

УДК 622.23.05

Исманов Медербек Марипжанович¹,
доктор технических наук, профессор

Токтобаева Гүлбарчын Турсунбаевна²,
старший преподаватель

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОЙ КАМНЕРЕЗНОЙ МАШИНЫ КМЦ-1

Исманов Медербек Марипжанович¹,
техника илимдеринин доктору, профессор

Токтобаева Гүлбарчын Турсунбаевна²,
улук окутуучусу

КМЦ-1 ЖАҢЫ ТАШ КЕСҮҮЧҮ МАШИНАНЫ СТЕНДДИК СЫНООЛОР

Ismanov Mederbek Maripzhanovich¹,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Toktobaeva Gulbarchyn Tursunbaevna²,
Senior lecturer

BENCH TESTS OF THE NEW STONE-CUTTING MACHINE CMC-1

¹*Кыргызско-Узбекский Международный университет им. Б. Сыдыкова,
 Ош, Кыргызская Республика*

²*Ошский технологический университет им. М.М. Адышева,
 Ош, Кыргызская Республика*

¹*Б.Сыдыков ат. Кыргыз-Өзбек Эл аралык университети,
 Ош, Кыргыз Республикасы*

²*М.М. Адышев ат. Ош технологиялык университети,
 Ош, Кыргыз Республикасы*

¹*Kyrgyz-Uzbek International University named after. B. Sydykova,
 Osh, Kyrgyz Republik*

²*Osh Technological University named after. M.M. Adysheva,
 Osh, Kyrgyz Republik*

Аннотация. Бул жумуш чынжырдуу жумушчу органдуу жаңы таш кесүүчү КМЦ-1 машинасынын стенддик сыноосуна арналган. КМЦ-1 жаңы таш кесүүчү машинасына стенддик сыноолорду жүргүзүү таш кесүүчү машиналардын жана таш тилүүчү станоктордун ишинин натыйжалуулугун баалоо методдоруна негизделген. “Ак-Таш” жана “Сары-Таш” үлүл-акиташ, “Араван-Таш” акиташ кендеринин таш блокторун кесүүдө КМЦ-1 жаңы таш кесүүчү машинасынын негизги тетиктеринин жана түйүндөрүнүн функционалдык иштөө жөндөмдүүлүгү аныкталды. Эксперименттик диаграммалар тургузулган жана жетектөөчү жылдызчанын (U_f) бурчтук ылдамдыгынын чоңдугунун чынжырлуу жумушчу органдын жылуу ылдамдыгынан (U_f) өз ара байланышы аныкталган. КМЦ-1 жаңы таш кесүүчү машина менен төмөн жана орто бышыктыктагы табигый таштарды кесүүнүн рационалдуу

режимдери аныкталган. Таш кесүүчү машинанын негизги режимдик параметрлеринин орточо теориялык жана эксперименталдык маанилеринин салыштырма анализи жүргүзүлгөн. КМЦ-1 жаңы таш кесүүчү машинаны төмөн жана орто бышыктыктагы табигый таш кендеринде өнөр жайлык сыноодон өткөрүү боюнча сунуштар берилген.

Негизги сөздөр: стенд; эксперименталдык сыноо; таш кесүүчү машина; табигый таш; кесүү процесси; иштөө жөндөмдүүлүгү; кесүү режимдери.

Аннотация. Данная работа посвящена стендовым испытаниям новой камнерезной машины КМЦ-1 с цепным рабочим органом. Проведение стендовых испытаний новой камнерезной машины КМЦ-1 базировалась на методах оценки эффективности работы камнерезных машин и камнераспиловочных станков. Разработан стенд и определены функциональные работоспособности основных деталей и узлов новой камнерезной машины КМЦ-1 при распиловке блоков камня месторождений известняка-ракушечника «Ак-Таш» и «Сары-Таш», известняка «Араван-Таш». Построены экспериментальные диаграммы и определены взаимосвязи величины угловой скорости ведущей звездочки (ω_f) от скорости подачи цепного рабочего органа (v_f). Определены рациональные режимы резания природного камня малой и средней прочности новой камнерезной машиной КМЦ-1. Произведен сравнительный анализ средних теоретических и экспериментальных значений основных режимных параметров камнерезной машины КМЦ-1. Даны рекомендации для проведения промышленных испытаний камнерезной машины КМЦ-1 на месторождениях природного камня малой и средней прочности.

