

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

М. В. Касьян и А. А. Акопов

К вопросу о резании туфа

Основным строительным стеновым материалом для возведения гражданских и промышленных сооружений в Армянской ССР являются естественные камни. Вопросы удешевления одного из наиболее трудоемких процессов—обработки (тески) камня и высвобождения значительного количества квалифицированной рабочей силы являются актуальными. Для выявления эффективных способов и режимов механической обработки естественных камней резанием и установления основных параметров проектируемых камнерезущих станков Институт Стройматериалов и Сооружений АН Арм. ССР с начала 1948 г. проводит специальные экспериментальные исследования. Данные экспериментов должны служить основанием для выявления наиболее изнаноустойчивого материала режущего инструмента, его оптимальной формы, наивыгоднейшие режимы и принципы работы. Эти данные в значительной своей части дополненные энергетическими показателями, будут приняты в основу определения типа и конструкции станков, коими будут оснащены как специальные камнеобрабатывающие предприятия, так и строительные площадки. Наряду с этим, механическая обработка содействует улучшению некоторых физикомеханических свойств камня. Отходы, образуемые при механической обработке камня, являются ценным материалом и могут быть эффективно использованы.

Изучением эксплуатируемых камнерезных станков Республики [1] установлено наличие резких расхождений во всех основных показателях их действия, а именно: режимов резания, потребляемой мощности, удельного расхода электроэнергии, производительности и качества обработанных поверхностей. В связи с этим лабораторному изучению в Институте подвергались вопросы, выявляющие целесообразные условия обработки камней резанием. Для установления оптимальной зоны режимов резания была экспериментально изучена работа однозубой торцевой фрезы. Режимное поле при этом характеризовалось следующими показателями:

1. Диапазон скоростей резания составлял
 $27,5 \div 424$ м/мин.
2. Подача на зуб менялась в пределах от 0,4 до 1,8 мм/зуб.
3. Глубина резания—от 2 до 8 мм.

Лабораторным путем выявлялись следующие функциональные зависимости для каждого из приведенных диапазонов сочетания параметров резания:

1. Динамика износа элементов резца в зависимости от продолжительности резания при постоянной его геометрии

$$\Delta_1 = f_1(T); \Delta_2 = f_2(T); \Delta_3 = f_3(T); \Delta_4 = f_4(T) \\ a = f_5(T); d = f_6(T); e = f_7(T)$$

где Δ_1 ; Δ_2 и т. д. представляют собой меняющиеся размеры площадок износа,

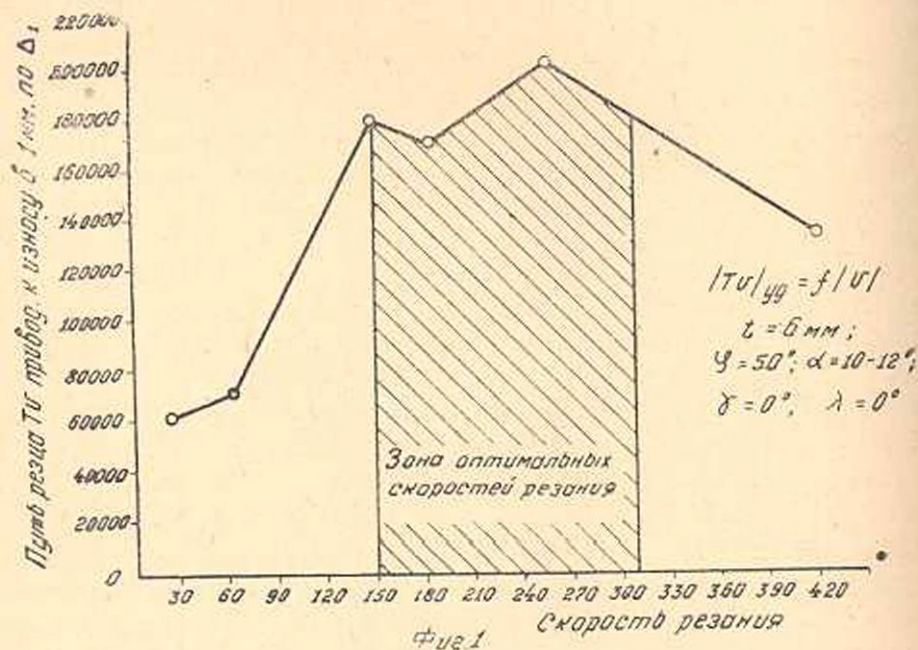
а T — продолжительность резания.

