). Длина реза неограниченна.
Зависимость от физико-механических и структурных характеристик массива	Не зависит от трещиноватости, несколько чувствителен к неоднородностям и твердым включениям
Безопасность работы	Исключительно безопасный метод. Не представляет опасности для жизни и здоровья
Воздействие на окружающую среду (шум, пыль, вибрации, токсические газы, выделение токсичных жидкостей).	Практически не воздействует. Нет вибраций, пыли, выделения токсичных газов и жидкостей. Не воздействует на окружающую среду, не используются органические масла
Время наладки	Относительно быстро устанавливаются рельсы и одновременно можно начинать работу
Производительность	Высокая производительность при породах средней твердости, достаточная производительность при твердых породах. Очень высокая производительность при мягких породах (травертин, аналоги и др.)

### **БУРЕНИЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ БЛОКА ОТ МАСИВА.**

Этот процесс являлся наиболее распространенным при добыче пород высокой прочности (граниты) и не потерял актуальность до настоящего времени. Основными преимуществами процесса является:

- возможность автоматизации, особенно при гидроприводе;
- улучшенные условия работы персонала;

-относительная дешевизна, особенно приемлемая в развивающихся странах, при создании новых карьеров;

-возможность использования в местах где запрещены взрывные работы.

Для создания направленного разрушения камня используются две системы бурения отверстий: прерывистое бурение с заданным расстоянием между буримыми отверстиями и непрерывное бурение с соприкасающимися друг с другом стенками отверстий и получением в результате разделительной щели. Ниже на рис. 2.3.32. дан пример бурения отверстий при отделении блока от массива. На рис. 2.3.33. дана схема установки буровой машины при вертикальном и горизонтальном бурении.

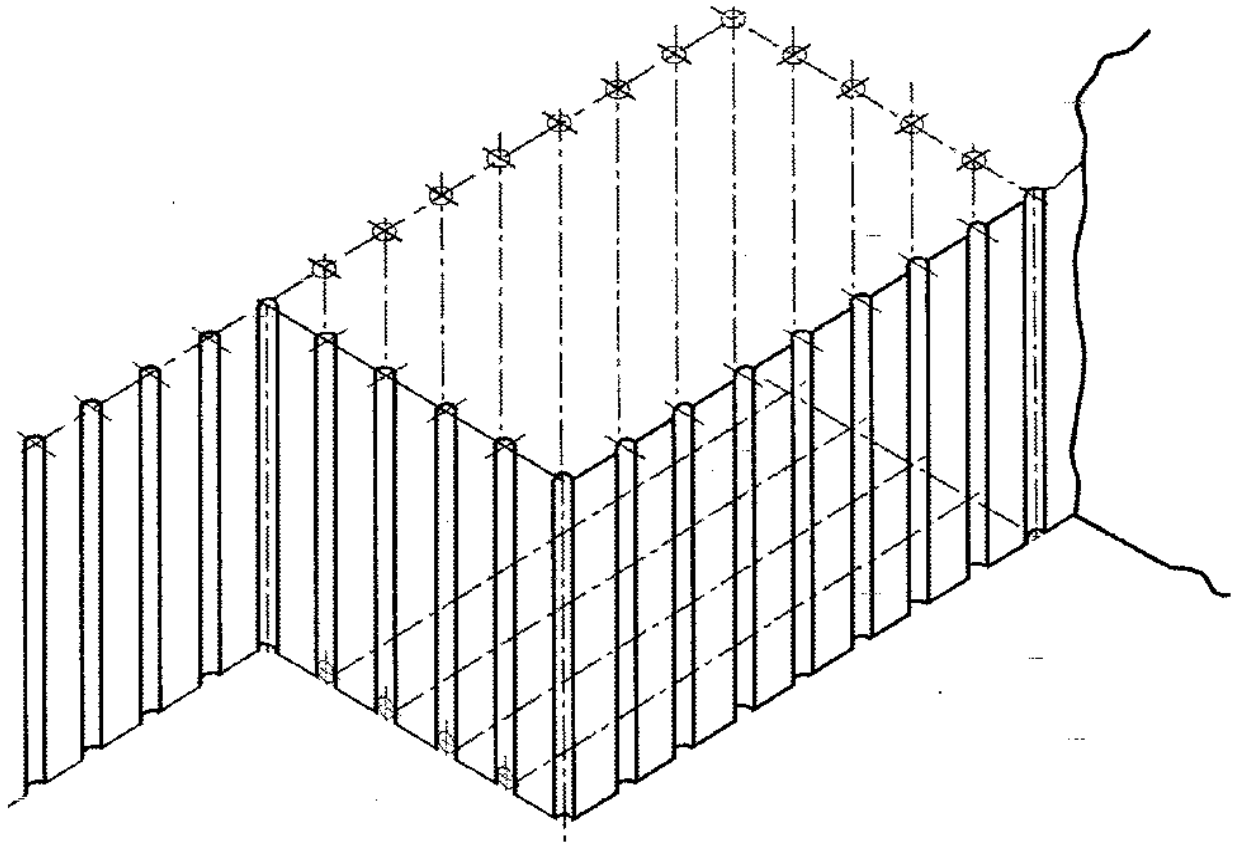


Рис. 2.3.32. Один из вариантов бурения отверстий для отделения блока от массива.

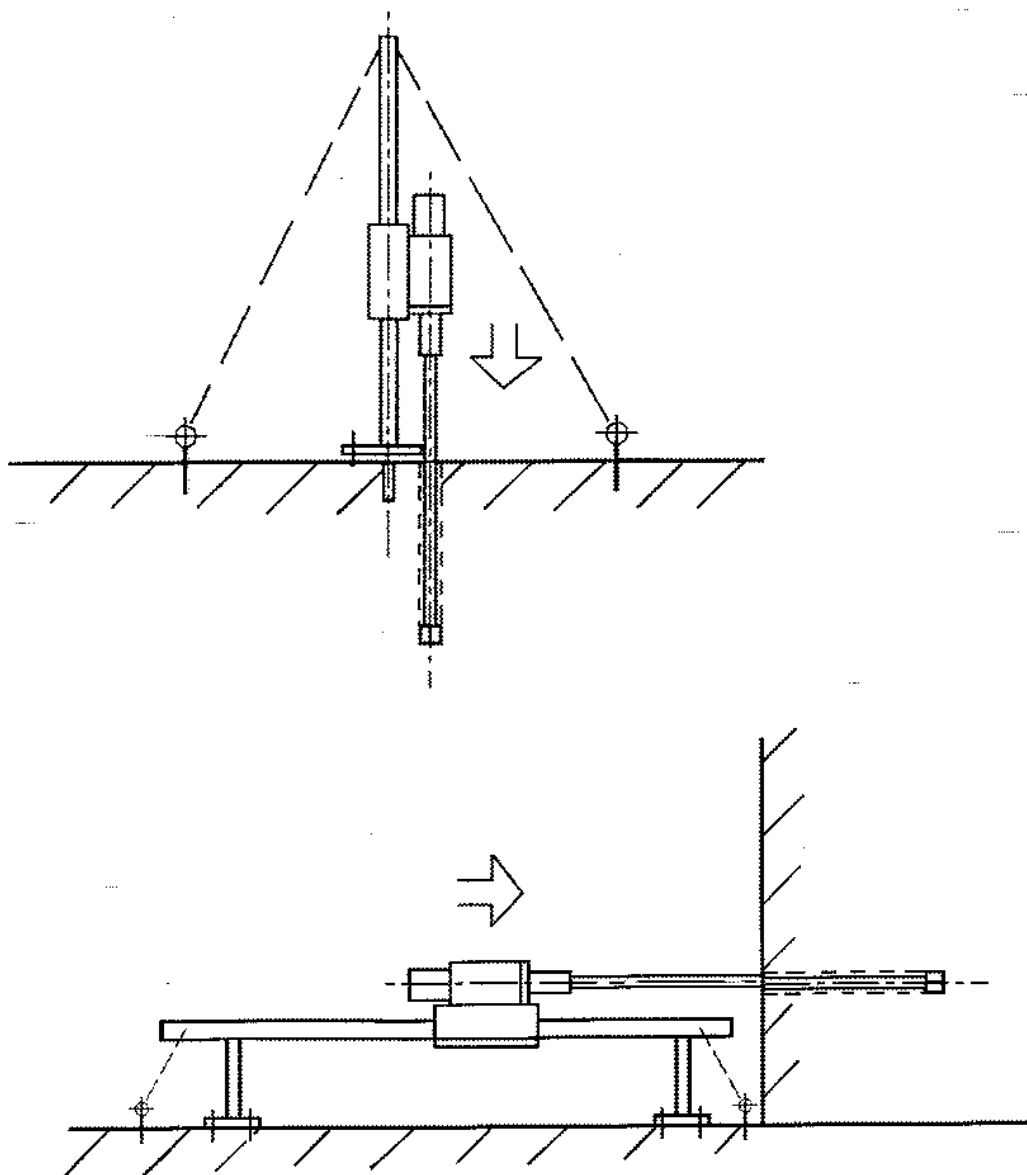


Рис. 2.3.33. Бурение вертикальных и горизонтальных отверстий в массиве.

Наиболее эффективным приводом для буровых установок является гидравлический привод, однако из-за более простой конструкции и большей дешевизны, особенно в развивающихся странах, используются пневматические установки. Для пневмопривода используется огромное разнообразие традиционных компрессоров.

Бурильные установки используются как самостоятельно, так и в составе установок строчечного бурения использующих 1 и более буровых станков. Перемещение этих установок осуществляется либо вручную, либо пневматическим приводом. Иногда установки строчечного бурения монтируются на самоходном шасси, тракторах, погрузчиках, что увеличивает их мобильность и производительность. Монтаж на самоходных шасси телескопических стрел позволяет работать на значительных (9-10м) расстояниях от шасси, обрабатывать площадку до 80-100кв.м. и бурить под углом 0-360 град. При этом управлять системой можно из кабины самоходного шасси.

Применение установок строчечного бурения позволяют:

- уменьшить мертвые зоны при простом бурении;
- уменьшить трудозатраты;
- повышение точности резания, особенно при бурении глубоких отверстий;

- автоматическая проверка глубины бурения;
- точная установка бура под углом к горизонту;
- автоматизация процесса бурения;
- лучшие условия и безопасность работы оператора.

В качестве обязательных установки строчечного бурения имеют следующие сопутствующие устройства: воздушные ресиверы для сглаживания пульсации давления в пневмоприводе, заточные станочки для заточки долот, системы пылепоглощения. Гидравлические системы, несмотря на более высокую стоимость более производительны и потребляют меньше энергии.

Прерывистое направленное бурение используется в комплексе с различными технологиями для отделения блока от массива:

- бурение – взрывчатое вещество;
- бурение – ручные простые и составные клинья;
- бурение – система гидроклиньев;
- бурение – невзрывчатые разрушающие средства (НРС)

А. При использовании взрывчатых веществ имеем следующие операции:

- Бурение по линии раскола вручную или автоматически 4-10 отверстий диаметром 29-40мм на расстоянии 12-45см (в некоторых случаях и больше) друг от друга (расстояние определяется опытным путем).
  - Размещение патронированного заряда в отверстиях, иногда не во всех. Обычно используются взрывчатые вещества со скоростью взрыва 5000-7000м/сек из расчета 6-15 грамм на метр отверстия. (черный порох, динамит, желатин и др. или детонирующий шнур в виде готовых патронов или изделий. При отделении больших массивов камня количество взрывчатки может быть увеличено в 15-20 раз. Подбор параметров взрывания проводится опытным путем.
  - Заполнение отверстия с закрытием верхней части инертными материалами или водой для замедления выходов газов – продуктов взрыва.
  - Взрыв одновременно всех зарядов с образованием рваных поверхностей.
- Несмотря на простоту и дешевизну этого метода его применение ограничено из-за получения значительных отходов и неровностей полученных поверхностей. Причем если для гранита этот метод приемлем, то для мрамора этот метод не рекомендуется.

В. Использование при расколе простых и составных клиньев – это старейший метод добычи камня известный с древности. Основным недостатком метода является уменьшение эффективности направленного раскола с увеличением глубины отверстий. Исключение составляют материалы с высокой анизотропией, имеющие четко выраженные направления или системой трещин. Однако в ряде случаев эта техника предпочтительна, так как при незначительной себестоимости она не повреждает материал и может использоваться неквалифицированным персоналом. На рис. 2.3.34. дана последовательность операций по применению простых составных клиньев:

- установка клиньев в ряд линейных отверстий;
- процесс раскалывания путем ударов по клиньям;
- направленное разрушение вдоль линии пробуренных отверстий за счет бокового перемещения составных щечек клина.

Ниже в таблице 2.3.6. даны приблизительные параметры процесса раскалывания с применением составных ручных клиньев.



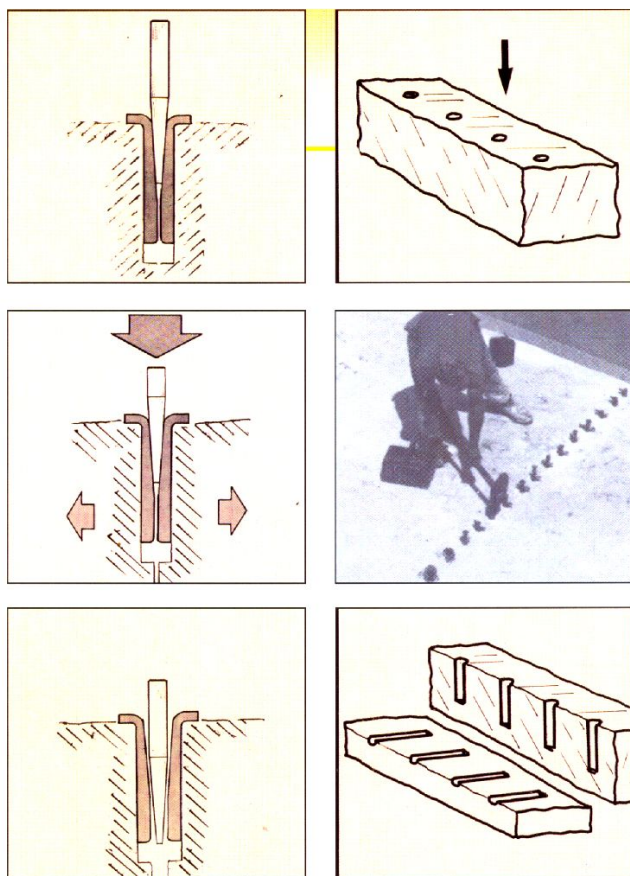


Рис. 2.3.34 . Последовательность операций по направленному разрушению камня с помощью набора ручных составных клиньев.

Таблица 2.3.6.

Диаметр клина, мм	Длина клина, мм	Расстояние между клиньями, мм	Высота раскола
22	130	50-100	низкая
29	250	100-150	средняя
29	450	100-150	высокая
34	350	150-300	средняя
34	600	150-300	средне-высокая
34	750	150-300	высокая

Г. Применение гидроклиньев это усовершенствование технология клиновой разделки. Гидроклинья представляют из себя расширяющуюся систему клиновых щечек с приводом от гидроцилиндра и с питанием от мобильной электрической маслостанции. При вставке набора гидроклиньев в заранее пробуренные отверстия и подачи на них давления происходит направленное линейное разрушение камня. Современные гидроклинья могут создавать раскалывающее усилие до 300 тонн. Модификацией этого метода являются вращающиеся гидроклинья позволяющие вращать клин в отверстиях с изменением направления разрушающего в нужную сторону и на нужной глубине. Способ применим в основном на гранитных карьерах при малой высоте уступа. Достоинствами метода является дешевизна, легкость применения, малое количество отходов, экологичность. На рис. 2.3.35. даны схемы правильного и неправильного расположения гидроклиньев, а также принципиальные схемы раскалывания готового блока с целью

придания ему кондиционной формы и размера и схема отделения блока от массива по горизонтали.

### ПРАВИЛЬНОЕ И НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ КЛИНА

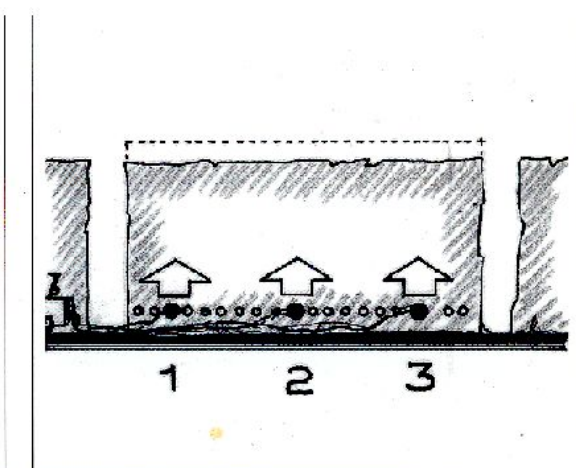
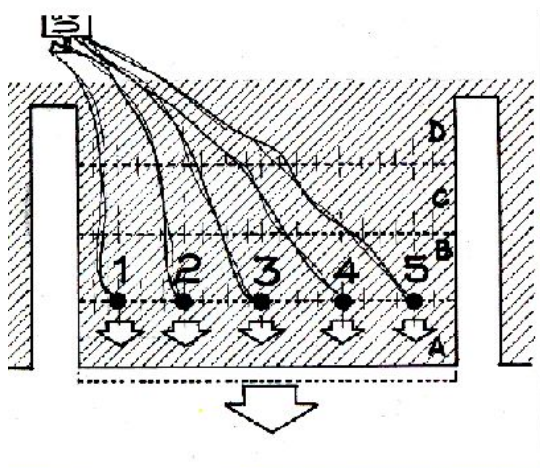
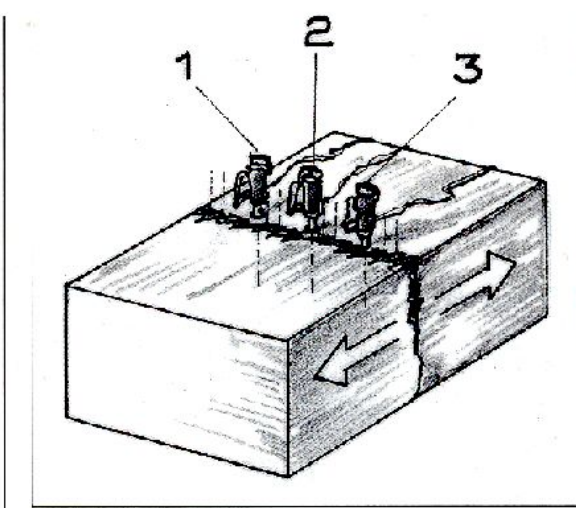
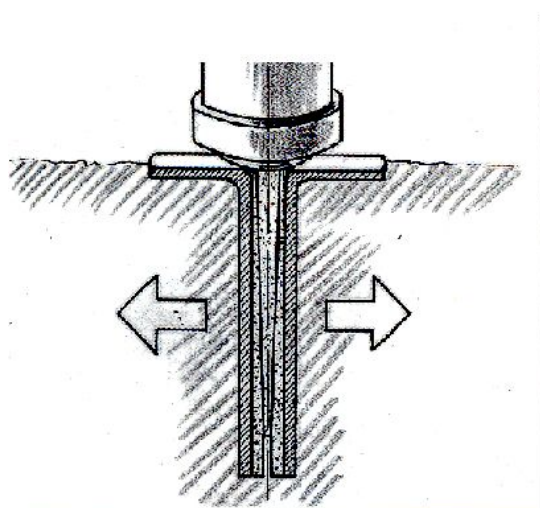


Рис. 2.3.35. Принципиальные схемы применения гидроклина и группы гидроклинъев

Д.Невзрывчатые разрушающие средства (НРС) иногда называемые расширяющимися цементами или химическим средством разрушения имеет ряд преимуществ: легкость использования, защита окружающей среды, безопасность рабочего места, экологическая безопасность. Порошкообразная смесь различных химических компонентов (НРС) смешивается с заданным количеством воды и заливается в систему заранее пробуренных отверстий и при твердении расширяется создавая усилия до 80-90 МПа (8000-9000 тонн/кв.м. Продукт может использоваться как в виде свободного порошка так и виде готового патрона. Недостатком метода является зависимость срока схватывания и усилия от температуры (наиболее эффективный диапазон от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+75^{\circ}\text{C}$ ) Кроме того время направленного разрушения массива зависит от его характеристик (легкость раскалывания, внутренние трещины и неоднородности ит.д.) и может колебаться от нескольких до многих часов. Способ имеет ряд преимуществ: низкий уровень шума, отсутствие паров пыли, газа, колебаний, отходов, разрушения массива. Способ не требует высокой квалификации, отсутствие мер безопасности и является эффективной альтернативой взрыву, особенно на гранитных карьерах. Кроме того способ легко прерываем (удаление состава из отверстий), его можно использовать в темное время.

Метод непрерывного обруивания с целью создания направленной щели несмотря на высокую себестоимость до сих пор применяется, особенно при обработке однородных пород, где можно пробуривать параллельные отверстия с высокой точностью. Метод применим при низких и средних высотах уступа особенно когда существуют ограничения по применению взрыва или алмазного каната. Ограничения по применению метода ставятся из-за отклонения осей параллельных отверстий при больших длинах сверления, а также высокой себестоимостью процесса. Применение метода сегодня постепенно сокращается в связи с появлением новых более совершенных технологий. Ниже в таблице 2.3.7. даны основные характеристики методов добычи камня с использованием буровой технологии.

После обруивания, аналогично алмазно-канатной технологии, отделенный блок опрокидывают теми же средствами с целью его дальнейшей переработки. (рис.2.3.37.).

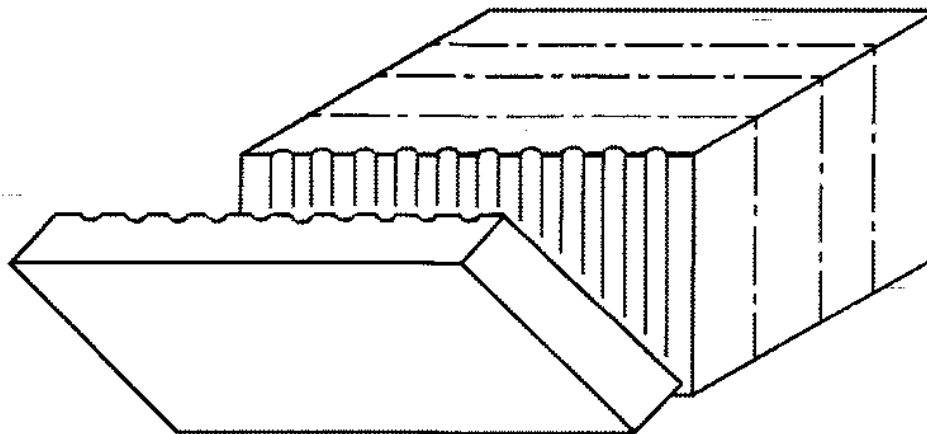


Рис. 2.3.37. Схема опрокидывания блока после обруивания.

Таблица 2.3.7.

Показатель	Отделение с помощью взрыва	Отделение с помощью ручных клиньев	Отделение с помощью гидроклиньев	Отделение с помощью невзрывчатых разрушающих средств (НРС)
1	2	3	4	5
Тип реза	Раскалывание по пути наименьшего сопротивления	То же	То же	То же
Применение к различным типам пород	Применим практически ко всем породам	То же	То же	То же
Распространенность метода	Чаще при добыче гранитов и редко при добыче мрамора. Редко для пассивировки блоков	Редко на гранитных карьерах еще меньше на мраморных. Часто для пассивировки	Обычно только на гранитных карьерах. Чаще при пассивировке блоков	Разрешается применять на всех типах пород
Состояние поверхности реза и легкость проверки	Состояние поверхности зависит от диаметра пробуренных отверстий и плоскостности образуемой поверхности. Проверить состояния поверхности легко.	То же	То же	То же
Универсальность применения	Средняя. Необходимо применять воду при бурении. Запрет на другие работы при взрыве.	Универсальный метод. Необходима вода при бурении.	Универсальный метод. Необходима вода при бурении.	Весьма универсален. Нужна вода. Можно параллельно проводить другие работы
Легкость применения	Средняя. Высокие требования к безопасности и квалификации персонала.	Легкоприменим. Минимальные требования к квалификации и точности. Низкая трудоемкость	Легкоприменим. Минимальные требования к квалификации и точности	Легкоприменим. Параметры подбираются опытным путем
Легкость перемещения	Требования к технике безопасности. Иногда	Очень легко в любом	Нетрудно.	Очень легко в любом

	необходимо прекратить другие работы.	карьере.		карьере.
1	2	3	4	5
Необходимость высокой квалификации рабочих	Нужна	Не нужна	Иногда необходима высокая квалификация	Не нужна
Легкость автоматизации	Невозможна	Невозможна	Частично. Необходим ручной труд	Невозможна
Ограничения по размерам реза	Не ограничено, кроме случаев влажной и рыхлой породы.	Несколько метров в длину и неограниченно по ширине уступа	Несколько метров в длину и неограниченно по ширине уступа	Не ограничено.
Зависимость от строения массива и от горной массы .	Сильно зависит от характеристик породы	Эффективен для всех пород, особенно имеющих плоскости раскалывания	Эффективен для всех пород, особенно для имеющих плоскость раскалывания	Иногда чувствителен к зонам с твердыми включениями
Безопасность	Низкая-средняя. Имеется риск при транспортировке, хранении и использовании. Опасен для жизни	Средняя-высокая. Возможны несчастные случаи. Безопасен для жизни.	Высокая. Безопасен для жизни.	Высокая. Опасен для глаз и кожи при контакте с НРС
Воздействие на окружающую среду	Сильное (взрыв, пыль, газы, отравляющие вещества). Обломки породы, сильный звуковой эффект, необходимость удаления от жилья	Полная экологическая безопасность. Нет пыли, шума, газов, токсических выбросов.	Полная экологическая безопасность. Нет пыли, шума, газов, токсических выбросов	Полная экологическая безопасность. Нет пыли, шума, газов и др. Можно использовать рядом с жильем
Время подготовки	Среднее или медленное	Моментальное	Достаточно быстрое	Достаточно быстрое
Производительность	Средняя	Очень низкая	Низкая	Средняя

### ТЕРМИЧЕСКОЕ РЕЗАНИЕ.

В процессе вскрышных подготовительных и иных вспомогательных работ достаточно широкое распространение получило резание пород методом термического резания или резания плазменной струей. (рис. 2.3.38.)

Принцип терморезания основан на разрушении породы сверхзвуковой высокотемпературной газовой струей. По своим технологическим характеристикам инструмент для терморезания делится на терморезаки для прорезания щелей в породе, и термоотбойники для обработки поверхностей блоков или готовых изделий и для придания им товарного вида. Чаще всего в качестве рабочей смеси используются керосино-кислородная или бензо-воздушная смеси.

Этот метод использует неоднородности температурного расширения частиц обрабатываемой породы, которые при нагреве более 2000С<sup>0</sup> сверхзвуковой (более 1300 м /сек.) плазменной струей создает внутренние напряжения и приводит к направленному разрушению породы. Метод наиболее эффективен при резании гранитов, обладающих наибольшей неоднородностью структуры. При этом с падением содержания кварца эффективность процесса снижается. Устройство для терморезания состоит из:

- насос сжатого воздуха для подачи топлива к терморезаку;
- кислородного баллона, из которого подается кислород к смесителю при сгорании топлива;
- гибкие шланги для подачи всех компонентов сгорания к смесителю;
- смеситель, состоящий из трубок подающих компоненты в камеру сгорания;
- инжектор, распыляющий топливо и смешивающий его с кислородом;
- горелка в виде трубы или сопла.

Аппарат в сборе представляет из себя либо стационарную установку, либо тележку и трубы или сопла на конце которого образуется пламя. Интенсивность струи регулируется оператором в зависимости от потребности.

Терморезание используется, в основном, для вертикальных резов при получении фланговых траншей под прямым углом к фронту карьера. При этом можно получать щели площадью 20-80- кв.м. и более если позволяют размеры карьера. Производительность метода 0,8-2 кв.м./ час. Терморезание имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение: низкая производительность, высокие шумовые воздействия на персонал, повышенные требования к технике безопасности, невозможность проведения других работ поблизости и др. В таблице 2.3.8. даны основные характеристики метода термического резания.

Табл. 2.3.8.