Ключевые слова: стенд; экспериментальные испытания; камнерезная машина; природный камень; процесс резания; работоспособность; режимы резания.

Abstract. This work is devoted to bench tests of the new КМЦ-1 stone-cutting machine with a chain working body. Bench tests of the new КМЦ-1 stone cutting machine were based on methods for evaluating the efficiency of stone cutting machines and stone sawing machines. A stand has been developed and the functional operability of the main parts and assemblies of the new КМЦ-1 stone cutting machine has been determined for sawing stone blocks from the Ak-Tash and Sary-Tash limestone and Aravan-Tash limestone deposits. Experimental diagrams have been constructed and the relationship between the angular velocity of the drive sprocket (ω_f) and the feed rate of the chain working body (v_f) has been determined. The rational modes of cutting natural stone of low and medium strength by the new stone-cutting machine КМЦ-1 have been determined. A comparative analysis of the average theoretical and experimental values of the main operating parameters of the КМЦ-1 stone-cutting machine has been performed. Recommendations are given for conducting industrial tests of the КМЦ-1 stone-cutting machine in deposits of small and medium-strength natural stone.

Key words: stand; experimental tests; stone-cutting machine; natural stone; cutting process; operability; cutting modes.

Как известно, перед промышленными испытаниями новой камнерезной машины в реальных производственных условиях возникает необходимость проведения ее стендовых испытаний. Основной целью стендовых испытаний новой камнерезной машины является определение ее надежности и безопасности работы, оценка функциональной работоспособности ее основных деталей и узлов, определение рациональных режимов ее работы экспериментальной распиловкой блоков природного камня малой, средней и высокой прочности.

С учетом вышеизложенного, нами проведены стендовые испытания новой камнерезной машины КМЦ-1 с цепным рабочим органом в производственных условиях ОсОО «Vip Строй» (с/у С. Юсупова Араванского района Ошской области).

Опытный образец новой камнерезной машины КМЦ-1 с цепным рабочим органом предназначена для вырезания стеновых блоков и других строительных изделий-заготовок (кирпич, бордюр, плита и др.) из массива камня малой и средней прочности (рисунок 1) [1].

Стендовые испытания новой камнерезной машины КМЦ-1 проводились на специально подготовленном стенде (рисунок 2), пробной распиловкой блоков природного камня месторождений известняка-ракушеч-

ника «Ак-Таш» и «Сары-Таш», известняка «Араван-Таш». Физико-механические свойства распиливаемых блоков камня представлены в таблице 1 [2]. Блоки камней имели размеры 1,8 x 1,2 x 0,6 м, а общий их объем при испытаниях составил 9,0 м³.