Эта серия опытов дала возможность:

- Выявить наиболее объективный критерий затупления резца;
- установить зависимость $T = f(v)$;
- определить характер зависимости $V = \varphi(s, t)$;
- установить границы оптимальных режимов резания, приводящих к минимуму износа режущего инструмента по наиболее характерному его элементу;

д) оценить кинематические свойства камнерезущих станков.

Некоторые закономерности износа приведены на фиг. 1—6.



II. Показатели удельного расхода энергии при резании туфа

В основу определения этих показателей был принят косвенный метод оценки потребляемой мощности на резание при помощи комплекта электроизмерительных приборов, настроенных по схеме Ароиа. Эти данные позволили выявить ориентировочную динамическую ха-

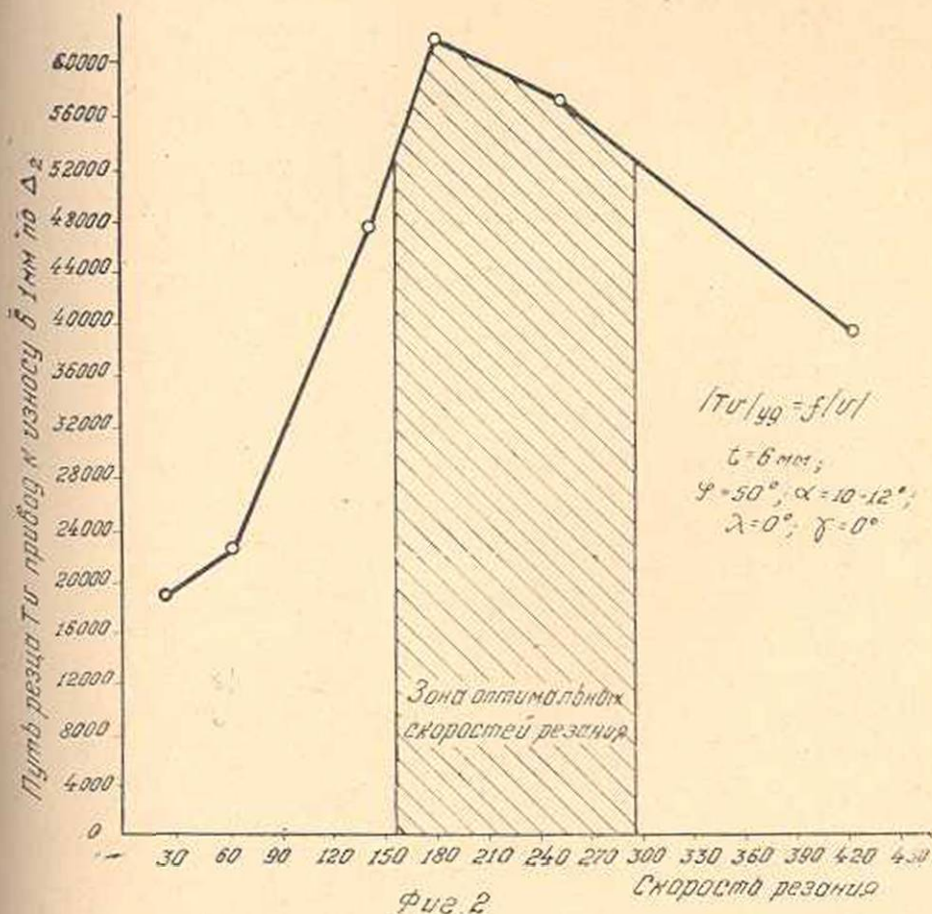
характеристику процесса резания. Результаты этой серии опытов подтвердили правильность выбранного критерия затупления режущего инструмента и разрешили выявить основную динамическую характеристику проектируемых камнерезущих станков.

Анализ полученных результатов показал, что оптимальные скорости резания арктического туфа при его обработке однозубой торцевой фрезой лежат в зоне 145 ÷ 255 м/мин.