Способ резания	Разрушение породы путем нагрева и за счет различных коэффициентов термического разрушения составляющих минералов
Применимость для разных пород	Только для пород группы гранитов, содержащих кварц. Плохо или неприменимо для карбонатных пород
Распространение	До сих пор широко применялся на карьерах пород группы гранитов. В настоящее время сфера применения сокращается
Состояние поверхности реза и легкость контроля	Очень неравномерный рез, оплавленная «стекловатая» поверхность, нарушенный слой до 100мм
Универсальность	Очень универсальный метод. Не нужна вода. Можно использовать в любой плоскости. Оператор не может параллельно работать на другом оборудовании и не может отходить от горелки
Легкость применения	Очень легко
Легкость перемещения	Просто. Перемещается вручную в т.ч. компрессор
Необходимость высокой квалификации	Нет необходимости, но нужен инструктаж персонала
Автоматизация	Невозможна

Толщина пропила	Зависит от оператора. Не менее 10см
Максимальные размеры реза	Глубина реза до 6-8м, длина неограничена
Зависимость от строения массива и массы породы	Очень высокая. Зависит от содержания кварца и других минералов
Воздействие на окружающую среду (шум, пыль, вибрации, вредные газы и жидкости)	Исключительно вредное. Сильный шум. Пыль и вредные газы, токсические вещества. Невозможность работы рядом с жильем
Время подготовки	Очень быстрое
Производительность	Высокая

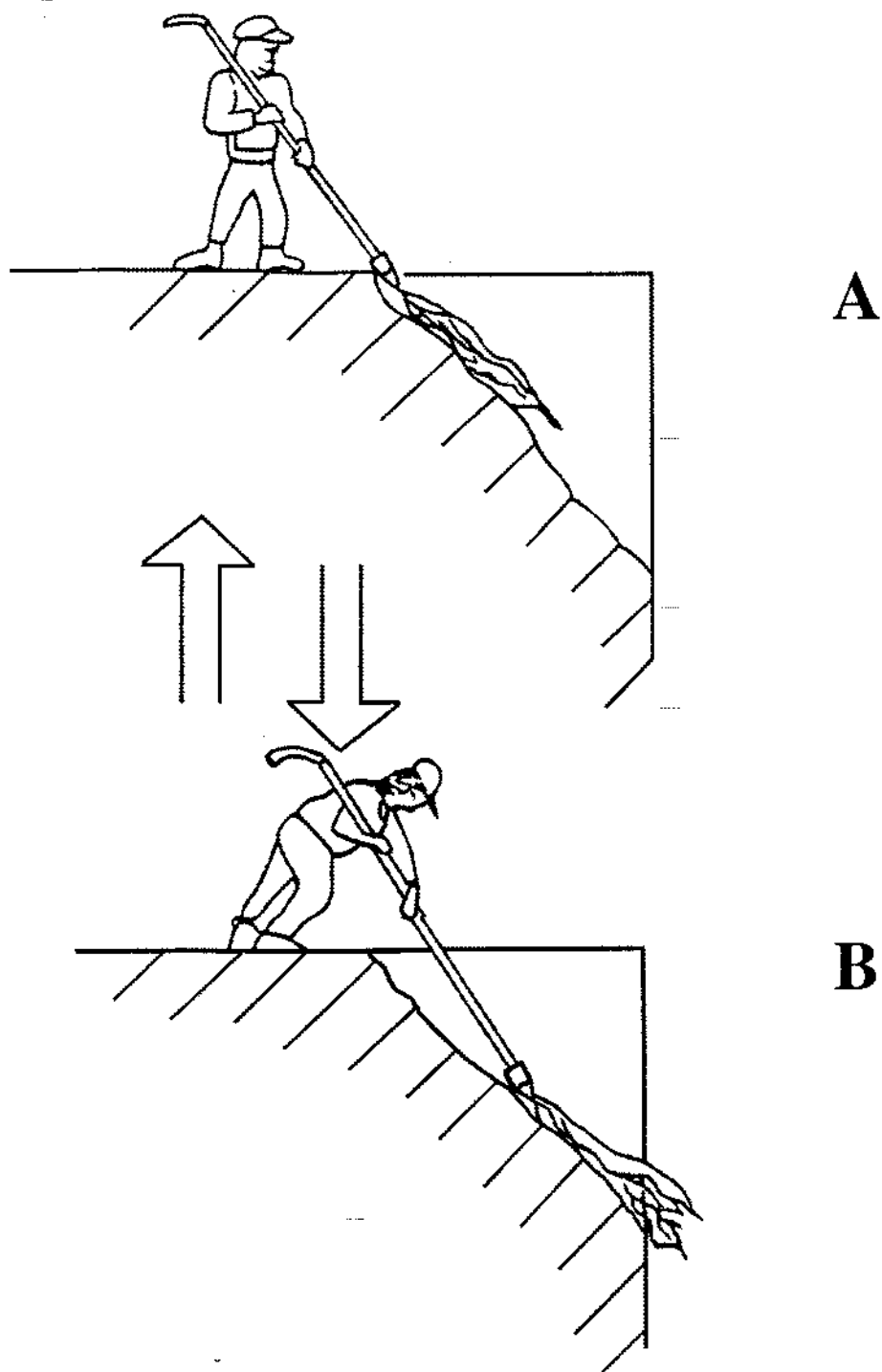


Рис. 2.3.38. Получение вертикальной щели методом термического резания в условиях карьера(подготовительные работы). А - начало; В – конец.

### **РЕЗАНИЕ АЛМАЗНОЙ ЛЕНТОЙ**

Внешне и принципиально оборудование для резания алмазной лентой не отличается от баровых машин. Отличие заключается в режущем органе (пластмассовая лента с закрепленными на нижней кромке алмазосодержащими зубками), направляющей для перемещения ленты и принципом работы. Режущий инструмент в этом случае



представляет из себя специальный пластмассовый ремень с запрессованными в него алмазосодержащими вставками, имеющими ту же ширину, что и пояс. Направляющие для ремня короче (максимальная длина 4,8 м) чем у цепной пилы (бара). Направляющие не требуют никакой смазки, а подача воды в зону резания уменьшает пылевыведения. Ремень перемещается по кромке направляющей, которая поддерживается в прямолинейном положении постоянным напором воды, подаваемой в зону резания. Метод используется для добычи пород средней и малой прочности (мрамор, известняк, туф и др.)

Машина выпускается в 3-х основных модификациях:

- только для осуществления вертикальных резов;
- для вертикальных и горизонтальных резов;
- для подземных работ.

Машина для подземных работ оснащается автономным средством перемещения, что экономит время и уменьшает трудоемкость работ.

Модель для вертикальных перемещений состоит из рельсовой направляющей для перемещения всего привода вдоль уступа и оснащена 3-мя электродвигателями. Привод может поворачиваться на  $360^{\circ}$ , что позволяет осуществлять пропил в 2-х противоположных плоскостях. Длина хода при каждом пропиле 2-4,8м, ширина пропила около 30мм.

Модель для вертикальных и горизонтальных резов (как и подземный вариант) имеет ход при пропиле 1,9-3,4м. Привод также может поворачиваться на  $360^{\circ}$ , что позволяет осуществлятьрезы в 2-х параллельных плоскостях без изменения расположения привода.

## **РЕЗАНИЕ СТРУЕЙ ВОДЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.**

Эта технология также часто используется для очистки поверхностей из природных и искусственных каменных материалов, получения фактурной поверхности и др.

В отличие от других методов резание камня производится за счет воздействия струи воды высокого давления (до 400 МПа) на поверхность обрабатываемого материала. Чаще всего этот метод применялся для обработки гранитов (реже мраморов).

Установка для резания состоит из генератора давления, который позволяет регулировать давление и подачу воды в сопле режущей головки со скоростью до 700-800 м/сек. Мощность электрического привода установки может достигать до 90-110НР, а дизельного до 140-150НР. Подобные установки могут резать под любым углом в автоматическом режиме породу на глубину в среднем 2,5- 3,5м при максимальной глубине до 8м. Струе воды при этом сообщается вращательное и колебательное движение, увеличивающим эффективность процесса. Производительность на граните средней твердости в пределах 0,6-2,4 кв.м./час, на песчанике до 6,5 кв.м./час. Метод находится в стадии развития и в перспективе может быть применен в сочетании с алмазным канатом на гранитных и мраморных карьерах. Ниже в табл. 2.3.9. даны основные характеристики метода резания пород струей воды высокого давления.

Табл.2.3.9.

Способ резания	Диспергирование породы за счет физических и механических процессов в зоне резания
Применимость для разных пород	Предпочтительнее для пород группы гранито и песчаников
Распространение	Применяется достаточно редко. До сих пор продолжают эксперименты

Состояние поверхности реза и легкость контроля	Щероховатая, но достаточно ровная поверхность. Достаточно легко проверяется
Универсальность	Метод исключительно универсален. Необходимо применение воды. Оператор может заниматься другой работой при включенной установке.
Легкость применения	Легко применяем.
Легкость перемещения	Необходим средней или большой мощности погрузчик
Необходимость высокой квалификации	В некоторых случаях необходима консультация специалиста.
Автоматизация	Процесс легко автоматизируется. Резание может проводиться в автоматическом или полуавтоматическом режиме.
Толщина пропила	От 3 до 5 см.
Максимальные размеры реза	Глубина до 3,6м иногда до 8м. Длина реза неограничена
Зависимость от строения массива и массы породы	Почти не зависит от характеристик породы и от ее твердости.
Воздействие на окружающую среду (шум, пыль, вибрации, вредные газы и жидкости)	Практически безвредный метод. Отсутствие пыли, газов, вредных выбросов. Не наносит вреда оператору и близлежащим жилым массивам.
Время подготовки	Очень быстрое.
Производительность	Хорошая.

## **ДРУГИЕ МЕТОДЫ РЕЗАНИЯ**

Для добычи пород малой прочности (туфов, ракушечников и др.) при производстве стенового камня стандартных размеров используются самоходные установки /1/, оснащенные различным твердосплавным инструментом (отрезными кругами, кольцевыми фрезами, баровым инструментом и др.). При перемещении этих установок на рельсовом или колесном ходу вдоль уступа из породы вырезается заготовка заданных размеров, которая в некоторых случаях является готовой продукцией (стеновой камень, широко применяется в некоторых южных районах для индивидуального строительства – Юг России, Крым, Закавказье, Италия и др.).

## **ОПРОКИДЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА**

Одной из основных операций при добыче камня является опрокидывание отделенного от массива блока, для последующей его разделки на товарные блоки.

Опрокидывание производится следующими методами:

- опрокидывание с помощью деформируемых подушек;
- опрокидывание с помощью гидродомкратов;
- опрокидывание с помощью землеройной техники (погрузчики, мехлопаты, бульдозеры) и лебедок.

Чаще всего для этого используются деформируемые подушки, которые помещаются в вертикальную щель прорезанную в породе алмазным канатом или другим методом и при подаче во внутреннюю полость подушки сжатого воздуха или гидравлического масла расширяются и создают опрокидывающее усилие..

Подушки бывают металлические или резиновые. Металлическая подушка состоит из 2-х стальных листов, сваренных по кромкам лазерной сваркой. При подаче гидронасосом в полость между листами масла под давлением 30-40 атм. подушка расширяется на 25-30 и более см и создает опрокидывающее усилие более 300 тонн. Гидронасос может обслуживать одновременно 2-3 подушки, весящих 7-15 кг и имеющих размер до 150x150см. Недостатком является недостаточная стойкость металла и малый срок службы и малое расширение подушки..

Резиновые подушки изготавливаются из поливинилхлорид-полиэстерной смеси либо из специального каучука и армированы специальными металлическими планками или стальными сетками. При подаче через шланги во внутреннюю полость сжатого воздуха от компрессора, под давлением 2-4 атм. происходит расширение подушки до 40-50см и создается усилие опрокидывания более 100 тонн. Размеры подушки достигают до 3 метров при толщине от 6-8мм до 2,5-3 см. В отличие от металлических подушек они более долговечны. Ниже на рис.2.3.39. и 2.3.40. даны различные этапы опрокидывания отделенного от массива блока.

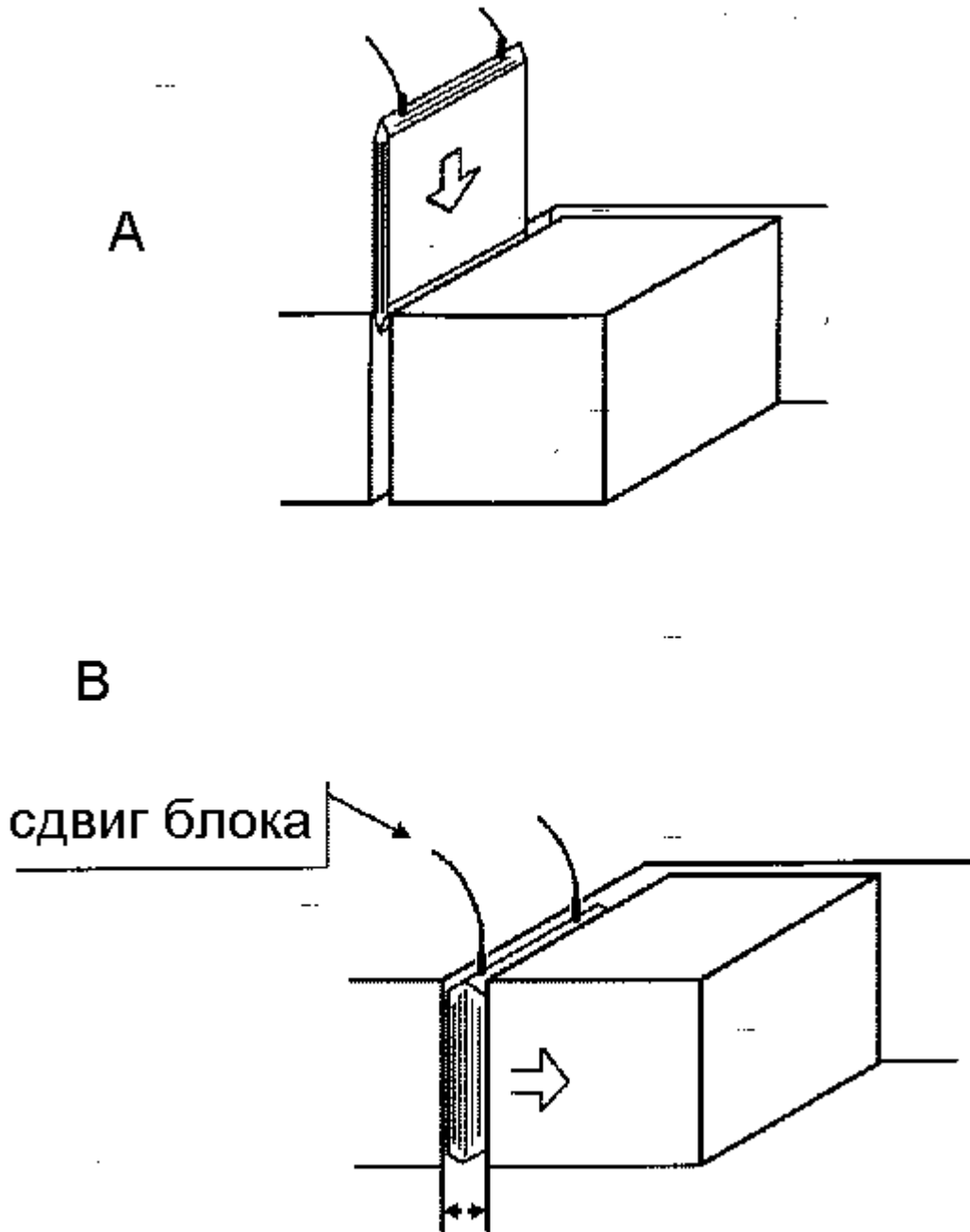


Рис.2.3.39. Схема установки в прорезанную щель гидроподушки – А и сдвиг блока относительно подошвы при расширении гидроподушки - В.

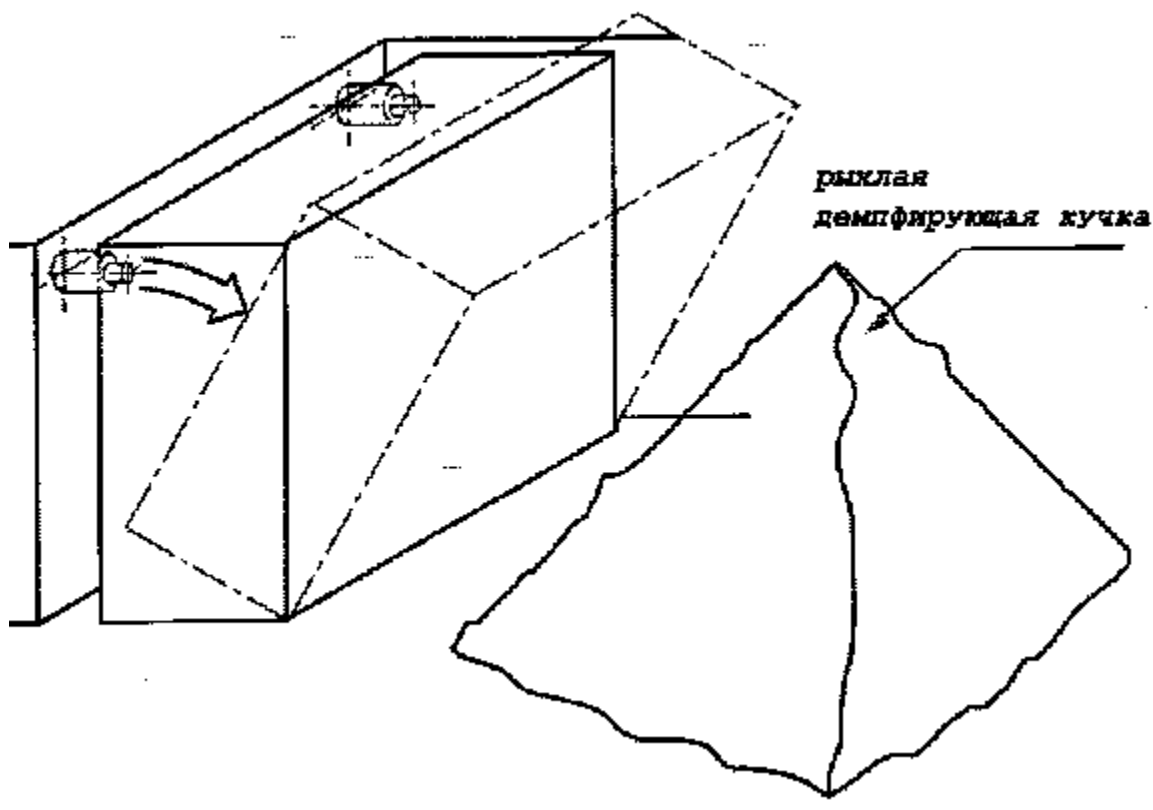


Рис.2.3.40. Схема опрокидывания блока с помощью системы гидродомкратов на предварительно подготовленную подушку из рыхлых отходов (щебень, штыб, шлам и др.)

Во многих случаях, когда для опрокидывания блока необходимо значительное перемещение верхней кромки блока применяются гидродомкраты, имеющие усилия до 150т. Подача масла в один или несколько гидродомкратов осуществляется от передвижной маслостанции мощностью 2-6 кВт. Ход штока гидродомкратов может быть равным 50, 100, 150, 300 мм. Гидродомкраты устанавливаются в специально подготовленных выемках у верхней кромки опрокидываемого блока и после подачи масла в рабочую полость развивают опрокидывающее усилие. При этом для исключения разрушения блоков предварительно подготавливается на месте опрокидывания кучка рыхлых отходов. (Рис.2.3.40.)

В тех случаях, когда доступ к блоку облегчен опрокидывание проводят с использованием различной техники: бульдозерами, экскаваторами с обратной лопатой, погрузчиками, лебедками, тракторами и др.

#### **2.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ (ПАССИРОВКИ) БЛОКОВ**

Разделка добытых в карьере блоков на коммерческие блоки стандартных размеров и правильной (параллелепипед) формы проводится теми же самыми методами, что и добыча блоков. Но техника для этого чаще всего имеет другую конструкцию, обусловленную отсутствием постоянно меняющихся характеристик карьера и стационарным характером процесса, что позволяет автоматизировать процесс. Чаще всего для этого используются стационарные канатные установки, стационарные перфорирующие установки (устарело), станки с отрезными кругами большого диаметра, станки с одной полосовой пилой (одноштриповые станки). На рис.2.4.1. дана последовательность операций пассивки

блока с помощью установки строчечного бурения (А) и раскола клиновым методом (В). На рис.2.4.2. дана схема пассировки блока с помощью мобильной (добычной) канатной установки. При этом для свободного прохождения каната блок устанавливается на деревянные или другие опоры, отрывающие его от земли.

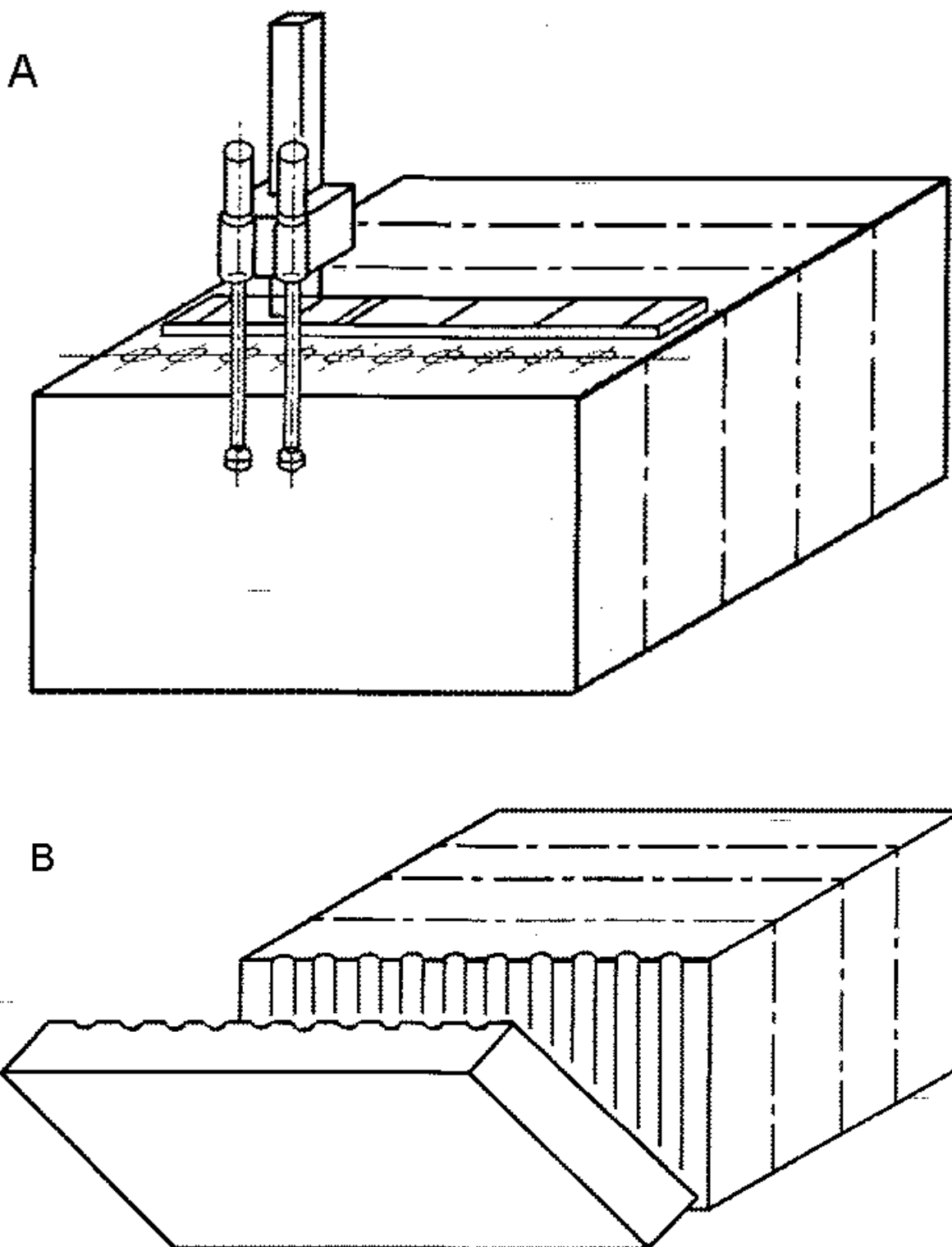


Рис.2.4.1. Схема пассировки блока буроклиновым методом. А-бурение ряда отверстий установкой строчечного бурения; В-раскол и опрокидывание после применения клиньев.

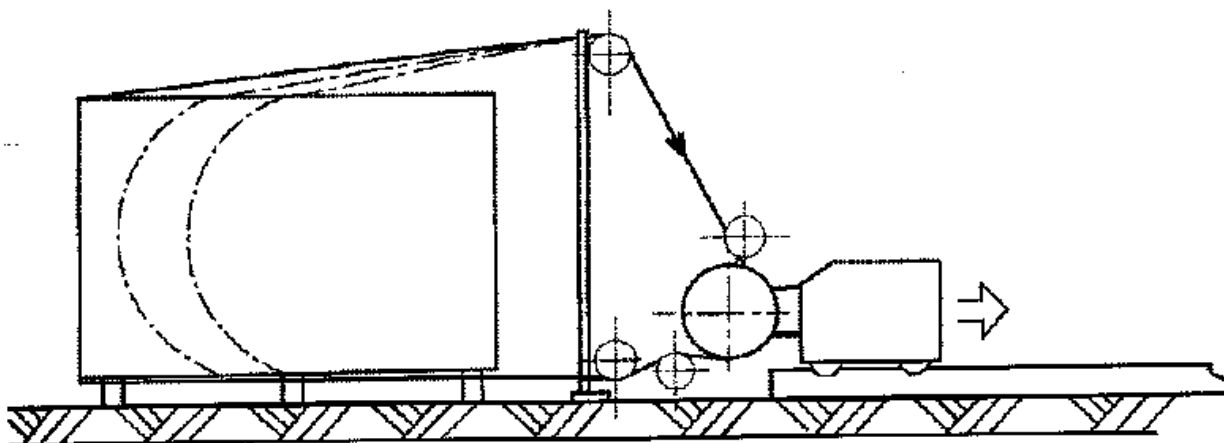


Рис.2.4.2. Схема пассивки блока с помощью мобильной (карьерной) канатной установки.

В качестве канатной установки при пассивке блоков используются либо стационарные канатные установки, либо карьерные установки той же или меньшей (30-50 кВт) мощности.

Так как алмазный канат подвергается меньшим изгибающим напряжениям, в стационарных установках имеет место меньший расход каната и большая точность реза.

Этот метод вытеснил остальные методы пассивки при обработке пород малой и средней прочности.

Для пассивки иногда используются цепные (баровые) машины, как карьерные, так и стационарные.

При этом карьерные машины берутся меньшей мощности и габаритов с длиной пилы до 1,7м. В некоторых случаях эти машины оснащаются пилой меньшей (28мм) толщины.

Стационарные установки с цепными пилами представляют из себя портал с цепной пилой, которая при перемещении в вертикальной плоскости обрабатывает блок. Эти машины оснащаются подающими тележками, на которых размещается блок-заготовка.

Буроклиновые, взрывные и др. методы используются не так широко.

## 2.5. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА КАРЬЕРОВ

К этим устройствам относятся: погрузчики с ковшем, экскаваторы, подъемные краны, самосвалы, грузовики, лебедки.

Погрузчики, используемые в карьерах камня, имеют вес до 50т, мощность до 500 и более лошадиных сил и вместимость ковша 3-15 куб.м. Совершенствование этих машин идет в направлении увеличения мощности, грузоподъемности, скорости, грузоподъемности, высоты и длины погрузки.

Гусеничные погрузчики более медленны и используются, когда фронт их перемещения не более 70-120м. При большем диапазоне перемещения эти машины неэкономичны. С прямыми или U-образными лопатами эти машины могут использоваться для планировки поверхности, для углубления, для перемещения грунта и др.

Колесные погрузчики имеют меньшую тягу, но более подвижны, могут перемещаться быстрее и дальше, а также имеют больший диапазон возможностей и гибкость. Они более распространены в карьерах, где уступы требуется сохранять в чистоте, что исключает использование гусеничных машин. Эти машины имеют широкий диапазон навесных орудий, позволяющих использовать их для планировки карьеров, для погрузки, разгрузки, транспортировки блоков, для опрокидывания блоков при добыче. В современных погрузчиках большое внимание уделяется безопасности труда, эргономике, защите окружающей среды. Эти машины имеют мощные тормозные системы, автоматическое

торможение для экстренных случаев, кондиционеры, разлагаемое микроорганизмами топливо и др. Более чем 95% материалов используемых в современных погрузчиках легко утилизируются. Основные узлы этих машин имеют высокую ремонтпригодность и благодаря широкому набору запчастей делают срок службы этих дорогостоящих машин достаточно долгой.

Гусеничные или колесные экскаваторы находят в процессах добычи камня достаточно широкое применение иногда как замена погрузчика. Учитывая их большую мощность, универсальность и надежность ими можно выполнять операции невозможные для погрузчиков, особенно при перемещении большие массы породы, а также использовать их для несущего агрегата различных буровых установок, монтируемых на подвижной стреле экскаватора. Наиболее широко используются универсальные гусеничные экскаваторы, основным недостатком которых является малая скорость и, в связи с этим, ограниченный радиус действия. Универсальность экскаватора в том, что кроме погрузки разгрузки и перемещения породы его можно использовать практически во всех карьерных операциях (перемещение и опрокидывание блоков, вскрышные работы и др.). С их помощью можно проводить операции на высоте до 15м и работать в яме глубиной до 10-12м на фронте более чем 15м. Они могут работать на наклонных поверхностях 36-38 град. Существует огромное разнообразие ковшов: для работы с нормальным материалом, для работы с песком, для работы с глинистыми породами, для рыхления, для разрушения породы, стойкие к абразивному износу и др.

Колесные экскаваторы используются в случаях, когда рабочие места находятся на большом расстоянии друг от друга при малом объеме работ. Экскаватор можно использовать для транспортировки на стреле гидромолотов предназначенных для исправления рабочего фронта карьера, для дробления негабаритов и др. Экскаваторы бывают: легкие с массой поднимаемого груза 400-500кг (вес машины 6-8 тонн); средние с массой груза до 2000кг (вес машины до 25 тонн); тяжелые с массой груза до 8000кг (вес машины до 90 тонн). Современные экскаваторы оснащены гибкой системой управления, компьютерной системой с жидкокристаллическим монитором, гидроприводом основных узлов, герметичной кабиной с кондиционером и др.

На карьерах камня широкое применение нашли стационарные деррик-краны, используемые для погрузки-разгрузки, для подъема и перемещения грузов и оборудования. Эти краны имеют традиционную структуру с вращающейся платформой, вертикальной опорной колонной, растяжками и распорками. С помощью лебедок проводится опускание стрелы крана, подъем груза, а с помощью поворотного механизма поворот стрелы вокруг вертикальной колонны. Определяющими параметрами деррик-кранов является их грузоподъемность и длина стрелы. Современные краны имеют грузоподъемность 20-50 тонн и длину стрелы 20-80 метров и угол поворота стрелы (сектор обслуживания) 220-260 град. Реже 360 град. для кранов с кабельными растяжками.

Угол подъема стрелы от горизонтали 15-85 град., скорость подъема грузов 1-12 м/сек.

Эти краны используются в углубочных, равнинных карьерах с ограниченной зоной добычи, а также в месторождениях, расположенных на склонах, где по тем или иным причинам существуют ограничения по размерам рабочей зоны. Глубина некоторых карьеров может достигать до 100 и более метров. При этом может возникнуть необходимость перемещения опоры крана с заливкой нового фундамента.

