ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Ֆիզ.-մաթ., բն. և տեխ. գիտութ. I, № 4, 1948 Физ-мат., естеств. и тех. науки

МАШИНОВЕДЕНИЕ

А. А. Акопов

Краткий анализ работы действующих в Армянский ССР туфорезных станков

В строительной промышленности Армянской ССР для возведения сооружений широко применяются естественные камни, запасы которых в Республике неисчерпаемы.

Однако добыча и обработка камня до сих пор механизированы слабо и большей частью производятся вручную.

Для получения дешевого строительного и декоративного камня нужна высокоразвитая камнедобывающая и камнеобрабатывающая промышленность, где внедрение комплексной механизации потребует создания новых типов механизмов и в первую очередь механизмов для добычи и обработки камня.

Конструирование новых типов механизмов, в частности камнерезных машин (построечных, заводских и карьерных), должно базироваться на результатах экспериментально-теоретических исследований по выявлению рациональных режимов резания и конструкции режущего инструметна. Наряду с лабораторными исследованиями необходимо произвести технико-экономический анализ существующих способов механической добычи и обработки камня. При решении указанного комплекса вопросов следует учесть не только эксплоатационные качества машин, но и условия их изготовления.

В Советском Союзе проблемой механической добычи и обработки камня занимаются: Лаборатория строительного и декоративного камня Академии Архитектуры СССР [1], НИС Главтоннель Метрострой [2], МПСМ Украинской ССР [3], Институт Стройматериалов и Сооружений АН Армянской ССР [4] и ряд других организаций. Следует отметить также работу отдельных новаторов строительного производства-конструкторов: Столярова, Зильберглит, Петрик, Рагозинского, Шматкова, Михайлова [5] и многих других, создавших новые конструкции машин.

В Армянской ССР новаторами в этом вопросе являются: инж. Г. Пасоян, произведший в 1944 г. предварительные опыты по фрезерованию камня, механик С. Карагезян, сконструировавший и изготовивший комбинированный туфорезный станок, инж. Коваленко,

сконструировавший и изготовивший двухдисковый туфорезный станок и ряд других специалистов.

В Институте Сооружений АН Армянской ССР под руководством доктора технических наук профессора М. В. Касьяна ведется научно—исследовательская работа по проблеме механической обработки естественных камней.

В данной статье автор ограничивается анализом работы трех дайствующих в Армении построечных туфорезных станков.

Краткое описание станков

1. Комбинированный туфорезный станок конструкции Карагезяна. Станок предназначен для обработки блоков из Артикского туфа с трех сторон. Технологически обработка разделяется на две самостоятельные операции. Сначала ведется обработка двух постелей дисковыми фрезами (пилами), затем специальной торцевой фрезой обрабатывается лицевая сторона камня. Привод станка осуществляется электродвигателем мощностью 11 *квт*. Подача камня в процессе распиловки осуществляется столом, подвешенным к тележке. Тележка на катках перемещается по специальным направляющим. Кинематическая схема станка приведена на фиг. 1.

Стол дисковой части станка имеет следующие возможности:

а) Перемещение при рабочем ходе, осуществляемое механизмом подачи;

б) пневматический ускоренный обратный ход;

в) ускоренное ручное холостое перемещение в рабочую сторону. После обработки постелей распиливанием блок по горизонтальным рольгангам подается к фрезе.

Фрезерная часть станка имеет стол, свободно покоящийся на катках. Рабочий ход стола осуществляется от главного нала через кинеметическую пару—рейка—шестерня; холостой ход вручную.

Для удобства обработки угловых камней стол снабжен специальным фиксирующим приспособлением. Крепление камня к столу в обеих операциях осуществляется пневматическим зажимом.

Давление воздуха, подаваемого к станку 4—5 *атм*. Усилие зажима камня составляет 700—800 *кг*.

2. Двухдисковый станок конструкции Коваленко. Станок представляет собой несколько измененную по конструкции дисковую часть ранее описанного станка. Особенности станка:

а) Для обработки камней разных размеров имеется возможность с помощью специального механизма регулировать расстояние между дисками. Регулировка производится вращением маховика вручную.

б) Подача стола осуществляется от главного вала специальным фрикционным механизмом. Конструкция механизма подачи осуществляет периодическую неравномерную подачу.