Для этой зоны скоростей зависимость скорости резания V от стойкости T выражается уравнением

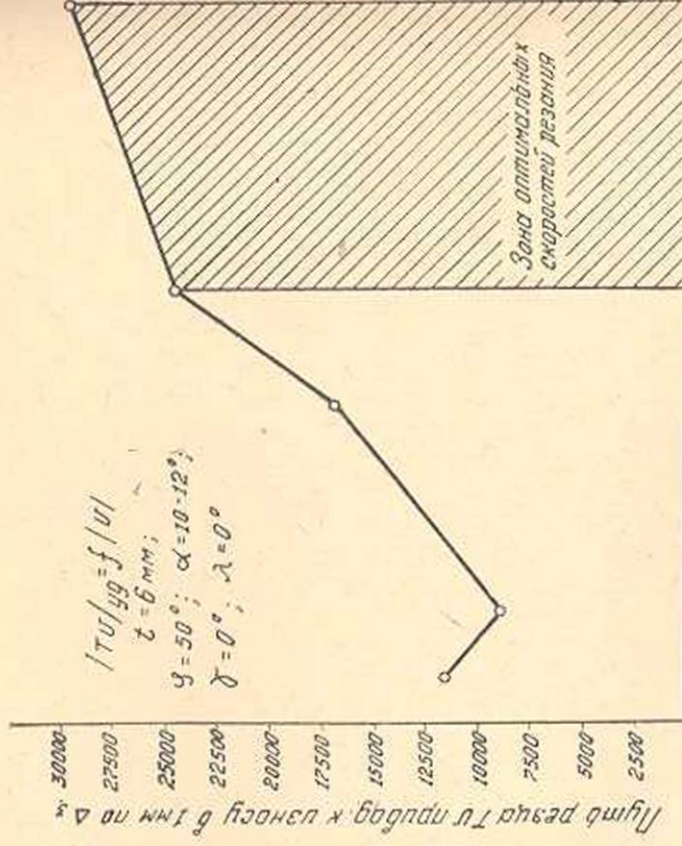
$$V = \frac{A}{T^{0,22}}$$

Для правильного выбора материала режущего инструмента и его геометрии были испытаны:



а) Быстрорежущая сталь марки, приближающаяся к РФ-1 и
 б) хромомарганцевый чугун, отлитый в кокиль специальной конструкции (Сг—5%; Мп—9%; V—1,42%, без термообработки). Сопоставление эффективности было проведено в условиях более выгодных для