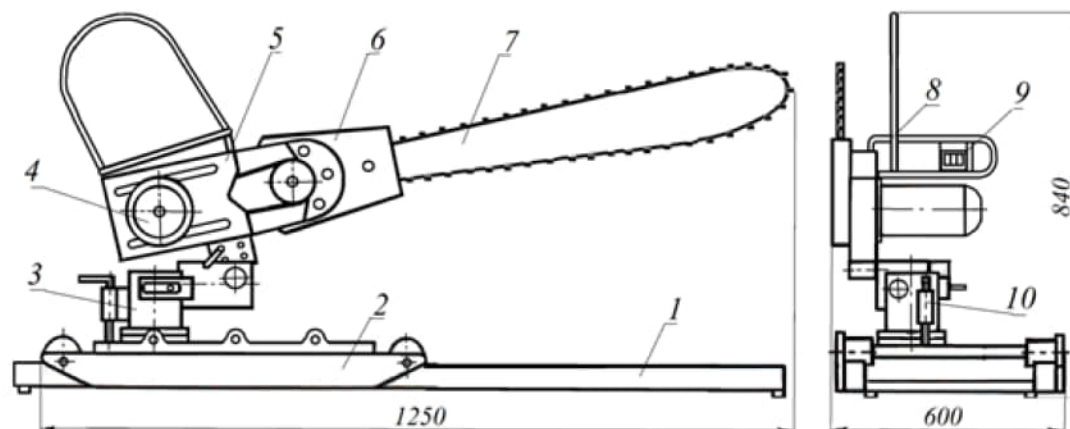


Рисунок 1 - Конструктивная схема новой камнерезной машины КМЦ-1

1 – рельс; 2 – рабочая тележка; 3 – манипулятор; 4 – привод цепного рабочего органа; 5 – корпус привода; 6 – защитный корпус ведущей звездочки; 7 – цепной рабочий орган; 8 – ручка управления; 9 – пульт управления; 10 – ручка для удержания цепного рабочего органа в фиксированном положении.

Схема экспериментального стенда с измерительными приборами и аппаратурой представлена на рисунке 2. Начало экспериментов и испытаний новой камнерезной машины КМЦ-1 при распиловке блока камня зафиксированы на фото-рисунке 3.

Проведение стендовых испытаний новой камнерезной машины КМЦ-1 базировалась на методах оценки эффективности работы камнерезных машин и камнераспиловочных станков [3,4]. При этом ставились задачи:

- определение функциональной работоспособности основных деталей и узлов новой камнерезной машины КМЦ-1;
- определение взаимосвязи величины угловой скорости ведущей звездочки (ω_f) от скорости подачи цепного рабочего органа (v_f) камнерезной машины КМЦ-1;
- выявление рациональных режимов резания природного камня малой и средней прочности цепным рабочим органом камнерезной машины КМЦ-1.

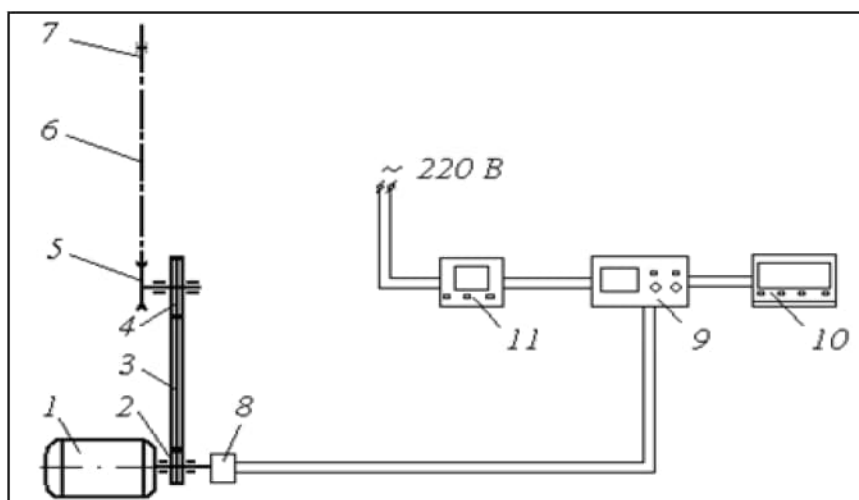


Рисунок 2 - Схема экспериментального стенда

1 – электродвигатель; 2 – ведущий шкив; 3 – клиновой ремень; 4 – ведомый шкив; 5 – ведущая звездочка; 6 – режущая цепь; 7 – ведомый ролик; 8 – генератор постоянного тока типа EG-520ED-3B; 9 – цифровой осциллограф UTD 2102CEL; 10 – портативный компьютер; 11 – мультиметр VA 800.