Самосвалы используются в тех карьерах, где отвалы некондиционных отходов находятся далеко от рабочей зоны. Грузовики, особенно крупнотоннажные используются для перемещения и отправки готовой продукции (блоков) или заготовок. Они используются, как в стандартной комплектации, так и с прицепами. В некоторых вариантах используются грузовики с манипуляторами, позволяющими осуществлять погрузку и загрузку без другой техники.



Лебедки это устаревший вид оборудования, который до сих пор применяется в некоторых карьерах, используемые для опрокидывания и перемещения блоков, что достаточно опасно, в силу чего этот вид оборудования исчезает.

Основные операции, выполняемые этой группой оборудования:

- сбор и удаление некондиционных отходов;
- опрокидывание отделенных от массива блоков;
- подготовка и очистка поверхностей рабочих уступов и карьерного поля;
- вскрышные работы и стартовая подготовка карьера;
- создание временных плотин для сбора шламов и воды;
- создание подушек из щебня для препятствования разрушения блоков при их опрокидывании;
- разрушение негабаритов и некондиционных отходов (гидромолотами);
- монтаж и перемещение бурового и другого оборудования и др.

Ниже в табл.2.5.1. приведены возможности карьерного подъемно-транспортного оборудования при выполнении различных операций.

Таблица .2.5.1.

Наименование операции	Погрузчик	Бульдозер	Экскаватор	Самосвал	Деррик-кран
Перемещение земли и отходов	***	***	***	-	-
Удаление и/или транспортировка отходов	***	*	*	***	-
Создание и сохранение проездов и пандусов	***	***	**	-	-
Удаление дробленых кусков и негабаритов	***	-	***	-	-
Опрокидывание уступов, отделенных пластин камня	**	**	***	-	-
Работа с блоками (погрузка, разгрузка, переворачивание, транспортировка)	***	*	**	-	***
Монтаж и транспортировка оборудования	***	**	***	*	***
Очистка и укрепление фронта карьера	***	-	***	-	-
Организация насыпей безопасности и закрепление отходов	*	**	***	-	*
Создание небольших валов, перемычек	**	***	***	-	-
Создание постелей из гравия для уступов	***	***	**	**	-
Раскалывание дробление негабаритов с использованием гидромолота	*	-	***	-	-
Очистка и выравнивание горизонтальных карьерных поверхностей	**	***	**	-	-
Использование для перемещения бурового	*	-	***	-	-

оборудования					
--------------	--	--	--	--	--

\*\*\*Работы выполняемые хорошо. \*\*Работы, выполняемые параллельно с другими машинами. \*Нежелательно использование машины для данной операции.

## 2.6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ КАРЬЕРА И ОБОРУДОВАНИЕ

Снабжение карьера электроэнергией осуществляется через силовые трансформаторные подстанции с входным 3-х фазным напряжением до 15000 В и выходным – 380 В. При этом возникает ряд проблем: обеспечение хорошей изоляции для оборудования и присоединительных кабелей, установленных чаще всего во влажной и подверженной механическим воздействиям среде. Иногда при отсутствии ЛЭП используются различные генераторы.

Водоснабжение карьеров осуществляется либо с соседних водоемов, либо с пробуренных скважин и реже с промышленных систем водоснабжения. Однако независимо от источника все больше карьеров используют обратную систему водоснабжения с рециркуляцией воды и меньшим потреблением. Для этого организуются специально вырытые водосборники или при высокой фильтрации металлические емкости.

В последнее время широко используются лазерные устройства, особенно на сложных с геологической точки зрения карьерах, для стыка буримых отверстий при канатной добыче. Подобными устройствами оснащаются некоторые виды оборудования и могут использоваться на расстояниях до 50м. В некоторых карьерах для правильной ориентации добытого блока под стационарной пассивировочной установкой используются поворотные устройства с электрическим или гидравлическим приводом и грузоподъемностью до 60т.

Широко используются измерительные устройства, позволяющие измерять отклонение пробуренных отверстий, при их стыковке, друг от друга. Эти устройства питаются от батареек и могут измерять отклонения до 120см.

## 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИЗДЕЛИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Условно технологические процессы обработки камня можно разделить на 3 группы.

- 1) Технологические процессы для производства крупномерных плит (слейбов) – gangsaw процесс.
- 2) Технологические процессы производства стандартных плит (block-cutter cycle).
- 3) Специальные технологические процессы.

1) Технологические процессы с использованием рамных (штрипсовых) станков – gangsaw предназначены для распиловки блоков на крупномерные в плане плиты (slabs – слейбы), что обусловлено применением полосовых пил, позволяющих выпиливать плиты практически неограниченных размеров. Кроме того, на этих станках можно производить толстомерные изделия, которые являются исходным полуфабрикатом для получения большой гаммы изделий: подоконников, столешниц, карнизов, колонн, балясин, крышек, ритуальных изделий и др. архитектурно-строительных изделий.

Отличительной особенностью этих процессов является использование крупных блоков камня, уменьшающих количество отходов, позволяющим производить изделия больших габаритов.

2) Технологические процессы с применением ортогональных станков (block-cutter) предназначены для производства плит стандартных размеров, ограниченных по высоте, что обусловлено применением алмазных отрезных кругов диаметром 1000-1600мм,

пилящим на глубину 1/3 от своего диаметра. Отличительной особенностью метода является высокая производительность, хорошая автоматизация и, возможность использования небольших блоков неправильной формы, что исключено при штрипсовой распиловке. Автоматизация этих процессов позволяет в непрерывном режиме получать готовую продукцию заданных размеров на поточных линиях с применением разных типов оборудования. Цикл обработки, при этом состоит из следующих операций:

- распиловка на полосы определенной высоты и толщины и отделение ее от блока подрезанием на ортогональных станках (block-cutter);
- одно или многодисковый раскрой полос на плиты стандартных размеров;
- фактурную обработку одной или двух поверхностей плиты (шлифовка, полировка, термообработка, бучардирование и др.)

В некоторых случаях на последней стадии используются камнекольные или камнетесные прессы для производства брусчатки и др. изделий с рваной поверхностью.

3) Специальные технологические процессы предназначены для сложных изделий, которые нельзя получить по процессам 1 и 2 (сложные архитектурно-строительные элементы с криволинейными поверхностями, декоративные и монументальные изделия).

В этом случае используется комплекс специфического оборудования, что позволяет получать дорогостоящие изделия: крупные колонны, барельефы, изделия с 3-х мерными поверхностями, уникальные ритуальные изделия и др.

Соответственно с этими технологиями производятся следующие типы изделий:

- стандартные изделия;
- изделия, выпиливаемые под размеры, согласованные с заказчиком (cut-to-size)
- специальные изделия.

Стандартные изделия. А) К стандартным изделиям относятся плиты следующих размеров в плане: 400x400, 400x600, 300x300, 300x600 мм, с толщиной 15 или 20 мм толщиной. Эти плиты можно получать либо из слейбов, либо из полос. Несмотря на то, что эти плиты. (в большинстве случаев) проходят операцию калибровки (доводка изделия до заданного размера) они все имеют отклонения от заданных размеров. Отклонения размеров (допуски) для размеров в плане терпимы в пределах +/-0,5 мм и для толщин плит в пределах +/-0,7мм, что примерно соответствует российскому ГОСТ. Эти стандартные плиты предназначены, в основном, для облицовки полов и стен.

В) Кроме этого производятся тонкие плиты (толщина 8-10мм) –« модульные» плиты, имеющие точные размеры в 3-х измерениях, а также фаски по всем верхним полированным граням, обусловленные технологией производства.

Стандартизованные размеры в плане этих плит равны в дюймах: 305x305x10мм (12"x12"x3/8"), 457x457x10-12мм (18"x18"x3/8"-1/2"), 400x400x10 мм (16"x16"x3/8").

На тыльной стороне этих плит фрезеруются 2 или более канавок для лучшего сцепления с раствором или клеем. Эти плиты в основном используются для облицовки полов и стен.

Кроме того выпускаются стандартизованные элементы: плитуса, наличники и др. с полированной верхней гранью толщиной 10мм и шириной 80-100мм, имеющие стандартную длину.

К стандартизованным изделиям относятся колотые, пилено-колотые элементы дорожного покрытия: брусчатка и др., имеющая форму куба со стороной 40-100 мм, плитки выпиливаемые из массива или листов природного сланца толщиной 30-60мм, плиты стандартных размеров толщиной 10-80мм для пешеходных участков дорог, бордюры для дорожек и тротуаров произвольной длины высотой 150-300мм и др.

На все эти изделия имеются соответствующие отечественные стандарты.

В Европейских странах выпускаются стандартизованные детали ступеней длиной 900-1500мм, шириной 320мм, толщиной 30мм.

Кроме того стандартизовано выпускаются наличники для окон и дверей: для стран Евросоюза длиной более 2400мм и для Северной Америки длиной 940-2440 мм (37"-90")

–толщиной 10-30мм, шириной 100-400мм с полированными и обработанными боковыми кромками.

Необходимо учесть, что стандартизованные изделия в основном дешевле изделий производимых на заказ по нестандартным размерам, форме и фактуре и во многих случаях имеются на складах крупных, специализированных предприятий.

Изделия, выпиливаемые под размер (cut-to-size). Эти изделия производятся исключительно на заказ. Это приводит к производству нестандартных изделий с немногими стандартными элементами и требует индивидуальных методов производства с ручной настройкой станков. Подобные изделия требуют специализированные проектные решения (чертежи), а также сметы, согласованной с заказчиком.

Главным отличием нестандартного изделия являются плоская форма, выпиливаемая из слейбов любой толщины по выбору Заказчика: пиленные, термообработанные или полированные изделия (столешницы, полки, прилавки, накрывочные плиты и др.).  
Специальные изделия. Основным отличительным показателем специальных изделий является необходимость применения специального оборудования для придания камню форм и фактур, которые нельзя получить на обычных распиловочных станках.

### 3.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОМЕРНЫХ ПЛИТ (СЛЕЙБОВ) - GANGSAW ПРОЦЕСС

Эти процессы состоят из следующих операций:

- приведение исходных блоков к форме параллелепипеда (пассировка);
- распиловка блока на крупномерные плиты (слейбы);
- поверхностная фактурная обработка (шлифовка, полировка, термообработка и др.);
- контурная обработка (окантовка), для придания плите конечных размеров;
- вспомогательные и дополнительные работы.

#### ПРИВЕДЕНИЕ ИСХОДНЫХ БЛОКОВ К ФОРМЕ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА (ПАССИРОВКА)

На сегодняшний день основным технологическим процессом пассировки является обработка на стационарных канатных установках. (рис. 3.1.1.). Все остальные процессы

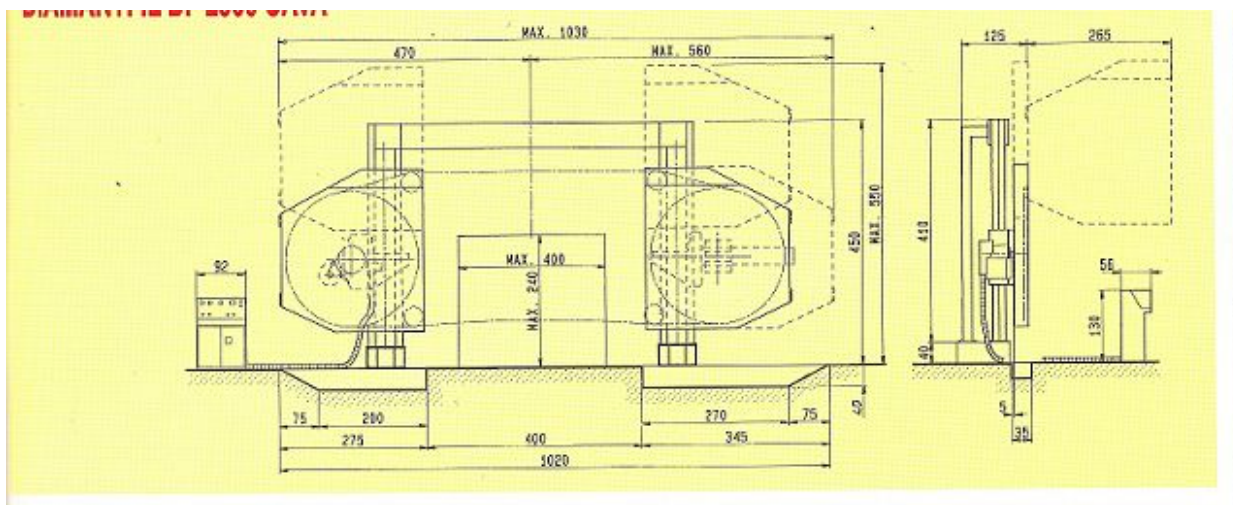


Рис. 3.1.1. Схема стационарной канатной установки: вид спереди и сбоку. пассировки блоков (буроклиновые, термические и др.) постепенно вытесняются алмазно-канатным методом, обеспечивающим при относительно высокой точности высокую чистоту поверхности резания, минимизацию отходов и высокую степень безопасности персонала.

Традиционная стационарная канатная установка представляет из себя порталную конструкцию по боковым стойкам которой перемещаются в вертикальном направлении 2 вращающихся шкива диаметром 2000-3000 мм, которые позволяют осуществлять поступательное режущее движение алмазного каната вдоль блока. Увеличение диаметров шкивов уменьшает риск разрыва каната из-за циклических изгибающих нагрузок, а также увеличивает устойчивость каната и точность реза. Однако увеличение диаметра шкивов приводит к увеличению габаритов установки, ее стоимость и усложняет обслуживание.

Кроме того, используются 4 малых направляющих шкива позволяющие направлять, фиксировать и регулировать натяжение алмазного каната и расположенные на входе и выходе каната из блока. Подача блока к установке и регулировка толщины отпиливаемой заготовки осуществляются с помощью грузовой тележки на рельсовом ходу на которой помещается распиливаемый блок. Тележка имеет автономный привод и может перемещаться с точностью до миллиметра, что позволяет выпиливать плиты любой толщины с высокой точностью. В некоторых вариантах на тележке размещается поворотный стол, что позволяет обрабатывать блоки с любой стороны и под любым углом в плане. На рис. показаны верхнее и промежуточное положение шкивов. Один из шкивов является ведущим и приводится в движение приводом мощностью 15 - 20 кВт. Современные стационарные канатные установки работают с одним режущим алмазным канатом, однако появились установки с двумя и более параллельно работающими канатными контурами, обеспечивающими более высокую производительность и возможность производить заготовки заданной толщины. Длина каната на таких установках 10-25м. Современные стационарные канатные установки в основном используются для пассировки гранита и других твердых пород. При пассировке мраморов их используют одновременно с одноштриповыми (gangsaw) станками. Канатные установки оснащаются электронными системами управления регулирующими: скорость резания, вертикальную подачу (опускание) систему шкивов с алмазным канатом, перемещение тележки (установка толщины отпиливаемого куска), время обработки и др.

В отличие от карьерных установок режимы обработки на этих станках изменяются (табл. 3.1.1.) при этом, если производительность установки падает, то значительно меньше подготовительные работы и в сумме производительность стационарных установок выше. Как и в карьерных установках, канат работает в замкнутой петле, но условия его нагрузки отличаются, а производительность на мягких породах может быть очень высокой. Вода в зону резания подается с целью охлаждения каната и смыва образующегося шлама. Расход воды на 1 канат 20-30 литров/час. Схема подачи воды в зону резания в начале процесса дана на рис. 3.1.2 -А, а схема подачи воды в процессе резания на рис. 3.1.2-В. При диаметре алмазных втулок 10-11мм используется витой стальной канат диаметром 5мм с усилием натяжения 200-250 кГ. При диаметре алмазных втулок 8 мм применяется канат диаметром 4 мм с усилием натяжения 160-180 кГ. Контроль закручивания каната вокруг своей оси (рис. 2.3.26.) проводится при повороте вручную шкива на 2-3 оборота. Натяжение каната, осуществляемое гидравлической системой, может колебаться в пределах 20-25% от номинала. Для предотвращения заклинивания каната при включении установки необходимо уменьшить скорость резания на 20-30%. При периодической проверке каната необходимо иметь эксцентриситет алмазных втулок не более 0,3 мм, а конусность втулок не более 0,3 мм. Для обеспечения нормальных условий резания существенное значение имеет угол возврата каната на шкив по бокам блока в пределах 5°-12°. Этот угол (рис. 3.1.3.) при длине блока 2,5 метра должен быть равен 7°-9° при натяжении каната 230-250 кГ.

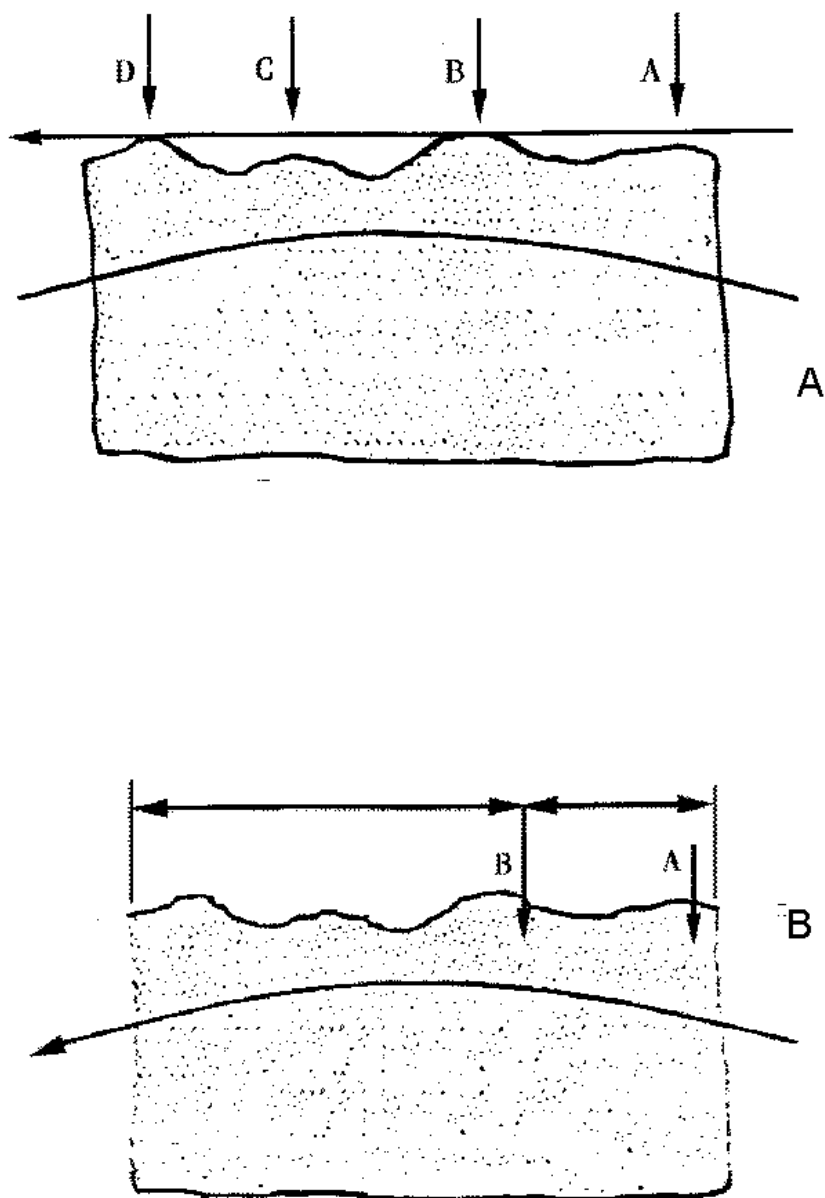
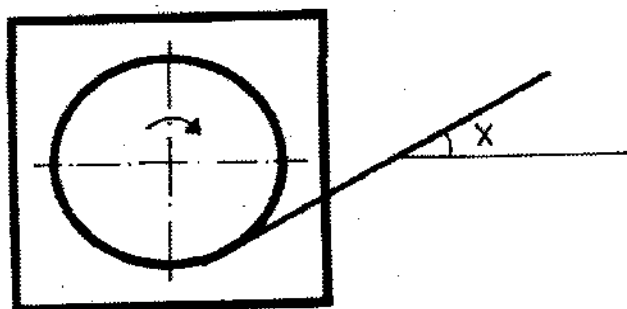


Рис.3.1.2. Схема подачи воды в зону резания при алмазно-канатной распиловке в начале резания (А) и в процессе резания (В). Расстояние АВ приблизительно 1/3 от длины реза.



X  
Min. 5  
Ideal 7°-9°  
Max. 12°

Рис. 3.1.3. Определение угла возврата каната на шкив.

Ниже в таблице 3.1.1. приведены оптимальные линейные скорости резания (м/сек) для различных пород при разных длинах распиливаемого блока. В таблице 3.1.2. даны ориентировочные производительности (м<sup>2</sup>/час) стационарных канатных установок.

Таблица 3.1.1.

Длина блока (реза), м	Мягкие породы	Средней твердости	Твердые
1,5 - 2,0	38 - 40	35 - 37	33 - 34
2,0 - 2,5	37 - 39	34 - 36	32 - 33
2,5 - 3,0	36 - 38	33 - 35	31 - 32
3,0 - 3,5	35 - 37	32 - 34	30 - 31

Таблица 3.1.2.

Длина блока 2,5 - 3,0 м	Мягкие породы	Средней твердости	Твердые
При пассировке	6,0 - 10,0	4,0 - 6,0	2,5 - 4,0
При распиловке на плиты (слейбы)	4,0 - 7,0	3,0 - 5,0	2,0 - 3,5

Одноштрипсовые станки, оснащенные одной алмазной полосовой пилой, имеют более высокую производительность и точность реза и используются при пассировке мягких пород.

Одноштрипсовый станок представляет собой портал на боковых стойках которого размещены крепежные элементы алмазной полосовой пилы. При возвратно-поступательном движении и одновременном опускании по направляющим пилы происходит распиловка блока. Блок подается в зону резания с помощью рельсовой тележки, оснащенной системой точного (точность до 1мм) позиционирования, позволяющей пилить заготовки любой толщины с высокой точностью. Привод пилы имеет мощность 20-25 кВт. Длина алмазной полосовой пилы достигает 3,5-5м, частота возвратно-поступательного движения 120-160 двойных ходов в минуту.

### **РАСПИЛОВКА БЛОКОВ НА КРУПНОМЕРНЫЕ ПЛИТЫ (СЛЕЙБЫ)**

При этом используются следующие технологические процессы

1. Распиловка на рамных (штрипсовых) станках – gangsaw с помощью набора (до 130 и более) полосовых пил. Это наиболее старая, широко распространенная (традиционная) технология, позволяющая получать плиты любой толщины и размеров в плане. Наиболее распространены плиты 20 – 50мм.
2. Распиловка алмазными отрезными кругами больших диаметров (2,0 – 4,0 м). Применяется чаще всего для получения толстых плит из гранита. Недостаток - ограниченная глубина резания в пределах 1/3 от диаметра алмазного круга – гиганта.
3. Распиловка на стационарных канатных установках, с несколькими канатными инструментами, расположенными параллельно друг другу, имеющая перспективы на будущее.
4. Распиловка с помощью алмазного ленточного инструмента, достаточно редко применяемая технология.

### **РАСПИЛОВКА НА РАМНЫХ СТАНКАХ – GANGSAW.**

Штрипсовые (рамные) распиловочные станки, оснащенные штрипсами (полосовыми пилами), являются наиболее распространенным, традиционным видом распиловочного оборудования.

Конструктивно эти станки очень просты, они представляют собой раму прямоугольной формы с набором пил, натянутых между двумя краями рамы, которая приводится в возвратно-поступательное или маятниковое движение (резания) кривошипно-шатунным механизмом (рис. 3.1.4.).

Рабочая подача осуществляется либо опусканием всей пильной рамы с направляющими или маятниковыми подвесками, либо (реже) за счет подъема стола с закрепленным на нем блоком.

Рамные станки с маятниковым (качающим) движением рамы предназначены для распиловки твердых пород типа гранитов, оснащаются гладкими стальными полосовыми пилами и работают со свободным абразивом (дробью). Характеристики этих станков даны в таблице № 3.1.4 .

Рамные станки с прямолинейным (возвратно-поступательным) движением пильной рамы предназначены для распиловки пород малой и средней прочности (мрамор и др.) алмазными полосовыми пилами. Характеристики некоторых подобных станков даны в таблице № 3.1.5.

К достоинствам штрипсовых станков относится возможность производства больших плит (слябов) размером до 2,2х3,5 м, простота конструкции, возможность непрерывной круглосуточной работы. К недостаткам относятся: малая удельная производительность, большие габариты и вес, повышенная себестоимость продукции (при алмазной распиловке), необходимость пульпонасосных станций (для станков, работающих дробью), высокая начальная стоимость станка и др.

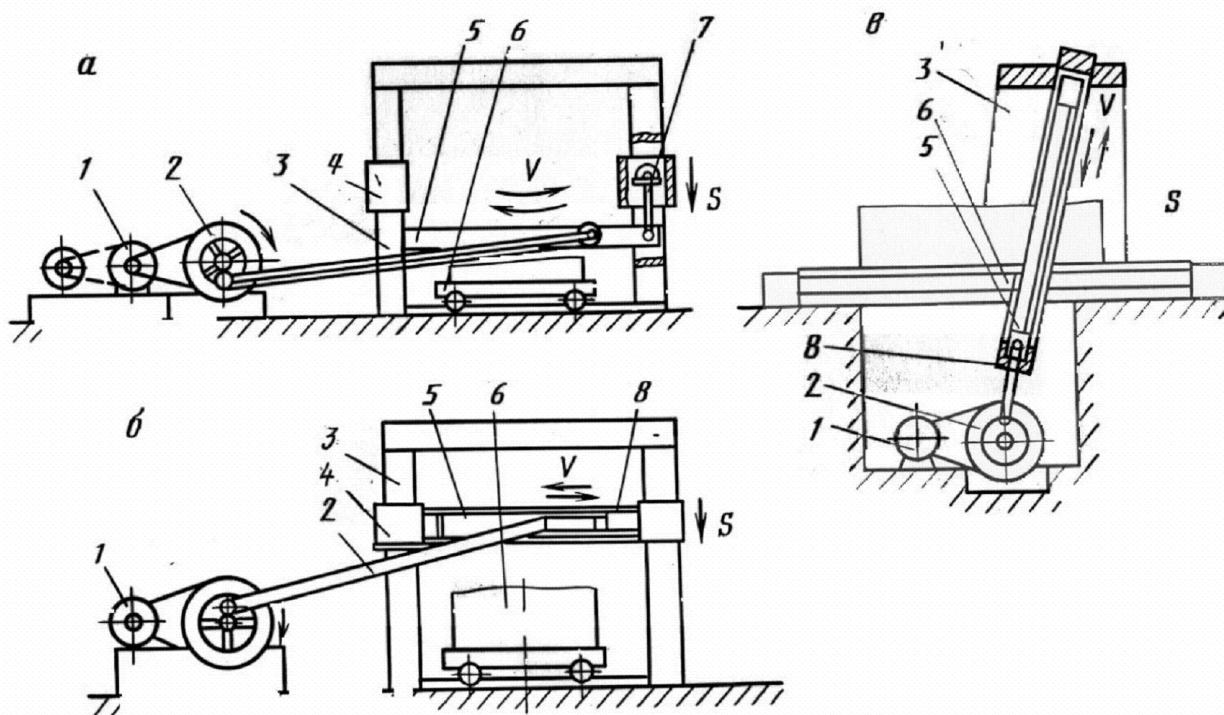


Рис. 3.1.4. Схема штрипсовых (рамных) станков – gangsaw. а, б - горизонтально распиловочные станки: с криволинейным и прямолинейным движением пильной рамы. в – вертикально- распиловочный с прямолинейным движением рамы. 1- двигатель, 2- кривошипно-шатунный механизм, 3-станина, 4-ползун, 5-пильная рама, 6-тележка, 7- маятниковая подвеска, 8-прямолинейная направляющая, V- главное движение резания, S – направление рабочей подачи инструмента.



Таблица 3.1.4.

Технические характеристики рамных станков с качающимся движением рамы [57, 23]									
Страна, фирма	Название серии машин	Количество модификаций	Число пил	Размеры блоков, максимальные, м			Расход воды, л/час	Вес, т	Установленная мощность, кВт
				длина	ширина	высота			
<u>Италия</u>									
BRA	TG1000 MEGA-S	8	105-142	2,6-4,0	2,6-3,5	2,1	2200	60	53,6
BRA	Dragon HTSM	6	100-137	2,7-3,7	3,0-3,5	2,1	2200	75	93
Giorgini Maggi	Magnum ultra	7	130	3,3-4,2	2,5-3	2,2	-	-	90
Giorgini Maggi	Magnum match	6	130-155	3,5-4,5	2,5-4,8	2,2	-	-	98,5
Barsanti	Alcione	5	107-150	3-4,2	2,5-3,8	2,30	2000	75-88	80-88
B.M.	Grizly	5	150	3-3,5	3-3,5	2	-	-	72
Breton	Masterbreton HG	4	125-150	3,75-4,15	2,5-3,5	1,6-2,2	3000	775-84	87
Te-Ma Frugoli	Cyclone	6	111-129	3-3,5	2,5-3,8	2,2	-	52-61	
Te-Ma Frugoli	Mystral	6	-	-	-	-	-	55-63	89-97
Gaspari Menotti	Jumbo 350/420	6	140-150	3,5-4,2	3,5	2,2	2000	70-80	90
Gaspari Menotti	Jumbo 55	6	120-130	3,3-3,5	2,5-4	2	2000	56-58	63
Tesmec	TMG	3	120-130	3,3-3,5	3-3,5	2	2200	54-57	80-91
Simec	GS/GSS	8	105-120	3-3,5	2,8-3,5	2,1-2,15	-	64-67	83
Mordenti	Turbo tesi-mor	3	120-150	3,5	3-3,5	2,2	3000	83-85	83
Gregori	Jaguar	3	-	3,3-3,5	3-3,3	2,2	3000	44,5	72,5
<u>Армения, з-д "Строммашина"</u>	CMP-043	1	60	2,0	2,8	1,6	-	42,5	63,6

Частота качания рам 70-85 дв.ходов в минуту. Размеры: ширинахдлинахвысота, м (4,90-6,70)х(15-18)х(4,6-7)

Таблица 3.1.5.