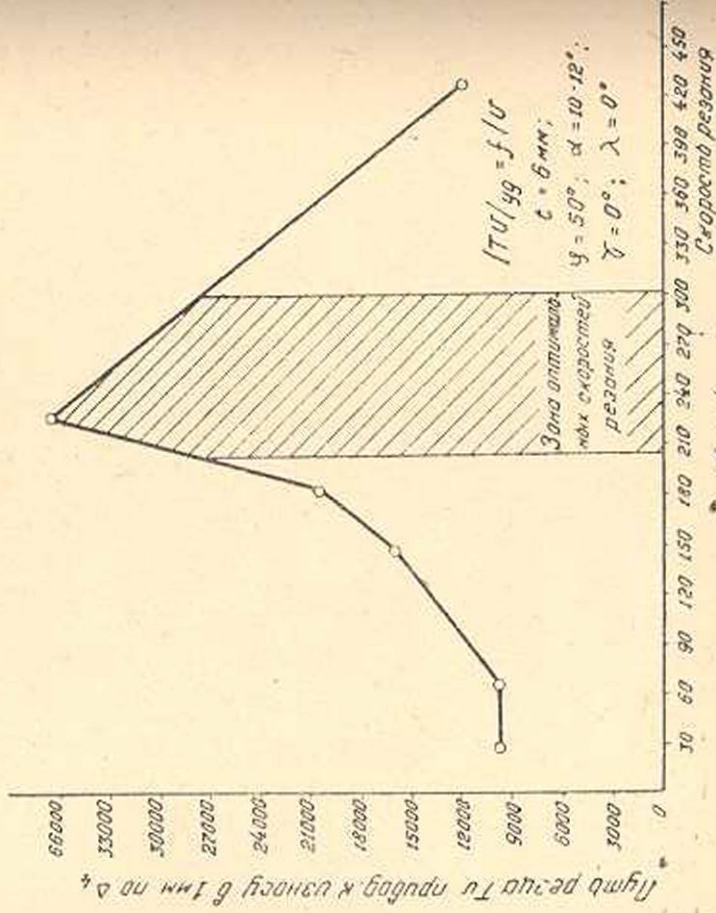
Известия 1, 6—36



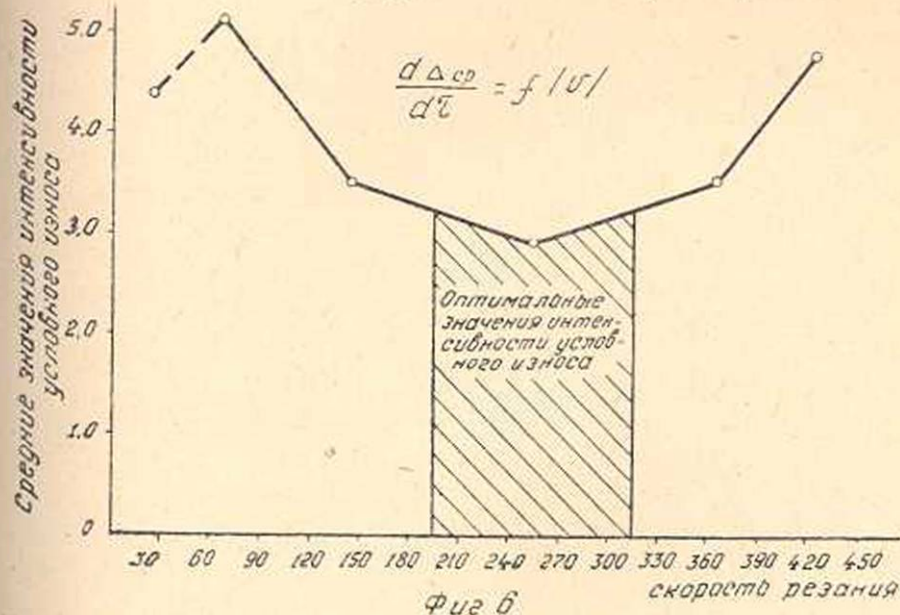
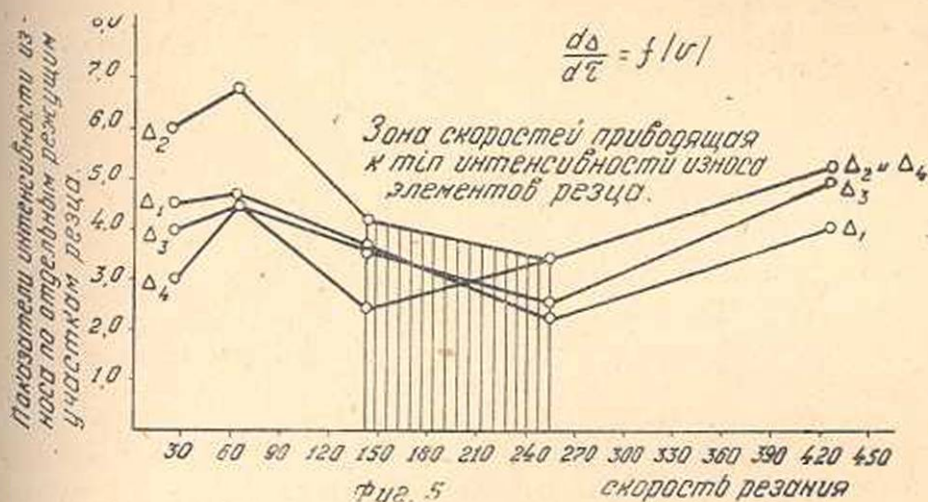
30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450

Скорость резания

Фиг. 3



Фиг. 4



быстрорежа и чугуна. Несмотря на это, полученные результаты вывели нас совершенно отказаться от них.

Путь режущего инструмента (T_v), вызывающий износ в радиальном направлении в 1 мм, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Материал режущего инструмента	При $V=27,5$ м/мин.	При $V=54$ м/мин.
Хромомарганцевый чугун	5.400 м/мм	—
Быстрорежущая сталь	—	6.500 м/мм
Твердый сплав ВК-8	77.000 м/мм	104.000 м/мм

Следовательно, стойкость твердого сплава для зоны скоростей резания, наиболее невыгодной для него, оказалась выше такого же показателя хромомарганцевого чугуна

$$\frac{77.000}{5.400} = 14,3 \text{ раза,}$$

$$\text{а быстрорежущей стали} \quad \frac{104000}{6500} = 16 \text{ раз.}$$

В зонах более высоких скоростей, наиболее эффективных для твердого сплава, его преимущество возрастает еще больше.