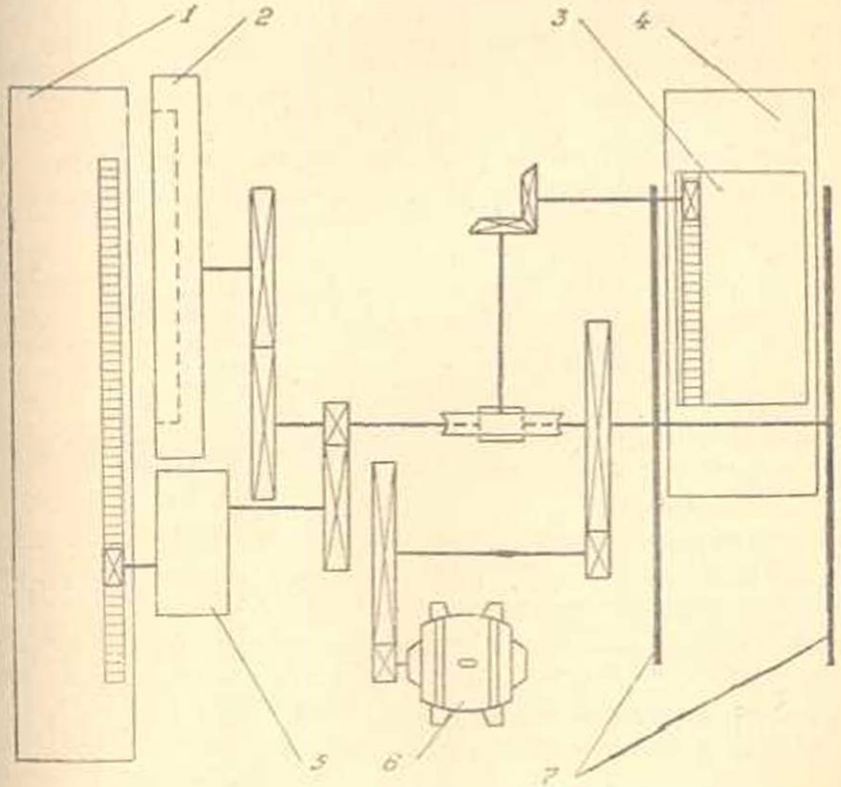
в) Крепление камня производится одноигольчатым зажимным приспособлением вручную, через маховик—шестерню—рейку.

3. Продольно фрезерный станок з-да им. Дзержинского. Станок представляет собой несколько измененную по конструкции фрезерную часть камбинированного станка. Особенности станка:

а) Станок почти целиком собран из деталей и узлов токарно-винторезного станка 16—15.

б) Подача стола осуществляется от отдельного электродвигателя через гитару, ходовой винт и гайку. Стол ускоренного обратного хода не имеет.

в) Зажим камня осуществляется с помощью четырех болтов, двух накладок и четырех гаек. Закладка камня ручная.



Фиг. .

1—Стол фрезерной части станка; 2.—четырехступенчатая торцевая фреза; 3—тележка подачи; 4—подвесной стол дисковой части станка —редуктор подачи 6—электродвигатель; 7—дисковые фрезы (пилы).

Характеристика станков

1. Дисковые фрезы (пилы)

Таблица 1

Наименование	Измер.	Комбинированный станок	Двухдисковый станок
1. Число дисков	шт.	2	2
2. Расстояние между дисками	*мм*	350	регулируется
3. Диаметр дисков	»	1100	1050
4. Толщина дисков	»	15	6
5. Число режущих зубьев на каждом диске	шт.	46	40
6. Шаг зубьев	*мм*	70	55—110*
7. Число оборотов главного вала с дисками	об/мин.	68	200
8. Скорость резания	*м*/мин.	235	660
9. Ширина пропила в туфе	*мм*	23	12
10. Скорость подачи стола	*мм*/мин.	9,5	2150**
11. Подача на один оборот дисков	*мм*/обор.	13,5	10,8
12. Подача на один зуб	*мм*/зуб.	0,3	0,18—0,36

Как дисковые, так и торцевые фрезы на всех трех станках армированы пластинками из металло-керамического твердого сплава.

2. Торцевые фрезы

Таблица 2.