Технические характеристики рамных станков с прямолинейным движением пильной рамы [57, 23]*							
Страна, фирма	Марка	Максимальный размер блока, м			Число пил, шт.	Мощность, кВт	Вес, т
		ширина	длина	высота			
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Италия</u>	<u>произв.оп.</u>						
Alpe	TRP-10-40	-	3,2-3,25	1,8-1,9	10-40	37-74	15-36
-	Mayor	1,6-2	3,25	2	60-80	37-111	44-50
Barsanti	TLD20-25		3-3,2	1,6-2	20-35	43-90	17,5-30,5
-	TLD80-80S	1,6-2	3,2	2,2	60	120-142	43-44,7
-	TLD60-60A	1,7-2,1	3,2	2	60-90	92	32-55
B.M.	Diamond10	6	2,8-3,2	1,75	10	37	8
-	30-40 Super	0,9-1,3	2,6-3,2	1,6	30-40	55-74	22-25
-	70 80 100	2	3,25	2,0	70 80 100	110 132	39 42
Bra	DM30	-	3-3,5	1,9	30	33	20-21,5
-	DMG 2	1,6-2	2,5 3,3	2	60 70 80	74	56
Breton	DiabretonHS	2	3-3,3	2	80	132	50
F&R	FB 25A	1	3,25	1,6	25	60	-
Gaspari Menotti	FEM/MK5	3,3	-	2	30	75-55	28
-	FEM/MK2	1,6-2	3-3,2	2,0	60-70-80	100-150	41-45

Продолжение табл. 3.1.5.

1	2	3	4	5	6	7	8
Giorgini Maggi	Areiere	-	2,8-3,2	1,9	30-40	44-55	26-29
-.-	Diaster	3-3,2	1,6-2	2	64-72-80	92	43-46
-.-	Mediceo	1,6-2	2,8-3,2	1,9	64-72-80	112	48
Mordenti	Mord25	-	3,2	1,8	25	53	22
-.-	Super Mord80	2,05	3,25	2,0	80	132	42
Simec	M62-70	1,6-2	3,25	2	62-80	92-110	41-42
-.-	A110-136	1,66-2,1	2,6-3,25	2	110-136	132	42,5-43
<b>Италия</b>	<b>вертикальные</b>						
B.M.	Vertical Pandu	1,8	3,5	0,65	120	66	-
Mordenti	Vertical Mord 60	1,65	4	1,7	45-63	92	35
<b>Армения</b>	<b>горизонтальные</b>						
З-д "Строммашина"	СМР-032	1,4	2,8	1,4	45	83,4	43,1
-.-	СМР-069	2,0	2,8	1,8	65	118,86	51,45
-.-	СМР-077	1,1	1,2	1,1	40	39,2	15

\* Среднее число двойных ходов пильной рамы - 75-120 дв.ход/мин.

Ход пильной рамы - 500-800 мм. Ширина x длина x высота станков, м - (2,8-4,95)x(9,1-17)x(3,1-5,04)

Штрипсовые станки с прямолинейным движением пильной рамы осуществляют рабочую подачу инструмента к блоку либо за счет опускания пильной рамы, либо (реже) за счет подъема блока с тележкой. Эти станки имеют от 10 до 100 одновременно работающих алмазных полосовых пил и мощность до 160 кВт. Рабочая подача 200-400 мм/час при производительности 10000-12000 м<sup>2</sup>/месяц. Основным условием работы этих станков является натяжение пил. На рис. 3.1.5. приведено схематическое изображение алмазной полосовой пилы, основные размеры которых стандартизированы.

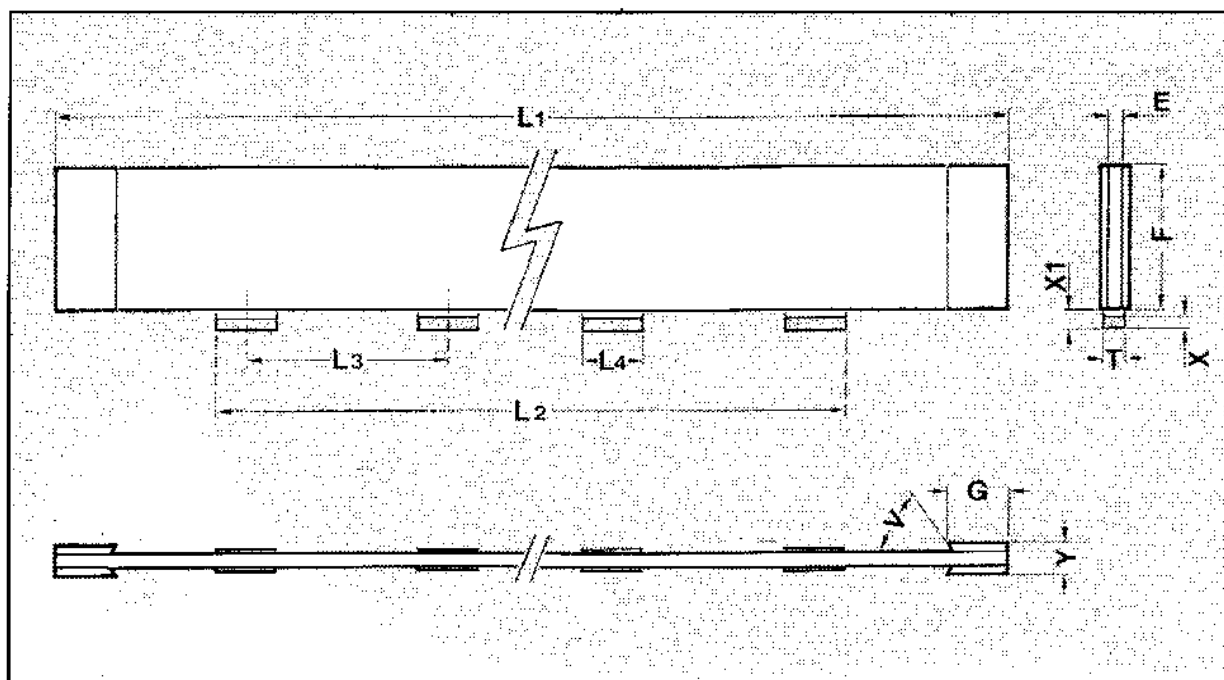


Рис.3.1.5. Изображение алмазной полосовой пилы.  $L_1$  – длина пилы,  $L_2$  – рабочая длина пилы, мм;  $L_3$  - расстояние между алмазными зубками, мм;  $L_4$  - длина алмазного зубка, мм;

F – высота стального корпуса пилы, мм; E – толщина стального корпуса пилы, мм; G – ширина крепежной накладной планки на концах пилы, мм; Y – толщина пилы в сборе в месте крепежа, мм; V – угол крепежных планок, град; T – толщина алмазного зубка, мм; X – высота алмазного слоя зубков, мм.

В таблице 3.1.6.. приведены основные параметры алмазных полосовых пил: длина рабочей части пилы –  $L_2$  (мм), расстояние между зубками –  $L_3$  (мм), их количество – N (шт.) при распиловке различных материалов.

Таблица 3.1.6.

Длина блока, мм			2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рабочий ход (мм) пилы	Материал	Параметр	Величина параметра								
360 мм	Мрамор	$L_2$	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
		$L_3$	70/100								
		N	24	27	30	33	36	39	42	43	48
500 мм	Мягкий мрамор	$L_2$	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250
		$L_3$	80/110								
		N	25	27	30	33	35	38	40	43	46
	Тверд. мрамор	$L_3$	95/115								
		N	22	25	27	30	32	34	37	39	41
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Агломерат	$L_2$	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500
		$L_3$	80/110								
		N	27	30	33	35	38	40	43	46	48
700 мм	Мягкий мрамор	$L_2$	2350	2600	2850	3100	3350	3600	3850	4100	4350
		$L_3$	80/110								
		N	26	28	31	34	36	39	42	44	47
	Тверд. мрамор	$L_3$	95/115								
		N	23	26	28	31	33	35	38	40	42
	Агломерат	$L_2$	2700	2950	3200	3450	3700	3950	4200	4450	4700
		$L_3$	80/110								
		N	29	32	35	37	40	42	45	48	50
	800 мм	Мягкий мрамор	$L_2$	2400	2650	2900	3150	3400	3650	3900	4150
$L_3$			80/110								
N			26	29	32	34	37	39	42	45	47
Тверд. мрамор		$L_3$	95/115								
		N	24	26	29	31	33	36	38	41	43
Агломерат		$L_2$	2800	3050	3300	3550	3800	4050	4300	4550	4800
		$L_3$	80/110								
		N	30	33	36	38	41	43	46	49	52

Технологический процесс подготовки станка и работы на рамных станках с прямолинейным движением пилы, оснащенных алмазными пилами состоит из ряда подготовительных, контрольных и технологических операций.

1. Работу на станках необходимо начать с смазку шарнирных соединений крепежных (натяжных) приспособлений пил, подвергающихся значительным ударным и истирающим нагрузкам (рис. 3.1.6.).

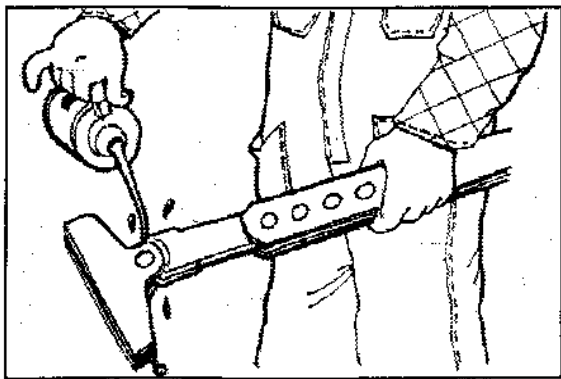


Рис.3.1.6. Схема смазки шарнирных узлов крепежных приспособлений.

2. Далее проводится предварительная проверка системы натяжения пил при усилии около 2 тонн на пилу. С помощью щетки очищаются все резьбовые элементы и детали узлов крепежных приспособлений. (Рис.3.1.7.А).

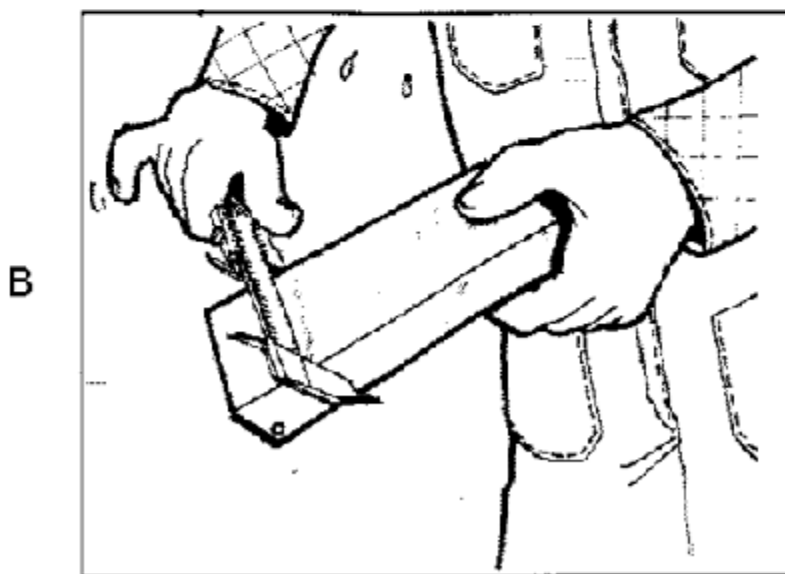
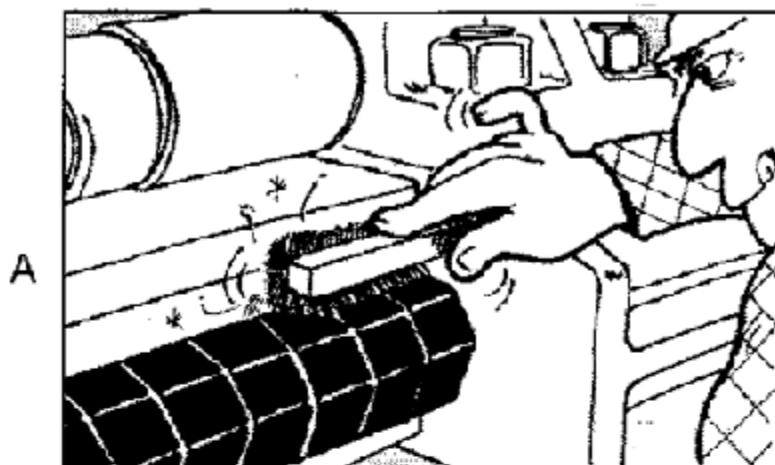


Рис. 3.1.7. Чистка элементов натяжения пилы при усилии натяжения 2 тонны (А) и регулировка толщины выпиленных плит (В).

3. С целью установки толщины выпиливаемых плит камня между пилами устанавливаются мерные призмы регулирующие толщину плиты. (Рис. 3.1.7.В).
4. Далее осуществляется монтаж набора пил с регулировкой толщины выпиливаемых плит мерными призмами и фиксацией пилы винтовым соединением. (Рис.3.1.8.)

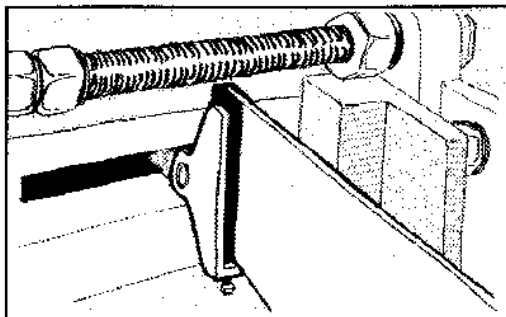


Рис.3.1.8. Монтаж набора полосовых пил с фиксацией винтовым соединением.

5. После выставления толщины выпиливаемой плиты проводится эксцентриковая фиксация пилы на величину 10-13 мм с целью обеспечения натяжения нижней рабочей поверхности пилы, что обеспечивает оптимальную работоспособность и производительность. (Рис. 3.1.9.)

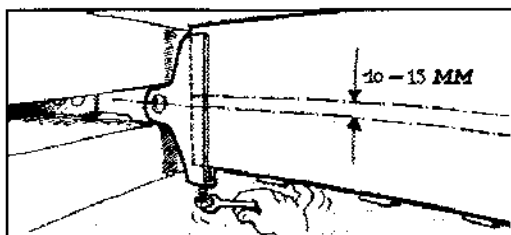


Рис.3.1.9. Эксцентриковая фиксация пилы (10-13 мм) для натяжения нижней кромки пилы.

6. Следующей операцией является выставление по горизонтали всех пил с помощью водяного уровня, что обеспечивает равномерность процесса резания. (Рис.3.1.10.)

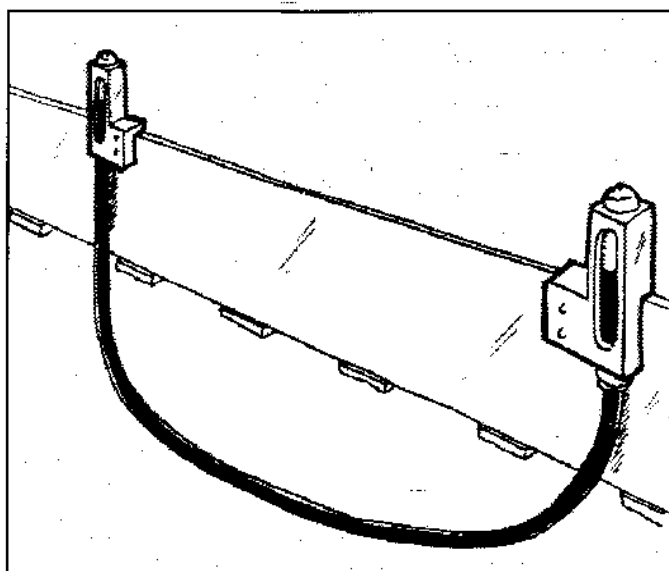
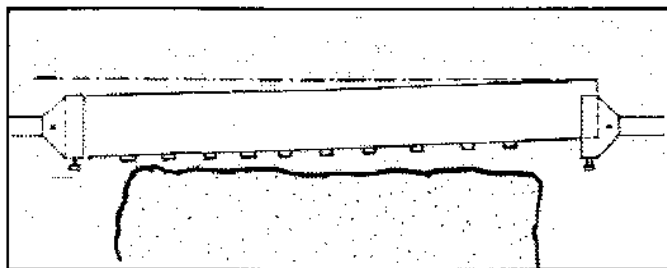


Рис. 3.1.10. Выявление отклонения каждой пилы от горизонтали и установка пилы по горизонтали с помощью водяного уровня.

7. Следующей контрольной операцией является регулировка отклонения боковой поверхности пилы от плоскости возвратно-поступательного движения пилы. Эта операция проводится с помощью неподвижно закрепленного часового индикатора перемещений при возвратно поступательном движении пилы из одного крайнего положения (2) до другого (1). (Рис. 3.1.11).

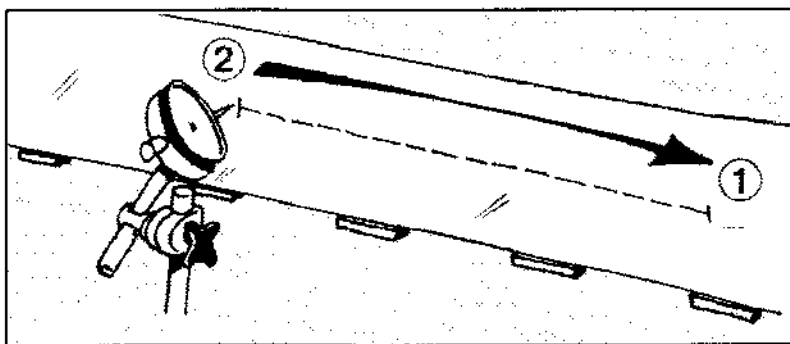


Рис.3.1.11. Определение отклонения боковой поверхности пилы от плоскости возвратно-поступательного движения пилы.

8. Далее с помощью углового уровня или часового индикатора перемещений при его вертикальном перемещении от точки 1 к точке 2 определяется отклонение каждой пилы от вертикали и регулируется вертикальная установка пилы. (Рис. 3.1.12.)

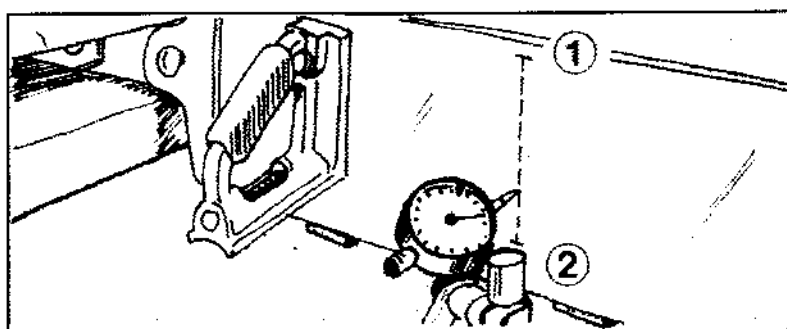


Рис. 3.1.12. Схема измерения вертикального положения пилы угловым уровнем или часовым индикатором перемещений.

9. Отклонение от вертикали всего набора пил осуществляется с помощью углового уровня. (Рис. 3.1.13.)

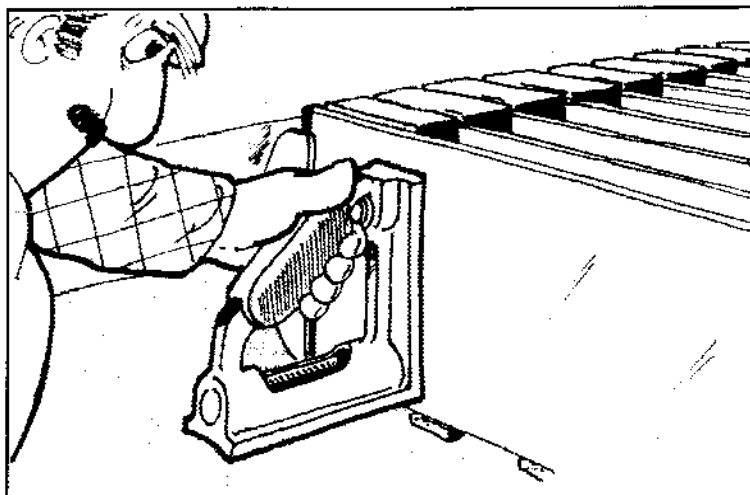


Рис. 3.1.13. Определение отклонения от вертикали набора пил.

10. Следующей операцией является натяжение каждой пилы винтовой парой с помощью гаечного ключа, с измерителем усилия натяжения (Рис. 3.1.14.).



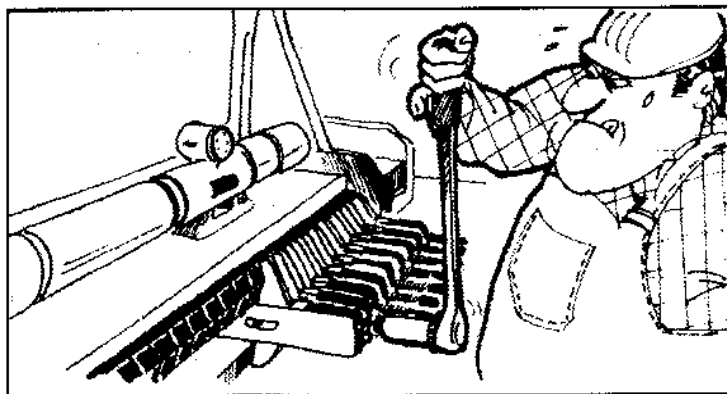


Рис. 3.1.14. Натяжение пил с помощью ключа с измерителем усилия.

11. Окончательное натяжение набора пил проводится гидроприводом с манометром. При этом усилие натяжения каждой пилы: 8-9 тонн – легкое натяжение, 9-10 тонн – сильное натяжение. (Рис. 3.1.15.).

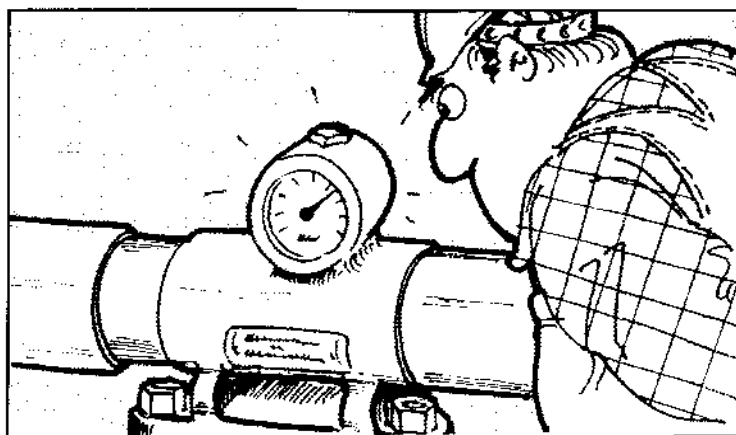


Рис. 3.1.15. Регулировка натяжения набора пил с помощью манометра.

12. Проверка качества натяжения пил и отсутствия дефектов в системе проверяется легким постукиванием молоточком по винтовым элементам натяжения. (Рис. 3.1.16.)

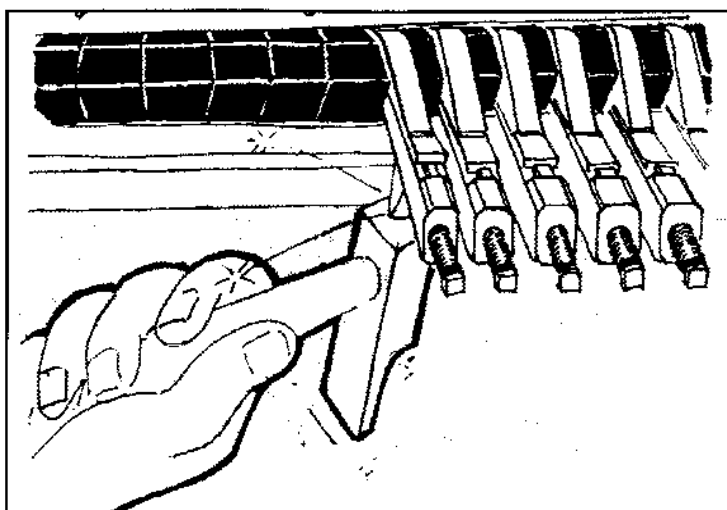


Рис.3.1.16. Проверка качества натяжения пил.

13. Далее проверяется отклонение корпуса пилы от прямолинейности с помощью натянутой лески и щупа (Рис. 3.1.17.А). Величина прогиба после эксцентрикового натяжения проверяется с помощью натянутой лески (Рис. 3.1.17.В). В процессе резания пила выпрямляется – нормальный процесс резания. (Рис. 3.1.17.С).

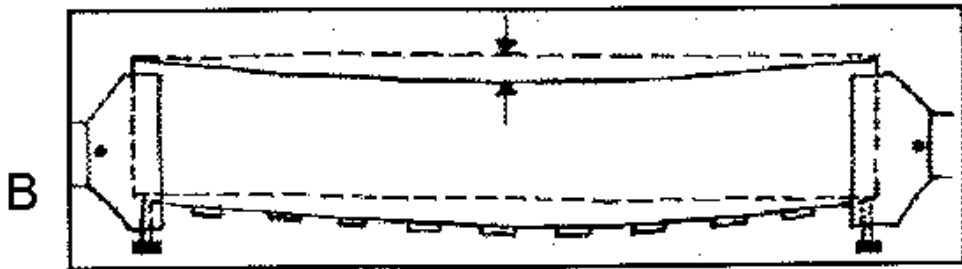
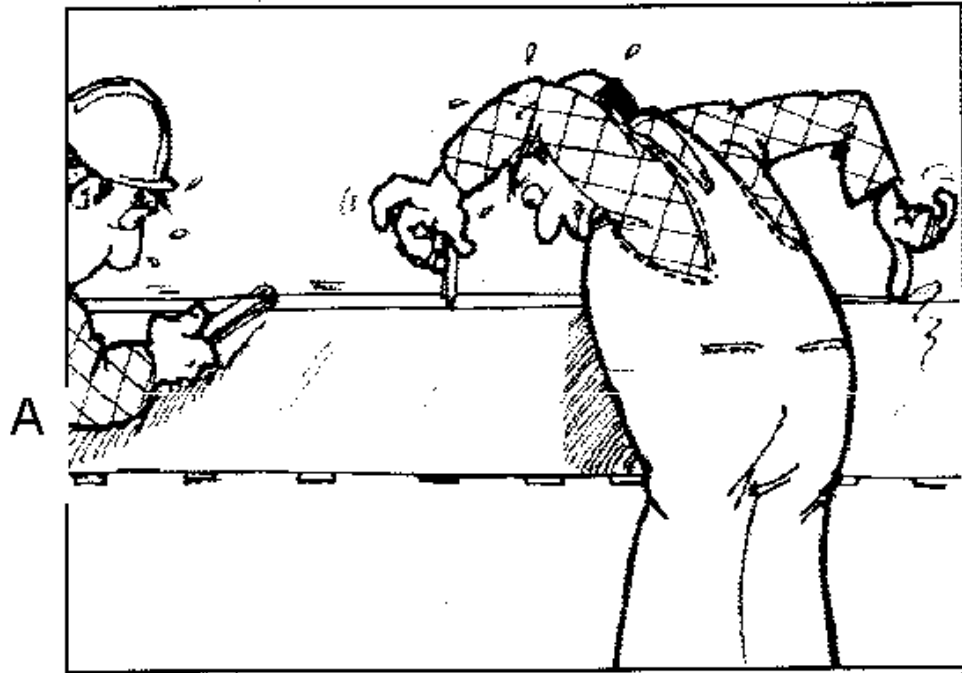


Рис 3.1.17.

При превышении расчетных режимов резания и соответствующих усилий пила прогибается в обратном направлении, что приводит к быстрому износу пилы, потере ее устойчивости и возникновению аварийной ситуации (рис. 3.1.18.).  
 Ниже в таблице 3.1.7. даны величины рекомендуемого прогиба при эксцентриковом натяжении пил в зависимости от длины пилы и режимов резания.

**Обратное отклонение корпуса пилы от  
 прямолинейности при увеличенных усилиях  
 резания и рабочей подачи**

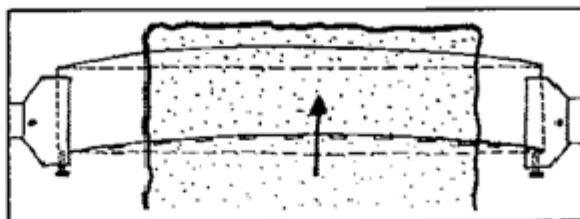


Рис. 3.1.18

Таблица 3.1.7

<b>Длина пилы, мм</b>	<b>Низкие скорости или мягкие материалы</b>	<b>Высокие скорости или твердые материалы</b>
2600-2799	1.8-2.0	2.1-2.2
2800-2999	2.0-2.1	2.2-2.4
3000-3199	2.1-2.3	2.4-2.6
3200-3399	2.3-2.4	2.6-2.7
3400-3599	2.4-2.5	2.7-2.9
3600-3799	2.5-2.7	2.9-3.0
3800-3999	2.7-2.8	3.0-3.2
4000-4199	2.8-3.0	3.2-3.4
4200-4399	3.0-3.1	3.4-3.5
4400-4599	3.1-3.2	3.5-3.7
4600-4799	3.2-3.4	3.7-3.8
4800-4999	3.4-3.5	3.8-4.0
5000-5199	3.5-3.7	4.0-4.2
5200-5399	3.7-3.8	4.2-4.3
5400-5599	3.8-3.9	4.3-4.5
5600-5799	3.9-4.1	4.5-4.6
5800-6000	4.1-4.2	4.6-4.8

14. После сборки всего набора пил проверяется с помощью рулетки или метра суммарного расстояния между пилами (рис. 3.1.19)..