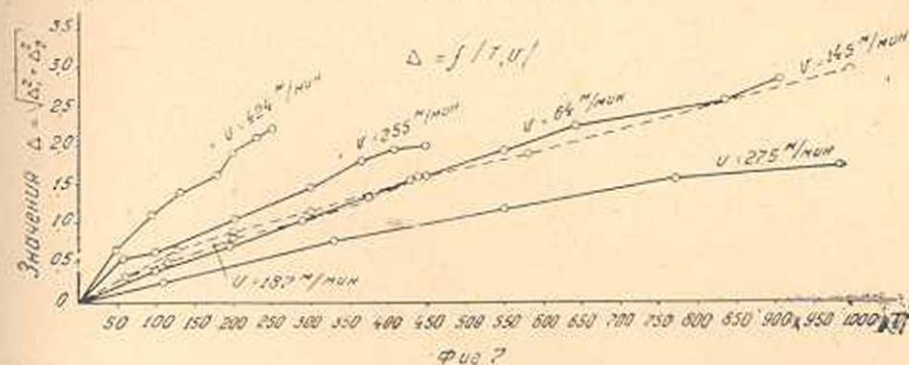
Полученные результаты вынудили нас все экспериментальное изучение вести на режущем инструменте, армированном твердым сплавом, и рекомендовать его для производства. Это тем более важно, что пластины из твердого сплава не требуют термообработки и тем самым облегчают его внедрение на стройплощадках. Характер затупления режущего инструмента, независимо от его материала, по профилю и зонам износа, а также по его интенсивности, при резании камня значительно отличается от характера затупления при резании как мягких, так и хрупких металлов. Особенностью износа инструмента при резании камня является его абразивный характер, без штрихов износа и стремление к постепенному переводу всех сопряжений граней резца, выполненных с малыми радиусами к плавным сопряжениям с радиусами $2 \div 4,5 \text{ мм}$ в зависимости от места сопряжения. Например, радиусы округления в сопряжении передняя—главная задняя грань, со значений $0,15 \text{ мм}$ доходят до $1,5 \div 2,0 \text{ мм}$; радиус сопряжения режущих кромок от $0,5 \text{ мм}$ доходит до $4 \div 4,5 \text{ мм}$. Точно также возрастает радиус сопряжения главной и вспомогательной задних граней. Все основные размеры площадок износа растут сравнительно равномерно, за исключением длин площадок износа, затрагивающих режущие кромки. Таким образом, закономерность износа режущего инструмента при резании туфа значительно отличается от установленных законов износа трущихся поверхностей, в частности, режущего инструмента, предназначенного для обработки металлом.

Если подобие участка приработки имеет место, то участок нормального и катастрофического износа мы не можем заметить даже при продолжительности работы свыше 30 часов. Это объясняется стабильностью состояния всех элементов, участвующих в резании. Действительно, даже при работе со скоростями резания 424 м/мин. , резец оставался холодным и только при наличии на обрабатываемой поверхности посторонних твердых включений температура резца несколько повышалась, доходя до $50 \div 60^\circ \text{C}$.

Следует тут же отметить, что при малых отношениях площади включений к площади обрабатываемой поверхности влияние их на динамику износа неуловимо. В большинстве случаев имеет место выкорчевывание резцом твердых включений, встречаемых им на своем пути. Это явление вполне естественно, если учесть разность твер-

достей включения и чистого туфа, а также значительное соотношение плеч при воздействии режущего инструмента.

Последовательность развития площадок износа и их интенсивность приведена в таблицах 2—7 и на фиг. 7.



Анализ табличных данных достаточно ярко подчеркивает наличие зон скоростей резания при обработке камня, приводящих к минимальному износу режущих поверхностей резца. Для еще большей наглядности на фиг. 7 приведены зависимости $\Delta = f(V, T)$,

где $\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$; Δ_1 — вы-

сота проекции площадки износа по главной задней грани; на основную плоскость;

Δ_2 — высота проекции той же площадки на плоскость резания. Остальные обозначения величин площадок и зон износа — см. фиг. 8.

Как видно на фиг. 7, кривые износа при скоростях резания 64; 145 и 187 м/мин. почти совпадают. Это говорит о том, что наиболее производительным режимом резания по скорости, для изученных условий, является скорость $V = 187$ м/мин.