Наименование	Измер.	Комбинированный станок	Продольно фрезерный станок
1. Число фрез	шт.	1	1
2. Число ступеней фрезы	»	4	4
3. Диаметры ступеней	*мм*	565;565;615;625	410;400;390;380
4. Число резцов по ступеням соответственно	шт.	4;8;16;32	4;4;4;4
5. Общее число резцов	»	60	16
6. Превышение зубьев по торцу	*мм*	20;35;55;62	15;25;30;35
7. Глубина резания, приходящаяся на каждую ступень	»	20;15;20;7	***10;5;5
8. Максимальный припуск, снимаемый фрезой в один проход	»	60	20****
9. Число оборотов фрезы	об/мин.	68	30—50*****
10. Средняя скорость резания	*м*/мин.	126	37,5—62
11. Скорость подачи стола	»	600	350
12. Подача на один оборот фрезы	*мм*/об	8,8	11,6—7
13. Подача на 1 зуб фрезы по ступеням		2,2;1,1;0,55;0,275	2,9—1,75

* Зубья расположены с переменным шагом t2n—1=55 *мм*; t2n=110.

** Имеется в виду средняя скорость.

*** Глубина резания конструктивно не ограничена.

**** Лимитирующим является недостаточная жесткость и мощность станка. Фреза может снимать припуск до 35 *мм*.

***** Станок имеет 4 скорости (коробка скоростей токарно-винторезного станка 16—15). Используются только нижние 2 скорости.

Результаты инструментального обследования работы станков

Потребляемая мощность. Измерения мощностей производились по схеме Арона. В табл. 3 приведены средние показатели при различных режимах работы станков.

Таблица 3

Режимы работы	Мощность в квт		
	Комбинированный станок	Двухдисковый станок	Продольно-фрезерный станок
1. Холостой ход станка	0,75	3,36	0,9
2. Рабочий ход (обработка ведется одним диском)	4,2	12,6	—
3. Рабочий ход (обработка ведется двумя дисками)	7,0	17,6	—
4. Рабочий ход (обработка ведется фрезой)*	4,9	—	1,53/1,85**
5. Рабочий ход (работают 2 диска и фреза)	11,85	—	—

Усилия резания при фрезеровании. Мощность, затрачиваемую на собственно резание, можно с некоторым допущением считать равной разности

4,9—0,75=4,15 *квт* . . . . . (см. табл. 3 комбинированный станок).

или $4{,}15 \times 102 = 425$ *кгм/сек*.

При средней скорости резания 2,1 *м/сек* будет справедливо 425 *кгм/сек*=2,1 *м/сек* А*кг*, т. е. суммарное усилие резания всех резцов составляет 210 *кг*.

В работе одновременно находятся в среднем 15 зубьев, расположенных по ступеням в следующих количествах: 1; 2; 4 и 8 шт.

При приведенных в характеристике станка режимах работы фрезы условное максимальное суммарное сечение всех одновременно снимаемых фрезой стружек будет:

$1 \times 2{,}2 \times 20 + 2 \times 1{,}1 \times 15 + 4 \times 0{,}55 \times 20 + 8 \times 0{,}275 \times 7 = 136{,}4$ *мм*^{2}.

Усилие, приходящееся на 1*мм*^{2} сечения стружки при этом составляет 1,55 *кг/мм*^{2}.

---

* Припуск, снимаемый на комбинированном станке, равен 60 *мм*, на продольно-фрезерном станке—10 *мм*.

** В числителе указана мощность, потребляемая станком при 30, а в знаменателе при 50 оборотах шпинделя в минуту.

Средние показатели расхода времени на производство отдельных этапов работ, выведенные на основе хронометража

Таблица 4

Этапы работ	Станки					
	Комбинированный		Двухдисковый		Продольно-фрезерный	
	Время в *сек.*	%%*	Время в *сек.*	%%*	Время в *сек.*	%%*
1. Подноска камня с расстояния 3—10 *м.* на стол станка**	86	30,7	130	48	92,7	15,1
2. Установка камня в зажимах стола и крепление	23	8,3	64	23,5	—	—
3. Рабочий ход (обработка ведется дисками)	26	9,3	15	5,5	—	—
4. Холостой ход стола	3	1,05	2,5	1,0	—	—
5. Освобождение камня	2	0,9	2,5	1,0	—	—
6. Транспортировка камня со стола дисковой части на стол фрезы.	17,5	6,3	—	—	—	—
7. Установка и крепление камня	13,1	4,7	—	—	166,3	27,4
8. Рабочий ход (обработка ведется фрезой)	41,4	14,4	—	—	92	15
9. Холостой ход стола.	9,4	3,57	—	—	92	15
10. Освобождение камня	2,7	0,98	—	—	113,7	18,8
11. Переноска обработанного камня со стола в штабель на расстоянии 4—6 *м.*	54,4	19,67	57	21	53	8,7