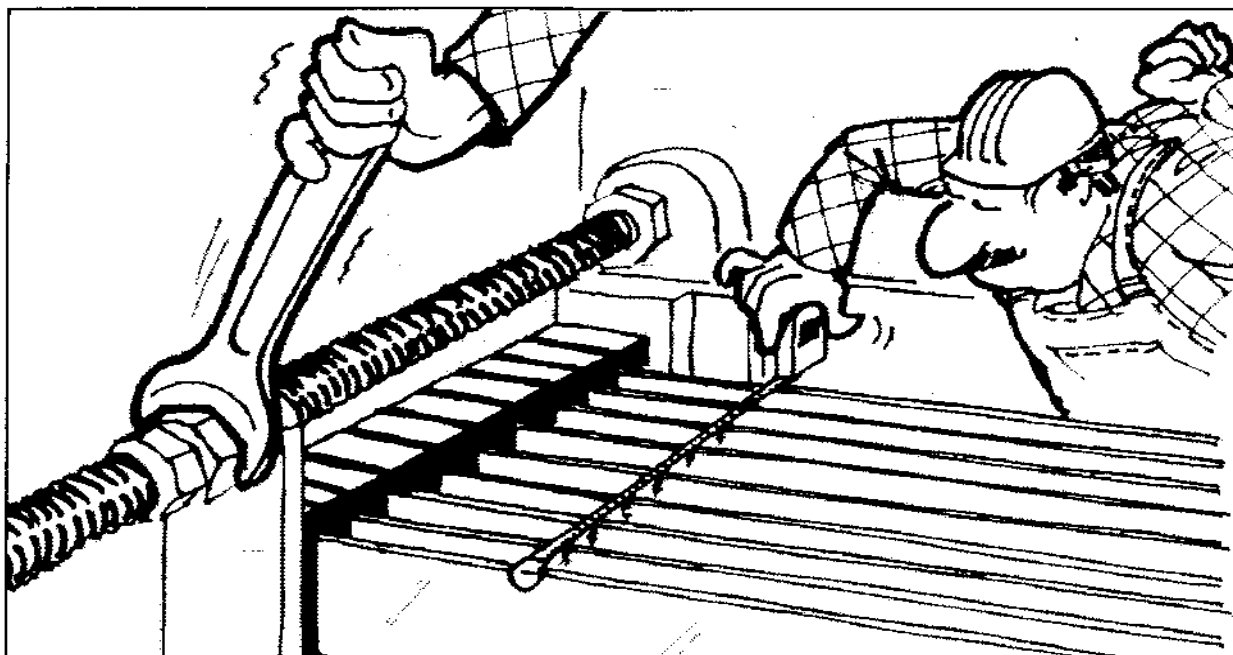


Рис. 3.1.19. Контроль точности сборки, регулировка и измерение расстояния между пилами в комплексе..

15. На рис. 3.1.20. дана схема замера расстояний 1 и 2 между пилами в наборе и схема измерения расстояний между точками 1 – 2 и 3 – 4 на каждой пиле.

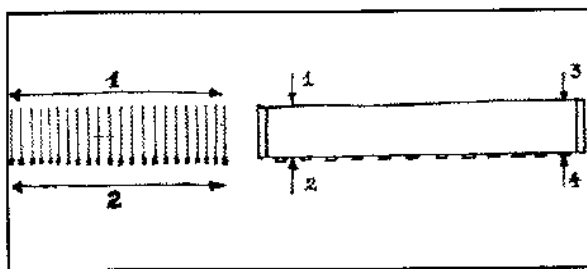


Рис. 3.1.20. Схема замеров расположения пил в сборе.

16. Важной операцией является установка распиливаемого блока на тележке рамного станка (рис. 3.1.21.).

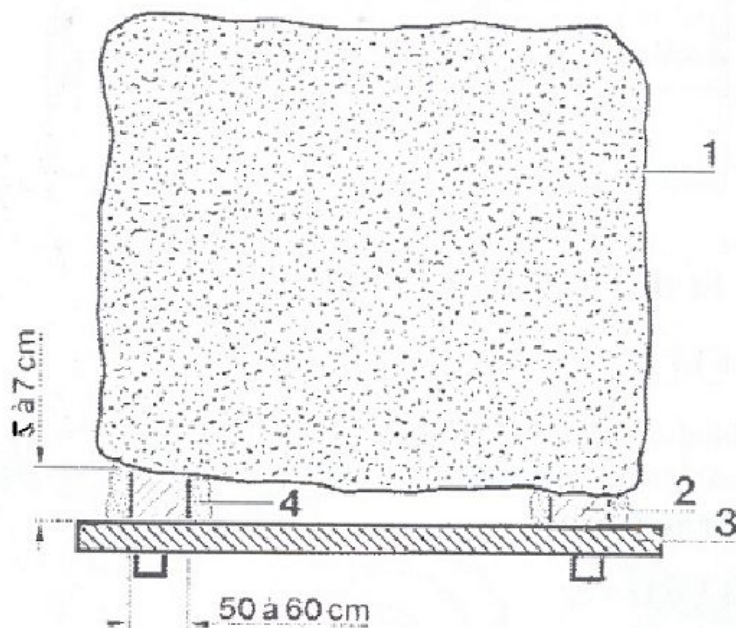


Рис. 3.1.21. Схема установки распиливаемого блока – 1 на тележке станка – 3 с помощью деревянных брусьев – 2 и закрепляющего раствора или клея – 4.

16. В процессе резания распиливаемый блок прорезается на большую часть своей высоты, при этом возникает угроза аварийной ситуации при развале блока от усилий резания или под собственной тяжестью (рис. 3.1.22.). Для предотвращения развала блока используют специальный набор клиньев, закрепляющий плиты относительно друг друга.

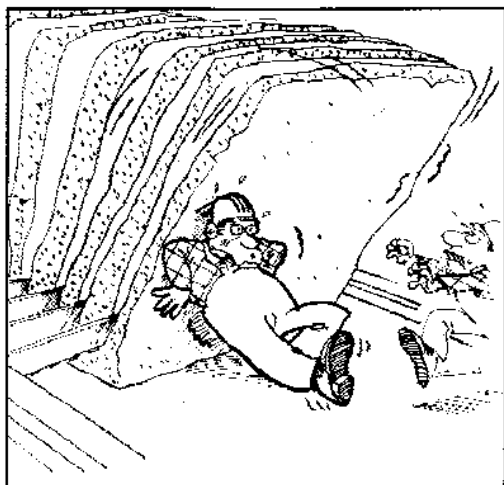


Рис. 3.1.22. Развал незакрепленных плит распиливаемого блока.

17. Основные режимные показатели распиловки пород средней и низкой прочности для рамных станков с возвратно-поступательным движением рамы даны в табл.3.1.8.

Таблица 3.1.8.

Показатель	Низкоскоростные станки				Высокоскоростные станки				
	2				3				
1									
Рабочий ход рамы, мм	300	400	500	520	500	540	700	750	800
Частота рабочего хода, двойных ходов/мин	80	80	80	85	120	120	105	110	110
Частота единичного стружкообразования, шт/сек	28800	32000	40000	44200	60000	64800	73500	78500	80000

1	2	3
Скорость резания, м/сек	0,96 1,07 1,33 1,47	2,00 2,16 2,45 2,63 2,93
Мощность привода на 1 пилу, кВт/пила: 20 - 30 сегментов 30 – 40 сегментов	1-1,5 1,5 – 1,8	1,5 – 2,0 2,0 – 2,5
Потребление воды на 1 пилу, литр/мин.	7 - 8	9 - 10
Минимальная рабочая подача, см/час: -мрамор -травертин -известняк	10 - 18 15 – 22 12 - 25	20 - 35 25 – 40 20 - 30

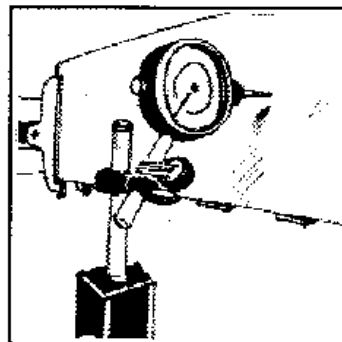
17. В процессе работы станка рекомендуется периодически производить контроль состояния инструмента и станка, особенно при возникновении нарушений процесса резания (рис. 3.1.23, рис.3.1.24., рис. 3.1.25.).

. За последние годы появились пилы с меньшей толщиной стального корпуса пилы и, соответственно, меньшей толщиной алмазного зубка и пропила. Эти пилы позволяют значительно экономить сырье, уменьшают усилия резания и энергопотребление. На рис. 3.1.26. даны основные размеры для сборки комплекта алмазных пил при классической толщине пил и при применении пил с уменьшенной толщиной корпуса. Режимы резания с помощью алмазных полосовых пил для большинства материалов даны в табл. 3.1.9.

Таблица 3.1.9.

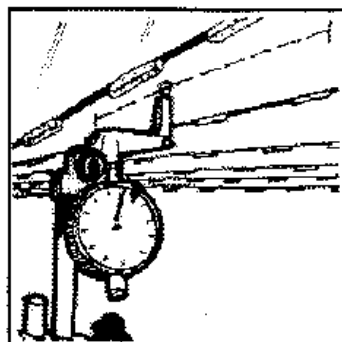
<b>Режимы резания при распиловке на рамных станках с прямолинейным движением резания алмазными пилами</b>	
<b>Материал по Европейской классификации (раздел 1)</b>	<b>Рабочая подача, мм/час</b>
Гранит 3 кл.	60-140
Гранит 2 кл.	60-160
Гранит 1 кл.	80-180
Базальт, тешенит, известковые песчаники	90-200
Мрамора кристаллические	200-250
Плотные известняки с включениями, плотные туфы и др.	220-280
Мраморизованные известняки	180-320
Чистые известняки, травертины, доломиты	200-340
Пористые туфы, ракушечники	280-500

*измерение параллельности пил  
линии возвратно-поступательного  
движения пил часовым индикатором*



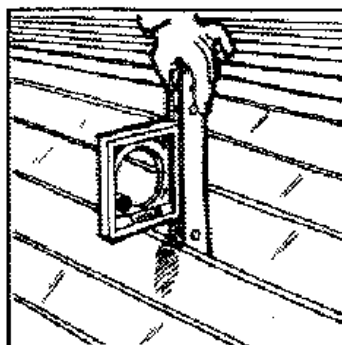
A

*измерение параллельности режущей  
поверхности пил друг другу  
и плоскости стола*



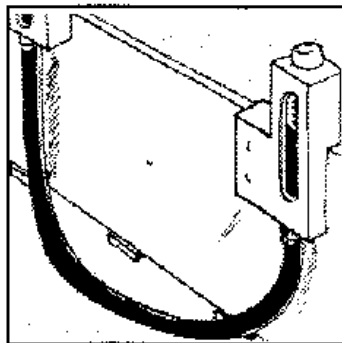
B

*контроль перпендикулярности пил  
горизонтальной плоскости  
с помощью угольника с уровнем*



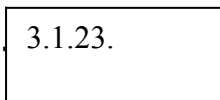
C

*контроль горизонтальности  
установки пил с помощью водяного  
уровня*



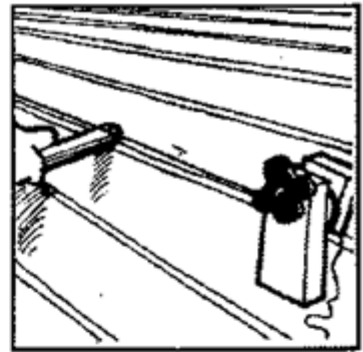
D

Рис. 3.1.23.



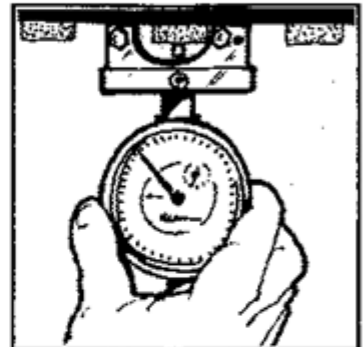
**измерение прогиба пил с помощью  
натянутой лески и щупа**

**A**



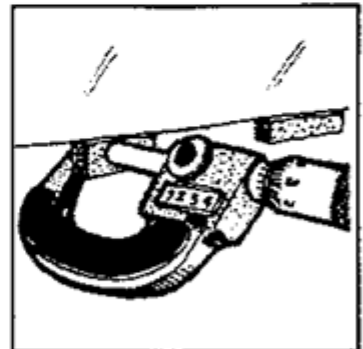
**измерение высоты сегментов над  
пилой часовым индикатором**

**B**



**измерение толщины сегментов  
(зубков) микрометром**

**C**



**измерение нависания сегментов  
(зубков) над корпусом  
спец. индикатором**

**D**

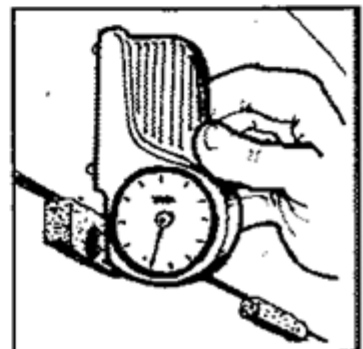
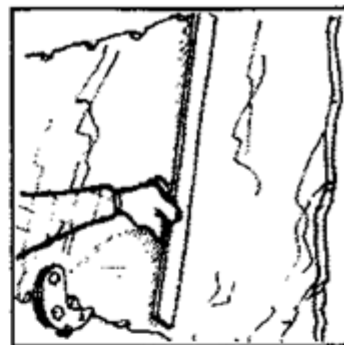


Рис. 3.1.24.



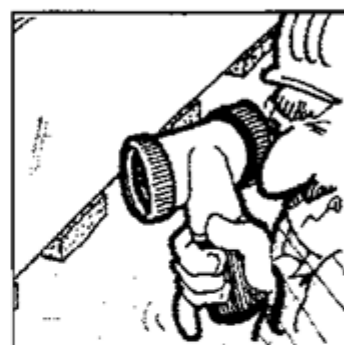
**проверка распиленных плит (слябов)  
на отклонение от плоскости уровнем**

**A**



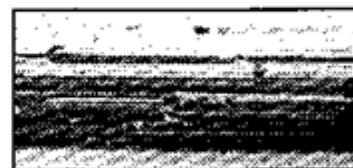
**оценка состояния режущей кромки  
сегментов (зубков)  
увеличительным стеклом**

**B**



**засаленная режущая кромка  
- алмазы не вскрыты  
(аварийная ситуация)**

**C**

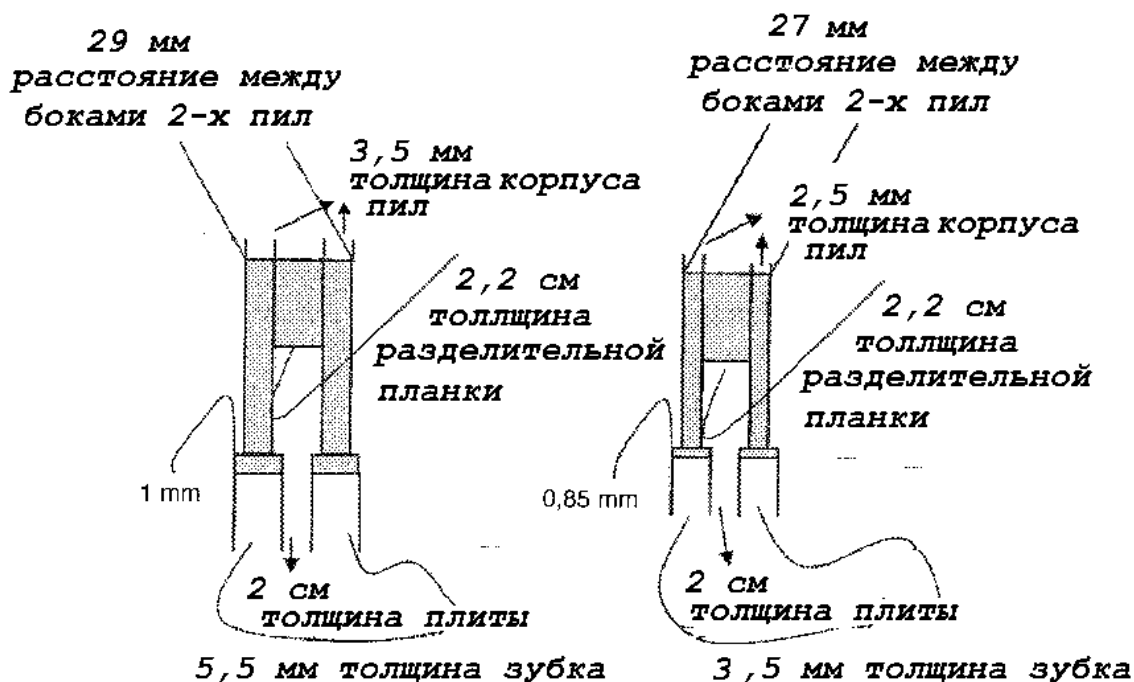


**алмазы вскрыты (рабочее состояние)**

**D**



Рис. 3.1.25.



**Классический вариант**

**Тонкие пилы**

Рис. 3.1.26. Размерные характеристики сборки комплекта алмазных полосовых пил при классическом варианте и при применении тонких пил.

Принцип работы станков с качающимся (маятниковым) движением пильной рамы основан на контакте абразивной чугунной или стальной дроби с камнем. При этом осуществляется линейное перемещение (движение резания) пилы относительно камня и вдавливание дроби в камень (движение подачи – врезания). Абразивная смесь, состоящая из дроби, извести, воды и шлама (для повышения вязкости) собирается в специальном резервуаре и подается в зону резания, осуществляя круговорот. В современных станках состав, плотность, вязкость смеси контролируется и регулируется компьютером, внося коррективы в состав смеси каждые 30-45 минут. Преимуществом этих станков является низкая себестоимость продукции, возможность производства изделий любой толщины из любого материала. За последние годы этот самый старый и традиционный вид оборудования значительно усовершенствовался:

- появились станки с шириной рамы (подрамного пространства) до 7,5 метра и количеством одновременно работающих пил до 260;
- увеличилась мощность привода станков;
- повысилась прочность пил и основных элементов станков, что позволяет работать при больших нагрузках;
- за счет усложнения конструкции маятниковой подвески рамы удалось выпрямить криволинейную траекторию движения пилы, что позволило сделать более равномерным процесс резания, увеличить плоскость контакта между пилой и камнем и повысить производительность.
- увеличение жесткости пильной рамы позволило улучшить работу гидравлической системы натяжения пил;
- повысилось качество термообработанных пил, за счет желобков на поверхности пилы, улучшилось удержание абразивной смеси в зоне резания и легкость удаления шлама.

Для работы на традиционных штрипсовых (рамных) станках, оснащенных полосовыми пилами, принимается чугунная или стальная дробь (ГОСТ 11964-81). Чаще всего используется дробь размерами зерен 0,5-2мм, плотность дроби 7200 кг/м<sup>3</sup>.

Крупность дроби характеризуется ее номером, соответствующем ее диаметру: № 1-0,9-1,2 мм, № 2,2-1,8-2,4 мм и др.

В таблице 3.1.11. приведены обозначения номеров дроби в стандартах СНГ, Европы, США.

Чаще всего при распиловке в камнеобработке применяется дробь ДЧЛ № 08-1,4 иногда с добавкой 20-30 % дроби ДСР тех же номеров.

Для грубой шлифовки чаще всего применяют дробь № 1,4 и № 2,2.

За рубежом применяются смеси из различных видов чугунной и стальной литой и колотой дроби. При этом плотность литой – более 7,4 г/см<sup>3</sup>, а колотой – более 7,6 г/см<sup>3</sup>. Твердость литой дроби 48-60 HRC. Химический состав дроби: углерод – более 0,85; фосфор – менее 0,05 %; сера – менее 0,05 %.

Основные физико-механические свойства дроби с указанными размерами зерен даны в таблице 3.1.12. Диаметр дроби выбирается в зависимости от толщины штрипса и должен быть равен 1/4 его толщины.

Существенное значение при работе пилы имеют точностные характеристики пилы и ее установочных элементов. Ниже в таблице 3.1.10. даны основные контрольные характеристики пилы, которые наиболее тщательно измеряются у первой базовой пилы, находящейся у кромки пильной рамы станка. (Рис.3.1.27)

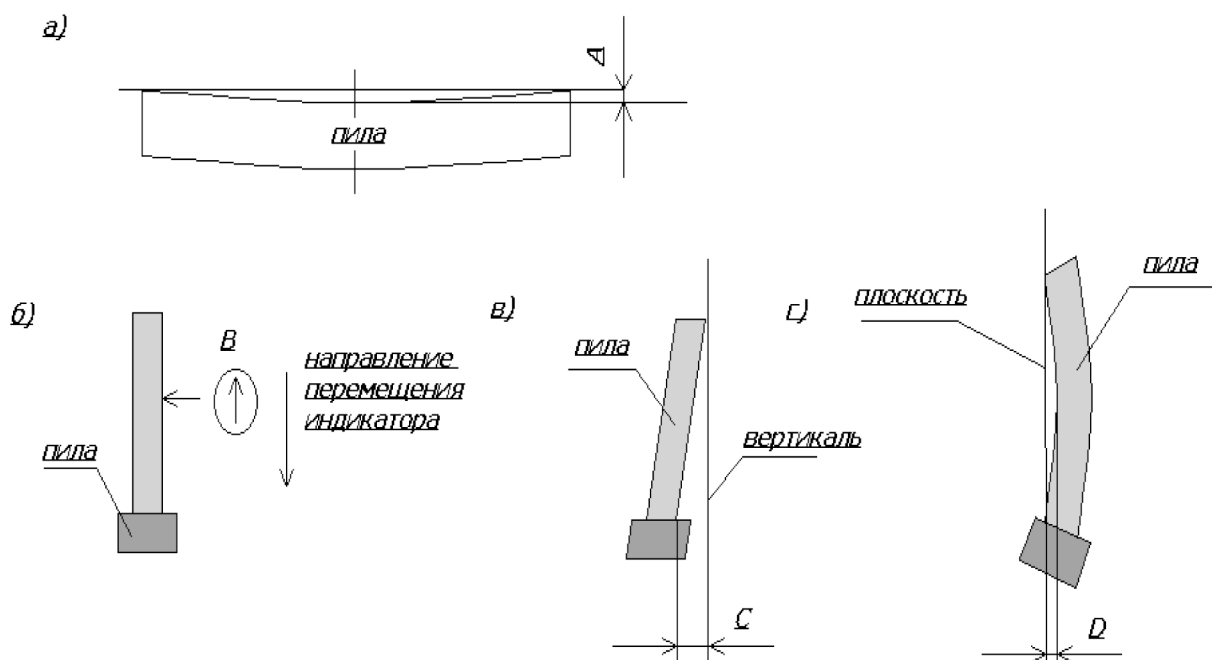
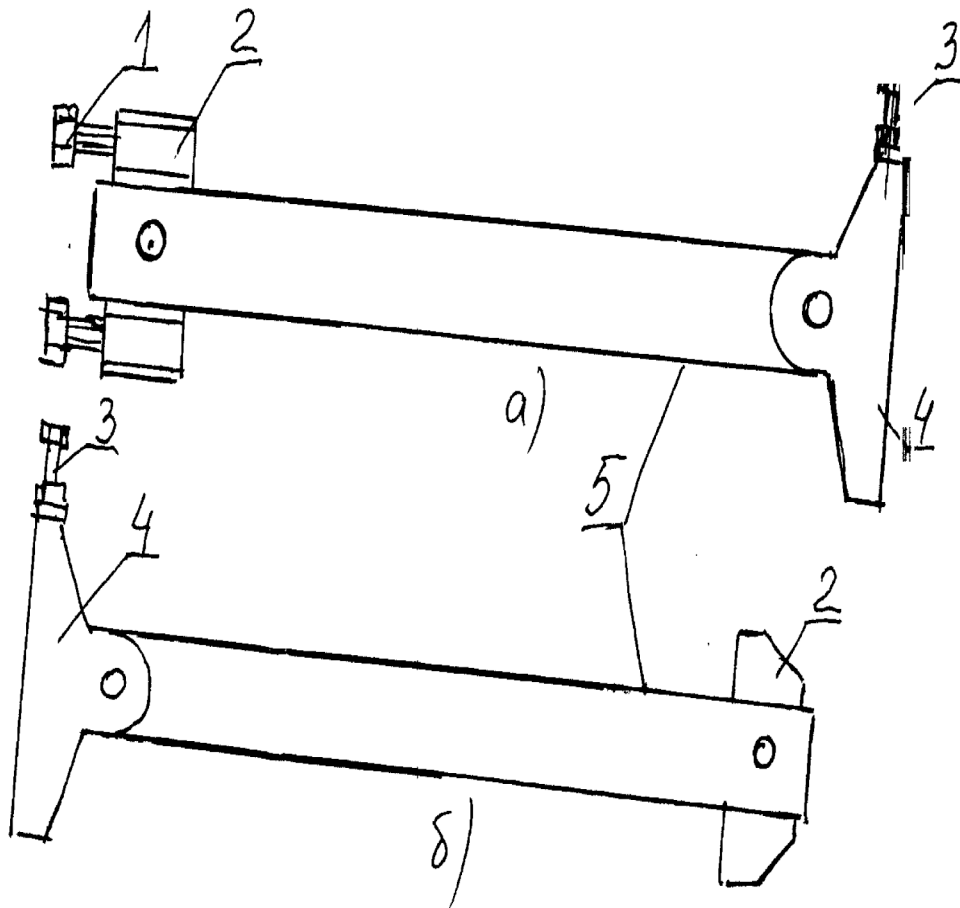


Рис. 3.1.27. Схема измерения точностных характеристик пилы.

Таблица 3.1.10.

№ п/п	Измеряемая характеристика (рис. 3.1.4.)	Средство измерения	Допуски	
			Стальные пилы	Алмазные пилы
1	Стрела прогиба для пил с эксцентриковым нагружением (А) рис. 3.1.4а.	Леска, прогибомер (штангенциркуль)	3-7мм	-
2	Непараллельность боковой плоскости корпуса пилы направленного движения рамы (В) рис. 3.1.4б	Часовой индикатор с магнитной опорой	0,2-0,3мм на 100мм хода рамы	0,08-0,11 на 100мм хода рамы
3	Отклонения от вертикали боковой плоскости пилы (С) рис. 3.1.4в	Набор щупов, уровень с грузом	0,3-0,6мм	0,1-0,15мм
4	Отклонения от плоскости боковой поверхности пилы (Д) рис. 3.1.4г	Линейка, часовой индикатор	0,02мм на 100мм длины пилы	0,02мм на 100мм длины пилы

Учитывая, что натяжение полотна пилы имеет существенное влияние на процесс распиловки, разрабатывались различные устройства для поддержания постоянного усилия натяжения и точности пилы. В настоящее время в основном используются приспособления (рис. 3.1.28.) для гидравлического (а) и механического (клинья) натяжения (б). Гидравлика используется для эксцентрикового натяжения алмазных пил (рис.3.1.29.), а клинья для остальных пил. Эксцентриковое натяжение пилы позволяет увеличивать устойчивость нижней рабочей кромки пилы.



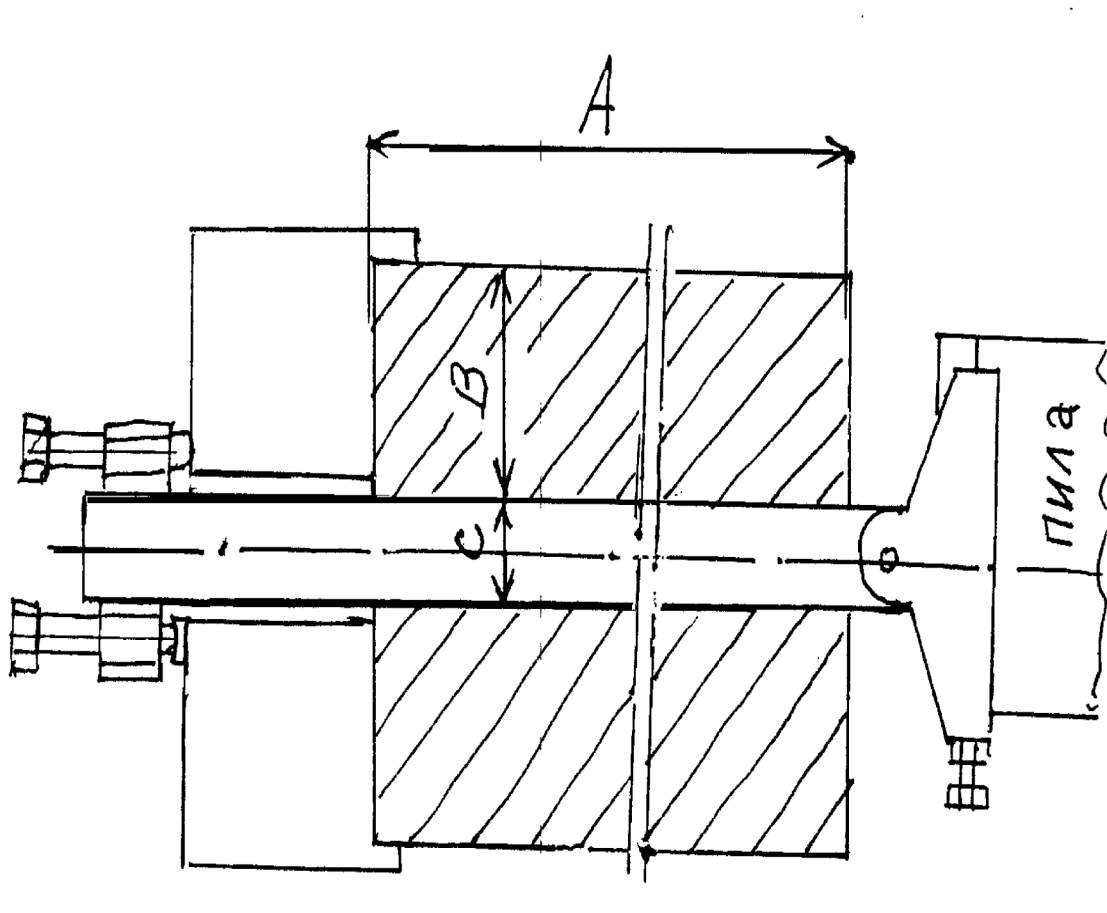
**Рис.3.1.28.** Приспособление для механического натяжения пилы

1 – болты регулировки ходы цилиндра,

2 – упорный рычаг натяжения,

3 – болт вертикального регулировочного перемещения пилы, 4 – элемент

крепёжа пилы, 5 – стержень



**Рис.3.1.29.** Контроль установки пилы.

Изменением размеров (А,В,С) на рис. 3.1.29. можно устанавливать нужное положение, эксцентриситет и условия натяжения пилы.