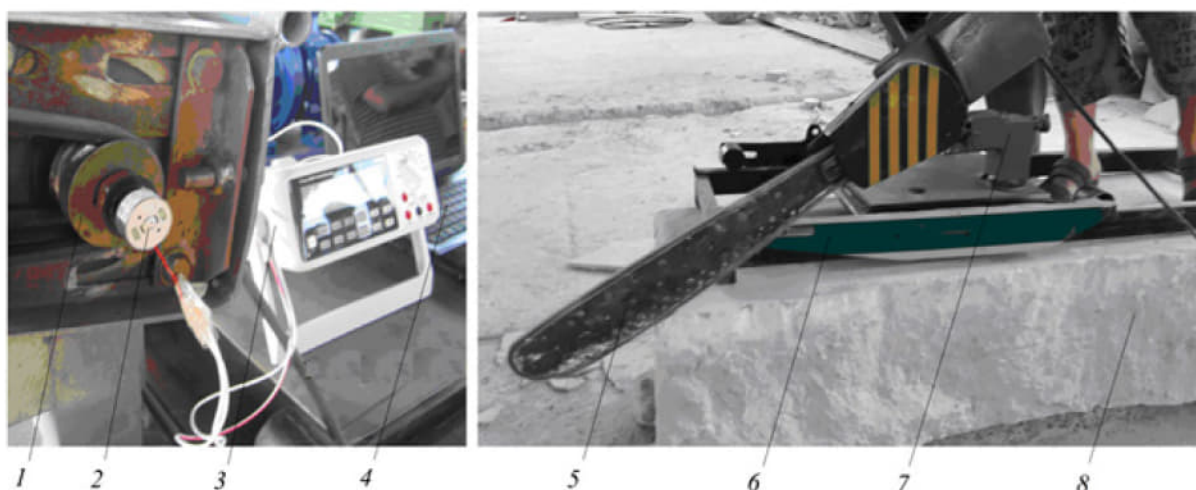


Рисунок 3 - Начало экспериментов и стендовых испытаний машины КМЦ-1:
а – датчики и измерительные приборы; б – начало распиловки блока камня новым цепным рабочим органом

1 – ведущий шкив; 2 – генератор постоянного тока; 3 – мультиметр; 4 – компьютер;
5 – опытный образец цепного рабочего органа; 6 – рабочая тележка; 7 – манипулятор;
8 – блок камня.

Известно, что от значения угловой скорости вала электродвигателя ω зависит

величины его мощности и крутящего момента, а также усилия протягивания режущей цепи.

Таблица 1 – Физико-механические свойства распиливаемых блоков камня

Порода, месторождение	Цвет	Предел прочности при сжатии, МПа		Плотность, т/м ³	Пористость, %	Водопоглощение, %	Коэффициент морозостойкости
		В сухом состоянии	В водонасыщенном состоянии				
Известняк-ракушечник «Ак-Таш»	Белое	24,2	19,0	1,94	29,8	10,02	0,086...0,93
Известняк-ракушечник «Сары-Таш»	Коричнево-белое	42...51	29,7... 43,7	2,19... 2,8	16,6	4,16...6,6	0,086...0,92
Известняк «Араван-Таш»	Серое, светло-серое	50...80	35,1... 45,8	2,7... 2,9	24,0	6,9...8,5	0,87...0,98

При экспериментах и испытаниях новой камнерезной машины КМЦ-1 на стенде фиксировались следующие параметры: величина потребляемой мощности электродвигателем (W_3), угловая скорость ведущей звездочки (ν_f), скорость подачи ЦРО (ν_f), скорость резания цепи (ν_o). Необходимые замеры по определению длины, глубины и ширины технологической щели выполнялись мерной лентой (рулеткой), измерение времени – секундомером, а температура резцов и элементов цепного рабочего органа – контактным термометром. Измерение угловой скорости вала электродвигателя фиксируется генератором постоянного тока типа EG-520ED-3B 8 [5].

Вращательное движение вала электродвигателя (рисунок 2 и 3) с помощью генератора постоянного тока EG-520ED-3B преобразуется в электрический сигнал и передается цифровому осциллографу 9 типа UTD 2102CEL [6]. Полученный электрический сигнал с помощью осциллографа 9 преобразуется в цифровой сигнал и передается к портативному компьютеру 10. Компьютер выдает на мониторе нужную информацию по определению рациональных режимных параметров цепного рабочего органа машины КМЦ-1. Мультиметр (типа VA 800) 11 служит для измерения величины переменного электрического тока [7]. Другие данные

наблюдений и измерений фиксируются в специальном журнале и обрабатываются методом математической статистики [8].