Приведенные показатели расхода времени на обработку одного квадратного метра туфа на станке

Таблица 5

Режимы работы	Станки					
	Комбинированный		Двухдисковый		Продольно-фрезерный	
	мин.	сек.	мин.	сек.	мин.	сек.
Обработка ведется дисками	16	45	31	40	—	—
Обработка ведется фрезой	25	55	—	—	123	20
Обработка ведется дисками и фрезой:						
1. С учетом площади обработанных постелей						
а) При параллельной работе дисков и фрезы	7	17	—	—	—	—
б) При последовательной работе дисков и фрезы	14	25	—	—	—	—
2. Без учета площади постелей						
а) При параллельной работе дисков и фрезы	18	20	—	—	—	—
б) При последовательной работе дисков и фрезы	36	20	—	—	—	—

* Имеется в виду расход времени на производство отдельных этапов работ в %% от времени одного цикла.

** На комбинированном станке, для удобства подноски камня на стол, устроен наклонный рольганг.

Расход электрической энергии на станочную обработку 1 $м^2$ туфа в кит часах

Таблица 6

Способ обработки	Комбинированный станок	Двухдисковый станок	Продольно-фрезерный станок
Обработка ведется дисками	0,442	1,95	—
Обработка ведется фрезой	0,71	—	1,9/2,14*
Обработка ведется дисками и фрезой последовательно (с учетом площади постелей) .	0,472	—	—

Данные, приведенные в таблицах 3—6, говорят о нижеследующем:

1. Мощность, потребляемая комбинированным станком Карагезяна при дисковой распиловке туфа, в 2,5—3 раза меньше, чем при выполнении той же работы на двухдисковом станке Коваленко (табл. 3);

2. приведенная мощность, потребляемая комбинированным станком при фрезеровании, почти в 2 раза меньше, чем при выполнении той же работы на продольно-фрезерном станке з-да им. Дзержинского (табл. 3.);

3. расход электрической энергии на обработку 1 $м^2$ поверхности туфа на комбинированном станке (с учетом площади обработанных постелей) почти в 4 раза меньше, чем на двухдисковом или на продольно-фрезерном станке (табл. 6);

4. производительность комбинированного станка при параллельной работе дисков и фрезы, с учетом площади обработанных постелей, более чем в 4 раза выше производительности двухдискового станка и почти в 17 раз выше производительности продольно-фрезерного станка (табл. 5).

Выводы

Произведенные исследования позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Характерной особенностью станка Карагезяна является комбинированный способ обработки камня. На станке впервые весьма успешно применен в производственных масштабах принцип торцевого фрезерования. В станке осуществлена оригинальная конструкция многоступенчатой, многорезцовой торцевой фрезы, имеющей превышение зубьев по торцу и по диаметру. Такая фреза дает

* В числителе дан расход электроэнергии при работе станка на 1-ой скорости (30 об/мин.), в знаменателе на 2-ой (50 об/мин.)

возможность снимать с одного прохода припуск до 60 *мм* при ширине фрезерования 350 *мм*. Как с точки зрения потребляемой мощности, так и износа инструмента, ввиду имеющего место свободного резания, торцевое фрезерование при обработке лицевой стороны камня является более выгодным по сравнению с дисковой распиловкой.

К сказанному следует также добавить, что качество обработки камня при фрезеровании получается значительно выше, чем при распиловке.

Конструктором станка сравнительно успешно решен также вопрос сохранения кромок.

Обрабатываемый камень устанавливается примерно по центру фрезы и рабочий ход направлен от центра на выход. Таким образом сначала входит в работу ступень меньшего диаметра с минимальным превышением резцов по торцу. Последующие ступени возрастают по диаметру, по числу резцов и по превышению по торцу. Последняя ступень имеет наибольшее число резцов при меньшей подаче на зуб и меньшей глубине резания.