Подобные гидросистемы натяжения обладают следующими преимуществами: возможностью автоматически поддерживать необходимое положение пилы при данной нагрузке и с помощью общего корпуса для всего пакета пил поддерживать одинаковое натяжение всех пил.

Таблица 3.1.11.

## Номера дроби в СНГ, Европе, США.

Средний диаметр дроби, мм	№ дроби, ГОСТ 11964-81	№ дроби, европейский стандарт	№ дроби, стандарт США	Количество частиц на кг веса
0,315	03	3	85 ( 80 )	7480000
0,5	05	5	140 ( 50 )	2640000
0,8	08	8	230 ( 30 )	550000
1,000	1	10	280 ( 25 )	205000
1,400	1,4	14	390 ( 18 )	120000
1,800	1,8	18	500 ( 14 )	70000
2,200	2,2	22	600 ( 12 )	48000
2,800	2,8	28	780 ( 9 )	20000
3,200	3,2	32	900 ( 8 )	12000
3,600	3,6	36	1000 ( 7 )	8000

		Таблиц	Таблица 3.1.12.
<b>Свойства дроби, используемой в камнеобработке</b>			
Тип дроби	Твердость по Роквеллу, HRC	Прочность единичного зерна на сжатие, Н	
Дробь стальная литая ( ДСЛ )	52 + 65	6000-6500	
Дробь стальная литая улучшенная ( ДСЛУ)	52 + 65	-	
Дробь стальная колотая улучшенная (ДСКУ)	52 + 65	-	
Дробь чугунная литая ( ДЧЛ )	52 + 65	4000	
Дробь стальная колотая (ДСК)	52 + 65	6500	
Дробь чугунная колотая ( ДЧК )	52 + 65	400	
Дробь стальная рубленая из проволоки (ДСР)	-	-	

таблице 3.1.13 дана эволюция компонентов и характеристик рамных станков за период с 1970 г. Методы контроля, размерные характеристики гладких полосовых пил для распиловки твердых пород совпадают с этими же параметрами алмазных пил приведенными выше.

Таблица 3.1.13.

Технические характеристики	1970 год	Современность
1	2	3
Ширина станка (пильной рамы), м	1,8	7,5
Мощность главного привода, кВт	30	180
Максимальное число пил	30	260
Рабочая подача (опускание пильной рамы), мм/час, граниты 111 класса	5-7	30-60
Продольный ход пилы, мм	350	800



Натяжение пил в кГ на одну пилу	Ручное, забивкой клиньев	Гидравлическое, автоматическое (8500 кГ/пилу)
Сечение пилы (высота x толщина, мм)	130 x 5-5,5	60-130 x 3,8 - 6
Расход пил на 1 квадратный метр пропила, кг/м <sup>2</sup>	3-4	1,6-2,2
Потребление воды за 24 часа, литр/24 час	5000	3500-4000
Длина качания пильной рамы, см	70 - 80	140-150
Частота качания пильной рамы, двойных ход/мин	60	75
Расход абразива кг/м <sup>2</sup>	20 (песок)	2,5 (дробь)
1	2	3
Время износа пилы, день	8-10	2,4-4
Средняя месячная производительность станка, м <sup>2</sup> / месяц	1500 - 2500	5500 (140 пил), 13000-15000 (210пил)
Мощность циркуляционного (для абразивной пульпы) насоса, кВт	7,5 макс.	55
Производительность циркуляционного насоса, литр/мин	100	3000
Состав абразивной пульпы, в зависимости от типа абразива	Вода (80%) + кварцевый песок (20%) Вода (80%) + сферическая литая дробь (20%)	Колотая стальная (из сферической) дробь
Система распределения абразивной смеси (пульпы)	Дождевая (ручное дозирование)	Дождевая (автоматическое дозирование, контроль)
Кинематика движения пильной рамы	Маятниковое движение	Маятниковое движение, маятниковое-выпрямленное на некоторых моделях
Маятниковая подвеска	Одинарная (ручное регулирование)	Одинарная или двойная (автоматическое регулирование)
Тип используемой пилы	Гладкая	С бороздками
Тип пильной рамы	Жесткая фиксированная	Сменная

Скорости рабочей подачи при распиловке стальными полосовыми пилами даны в таблице 3.1.14.

В таблице 3.1.15. даны основные размеры зубков импортных алмазных полосовых пил.

Таблица 3.2.14.

<b>Размеры зубков, мм</b>			
<b>Длина зубка</b>	<b>Толщина</b>	<b>Высота</b>	<b>Высота алмазной части</b>
<b>Горизонтальные станки (пилорамы)</b>			
20	4,8	7	5
20	5,0	7	5
20	5,5	7	5
20	6,0	7	5
<b>Вертикальные станки</b>			
20	3,6	7	5
20	4,2	7	5
20	4,8	7	5
20	5,2	7	5
<b>Одноштрипсовые станки для окварцованных гранитов</b>			
24	6,2	10	10

Таблица 3.1.15.

<b>Режимы резания при распиловке на рамных станках с прямолинейным движением резания алмазными пилами</b>	
<b>Материал по Европейской классификации (раздел 1)</b>	<b>Рабочая подача, мм/час</b>
Гранит 3 кл.	60-140
Гранит 2 кл.	60-160
Гранит 1 кл.	80-180
Базальт, тешенит, известковые песчаники	90-200
Мрамора кристаллические	200-250
Плотные известняки с включениями, плотные туфы и др.	220-280
Мраморизованные известняки	180-320
Чистые известняки, травертины, доломиты	200-340
Пористые туфы, ракушечники	280-500

Сложность и несбалансированность алмазных плоских пил требует ряда ограничений при их эксплуатации:

- производит врезание вначале при минимальных (около  $S$  от расчетной) подачах, с постепенным увеличением подачи до расчетной;
- тележка и блоки должны быть надежно зафиксированы с жесткой фиксацией блока.

Сложность и несбалансированность алмазных плоских пил требует ряда ограничений при их эксплуатации:

- производит врезание вначале при минимальных (около  $S$  от расчетной) подачах, с постепенным увеличением подачи до расчетной;
- тележка и блоки должны быть надежно зафиксированы с жесткой фиксацией блока.

Основные конструкции полосовых пил даны на рис. 3.1.30. В настоящее время из-за появления новых станков с увеличенным размером рабочего пространства наблюдается тенденция увеличения длины пил и увеличения их количества на пильной раме.

Стальной корпус полосовых пил является высокотехнологичным изделием с сложной технологией обработки и изготавливается из высокотехнологичных легированных сталей.

Зарубежные фирмы производители подобных пил имеют запатентованные технологии и материалы этих пил и значительный опыт их производства. Основные дефекты алмазных пил и пиленых изделий и методы их устранения приведены в таблице 3.1.16.

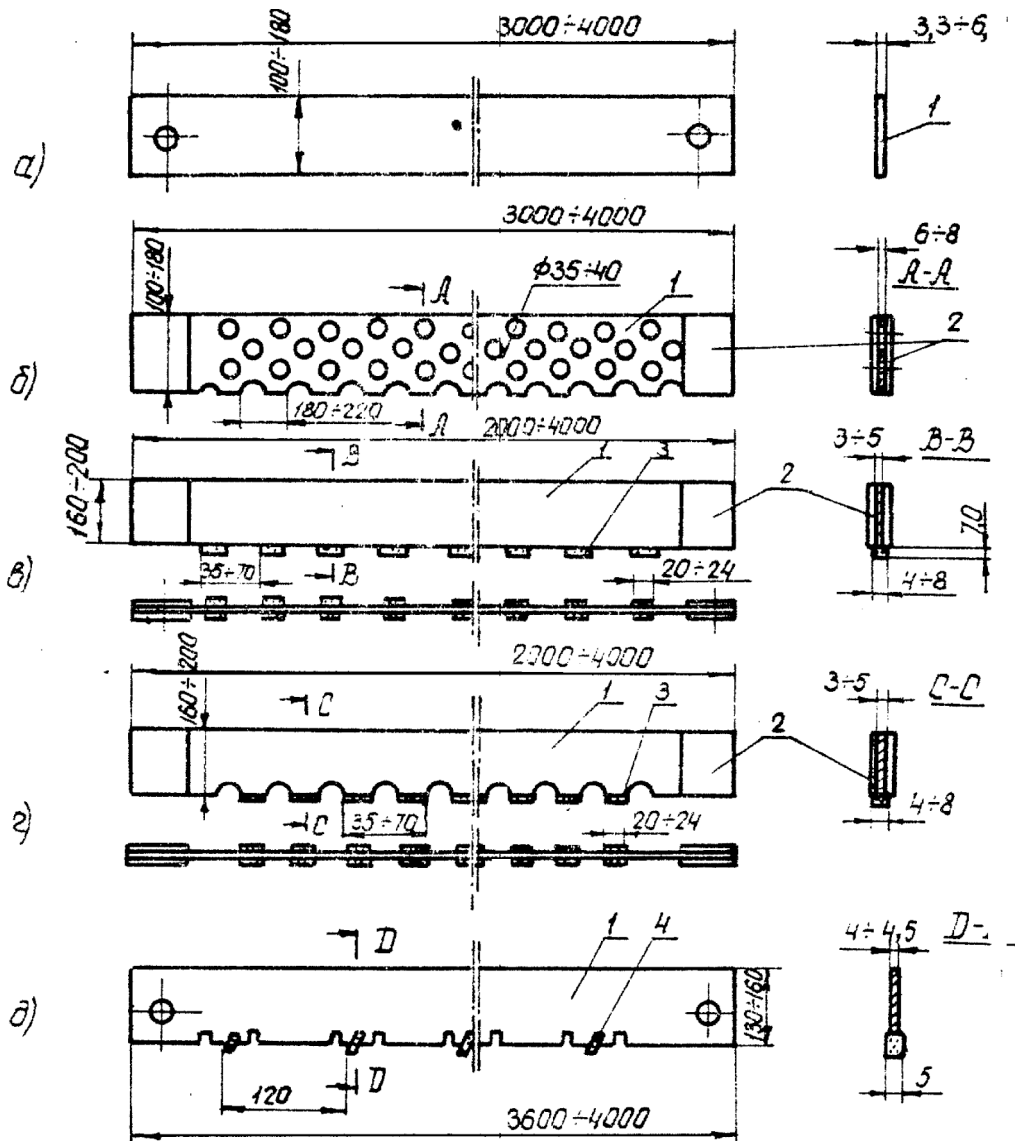


Рис. 3.1.30. Основные конструкции полосовых пил из отечественных сталей.

- а – гладкая пила (сталь 65Г),
- б – гладкая перфорированная пила,
- в – алмазная, пила без пазов (сталь 65Г или 60Г),
- г – алмазная пила с пазами (сталь 65Г или 9ХФ),
- д – твердосплавная пила: 1 – корпус пилы, 2 – стальные накладки, 3 – алмазные бруски, 4 – твердосплавный резец из сплава ВК8

### Основные дефекты алмазных пил и пиленых изделий и методы их устранения

Таблица 3.1.16

Различная степень износа зубков. Сильный износ с одного конца пилы	Проверить горизонтальность монтажа пил и отрегулировать
Сильный износ зубков с обоих концов пил	а) недостаточный прогиб пилы, регулируется натяжением эксцентрика.; б) алмазный участок пилы короток по сравнению с общей

	длиной пилы
Сильный износ зубков в середине пилы	а) большой прогиб пилы, регулируется натяжным устройством эксцентрика; б) слишком короткий распиливаемый блок
Низкая стойкость зубков или корпуса пилы	а) недостаточное охлаждение, увеличить подачу охлаждающей жидкости; б) короткий распиливаемый блок, выставить 2 блока в) большие межзубковые расстояния, заменить пилу или перепаять зубки; г) сильная вибрация – необходимо найти и устранить источник ; д)неправильная установка блока - переустановить
Неровные пропилы	а) проверить вертикальность механизма станка и пил; б) проверить параллельность пил относительно линии перемещения рамы или направляющих рамы и отрегулировать; в) проверить прогиб пил и отрегулировать; г) проверить натяжение пил и отрегулировать; д) проверить вскрытие алмазов на зубках, при необходимости вскрыть зубки абразивом или увеличить подачу; е) увеличить подачу охлаждающей жидкости
Вибрация при распиловке, разрушение продукции	а) проверить прогиб пилы и при необходимости увеличить натяжение эксцентриком; б) проверить натяжение пил и при необходимости отрегулировать; в) увеличить подачу, особенно при новых пилах; г) дифференцированно изменить межзубковые расстояния

Отечественные алмазные пилы выполняются в виде стальной полосы из пружинной стали 65Г или стали 9ХФ с напаянными на нее алмазосодержащими брусками и имеют более низкое качество чем импортные. Для равномерного охлаждения алмазных брусков в некоторых случаях на корпусе пилы делаются температурные пазы. Основные размеры отечественных полосовых пил даны в таблице 3.1.17.

Таблица 3.1.17

## Основные размеры отечественных алмазных полосовых пил при общей длине алмазных брусков – 24 мм

Обозначение	Общая длина, мм	Длина рабочей части, мм	Высота зубков, мм	Толщина алмазных зубков, мм	Шаг зубков, мм	Общее количество алмазных зубков, шт.	Содержание алмазов в пиле, карат, при концентрации	
							25%	50%
<b>По ТУ-2-037-102-73</b>								
3405-0001	2000	1624	7,0	7	50	33	29,7	59,4
3405-0002	2000	1624	7,0	7	70(100)	20	18,0	36,0
3405-0003	2000	1624	7,0	8	35	20	22,0	44,0
3405-0011	2000	1624	7,0	7	35	70	63,0	126,0
3405-0012	3500	2439	7,0	8	50	50	77,0	147,0
3405-0013	3500	2439	7,0	7	50	50	45,0	90,0
3405-0014	2500	2474	7,0	8	50	50	55,0	105,0
3405-0021	3500	2474	7,0	7	50	50	63,0	126,0
3405-0022	3806	2439	7,0	8	35	70	77,0	147,0
3405-0023	3800	2439	7,0	7	35	70	45,0	90,0
3405-0024	3800	2474	7,0	8	50	50	55,0	105,0
3405-0031	4000	2814	7,0	7	50	50	30,6	61,2
3405-0032	4000	2814	7,0	8	70(100)	34	37,4	71,4
<b>По ТУ 2-037-290-80</b>								
3405-0033	3500	2474	7,0	7	50	50	45,0	90,0
3405-0034	3800	2474	7,0	7	50	50	45,0	90,0
3405-0035	4000	2814	7,0	7	7(100)	34	30,6	61,2

Высота корпусов пил составляет по ТУ2-037-102-7 – 106мм, а по ТУ2-037-290-80 - 180+200мм, толщина корпуса – 5 мм.

Твердосплавные штрипсовые (полосовые) пилы, предназначенные для распиловки мягких пород, могут работать без охлаждения с достаточно высокой производительностью, однако они вытесняются алмазными пилами, что объясняется необходимостью их периодической заточки, невозможностью эксплуатации при наличии в породе твердых включений.

Подбор связок, марок алмазов и их зернистости производится у алмазных полосовых пил, так же как и для алмазных отрезных кругов.

Основным достоинством полосовых пил является возможность распиловки крупных блоков камня, а также возможность установки на станках одновременно до 160пил. К недостаткам этих инструментов относятся малая производительность (рабочая подача), из-за невозможности получения высоких скоростей резания (до 1,2 м/с), значительный расход алмазов, значительные габариты и вес станочного оборудования.

### РАСПИЛОВКА НА СТАНКАХ С ДИСКАМИ – ГИГАНТАМИ

Ограниченное применение для распиловки нашли станки с дисками гигантами диаметром 2000-4000мм иногда до 5000мм. В основном эти станки используются для распиловки гранита на изделия больших толщин. В основном это станки с одним отрезным кругом (рис. 3.1.31.) режет с двумя параллельно работающими отрезными кругами. Подобные станки позволяют выпиливать изделия высотой до 1500мм, длиной до 4000мм. Станки оснащены электронной системой контроля и управления, позволяющей регулировать длину хода круга, вращение поворотного стола тележки с блоком, ускоренный обратный ход круга, способность работы в циклическом режиме. Недостатком метода является большой расход материала (толщина пропила до 30мм), высокое энергопотребление и расход инструмента.

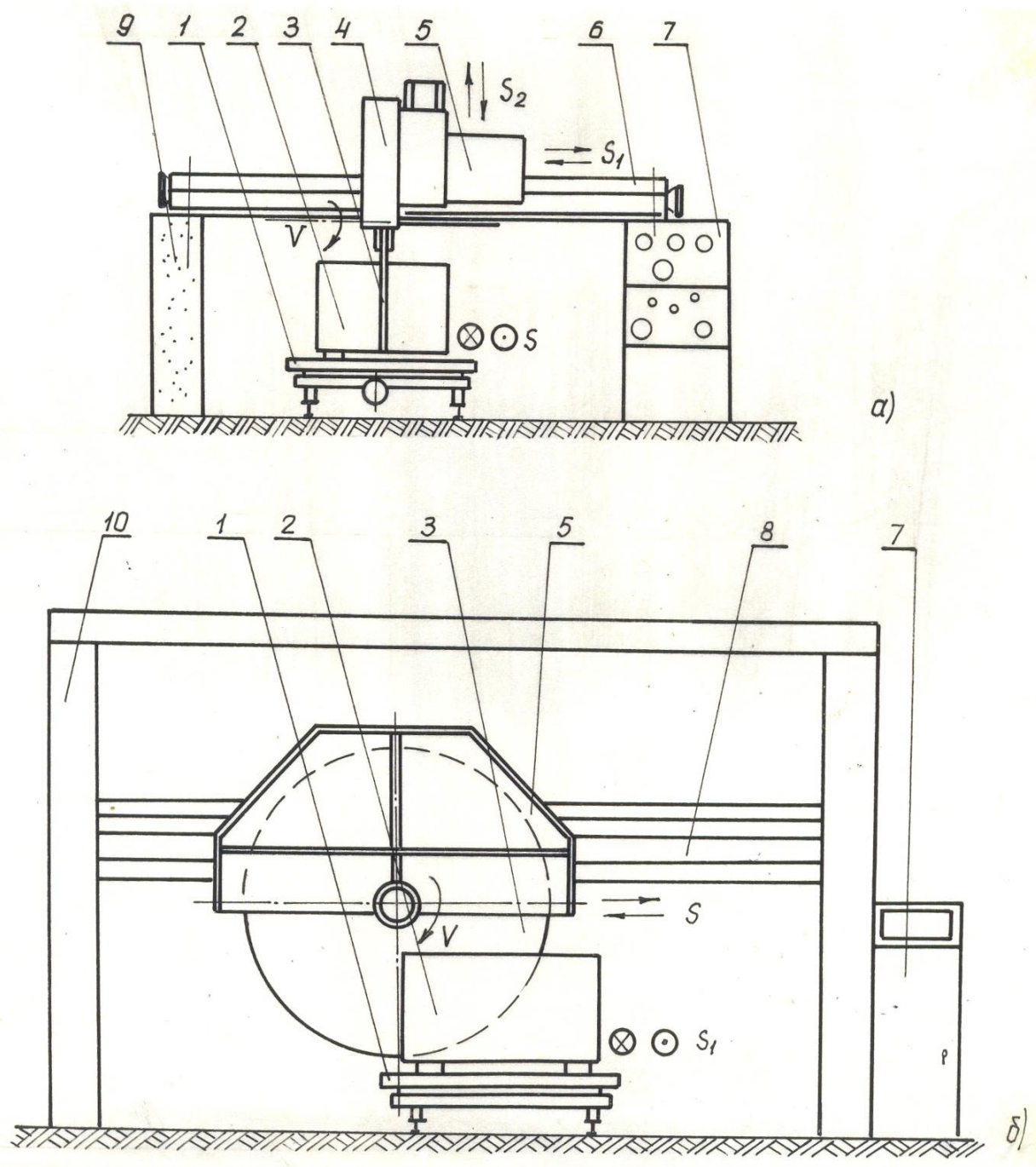


Рис. 3.1.31. Схема компоновки мостового (а) и порталного (б) отрезных станков с отрезным кругом гигантом. 1 – тележка для установки блока; 2 – распиливаемый блок; 3 – алмазный отрезной круг; 4 – защитный кожух круга; 5 – суппорт; 6 – направляющая траверса портала; 7 – пульт управления; 8 – мост; 9 – железобетонные опоры моста; 10 – колонны портала.  $V$  – скорость вращения (резания) круга;  $S$  – рабочая подача;  $S_1$  – установочное перемещение блока (б) или отрезного круга (а).

Режимы резания алмазными кругами – гигантами даны в таблице 3.1.18.

Таблица 3.1.18.

Режимы резания отрезными алмазными кругами-гигантами (диаметр 2000-3500 мм) и фрезерными кругами (диаметр 250-800) ("Dellas")				
Класс гранитов Европа, раздел 1	Круги-гиганты		Фрезерные круги	
	скорость резания, м/с	производительность, см <sup>2</sup> /мин	скорость резания, м/с	производительность, см <sup>2</sup> /мин
1	30-35	550-600	32-35	600
2	30-35	450-550	32-35	500
3	25-30	350-400	28-32	400
4	20-25	250-300	28-32	300
5	220-25	150-200	25-28	200

### РАСПИЛОВКА НА СТАНКАХ С АЛМАЗНЫМИ ЛЕНТОЧНЫМИ ПИЛАМИ

Распиловка с помощью ленточных пил применяется редко, для мягких известняков и аналогичных материалов. Схема ленточной установки дана на рис. 3.1.32.

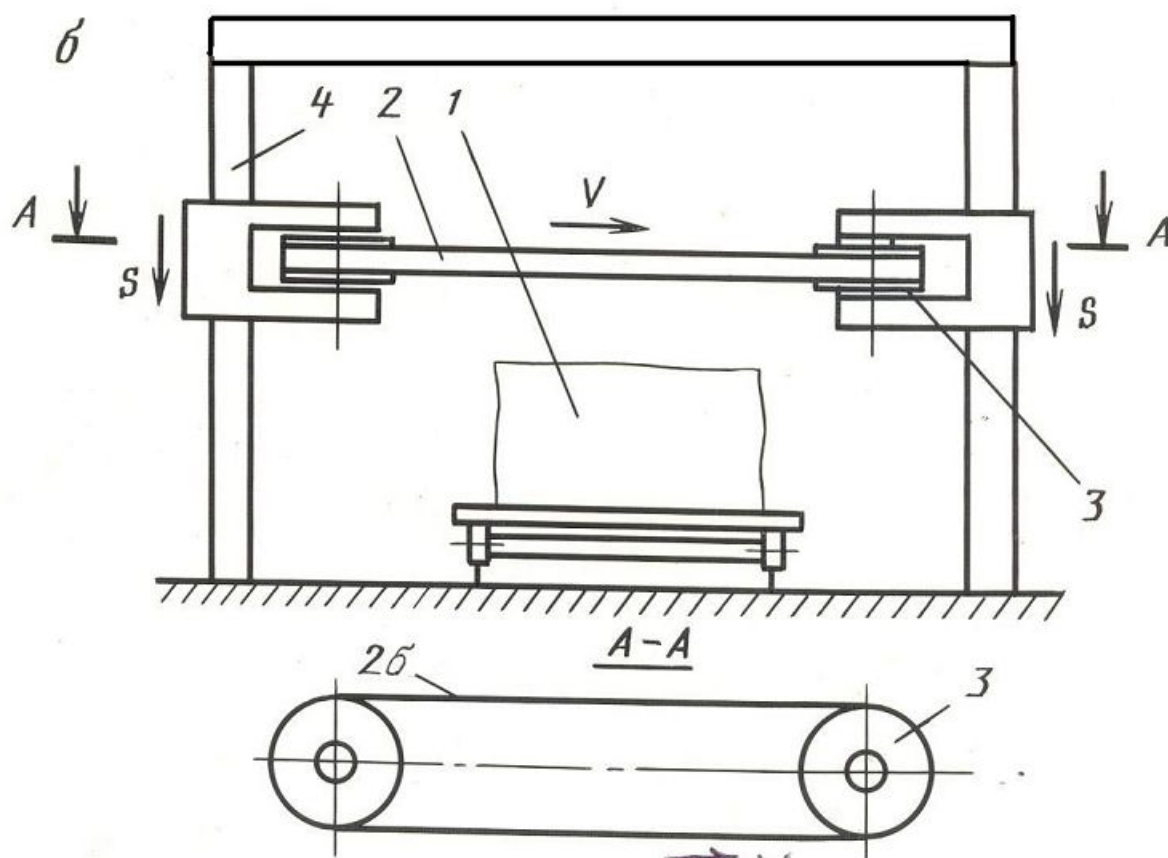


Рис. 3.1.32. Схема установки с ленточной алмазной пилой. 1 – тележка с распиливаемым блоком; 2 – алмазная ленточная пила; 3 – приводной и холостой шкивы; 4 – порталная



станина (показана частично); V – направление резания; S – направление рабочей подачи инструмента.

Ленточная пила представляет собой непрерывную гибкую стальную ленту с напаянными к ее нижней кромке алмазными зубками. Подача воды в зону резания под давлением создает в зоне резания водяную «подушку», снижающую усилия трения. Станок для ленточного пиления представляет собой порталную конструкцию, на двух боковых колоннах могут перемещаться вверх-вниз система из двух шкивов (одного ведущего и одного ведомого). В отличие от канатной установки оси вращения шкивов вертикальны. Основными преимуществами данных установок являются: высокая производительность, точность и чистота реза, возможность автоматизации, минимизация отходов. Недостатки – низкая стойкость корпуса пилы, значительный расход воды.

### **МНОГПИЛЬНЫЕ КАНАТНЫЕ УСТАНОВКИ**

Новинкой последних лет являются стационарные многоканатные (до 60 шт.) установки, использующие одновременно несколько параллельно работающих канатных контуров. Применяются два типа этих установок.

А) Установки, состоящие из двух расставленных относительно друг друга узлов с длиной каждого каната до 60 метров. Приводной узел этой установки представляет собой портал с закрепленным на нем приводным шкивом и узлом возврата канатов на расстоянии от приводного узла. Блок располагается между этими узлами и распиливается одновременно набором канатов в количестве до 20 штук диаметром обычно 8мм и длиной до 60м.

В) Установки имеющие структуру обычной стационарной установки, более ранняя модификация. Длина канатов в этом случае приблизительно 25 метров и мощность привода 55 – 125 кВт. Натяжение каждого каната индивидуально и чаще всего осуществляется гидравлической системой. Расстояние между канатами (толщина изделия) осуществляется отдельным электроприводом.

Преимуществом данной технологии является универсальность – возможность обрабатывать гранит и мрамор, плавное автоматическое регулирование скорости и подачи каната, легкая замена инструмента, возможность получать изделия разной толщины, возможность быстро изменять толщину выпиливаемых плит, возможность автоматизации процесса, малое время холостых ходов, меньший вред окружающей среде

Это наиболее современные установки, позволяющие за счет одновременного параллельного использования до 60 алмазных канатов получить большую производительность и, в некоторых случаях практически неограниченную длину резания (обрабатываемых заготовок).

Эти установки бывают 2-х типов: 2-х корпусные машины (наиболее современные) и машины с традиционной структурой в виде цельной порталной рамы, на которой закреплены 2 шкива: приводной и шкив натяжения.

### **ФАКТУРНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ.**

Поверхности, полученные в процессе распила камня чаще всего подвергаются различным видам фактурной обработки для придания требуемому декоративному виду или с целью защиты от внешних воздействий. В таблице 3.1.19. даны основные типы таких фактур и соответствующие операции для их получения.

Таблица 3.1.19.

Тип поверхности	Фактура	Тип операции
Плоская поверхность	Поверхность после добычи камня в карьере	Естественная фактура, полученная в карьере без применения техники -

	Фактура скола	Раскалывание на камнекольных прессах, теска на камнетесных станках
	Пиленная фактура	- поверхность после штрипсового распила; - поверхность после распила алмазными отрезными кругами; - поверхность после алмазно-канатного пиления
	Ударная фактура	- точечная ударная фактура различными инструментами (шпунтами, бучардами, фасонными молотками, пескоструйная обработка); - линейная ударная фактура различными инструментами (скребками, долотами, скарпелями, ножами, насечками и др.)
	Шлифованная фактура	- калибровка; - шлифовка; - полировка; - лощение; - тонкая шлифовка
	Фактура после обработки химией	Химическая обработка с получением неоднородной по высоте фактуры
	Искусственное старение, «антик»	Алмазными или абразивными инструментами (щетками)
	Искусственное старение водой	Обработка водой, с добавлением абразива, под высоким давлением
	Лазерная фактура	Обработка лазером с получением неравномерной фактуры
	Термообработанная фактура	Обработка открытым огнем с помощью горелок
Кромки, торцы	Все виды обработок поверхностей нанесенные на конечные поверхности изделий из камня	- все элементы стыков между горизонтальными и вертикальными облицовочными элементами; - все виды обработок кромок изделий из камня, стыкуемых с другими материалами при строительстве

Для получения фактуры скола используют различные конструкции камнекольных прессов. На камнекольном оборудовании производится большое многообразие изделий из камня (брусчатка, бордюры, кляйпфлястер, стеновой и рваный камень, различные архитектурные изделия).