Следует отметить, что изменение значения скорости движения режущей цепи (скорости резания) ν_o обеспечивалось заменой ведущего и ведомого шкивов разных диаметров. За предельные величины данной скорости при испытаниях принимались нагрев резцов и других рабочих элементов режущей цепи, повышенные шумы, возникновение пыли в рабочей зоне и вибрации машины. При достижении температуры резцов св. 100°С и при возникновении резонансной вибрации эксперименты приостанавливались во избежание аварий. В заключении экспериментов определена рациональная величина скорости движения режущей цепи для указанных пород камня, значения которых представлены в таблице 2.

Во время экспериментов и испытаний новой камнерезной машины КМЦ-1 блоки распиливались на строительные изделия, где максимальная глубина вертикальных щелей шириной 16 мм (рисунок 4) составляли 600 мм (принято кратным ширине изделия), а расстояния между ними принимались равными толщине изделия. Длина щели составляло в среднем 1800 мм, а горизонтальные щели (рисунок 5) прорезались на глубину 360 мм и 480 мм (кратной толщине выпиливаемых изделий).



Рисунок 4 - Резание вертикальной щели в блоке камня
1 – блок камня; 2 – рельс машины; 3 – рабочая тележка; 4 – режущая цепь.

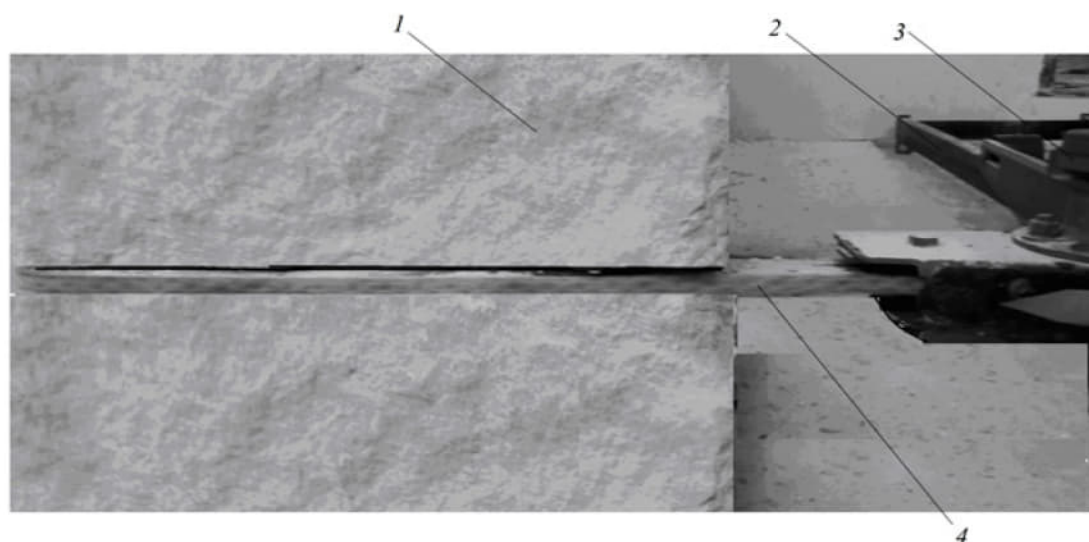


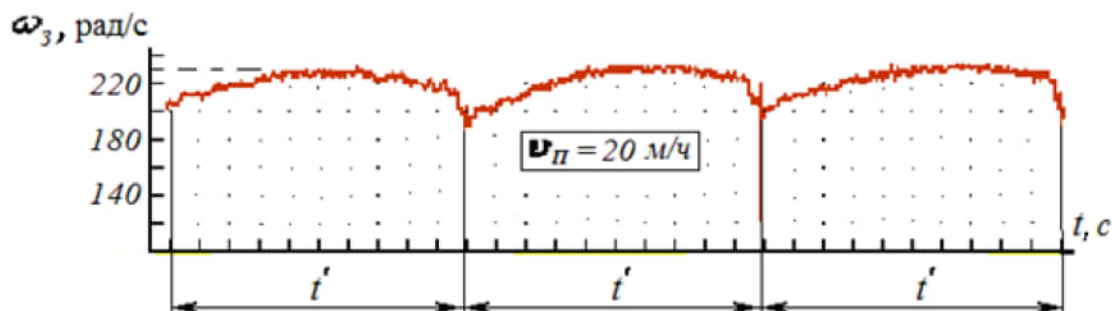
Рисунок 5 - Резание горизонтальной щели в блоке камня
1 – блок камня; 2 – рельс машины; 3 – рабочая тележка; 4 – режущая цепь.