В итоге последняя, т. е. чистовая ступень, по сравнению с черновыми, работает в значительно лучших условиях.

Для сравнения приведем режимы резания первой и последней ступеней.

Режимы резания.	1-ая ступень.	4-ая ступень.
Скорость резания	120 *м*/мин.	134 *м*/мин.
Подача на 1 зуб	2,2 *мм*/зуб.	0,275 *мм*/зуб.
Глубина резания	20 *мм*	7 *мм*

Таким образом как принцип обработки—торцевое фрезерование, так и конструкцию фрезы следует одобрить и рекомендовать для применения.

В 1947 г. при составлении исходных данных и изготовлении на заводе им. Дзержинского продольно-фрезерного станка для обработки камня, Институт Строматериалов и Сооружений, базируясь на опыте комбинированного станка, рекомендовал принцип обработки камня многоступенчатой торцевой фрезой.

Второй особенностью станка является применение пневматического зажима камня. Преимущество пневматического зажима камня заключается в том, что после установки зажим и открепление осуществляются весьма быстро и надежно, занимая лишь 2—3 сек. времени, что существенно отражается на производительность станка в сторону ее повышения.

Не без пользы в станке применен сжатый воздух для осуществления пневматического обратного хода стола.

Существенным недостатком этого способа является необходимость в наличии специальной компрессорной установки, выход из строя которой вызывает простои машины. Станок страдает некоторой громоздкостью и неудачной кинематикой в части синхронности работы оборотов дисков и фрезы. К недостаткам станка следует также отнести частые поломки зубьев шестерен, что объясняется малыми модулями и некачественностью материалов, из которых они изготовлены.

2. Двухдисковый Станок Коваленко почти целиком изготовлен из стали, в результате чего в процессе работы имеет место значительная вибрация станка. При изготовлении станины следует отдавать предпочтение чугуну, учитывая его высокие амортизирующие качества. Общая жесткость системы станок—инструмент—изделие крайне недостаточная.

Крепление камня на станке осуществляется одноигольчатым зажимом. В процессе резания возникают значительные усилия. Мы обратим внимание на действие горизонтальных составляющих этих усилий, направленных перпендикулярно к оси игольчатого зажима, против движения стола.

Так как эти усилия лежат в плоскости дисков, а последние отстоят на величину 150—200 *мм* от оси игольчатого зажима, то естественно они создают вращающий момент, стремящийся повернуть камень вокруг вертикальной оси, причем во время работы двух дисков результирующий момент меньше, чем при работе одним диском, ибо в первом случае мы имеем два противоположно направленных момента, создаваемых усилиями резания каждого диска самостоятельно: малейший поворот камня вокруг оси зажима вызывает защемление диска, что приводит к трению боковой поверхности диска о камень, а следовательно и резкому повышению потребляемой мощности.

Недостаточно жесткое крепление камня также отрицательно влияет на качество обработанной поверхности. Из изложенного явствует, что конструкция зажимного приспособления не отвечает предъявляемым требованиям и поэтому не может быть рекомендована для дальнейшего применения.

Подача стола осуществляется фрикционным механизмом, обеспечивающим лишь прерывистую подачу рывками. Величина подачи на зуб в связи с неравномерной подачей стола резко меняется во времени и, таким образом, создаются совершенно неравные условия резания для отдельных зубьев одного и того же диска. Во время производства замера потребляемой мощности стрелки электроизмерительных приборов колебались в диапазоне 50—70% от номинальной мощности.

Эти колебания в большей степени объясняются неравномерностью подачи стола. Наконец, в замере 19 [5] двигатель остановился.

Остановка произошла согласно показаниям приборов после по-

требления э/двигателем мощности, превышающей 40 *квт*. Это обстоятельство так же объясняется неравномерностью подачи стола, вызывающей заклинивание режущих зубьев в тело распиливаемого блока в момент, когда толщина стружки приближается или равна максимуму.

К сказанному следует добавить и то обстоятельство, что указанный способ подачи камня создает дополнительную динамическую нагрузку на режущие пластинки, чем частично объясняются имеющие место поломки пластинок твердого сплава. Таким образом принятая конструкция механизма подачи стола не отвечает предъявляемым требованиям и поэтому не может быть рекомендована. Подача должна осуществляться механизмом, обеспечивающим равномерную скорость стола, причем желательно наличие 2—3 ступеней.