Для колки камня применяют камнекольные пресса, различных типоразмеров, оснащенные системами плавающих кольных ножей, позволяющих охватывать неровные поверхности заготовок и создавать раскалывающие усилия.

Крупные пресса с большим усилием сжатия обычно выполняются двухстоечными («п»-образными) и предназначены для заготовительных операций при производстве мелких изделий (брусчатка и др.), либо для производства крупных изделий. Эти пресса очень часто оснащаются рольгангами или конвейерами для подачи заготовок к прессу.

Маленькие пресса с меньшими усилиями выполняются консольными («г»-образными) и предназначены для производства мелких изделий.

К специальному оборудованию для фактурной обработки можно отнести водоструйные, бучардовочные, термообрабатывающие, пескоструйные, камнетесные, виброкопировальные, лазерные и другие установки.

Классические бучардовочные станки с возвратно-поступательными бучардами вытесняются либо специальными установками с вращательной (шарошечной) бучардовочной головкой, либо непрофильными (в основном шлифовальными: коленорычажными, мостовыми, конвейерными, напольными) станками, оснащенными вращательной головкой.

Ударные бучардовочные станки используются в основном для «рустирования», (нанесения ударного линейного рисунка на поверхность камня.) Остальные вышеперечисленные специальные установки представляют собой в основном порталные установки с закрепленными над ними соответствующими операционными головками и конвейерным или рольганговым подающим заготовки устройством, аналогичны оборудованию для металлообработки и здесь не рассматриваются.

Оригинальной, не имеющей аналогов является конструкция виброкопировальных станков для обработки плит с объемным орнаментом («Армкамнерезмаш», Армения), отличающаяся высокой производительностью и простотой. Установка позволяет путем прокачивания абразивной пульпы меду вибрирующей матрицей с нанесенным на нем объемным орнаментом и плитой получать на камне изображения любой сложности.

Характеристика виброкопировального станка СМР-082 («Армкамнерезмаш») для обработки плит с объемным орнаментом:

производительность, м <sup>2</sup> /час:	
– при обработке мрамора	– 0,6
– при обработке туфа	– 0,85
– при обработке гранита	– 0,15
максимальные размеры изделия:	
длина x ширина x высота, мм	– 1200x600x150
размеры обрабатываемой поверхности	– 300x300 мм
масса	– 1600 кг

Пескоструйные станки предназначены для фактурной обработки (старения) лицевой поверхности каменных изделий за счет обработки поверхностей струей сжатого воздуха с содержанием кварцевого песка. Микроцарапание частицами песка позволяет придать поверхности состаренной (изношенной) фактуры.

Аналогичную фактуру можно получать при обработке струей воды содержащей частицы абразива (river-washed) при более высокой производительности.

Камнетесные станки позволяют заменить ручную операцию тески камня с помощью ударной тески на более производительную механическую. При этом возвратно-поступательное перемещение индентора (закольника) станка полностью имитирует ударные движения камнетеса.

Огромное разнообразие станков для фактурной обработки освещается в соответствующей литературе (9,10)

### **ФРЕЗЕРОВАНИЕ (ОКАНТОВКА) ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАМНЯ И НАРЕЗАНИЕ ЗАГОТОВОК ПОД РАЗМЕР (CUT-TO-SIZE).**

Эти технологические процессы предназначены для распиловки слэбов на конечный продукт с использованием алмазного отрезного круга. Станки для этой операции довольно разнообразны. Условно по конструктивным особенностям можно разделить на следующие типы.

А) Консольные станки с перемещением заготовки на тележке или платформе под консольно закрепленным отрезным кругом. В настоящее время подобные станки

используются для распиловки небольших цехах (производство подоконников, ступеней, столешниц и др.) или, чаще всего, в переносном варианте на стройплощадках. При этом режущая головка с алмазным кругом может совершать вертикальные или поперечные установочные движения. В некоторых станках головка может поворачиваться под углом к горизонту для осуществления наклонных резов. Эти станки в основном применяются с ручным приводом, выполняют почти все технологические операции и достаточно малопродуктивны. Современные станки с автоматикой позволяют поднять их производительность при высокой универсальности.

В) Мостовые станки наиболее распространенные станки для проведения данной операции. Благодаря гибкости этих станков они могут работать с отрезными кругами достаточно большого диаметра (более 1000 мм). Эти станки состоят из мостадвигающегося по 2-м поперечным горизонтальным направляющим для установочного позиционирования алмазного круга. Вдоль моста по направляющим перемещается каретка с закрепленным на ней главным рабочим приводом станка, а также шпиндельной группой, на которой крепится алмазный круг. Перемещение каретки вдоль моста осуществляет рабочую подачу отрезного круга. Перемещение моста и каретки позволяет перемещать отрезной круг в любую точку слэбов или пакета слэбов, расположенных на нижней платформе или столе и производить резание. В большинстве случаев стол (платформа) может поворачиваться на 360° относительно вертикальной оси. Некоторые столы могут перемещаться вверх-вниз. Рабочая головка с отрезным кругом обычно может поворачиваться под углом к горизонту для осуществления наклонных резов. Простота и надежность этих станков позволяет делать быстрые автоматизированные установочные движения, программировать рабочий цикл. Это многоцелевые станки способные не только распиливать камень, но и получать фасонные изделия любой формы, при наличии цифрового программного управления. Существуют различные приставки к этим станкам позволяющие сделать их наиболее универсальным видом оборудования:

- приставки для производства сложных тел вращения;
- лазерные устройства для показа направления резания;
- откидные и приставные роликовые приставки для облегчения погрузки и разгрузки слэбов;
- дополнительные опускающиеся шаровые опоры на столе для ручной загрузки слэба на стол;
- электронные (сканирующие) и механические копирующие устройства, позволяющие при согласованном вращательном движении стола производить как прямолинейные, так и криволинейные фасонные изделия;
- ручной или автоматический регулятор частоты вращения алмазного круга, позволяющий обрабатывать любые материалы;
- вакуумное устройство для подъема и перемещения слэбов;
- цифровой камерой позволяющей выводить на экран дисплея и редактировать существующую фасонную поверхность и изготовить ее в автоматическом режиме.

С) Многодисковые станки непрерывного резания в основном используются в автоматических или поточных линиях для многодисковой распиловки слэбов на заданные размеры с максимальной производительностью. Они в основном используются для производства стандартных или модульных плит, распиливая слэбы на полосы стандартных размеров, с точностью до десятых долей миллиметра. В зависимости от модели станок может делать несколько одновременных параллельных резов на граните глубиной до 40-50мм. Станки эти бывают 2-х типов:

- станки с жестко закрепленным мостом, на котором фиксируются режущие головки с алмазными кругами, под которым перемещаются слэбы на конвейере или тележке, обеспечивая одновременную распиловку слэба на полосы;
- и станки поперечного пиления, у которых резание слэба осуществляется за счет поперечного циклического возвратно-поступательного движения режущей головки с

отрезными кругами относительно поступательного движения слеба или полосы, перемещаемых с помощью конвейера, тележки или рольганга.

### **ПРИМЕНЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИЛИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.**

К этому виду относится оборудование для маркировки, для фрезерования или сверления крепежных поверхностей и обработки кромок плит, а также оборудование для пропитки, защиты и укрепления структуры камня. Для этого используются фасонные фрезы, сверла, углошлифовальные головки, которые нарезают пазы, отверстия, желобки, обрабатывают кромки плоских и фасонных изделий, гравировальные машинки и машины для промышленного мозаичного производства. Для маркировки камня используются общетехнические средства применяемые при маркировке стройматериалов или иных продуктов выпускаемых на поточных или автоматизированных линиях. Подобные устройства встраиваются в автоматизированные линии по производству стандартных плит или слябов, а также применяются при упаковочных операциях.

Множество архитектурных изделий (ступени, столешницы, подоконники, перила, парапеты, крышки, др.) требуют обработки кромок, что позволяет убрать с кромок следы распила и придать им высокие декоративные свойства. Форма этих кромок имеет большое разнообразие и задается архитекторами и дизайнерами. С целью обработки кромок применяются различные фасонные фрезы, которые используются на различных стационарных или передвижных малогабаритных установках. Толщина обрабатываемых кромок колеблется в широких пределах, но наиболее распространены изделия толщиной 20-40мм. Для подобных изделий применяется ряд фасонных фрез массово выпускаемых специализированными предприятиями. Эти фрезы изготавливаются путем гальванических процессов осаждения алмазных порошков на фасонную поверхность корпуса фрезы, либо креплением различных фасонных элементов полученных высокотемпературным прессованием порошков, содержащих алмазы на корпус фрезы. Наиболее широко распространенные профили подобных фрез приведены на рис. 3.1.33.

С расширением ассортимента применяемых каменных материалов, а также с ужесточением требований к эксплуатационным и декоративным характеристикам, появились множество технологических операций, упрочняющих структуру камня, улучшающих его декоративные характеристики. При этом появилась возможность вовлечь в производство ряд новых материалов, которые ранее не применялись из-за низкой прочности, малой износостойкости, а также невозможности полной полировки рабочей поверхности. Эти технологии позволяют подкрашивать поверхность камня с улучшением его декоративных характеристик, делать эти поверхности гидрофобными, заполнять поры и каверны и др.

Для изменения поверхностных характеристик рабочей поверхности камня применяют различные пропитки (эпоксидные, полистирольные, полиэфирные и др.) или обрабатывают цементным раствором с добавлением различных красящих пигментов. Для лучшего проникновения пропиток применяют нагрев камня, вакуум, вибрации. После твердения, чаще всего, производится операция шлифовки и полировки с вскрытием модифицированной рабочей поверхности. Иногда поверхность камня обрабатывают различными гидрофобными (водоотталкивающими) составами, улучшающими эксплуатационные характеристики камня и защищающими его от внешних атмосферных, антропогенных и техногенных нагрузок.

В условиях современных автоматизированных производств все подобные операции и технологические процессы осуществляются в условиях автоматизированного производства, где соответствующее оборудование встраивается в автоматизированную линию по выпуску стандартных изделий.

Для упрочнения плоских или фасонных изделий из камня наиболее часто применяется подклейка к нижней нерабочей поверхности различных гибких сетчатых (тканых или нетканых) материалов. Применение эпоксидных или иных клеев с сеткой создает армирующий эффект на нерабочей поверхности камня, упрочняя в целом все изделие.

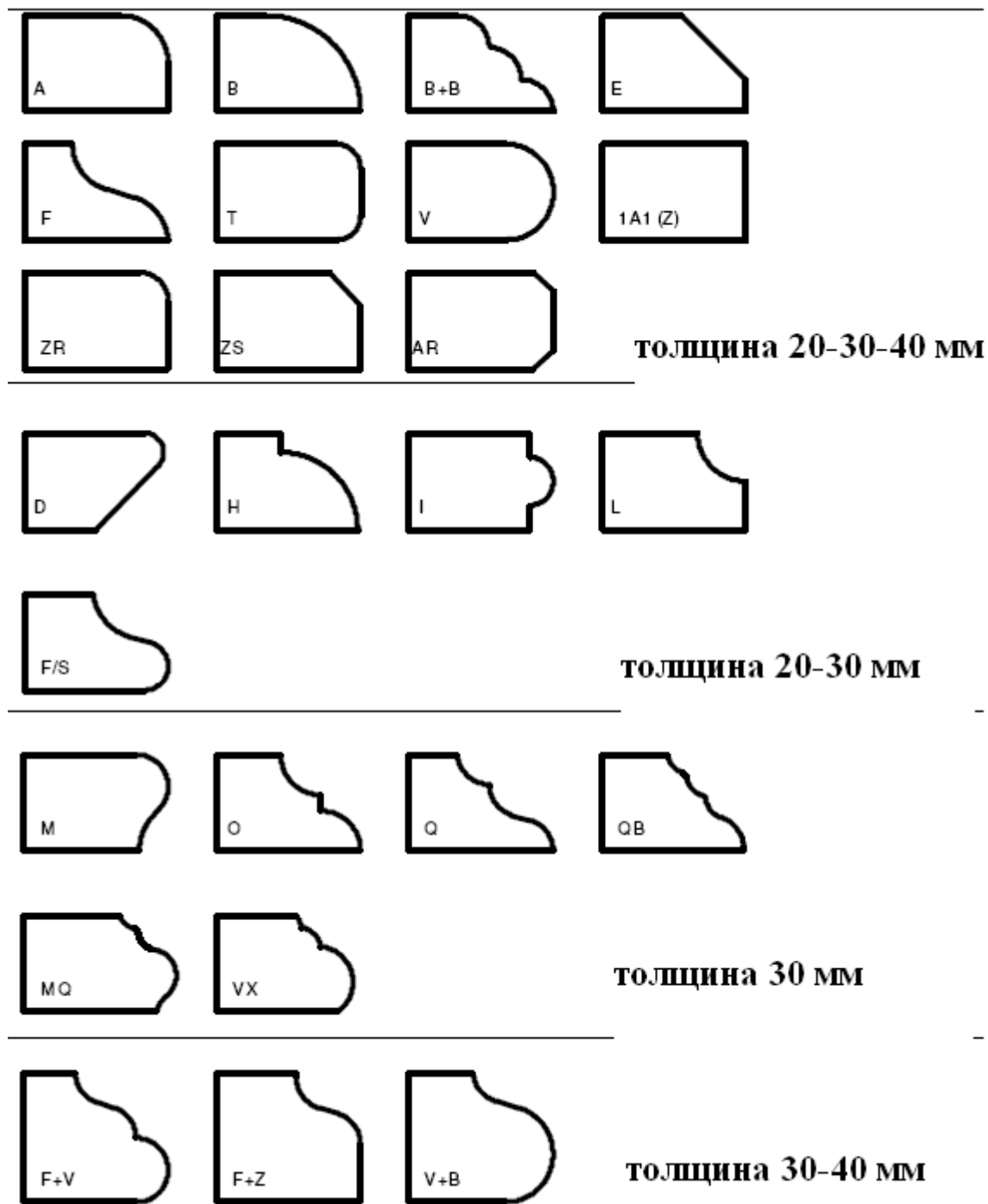


Рис. 3.1.33. Варианты обработки торцов изделий из камня при толщине изделия 20-40мм. По требованию заказчика могут быть и другие формы обработок.

### 3.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА СТАНДАРТНЫХ ПЛИТ (BLOCK-CUTTER CYCLE)

Технологические процессы производства стандартных плит (block-cutter cycle).

Дисковые распиловочные станки для производства плит стандартных размеров чаще всего выпускаются многодисковыми (диаметр отрезных кругов 750-1600 мм).

По конструкции эти станки производятся с ортогональными (подрезными) головками для отделения распиленной плиты от блока и без этих головок, предусматривающих блоки специальных (заранее заданных) размеров.

Станки для распиловки пород малой и средней прочности отличаются относительно меньшим количеством одновременно работающих отрезных кругов (до 15 шт.), а для пород высокой прочности (гранит и др.) большим количеством кругов (15-60 шт.).

Конструктивно эти станки выпускаются в основном двух разновидностей: первая – неподвижным при полном цикле обработки блока («Педрини», F&B и др.) заготовкой и вторая с перемещаемым после осуществления пропила на полную глубину блоком (Simes и др.).

Вторая разновидность обеспечивает меньшую стоимость станка, меньшие габариты и сложность.

Первая разновидность обеспечивает большую точность обработки не во всех случаях оправданную, при большей стоимости и размерах. Ниже в таблице 3.2.1 приведены основные характеристики ортогональных станков некоторых фирм.

Таблица 3.2.1.

Основные характеристики ортогональных станков								
Фирма, страна	Марка/обаб. материал	Максимальные размеры блока, м			Число вертикальных кругов	Диаметр вертикальных кругов, мм	Диаметр горизонтальных кругов, мм	Установленная мощность, кВт
		ширина	длина	высота				
Италия "Simes"	NT2.50/S гранит	3,5	5	2,1-1,9	50	725/1600	400	241
	NT2.32/S гранит	3,5	5	2,1-1,9	32	725-1600	400	200
	NT2.10MG мрамор-гранит	3,5	2,7	2,0	10	725-1600	550-400	157
F&B	F&B гранит	3,5	5	-	30-50	1000-1600	450	132
L&P	LPG40 гранит	2,4	3,7	2,2	40	1300	400	130
	LPG50L	3,7	4	2,5	56	1600	400	185
Dai Prete	Master 12/16 мрамор	20	3	2	1	1200/1600	400	160/180
	Master 12MG/16MG мрамор-гранит	2	3	2	6	12200/1600	400	160/180
	Mega 12/16 гранит	2	3	2	32	1200/1600	400	160/180
	Mega 122/162 гранит	2	3	2	32	1200/1600	400	160
"Педрини"	M586 мрамор	2,15	3,3	2,15	1	1300/1600	400	120/140/160/190
	M584 гранит	2,5/4	3,5	2,25	34	1300/1600	350	190
	M584 мрамор	2,5	3,5	2,25	14	13300/1600	350	118
Армения	СМР-072 гранит-мрамор	1,8	2,8	1,8	1-6	800-1250	315-500	120

Достаточно оригинальной, но редко встречаемой технологией распиловки блоков на крупномерные плиты является технология «лисий хвост», использующая для распиловки ряд расположенных друг за другом алмазных отрезных кругов с постепенно увеличивающимися диаметрами. (рис. 3.2.1.)

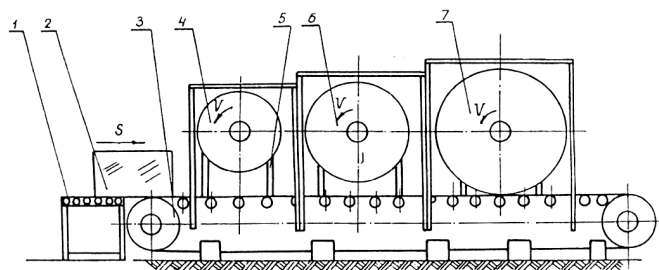


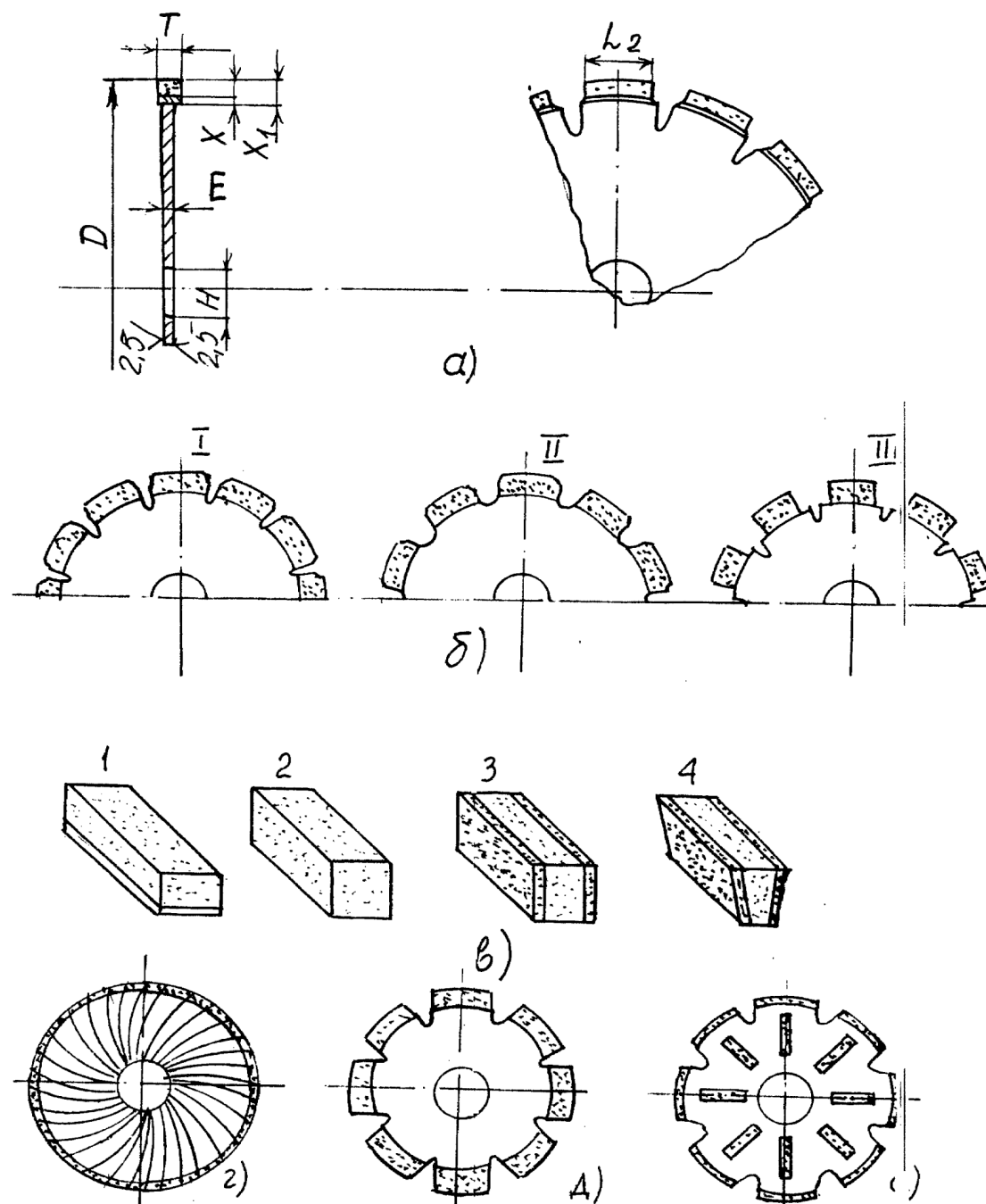
Рис.3.2.1. Распиловка по технологии «лисий хвост» 1-подающий рольганг для подачи блоков под распиловку; 2 – распиливаемый блок; 3 – технологический конвейер для перемещения блоков относительно отрезных кругов; 4, 6, 7 – алмазные круги с увеличивающимися диаметрами; 5 – корпус линии.

Подобная технология при высокой производительности и возможностью полной автоматизации процесса, а также легкой переналадки на выпуск плит разных толщин и размеров, обладает рядом недостатков: необходимость заказывать нестандартные дорогостоящие отрезные круги одинаковых толщин для всей линии, ограничения, связанные с максимальным диаметром отрезного круга

Основным рабочим инструментом для распиловочных станков с вращательным движением являются алмазные отрезные сегментные круги (АОСК). Алмазные отрезные сегментные круги (рис. 3.2.2.) представляют собой стальной диск (корпус) с пазами по периферии с припаянными к его зубкам алмазосодержащими сегментами. Отличительной особенностью работы алмазных отрезных сегментных кругов является их высокая линейная скорость резания (25-70 м/с), обеспечивающая высокую производительность и сравнительно малый удельный расход алмазов.

Основным достоинством алмазных кругов является возможность получения высоких линейных скоростей резания, что обеспечивает высокую производительность и сравнительно низкий удельный расход алмазов.





**Рис. 3.2.2.** Алмазные отрезные круги

а) основные размеры, б) виды пазов и сегменты:

1 – узкий и широкий сегменты, 2 – широкий паз и широкие сегменты, 3 – узкий паз и широкие сегменты.

в) – типы сегментов:

1 – прямоугольные сегменты с неалмазной базой, 2 – прямоугольные сегменты, 3 – прямоугольные сегменты типа «сэндвич», 4 – трапецидальные сегменты типа «сэндвич»,

г) отрезные круги типа «турбо», д) отрезные круги типа «лазер», е) отрезные круги-фрезы

Недостатком алмазных отрезных кругов является малая допустимая глубина резания, равная приблизительно 1/3 диаметра круга.

Основное направление развития подобных инструментов – увеличение его диаметра. В России серийно выпускаются алмазные отрезные круги диаметром до 1250мм, а за рубежом выпускается инструмент диаметром 2500-3500мм, а также уникальные круги до 5000мм диаметром.

Учитывая высокие скорости резания, незначительную толщину корпуса круга, неоднородность камня, к кругам и их установочным элементам предъявляются повышенные требования по точности. Характеристики алмазных кругов, установочных элементов и схема измерения отклонений установочных размеров даны в таблицах 3.2.2, 3.2.3. и рис.3.2.3. (SEA). Некоторые режимные характеристики процесса резания даны в таблице 3.3.4.

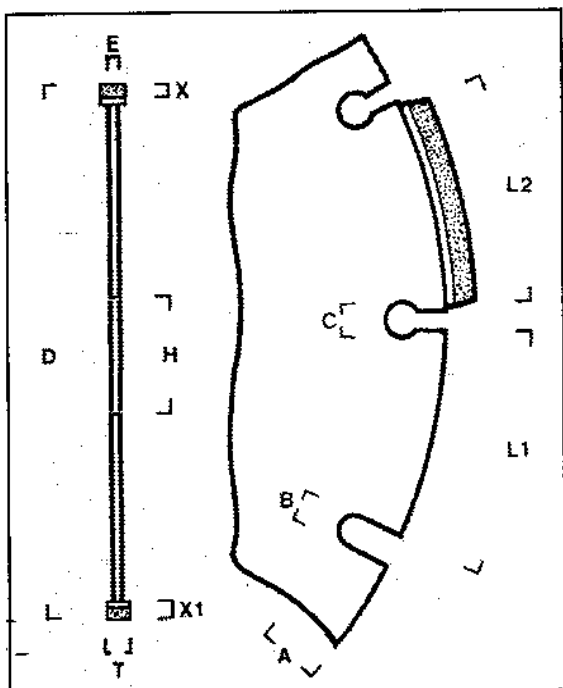


Рис. 3.2.3. Схематическое изображение сегментного алмазного отрезного круга

Размеры круга, мм:

Д - диаметр круга;

Г - ширина сегмента;

Х - высота алмазосодержащего слоя сегмента;

Х1 - полная высота сегмента (зуба);

Е - толщина стального корпуса круга;

Н - диаметр посадочного отверстия;

L1 - длина сегментной поверхности корпуса круга;

L2 –длина сегмента; А-высота зуба стального корпуса; В-ширина межсегментного паза;

С-диаметр межсегментного отверстия.

Таблица 3.2.2.

<i>размеры крепежного фланца (mm)</i>				
<b>Ø</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>J</b>
200	80	10	12	1
250	100	10	10	1
300	120	10	12	1
350	140	12	15	1
400	150	12	15	1
450	160	12	18	1
500	170	15	18	1
550	170	15	18	1
600	180	15	18	1
700	200	20	20	1
800	225	20	20	1
900	250	25	20	1
1000/1100	250	25	20	1.5
1200	300	30	25	1.5
1300	325	30	25	1.5
1400	325	30	25	1.5
1500	350	30	30	1.5
1600	375	40	30	1.5
1750/1800	400	40	35	2
2000	425	50	35	2
2500/2700	450	50	35	2
3000	600	60	40	2

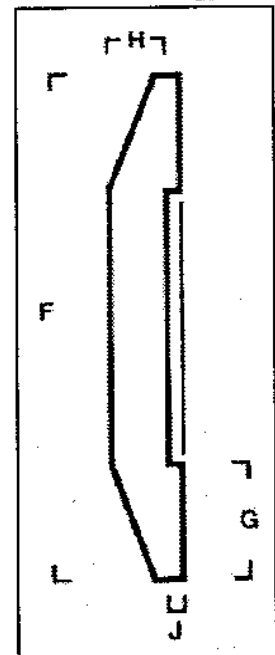
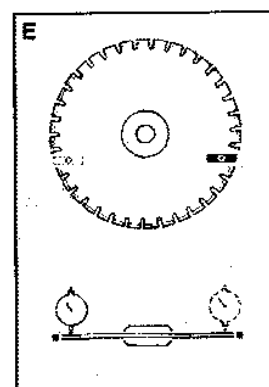
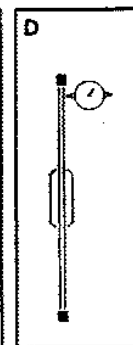
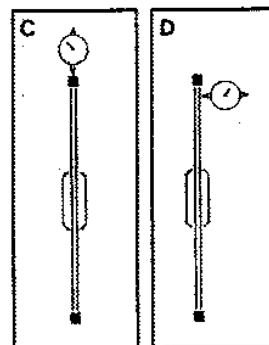
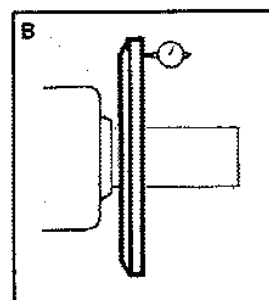
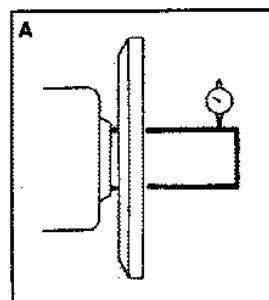


Таблица 3.2.3..

<b>допустимые отклонения основных установочных поверхностей при монтаже алмазного круга (мм)</b>					
<b>Ø</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
200	0.02	0.02	0.15	0.10	0.10
250	0.02	0.02	0.15	0.12	0.10
300	0.02	0.02	0.15	0.15	0.10
350	0.02	0.03	0.15	0.15	0.10
400	0.02	0.03	0.15	0.20	0.20
450	0.02	0.03	0.20	0.20	0.20
500	0.02	0.03	0.20	0.25	0.20
550	0.03	0.03	0.20	0.25	0.20
600	0.03	0.03	0.20	0.30	0.20
700	0.03	0.04	0.20	0.32	0.30
800	0.03	0.04	0.20	0.40	0.30
900	0.03	0.05	0.20	0.45	0.30
1000	0.03	0.05	0.20	0.50	0.30
1100	0.03	0.05	0.20	0.50	0.30
1200	0.03	0.06	0.20	0.60	0.3
1300	0.04	0.06	0.25	0.65	0.40
1400	0.04	0.06	0.25	0.70	0.40
1500	0.04	0.08	0.25	0.75	0.40
1600	0.04	0.08	0.25	0.80	0.40
1750	0.04	0.08	0.25	0.90	0.40
2000	0.04	0.08	0.25	1.00	0.40
2500	0.04	0.10	0.25	1.25	0.50
2700	0.04	0.10	0.25	1.25	0.50
3000	0.04	0.10	0.25	1.50	0.50



Рекомендуемая зависимость мощности главного привода станка от диаметра круга (мм) дана в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.4.