На рисунке 6 представлены экспериментальные диаграммы, полученные при распиловке блока известняка-ракушечника месторождения «Ак-Таш» с помощью вышеуказанных измерительных приборов и компьютера. Они характеризуют изменение величины угловой скорости ведущей звездочки ω_{ζ} за время t' , в течении которой ведущая звездочка делает один оборот.

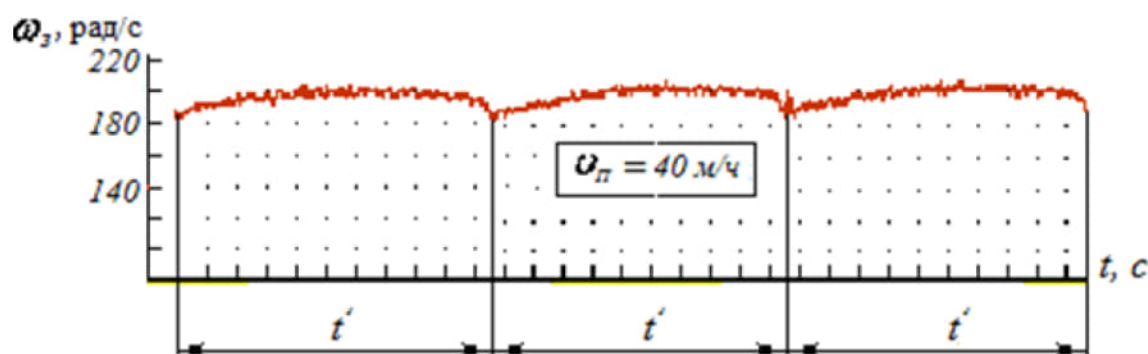
Из этих диаграмм видно, что скорость подачи цепного рабочего органа машины КМЦ-1 в экспериментальной распиловке блока известняка ракушечника «Ак-Таш»

устанавливались равными 20, 40 и 60 м/ч. При скорости $\omega_{\zeta} = 20$ м/ч наблюдался малопродуктивный режим работы машины КМЦ-1, а изменение величины угловой скорости ведущей звездочки ω_{ζ} составило до 32 рад/с, т.е. ω_{ζ} колебалась в пределах от 230,0 до 198,0 рад/с (рисунок 6, а). Значительное изменение величины ω_{ζ} вызывала дополнительных инерционных нагрузок на основные элементы машины КМЦ-1 при резании камня. И это визуально наблюдалось периодическими уменьшениями крутящего момента вала и ослаблением усилия протягивания режущей цепи машины КМЦ-1.

а



б



в

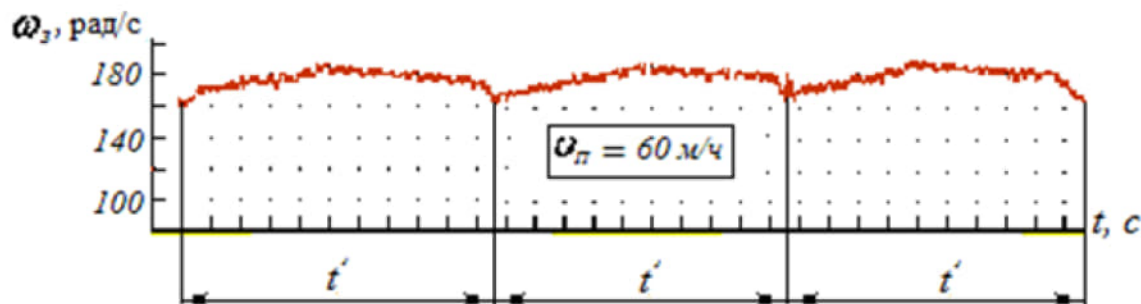


Рисунок 6 - Зависимости угловой скорости ведущей звездочки ω_z от периода времени t' :