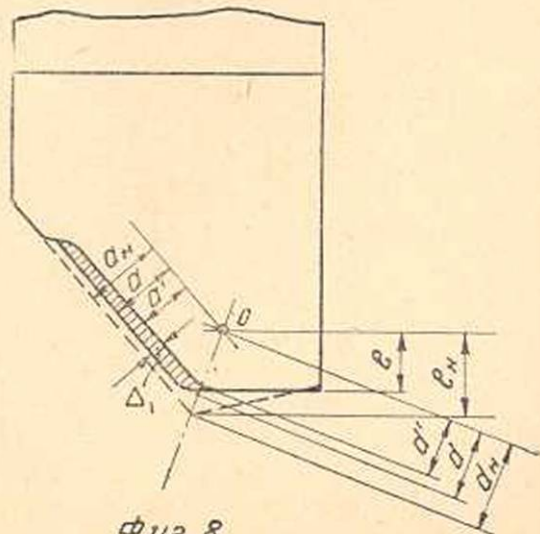
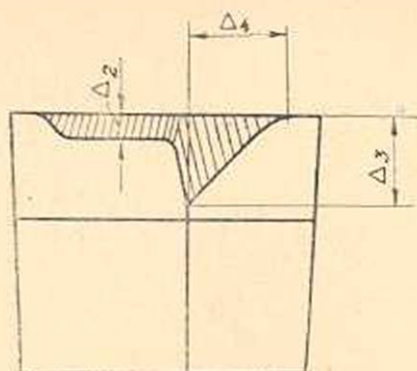


Таблица 2

№№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы реза									Постоянные факторы реза-
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_n - a$	$a_n - n$	$d_n - d$	$d_n - d'$	$e_n - e$	
1	110	0,125	0,20	0,64	1,16	0,1	0,23	0,085	0,27	—	$V = 27,5 \text{ м/мин.}$ $t = 6 \text{ мм.}$ $\varphi = 52,5^\circ$ $\gamma = 0^\circ$ $\alpha = 10^\circ$ $\lambda = 0^\circ$
2	330	0,265	0,73	1,52	2,56	0,205	0,47	0,385	0,59	0,425	
3	650	0,39	1,14	2,19	3,2	0,305	0,695	0,575	0,84	0,57	
4	770	0,49	1,56	2,84	3,9	0,37	0,865	0,74	1,11	0,7	
5	990	0,545	1,67	3,07	4,1	0,4	0,91	0,76	1,145	0,78	
6	1210	0,595	1,81	3,25	4,2	0,44	1,035	0,81	1,23	0,815	
7	1860	0,77	2,46	4,16	5,3	0,575	1,345	1,07	1,74	1,0	

Таблица 3

№№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы резца								Постоянные факторы резания	
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_n - a$	$a_n - a'$	$d_n - d$	$d_n - d'$		$e_n - e$
1	98	0,175	0,39	1,44	1,35	0,035	0,21	0,14	0,265	—	$V=64 \text{ м/мин.}$
2	196	0,26	0,685	2,2	1,86	0,1	0,36	0,31	0,565	—	$t=6 \text{ мм}$
3	300	0,355	1,05	3,015	2,32	0,155	0,42	0,44	0,69	—	$\varphi=53^\circ$
4	440	0,475	1,53	3,9	2,87	0,24	0,715	0,63	0,96	—	$\gamma=0^\circ$
5	634	0,61	2,16	4,97	4,25	0,355	0,99	0,82	1,345	—	$\alpha=10^\circ$
6	830	0,715	2,465	6,0	5,4	0,44	1,22	1,145	1,495	—	$\lambda=0^\circ$
7	912	0,82	2,685	6,52	6,09	0,52	1,34	1,425	1,62	—	

Таблица 4

№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы резца									Постоянные факторы резания.
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_H - a$	$a_H - a'$	$d_H - d$	$d_H - d'$	$e_H - e$	
1	128	0,245	0,625	1,39	3,10	—	—	—	—	—	$V = 145 \text{ м/мин.}$
2	200	0,316	0,87	1,84	3,85	—	—	—	—	—	$t = 6 \text{ мм}$
3	300	0,42	1,06	2,18	4,78	—	—	—	—	—	$\gamma = 0^\circ$
4	446	0,5	1,53	3,095	5,26	—	—	—	—	—	$\lambda = 0^\circ$
5	585	0,63	1,80	3,51	5,5	—	—	—	—	—	$\alpha = 10^\circ$
6	995	0,865	2,945	5,22	—	—	—	—	—	—	$\varphi = 50^\circ$
7	1360	1,08	3,965	6,88	—	—	—	—	—	—	