	стандартная скорость резания		высокая скорость резания	
	минимальная мощность HP	максимальная мощность HP	80 м/с HP	90 м/с HP
<b>гранит</b>				
200-250	2	4		
300-400	5	10		
450-550	12	18		
600-625	18	20		
700-750	25	35		
800-900	25	40		
1000-1100	30	45		
1200-1300	40	60		
1400-1600	55	80		
2000	60	90		
2500	65	100		
2700	75	125		
3000	90	150		
<b>мрамор - травертин - песчаник</b>				
200-250	2	5		
300-400	7	12		
450-550	10	20		
600-625	12	25		
700-750	18	40	100	120
800-900	25	50	120	150
1000-1100	30	65	120	150
1200-1300	40	80	130	160
1400-1600	60	90		
2000	65	100		
2500	70	120		
2700	80	150		
3000	100	170		

Мощность KW = HP x 0,736 ; HP - лошадиная сила.

Алмазный отрезной круг высокотехнологичное изделие, легко деформируемое при неправильном хранении. На рис. 3.2.4. приведена схема неправильного, приводящее к деформации, и правильного (подвеска за центральное отверстие в вертикальном состоянии) хранения алмазного круга, а также подготовка установки круга.

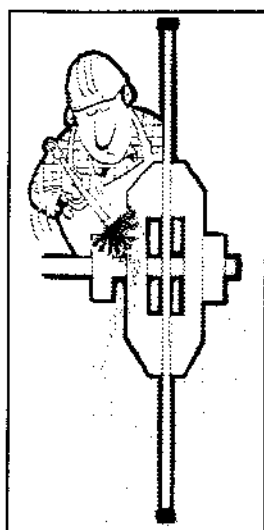
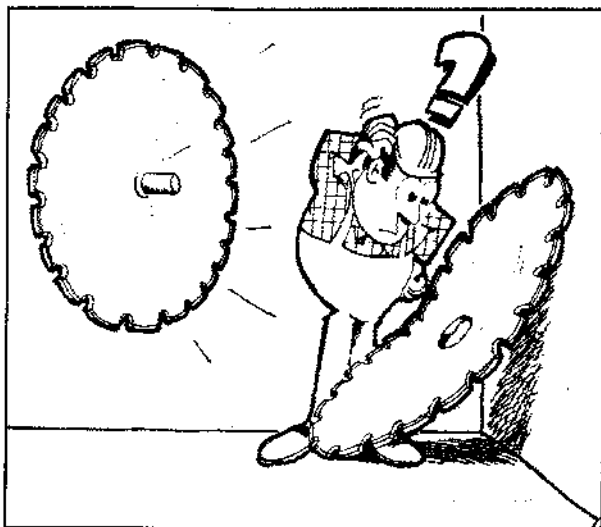


Рис. 3.2.4. Неправильное, приводящее к деформации, и правильное (подвеска за центральное отверстие в вертикальном состоянии) хранение алмазного круга. Очистка установочной поверхности на валу станка при монтаже алмазного круга с 2-мя фланцами.

При установке круга, с целью исключения его деформации (рис. 3.2.5.), усилие затяжки крепежной гайки контролируется с помощью динамометрического ключа, кроме того контролируется направление вращения отрезного круга, обеспечивающее самозатягивание гайки в процессе работы (рис. 3.2.5.)

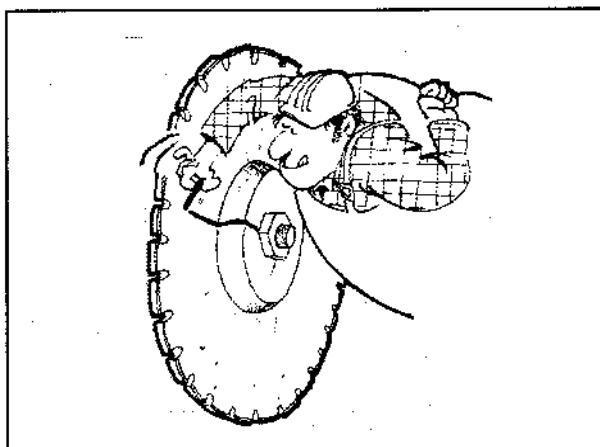
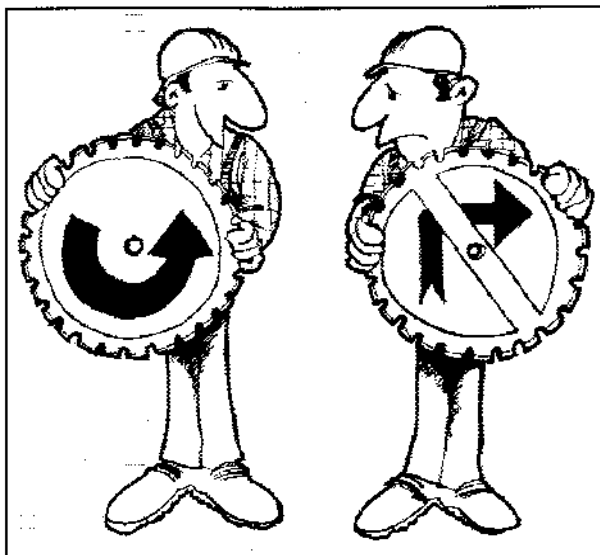


Рис. 3.2.5. Выбор правильного направления вращения алмазного круга с целью автоматической затяжки крепежной гайки.  
Контроль усилия затяжки крепежной гайки алмазного круга.

С целью обеспечения нормальной работы алмазного круга контролируется торцовое биение крепежного фланца, радиальное биение крепежной оси шпинделя (индикатором часового типа), отклонение от вертикали отрезного круга (отвесом) и перпендикулярность плоскости круга рабочей поверхности стола (угольником). (Рис.3.2.6).

На рис. 3.2.7. Дана картина деформации круга при превышении усилия затяжки крепежной гайки.

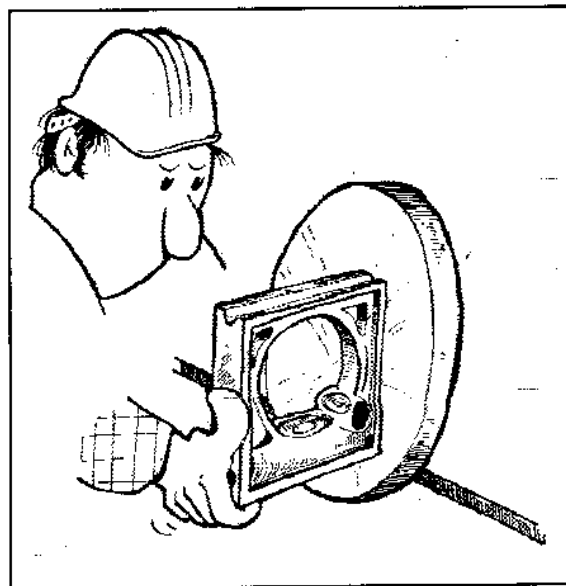
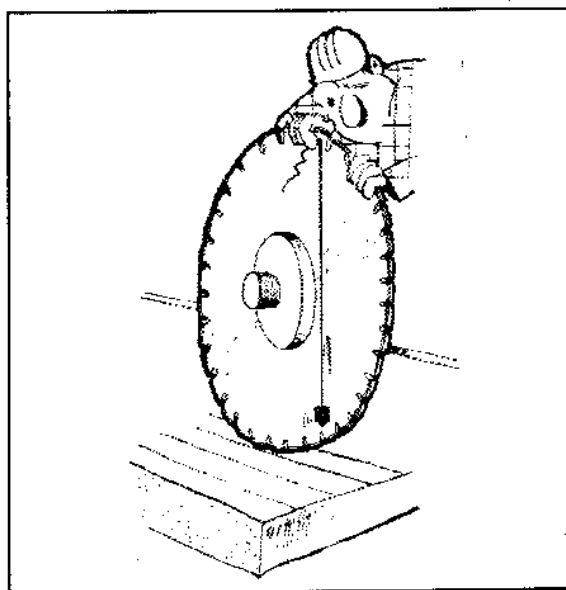
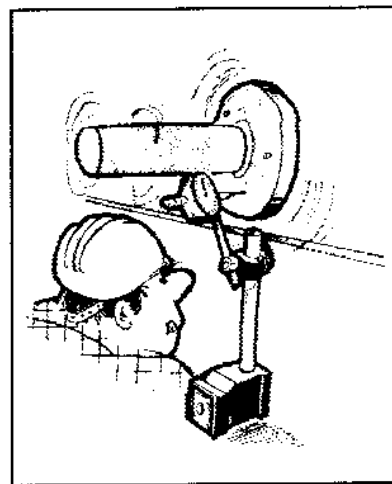
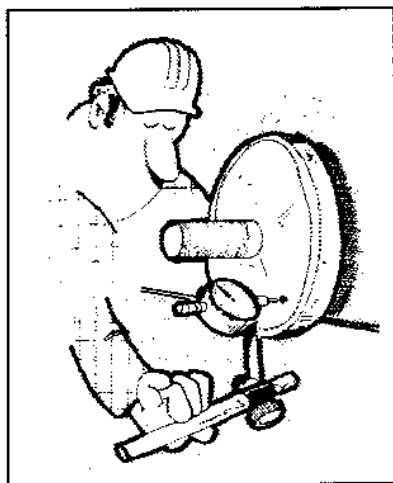


Рис. 3.2.6. Контроль торцового биения крепежного фланца, радиального биения крепежной оси шпинделя (индикатором часового типа), отклонение от вертикали отрезного круга (отвесом) и перпендикулярность плоскости круга рабочей поверхности стола (угольником).

На рис. 3.2.8. Даны схемы контроля радиального и торцового биения отрезного круга с помощью индикатора часового типа.

На рис.3.2.9. дана схема проверки отклонения плоскости круга от хода перемещения стола, контроль плоскостности самого круга, а также аварийная ситуация, возникающая при несоблюдении этих параметров. На рис. 3.2.10. показано верное (круг не врезается в плоскость стола) и правильное (круг врезается в на глубину 25мм в плоскость стола) положение круга относительно стола. В первом случае круг трется о стол и контактирует с камнем по касательной, что приводит к перегреву и возникновению аварийной ситуации.



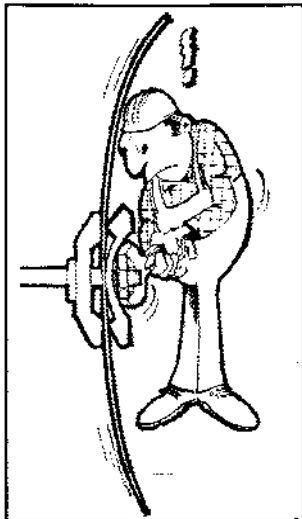


Рис.3.2.7. Деформация круга при превышении усилия затяжки крепежной гайки.

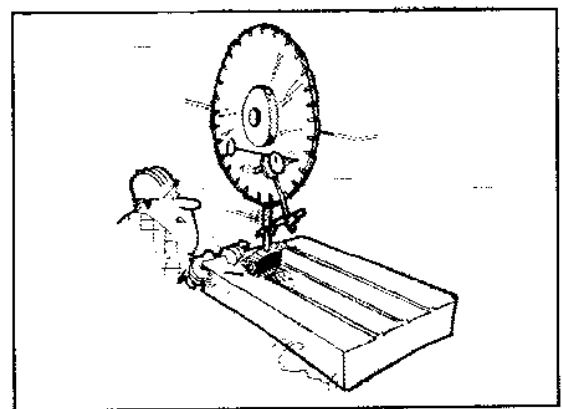
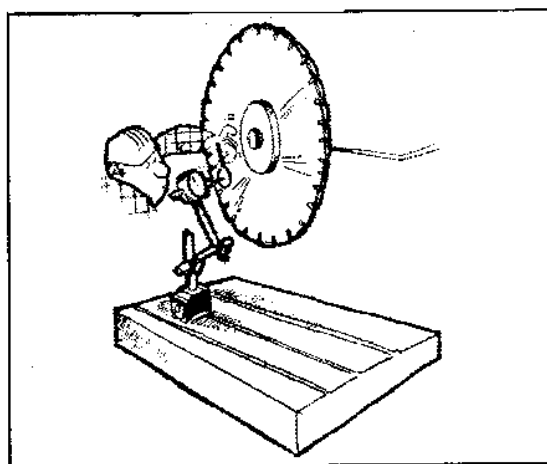
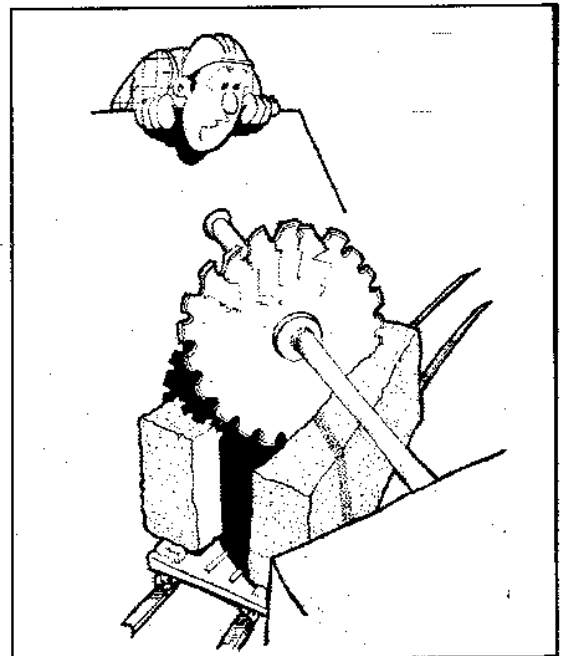
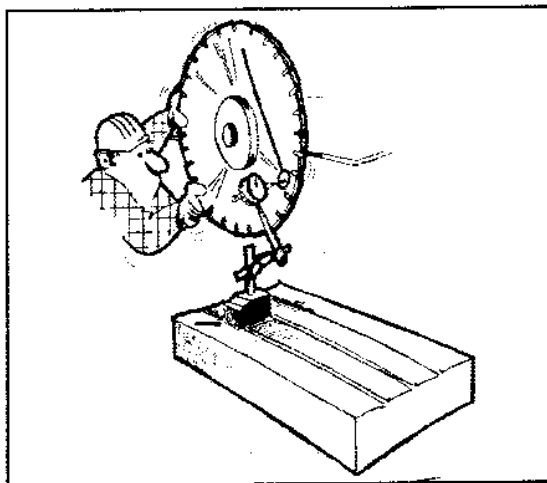


Рис. 3.2.8. Схема проверки отклонения плоскости круга от направления хода перемещения стола, контроль плоскостности самого круга (часовым индикатором), а также аварийная ситуация, возникающая при несоблюдении этих параметров

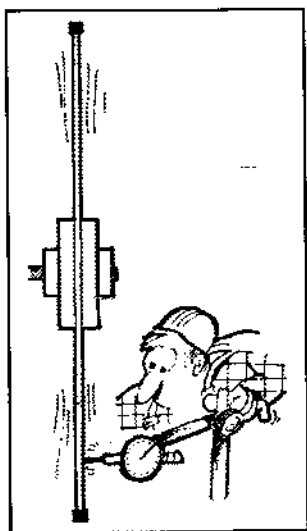
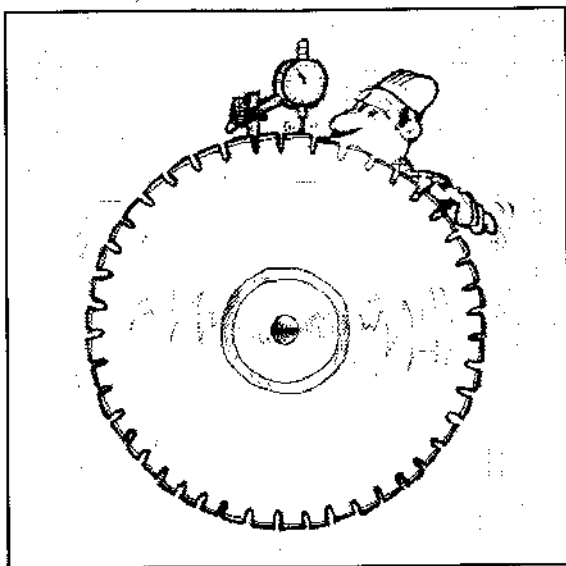


Рис. 3.2.9. Схема контроля радиального и торцового биения отрезного круга индикатором часового типа.

Внизу (рис. 3.2.10.) показана неправильная подача воды в зону резания, когда круг при своем вращении отражает воду от камня и возникшая при этом аварийная ситуация. Правильное направление вращения позволяет затягивать струю воды в распил за счет вращения круга. Кроме того вверху рис. 3.2.10. показано неправильное и правильное (заглубление на 25мм) расположение режущей кромки круга относительно плоскости стола, которое измеряется штангенциркулем или линейкой.

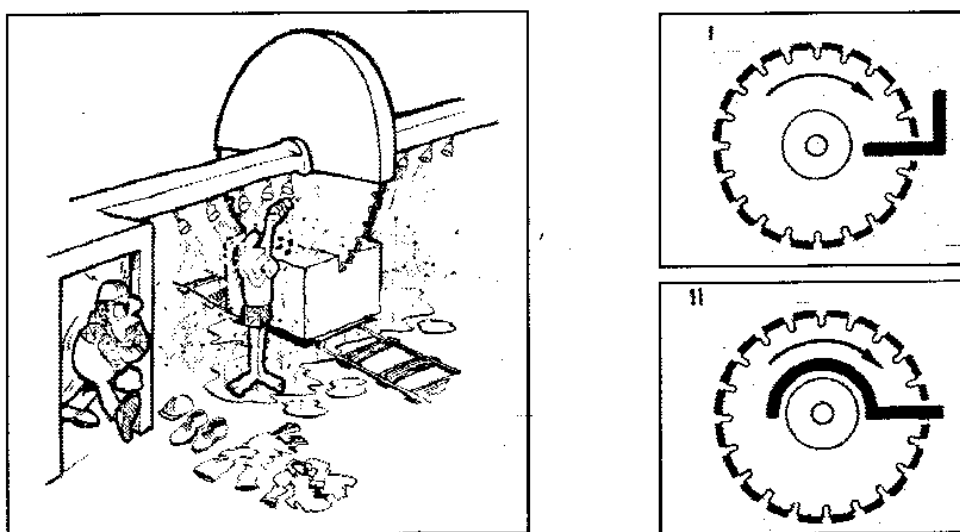
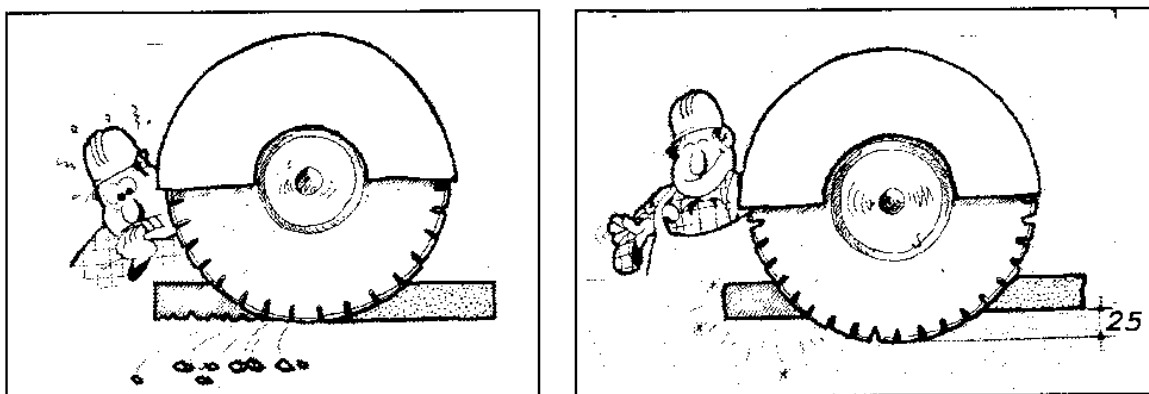


Рис.3.1.10. Вверху показано неправильное (круг не врезается в плоскость стола) и правильное (круг врезается на глубину 25 мм в плоскость стола) положение круга, относительно стола. Внизу показана неправильная подача воды в зону резания, когда круг при своем вращении отражает воду от камня и возникшая при этом аварийная ситуация.

В таблице 3.2.5. даны рекомендуемые окружные скорости алмазных кругов в зависимости от их диаметров и характеристик распиливаемых материалов.

Таблица 3.2.5.

<b>рекомендуемая окружная скорость резания, м/с</b>														
<b>материал</b>	<b>стандартная скорость</b>			<b>высокая скорость</b>										
				<b>100-130 НР</b>					<b>120-160 НР</b>					
<b>твердые граниты</b>	25 to 30			=										
<b>мягкие граниты</b>	30 to 40													
<b>мрамор</b>	40 to 50			80					90					
<b>травертин</b>	45 to 60			80					90					
<b>песчаники</b>	40 to 65													
<b>зависимость скорости вращения круга (об/мин) от скорости резания (м/сек)</b>														
0	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
200	2390	2870	3340	3820	4300	4780	5250	5730	6210					
250	1910	2290	2670	3060	3440	3820	4200	4580	4970					
300	1590	1910	2230	2550	2870	3180	3500	3820	4140					
350	1360	1640	1910	2180	2460	2730	3000	3270	3550					
400	1190	1430	1670	1910	2150	2390	2630	2870	3100					
450	1060	1270	1490	1700	1910	2120	2330	2550	2760					
500	960	1150	1340	1530	1720	1910	2100	2290	2480					
550	870	1040	1220	1390	1560	1740	1910	2080	2260					
600	800	960	1110	1270	1430	1590	1750	1910	2070					
700	680	820	960	1090	1230	1360	1500	1640	1770	1910	2050	2180	2320	2460
800	600	720	840	960	1070	1190	1310	1430	1550	1670	1790	1910	2030	2150
900	530	640	740	850	960	1060	1170	1270	1380	1490	1590	1700	1800	1910
1000	480	570	670	760	860	960	1050	1150	1240	1340	1430	1530	1620	1720
1100	430	520	610	690	780	870	960	1040	1130	1220	1300	1390	1480	1560
1200	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1110	1190	1270	1350	1430
1300	370	440	510	590	660	740	810	880	960	1030	1100	1180	1250	1320
1400	340	410	480	550	610	680	750	820	890					
1500	320	380	450	510	570	640	700	760	830					
1600	300	360	420	480	540	600	660	720	780					
1750	270	330	380	440	490	550	600	660	710					
2000	240	290	330	380	430	480	530	570	620					
2500	190	230	270	310	340	380	420	460	500					
2700	180	210	250	280	320	350	390	420	460					
3000	160	190	220	260	290	320	350	380	410					

Существенное значение для нормальной работы алмазного отрезного круга имеет подача воды в зону резания. Вода при этом охлаждает алмазный инструмент от перегрева в процессе трения об камень, а также вымывает отходы пиления (шлам, штыб) из зоны резания. При этом следует учесть, что алмаз сгорает или претерпевает структурные изменения при температурах выше 700-900°С. Ниже в таблице 3.2.6. даны нормы расхода охлаждающей воды в зависимости от диаметра отрезного круга.

Таблица 3.2.6.

<b>диаметр круга мм.</b>	<b>подача воды</b>	
	<b>1/литр мин</b>	<b>1/литр мин</b>
	<b>минимум</b>	<b>максимум</b>
200-250	6	10
300-400	10	15
450-550	15	22
600-625	20	30
700-750	30	40
800-900	30	45
1000-1100	40	60
1200-1300	50	75
1400-1600	60	90
2000	70	120
2500-2700	80	140
3000	90	160

Правильный подбор мощности привода станка, а также выбор марки алмаза и его зернистости позволяют оптимизировать процесс резания и уменьшить эксплуатационные расходы (табл. 3.2.7.).

Таблица 3.2.7.

<b>мрамор</b>	<b>диаметр Ø (мм)</b>	<b>мощность привода</b>	<b>рекомендуемые характеристики</b>				
<b>кристалл- ческий</b>  <b>средний</b>  <b>абразивные малой твердости</b>  <b>абразивные и твердые</b>  <b>неоднородные</b>	300-600	●	<b>марка алмаза зернистость</b>				
	700-800		MC	300/ 600			
	900-3000	■	MC	700/ 800			
	<b>средний</b>	300-600	●	MC	900/3000 BP		
		700-800		MC	900/300 HP		
		900-3000		■	MDM	300/600	
	<b>абразивные малой твердости</b>	300-600	●	MDM	700/800		
		700-800		■	MDM	900/3000 BP	
		900-3000		MDM	900/3000 HP		
	<b>абразивные и твердые</b>	300-600	●	MDNA	300/600		
		700-800		■	MDNA	700/800	
		900-3000		MDNA	900/3000 BP		
<b>неоднородные</b>	300-600	●	MDNA	900/3000 HP			
	700-800		■	MDA	300/600		
			MDA	700/800			
		●	MDA	900/3000 BP			
		■	MDA	900/3000 HP			
		●	MM	300/600			
		■	MM	700/800			
	<b>Ø мм</b>	<b>глубина реза</b>	<b>рекомендуемые характеристики</b>				
<b>низкой твердости</b>	400-800	8-10	GPQ	400/800	FP		
	400	15-20	GPQ	400	PP		
	450-800	15-20	GPQ	450/800	PP		
	2500-3000	15-20	GPQ	2500/3000S			
	Standart						
<b>твердые</b>	2500-3000	15-20	GPQ	2500/3000	LL		
	400-800	3-5	GQ	400/800	FP		
	400-800	10-12	GQ	400/800	PP		
<b>неоднородные</b>	2500-3000	8-12	GQ	2500/3000			
	400-500		GM	400/500			
	500-800		GM	550/800			
● <b>низкая</b> ■ <b>высокая</b> <b>мощность</b> <b>мощность</b>							

Глубину реза измеряют штангенциркулем или линейкой (рис. 3.2.11.)

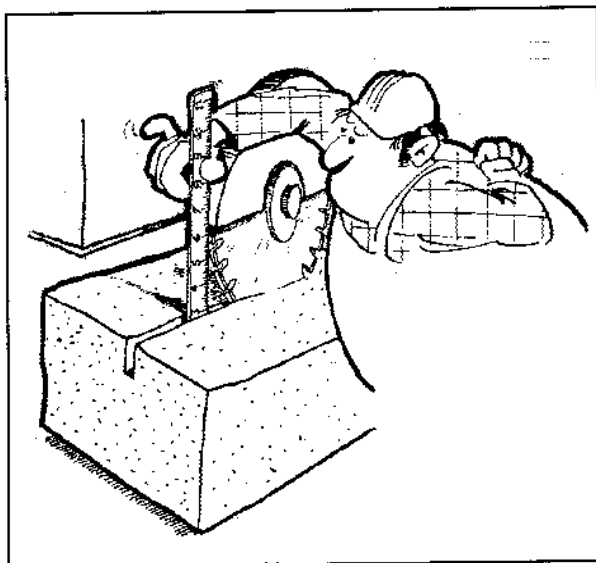


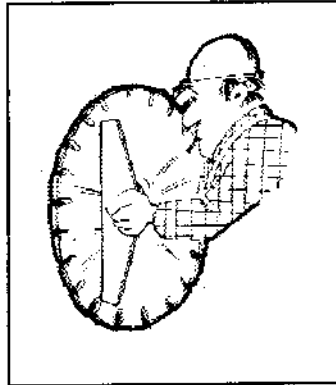
Рис. 3.2.11. Измерение глубины реза.

На рис. 3.2.12. и 3.2.13. даны схемы измерения различных параметров круга и оценка состояния режущей кромки.

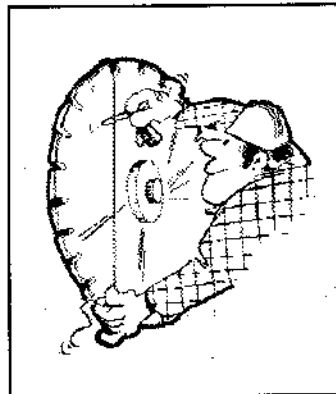
**измерение толщины  
сегментов и толщины  
стального корпуса  
пилы микрометром**



**оценка отклонения  
корпуса пилы от  
плоскости правилом**



**измерение  
отклонения  
от плоскости  
точным щупом**



**измерение числа  
оборота круга  
(угловая скорость  
-об/мин) тахометром**

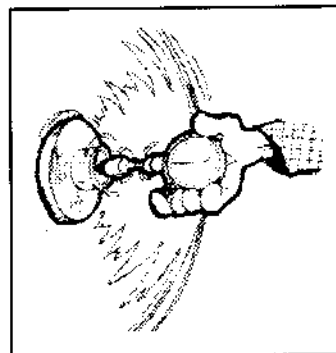
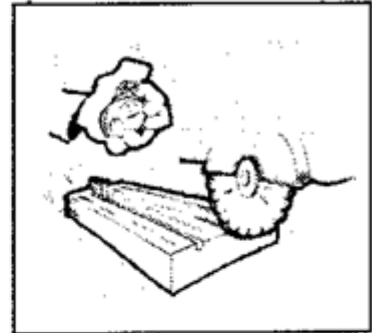


Рис.3.2.12. Схема измерения некоторых параметров отрезного круга рабочим мерительным инструментом.



**проверка скорости  
вращения круга**



**проверка состояния поверхности  
алмазо - содержащих сегментов  
под увеличительным стеклом**



**засаленная режущая поверхность  
- алмазные зерна не вскрыты  
(аварийное состояние)**



**вскрытые алмазные зерна  
на режущей поверхности  
(рабочее состояние)**



Рис. 3.2.13. Схема измерения скорости вращения круга дистанционным тахометром и проверка состояния режущей кромки круга с помощью увеличительного стекла.