а - при скорости подачи $v_{\text{п}} = 20$ м/ч; б - $v_{\text{п}} = 40$ м/ч; в - $v_{\text{п}} = 60$ м/ч

В процессе распиловки блока со скоростью подачи $v_{\text{п}} = 40$ м/ч наблюдался относительно производительный режим работы машины, а изменение угловой скорости ведущей звездочки ω_z за время t' было незначительным, что составило лишь 13,0 рад/с, т.е. ω_z колебалась в пределах от 200,0 до 187,0 рад/с (рисунок 6, б). При этом шум, вибрация и динамические нагрузки на цепной рабочий орган были минимальными, все узлы и меха-

низмы машины функционировали нормально, движение режущей цепи – относительно равномерным.

При распиловке блока камня со скоростью подачи $v_{\text{п}} = 60$ м/ч, также наблюдался относительно производительный режим работы машины, но изменение величины угловой скорости ведущей звездочки ω_z за указанный период времени t' было значительным, что составило до 23,0 рад/с, т.е. ω_z

колебалась в пределах от 183,0 до 160,0 рад/с (рисунок 6, в). В данном случае периодически увеличивался уровень вибрации цепного рабочего органа и другие отрицательные явления (повышенные шумы, нагрев резцов и элементов цепного рабочего органа).

Аналогичным образом были проведены эксперименты по определению рациональных режимов резания блоков известняка-ракушечника месторождения «Сары-Таш» и

известняка «Араван-Таш» новой камнерезной машиной КМЦ-1.

Результаты экспериментов и стендовых испытаний по определению рациональных режимов работы новой камнерезной машины КМЦ-1, в частности рациональные значения скорости резания U_f и подачи U_o для известняков-ракушечников «Ак-Таш», «Сары-Таш» и известняка «Араван-Таш» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рациональные значения основных режимных параметров новой камнерезной машины КМЦ-1

Порода, месторождение	Скорость подачи, м/ч	Скорость резания, м/с
Известняк-ракушечник «Ак-Таш»	40 ...45	3,4 ...3,8
Известняк-ракушечник «Сары-Таш»	30 ... 35	2,8 ...3,2
Известняк «Араван-Таш»	25 ...30	2,6 ...3,0

Сходимость ранее полученных теоретических результатов [9,10] и настоящих экспериментальных исследований приведены в таблице 3. При сравнении теоретических

и экспериментальных значений основных режимных (U_o , U_f) параметров новой камнерезной машины КМЦ-1 были учтены их средние значения.

Таблица 3 – Средние теоретические и экспериментальные значения основных режимных параметров машины КМЦ-1

Основные режимные параметры ЦРО Порода, месторождение	Скорость подачи, м/ч			Скорость резания, м/с		
	Эксп.	Теор.	Сход., %	Эксп.	Теор.	Сход., %
Известняк-ракушечник «Ак-Таш»	42,5	40 (30 - 50)	5,9	3,6	3,2 (2,4 – 4,0)	11,2
Известняк-ракушечник «Сары-Таш»	32,5	30 (20 - 40)	7,7	3,0	3,2 (2,6 – 3,8)	6,3
Известняк «Араван-Таш»	27,5	30 (20 - 40)	8,4	2,8	3,2 (2,6 – 3,8)	12,5

Из таблицы 3 видно, что сходимость теоретических и экспериментальных значений скорости подачи и скорости резания цепного рабочего органа машины КМЦ-1 для известняка-ракушечника «Ак-Таш», соответственно составили 5,9 и 11,2 %, известняка-ракушечника «Сары-Таш» – 7,7 и 6,3 %, известняка «Араван-Таш» – 8,4 и 12,5 %. И так, результаты экспериментов подтвердили обоснованность теоретических предпосылок и

конструкторских решений, перспективность новой камнерезной машины КМЦ-1.