Станок при распиловке туфа потребляет мощность в 2,5—3 раза больше, чем комбинированный станок при выполнении той же работы.

Базируясь на вышеизложенном, такую большую разницу следует объяснить тем, что на двухдисковом станке расходуется дополнительная мощность на трение дисков о камень и на преодоление сил сопротивления, возникающих в результате неравномерной скорости подачи стола.

Одним из наиболее существенных факторов, повышающих потребляемую станком мощность, является высокая (660 *м*/мин.) скорость резания.

3. Продольно-фрезерный станок. Изготовлен станкоинструментальным заводом им. Дзержинского по проектному заданию Института Сооружений.

При составлении проектного задания в основу был положен принцип обработки камня многоступенчатой торцевой фрезой, впервые примененной для этой цели Карагезяном. Конструкция фрезы для нового станка была разработана кандидатом технических наук лауреатом Сталинской премии К. П. Стаевым.

Инструментальное изучение станка в работе показало, что хотя он, по сравнению с фрезерной частью комбинированного станка несколько улучшен, конструктивно все же отличается наличием ряда серьезных недостатков, резко снижающих производительность и качество обработки камня. К числу недостатков станка следует в первую очередь отнести:

а) отсутствие ускоренного обратного хода стола,

б) отсутствие приспособления для быстрого и надежного крепления камня,

в) неудачная конструкция торцевой фрезы и

г) недостаточная мощность и жесткость станка.

Из табл. 4 пункты 7, 9 и 10 видно, что обратный ход, крепление и открепление камня занимают много времени, резко понижая

производительность станка и, поэтому, узлы станка, выполняющие эти операции, должны быть пересмотрены.

Недостатки в конструкции торцевой фрезы:

а) Устройство для крепления съемных резцов занимает много места и поэтому число резцов, помещающихся на корпусе головки очень мало: следовательно удельная работа, приходящаяся на долю каждого резца, велика.

б) число зубьев в чистовой ступени (4 шт.) очень мало; поэтому при сравнительно большой подаче (табл. 2) получается недостаточно качественная поверхность камня.

в) Выход из строя одного чистового резца сильно ухудшает фрезерованную поверхность, так как при этом подача на зуб достигает недопустимой величины 5,8 *мм*. В этих случаях необходимо производить дополнительную зачищающую проходку, что резко снижает производительность станка.

г) Конструкция клинового зажима не обеспечивает достаточно жесткого крепления резцов, в результате чего в процессе работы станка зачастую наблюдается отход резцов вдоль своей оси, что приводит к результатам, указанным в предыдущем пункте.

Учитывая изложенное, следует либо улучшить конструкцию фрезерной головки станка внесением изменений, исключающих указанные недостатки, либо перейти на изготовление фрезерных головок, конструктивно не отличающихся от фрезы Карагезяна.

Институт Строительных
Материалов и Сооружений
Академии Наук Армянской ССР.

Поступило 4 VI 1948.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. А. Мамуровский*—Основные задачи реконструкции промышленности облицовочного камня. Материалы к VII Сессии Акад. Архит. СССР. Москва, 1946.

2. НИС Главтоннель метрострой—сб. статей № 1, Москва, 1947.

3. *С. М. Зильберглит*—Механизация добычи и обработки естественных нерудно стеновых материалов, ракушечника и мергелей. Доклад на Респ. Совещ. раб. МПСМ УССР.

4. Технические отчеты по теме „Механическая обработка строительных камней" Институт Стройматериалов и Сооружений АН Арм. ССР, 1947—48.

5. „Механическая обработка известняка-ракушечника". Гипрооргстрой Наркомстроя. Москва, 1945.

Ա. Ա. Ակոպով

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-ՈՒՄ ԴՈՐՇՈՂ ՏՈՒՖ ԿՏՐՈՂ ԴԱԶԳԱՀՆԵՐԻ ԳՈՐԾԻՔԱՅԻՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում տրված են Հայկական ՍՍՌ-ում գործող տուֆ կտրող դազգահների գործիքային հետազոտության արդյունքները։ Ցույց են տրված այդ դազգահների առավելությունները ու բացասական կողմերը և քար կտրող դազգահների կինեմատիկայի ու դինամիկայի դիտական մշակման առաջնահերթ ուղիները։