Таблица 5

№№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы резца									Постоянные факторы резания.
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_n - a$	$a_n - a'$	$d_n - d$	$d_n - d'$	$e_n - e$	
1	58	0,15	0,3	1,33	1,73	0,035	0,185	0,175	0,31	0,345	$V=187$ м/мин.
2	116	0,24	0,465	1,96	2,55	0,065	0,305	0,275	0,42	0,43	$t=6$ мм
3	202	0,33	0,76	2,9	3,46	0,135	0,465	0,44	0,67	0,65	$\gamma=0^\circ$
4	288	0,365	1,02	3,71	4,45	0,215	0,58	0,49	0,77	0,86	$\lambda=0^\circ$
5	374	0,42	1,30	4,355	4,80	0,225	0,645	0,62	0,97	0,975	$\alpha=9^\circ$
6	432	0,425	1,46	4,805	5,1	0,275	0,70	0,655	0,985	1,055	$\varphi=50^\circ$
7	547	0,455	1,9	5,94	—	0,37	0,825	0,82	1,185	1,23	

Таблица 6

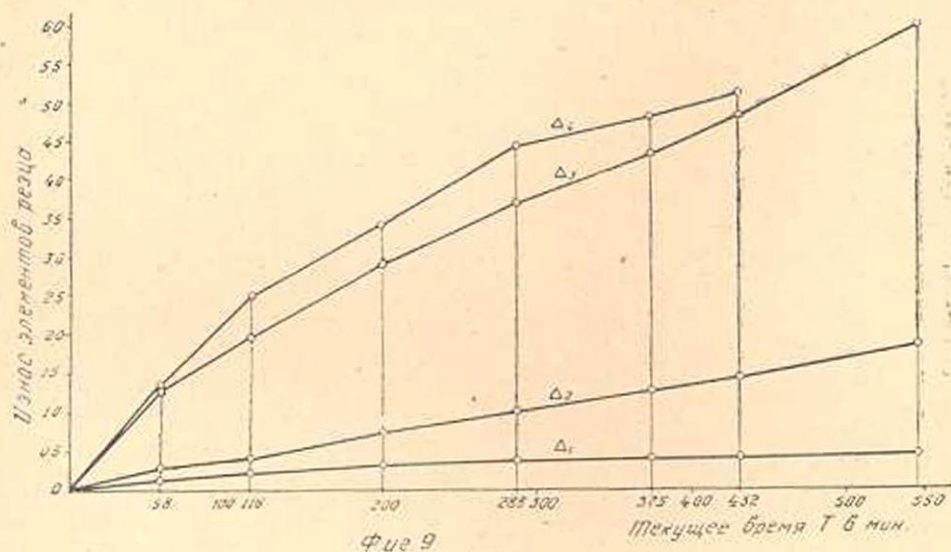
№№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы резца									Постоянные факторы резания.
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_n - a$	$a_n - a'$	$d_n - d$	$d_n - d'$	$e_n - e$	
1	57	0,23	0,52	1,7	0,9	—	—	—	—	—	$V=255$ м/мин.
2	105	0,295	0,585	2,09	0,95	—	—	—	—	—	$t=6$ мм
3	207	0,415	0,99	3,51	1,81	—	—	—	—	—	$\alpha=8^\circ$
4	300	0,51	1,39	4,34	2,285	—	—	—	—	—	$\varphi=50^\circ$
5	365	0,52	1,75	4,35	2,485	—	—	—	—	—	$\gamma=0^\circ$
6	415	0,53	1,85	—	2,75	—	—	—	—	—	$\lambda=0^\circ$
7	450	0,555	1,955	—	3,08	—	—	—	—	—	

Таблица 7

№№ п.п.	Текущее время в мин.	Изнашиваемые элементы резца									Постоянные факторы резания.
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$a_n - a$	$a_n - a'$	$d_n - d$	$d_n - d'$	$e_n - e$	
1	52	0,255	0,63	1,11	2,38	0,130	0,39	0,225	0,42	0,31	$V=424$ м/мин.
2	92	0,48	1,02	1,82	3,4	0,135	0,55	0,325	0,615	0,43	$t=6$ мм
3	132	0,55	1,37	2,44	—	0,26	0,79	0,455	0,815	0,55	$\alpha=10^\circ$
4	170	0,6	1,55	2,61	—	0,335	0,935	0,525	0,97	0,64	$\varphi=46^\circ$
5	197	0,61	1,69	2,905	—	0,375	1,0	0,605	1,025	0,79	$\gamma=0^\circ$
6	236	0,7	2,01	3,3	—	0,42	1,12	0,685	1,185	0,89	$\lambda=0^\circ$
7	250	0,71	2,12	3,49	—	0,48	1,19	0,895	1,195	1,11	