За период стендовых испытаний с 4 июля по 27 июля 2016 г., машиной КМЦ-1 были получены (вырезаны из блоков) 58 шт. бордюров, размером: 1500 x 140 x 80 мм (рисунок 7, а) и 54 шт. специальных плит, размером: 1200 x 600 x 80 мм (рисунок 7, б), что обеспечивалось резанием суммарно 46,4 пог. м вертикальной и 10,2 пог. м горизонтальной технологических щелей.



Рисунок 7 - Полученные строительные изделия новой камнерезной машиной КМЦ-1:

а – бордюры; б – плиты

Проведенные стендовые испытания показали, что новая камнерезная машина КМЦ-1 в целом вполне работоспособна, все узлы и механизмы функционируют нормально. Новая камнерезная машина КМЦ-1 с цепным рабочим органом обеспечивает устойчивое резание горизонтальных и вертикальных щелей с шириной до 16 мм в блоках природного камня малой и средней прочности.

Новая камнерезная машина КМЦ-1 рекомендована к промышленным испытаниям с целью апробации технологии получения строительных изделий непосредственно из массива камня в условиях месторождения известняков-ракушечников «Сары-Таш» [11].

Выводы

1. Разработан экспериментальный стенд и проведены стендовые испытания новой камнерезной машины КМЦ-1 с цепным рабочим органом. Определены функциональные работоспособности основных

деталей и узлов новой камнерезной машины КМЦ-1 при распиловке блоков камня месторождений известняка-ракушечника «Ак-Таш» и «Сары-Таш», известняка «Араван-Таш»;

Построены экспериментальные диаграммы и определены взаимосвязи величины угловой скорости ведущей звездочки (ω_c) от скорости подачи цепного рабочего органа (v_f);

Определены рациональные режимы резания природного камня малой и средней прочности новой камнерезной машиной КМЦ-1. Произведен сравнительный анализ средних теоретических и экспериментальных значений основных режимных параметров камнерезной машины КМЦ-1;

Даны рекомендации для проведения промышленных испытаний камнерезной машины КМЦ-1 на месторождениях природного камня малой и средней прочности.

Список литературы:

1. **Исманов, М.М.** Особенности новой камнерезной машины с цепным рабочим органом [Текст] / М.М. Исманов // Инженер. – Бишкек: ИА КР, 2025. - №30,31. – С. 36 - 47.
2. **Мендекеев, Р.А.** Научно-прикладные основы создания техники и технологий для камнедобывающей промышленности [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06; 25.00.22 / Р.А. Мендекеев. - Бишкек, 2008. – 374 с.
3. **Красовский, Г.И.** Планирование эксперимента [Текст] / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: БГУ, 1982. – 302 с.
4. **Реброва, И.А.** Планирование эксперимента [Текст]: учебное пособие / И.А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010 – 106 с.
5. Генератор постоянного тока EG-520ED-3B [Электронный ресурс], 2016. – Режим доступа: https://www.kysanelectronics-com.3dcartstores.com/EG-520ED-3B_p_1...
6. Цифровой осциллограф UTD 2102 CEL [Электронный ресурс], 2017. – Режим доступа: <http://masteram-online.ru/digital-oscilloscope-uni-t-utd2102cel/>.
7. Мультиметр VA 800 [Электронный ресурс], 2017. – Режим доступа: <http://s-line.ru/catalog/Universalnye/836/>.
8. **Румшинский, Л.З.** Математическая обработка результатов эксперимента [Текст]: справочное пособие / Л.З. Румшинский.- М.: Наука, 1971.- 142 с.
9. **Исманов, М.М.** Определение рационального положения цепного рабочего органа камнерезной машины [Текст] / М.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2018. – № 1. – С. 14 – 19.
10. **Исманов, М.М.** Зависимости режимных и конструктивных параметров цепного рабочего органа камнерезных машин [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов // Машиноведение. – Бишкек: ИМаш НАН КР, 2018. - № 2. – С. 45 – 58.
11. **Исманов, М.М.** Проблемы и перспективы развития камнедобывающей и камнеобрабатывающей отраслей промышленности в Кыргызской Республике [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2019. – № 2. – С. 58 – 64.