Внимательное изучение процесса резания и закономерностей износа отдельных участков, имеющих стабильный характер при применении режущего инструмента одной и той же геометрии, а так же соответствующее реагирование площадок износа своими размерами и интенсивностью износа при незначительных изменениях геометрии резца, дают возможность установить оптимальную геометрию режущего инструмента. Само собой понятно, что для каждой зоны скорости резания будет иметь место своя, наиболее рекомендуемая геометрия. Проведенные исследования в данное время дают возможность управления этим весьма важным фактором.

На фиг. 9 приведены характер и динамика износа резца, работавшего при $V=187$ м/мин., $t=6$ мм и $S=0,435$ мм/зуб.



Фиг. 9

В условиях работы без наличия ограничивающих мощность резания факторов можно прийти к следующей конкретной методике установления оптимальных режимов резания. В условиях эксплуатации камнефрезерного станка, оснащенного торцевой ступенчатой фрезой, когда весь припуск распределяется по тому или иному закону между зубьями фрезы, вопрос выбора глубины резания отпадает. Он имеет значение лишь при конструировании фрезы. В этом случае рекомендуется чистовым зубьям задать минимальную глубину резания для некоторого улучшения состояния кромок.

В тех же условиях вопросу выбора подачи необходимо уделить самое серьезное внимание. Дело в том, что величина подачи, влияя существенно на темпы развития площадок износа резца, одновременно резко отражается на качестве обработанной поверхности. Под качеством поверхности строительного камня, полученной при механической обработке, нужно понимать сочетание следующих ее свойств:

а) геометрические неровности на поверхности, образуемые в

результате сложения двух движений (главного и вспомогательного), совершаемых в процессе резания при данной геометрии зуба фрезы;

б) степень изменения некоторых физико-механических свойств поверхностного слоя;

в) глубина слоя, на которую распространились эти изменения.

Степень неровности поверхности связана с подачей при данной скорости резания и геометрии резца следующим образом (см. табл. 8).

На изменение некоторых физико-механических свойств поверхностного слоя (в части уплотнения поверхностного слоя, уменьшения интенсивности водопоглощения и т. д.) весьма существенно влияет скорость резания. Увеличение скорости резания до 250 м/мин эти свойства улучшаются, а при дальнейшем повышении скорости эти улучшенные свойства сохраняются. На глубину слоя, на которую распространяются эти изменения, влияет состояние режущих кромок и, в частности, радиусы округления. В связи с этим выбор подачи должен быть согласован с требованиями, предъявляемыми качеству поверхности.

Что касается вопроса назначения скорости резания, то она должна быть принята в пределах от 150 до 250 м/мин., так как режущий инструмент, армированный твердым сплавом наиболее распространенной марки ВК-8, в этой зоне скоростей подвергается минимальному износу абразивного действия.*

Вопросы кинематики и динамики резания туфа более подробно будут освещены в ближайшее время.

Институт Строительных Материалов и Сооружений
Академии Наук Армянской ССР.

Поступило 15 VII 1948.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Акопов—Краткий анализ работы действующих в Армении туфорежных станков. Изв. АН Арм. ССР., т. I, № 4, 343, 1948.

* Все закономерности и выводы, описанные в данной работе, касаются армянского туфа.

Մ. Վ. Կասյան և Վ. Ա. Ակսենով

ՏՈՒՑ ՔԱՐԸ ԿՏՐԵԼՈՒ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Տուֆի մեխանիկական մշակման լարտրատորիական հետազոտությունների հիման վրա հողվածում շարադրված է նրա կարելու օպտիմալ ռեժիմի հարցը:

Գրաֆիկների և աղյուսակների միջոցով արված են՝ $[TV]_{yx} = f(V)$, $\frac{d\Delta}{d\tau} = f(V)$ և $\Delta = f(T, V)$ կապակցությունները. միաժամանակ արված է նաև լարտրատորիական հետազոտությունների համառոտ անալիզը: