

УДК 622.23.05

*Исманов М.М.**д.т.н., профессор Кыргызско-Узбекского Межд. университета имени  
Б. Сыдыкова, Кыргызская Республика*

## **ТАШ КЕСҮҮЧҮ МАШИНАНЫН ЭШМЕЗЫМДУУ МҮЧӨСҮНҮН ЖАГЫМДУУ ЖУМУШЧУ АБАЛЫНЫН ШАРТТАРЫ**

*Бул жумушта изилдөөнүн предмети катары таш кесүүчү машинанын эшмезымдуу жумушчу мүчөсү менен табигый ташты кесүү жараяны каралган. Ташты кесүү жараянын жакшыртуу жана таш кесүүчү машинанын эшмезымдуу жумушчу мүчөсүнүн жагымдуу жумушчу абалын аныктоо максатында изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Назарий механиканын күчтү бир чекитке алып келүү жана которуу усулдары колдонулган. Алардын негизинде эсеп схемалары иштелип чыгылган жана табигый ташты кесүү жараянында таш кесүүчү машинанын эшмезымдуу жумушчу мүчөсүнүн жагымдуу жумушчу абалынын керектүү шарттары аныкталган. Жумушчу арабачанын рельсинин жантая  $\alpha$  бурчу  $15^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  интервалында болгондо таш кесүүчү машинанын эшмезымдуу мүчөсүнүн жагымдуу жумушчу абалынын керектүү шарттарынын камсыздалышы аныкталган. Алынган жыйынтыктар таш кесүүчү машиналардын эшмезымдуу мүчөлөрү менен табигый ташты кесүү технологиялык жараянын жакшыртууга өбөлгө түзөт. Келечекте бул тематикадагы изилдөөлөрдү таш кесүүчү машиналардын эшмезымдуу жумушчу мүчөлөрүнүн рационалдуу чоңдуктарын эсептөө методикасын иштеп чыгуу багытында улантуу сунушталат.*

***Негизги сөздөр:** жантая бурчу; рельс; кесүүчү эшмезым; эшмезымдуу мүчө; жумушчу арабача; таш кесүүчү машина; табигый таш; жагымдуу абал.*

## **УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РАБОЧЕГО ПОЛОЖЕНИЯ КАНАТНОГО ОРГАНА КАМНЕРЕЗНОЙ МАШИНЫ**

*В данной работе предметом исследования является процесс резания природного камня с канатным рабочим органом камнерезной машины. Проведены исследования с целью определения условий рационального рабочего положения канатного органа камнерезной машины и совершенствования процесса резания природного камня. Используются*

*методы теоретической механики по переносу и приведению сил в другую точку. На их основе разработаны расчетные схемы и определены необходимые условия рационального положения канатного рабочего органа камнерезной машины в процессе резания природного камня. Выявлено, что при угле наклона рельса рабочей тележки к горизонту  $\alpha$  в интервале от  $15^{\circ}$  до  $35^{\circ}$  обеспечиваются необходимые условия рационального рабочего положения канатного рабочего органа камнерезной машины. Полученные результаты позволяют совершенствовать технологический процесс резания природного камня с канатными рабочими органами камнерезных машин. В перспективе рекомендуется продолжение работ по данной тематике для разработки методики расчета рациональных параметров канатных рабочих органов камнерезных машин.*

**Ключевые слова:** *угол наклона; рельс; режущий канат; канатный орган; рабочая тележка; камнерезная машина; природный камень; рациональное положение.*

## **CONDITIONS OF RATIONAL WORKING POSITION STORAGE CABLE OF A STONE-CARVING MACHINE**

*In this work, studies were carried out to determine the conditions for the rational working position of the rope organ of a stone-cutting machine and to improve the process of cutting natural stone. The methods of theoretical mechanics for the transfer and reduction of forces to another point are used. Based on them, design schemes were developed and the necessary conditions for the rational position of the rope working body of the stone-cutting machine in the process of cutting natural stone are determined. It was revealed that at an angle of inclination of the rail of the working trolley to the horizon from  $15^{\circ}$  to  $35^{\circ}$ , the necessary conditions for the rational working position of the rope working body of the stone-cutting machine are provided. The results obtained make it possible to improve the technological process of cutting natural stone by rope working bodies of stone-cutting machines. In the future, it is recommended to continue work on this topic to develop a methodology for calculating the rational parameters of cable working bodies of stone-cutting machines.*

**Key words:** *tilt angle; rail; cutting rope; rope body; working trolley; stone-cutting machine; natural stone; rational position.*

Изделия из природного камня Кыргызстана, благодаря своему естественному виду и лучшим физико-механическим свойствам, все больше и больше находят широкие масштабы применения в современном строительстве. Основываясь на огромные запасы, высокие цены и повышенный спрос на отечественные изделия из камня можно отметить [1,2], что камнедобывающая и камнеобрабатывающая под отрасли могли бы стать весомым источником валютных поступлений для бюджета Кыргызстана.

В настоящее время технические средства и технологии добычи и распиловки блоков камня, применяемые в Кыргызской Республике физически и морально устарели, применение их приводят к низкой производительности и высокой себестоимости получаемых изделий (за счет значительной трудоемкости и энергоемкости процесса, высокой цены импортного оборудования), а потери сырья составляют до 70 % от общего объема добываемых блоков камня [3,4].

Как известно, что эффективность эксплуатации камнерезных машин в основном характеризуется их производительностью, энерго и ресурсосбережением. Улучшение указанных показателей камнерезных машин требует проведения исследований, направленных на совершенствования конструкций и технологий их применения.

Необходимо отметить, что для развития теории методов расчета параметров, создания новых технических средств и разработки технологий добычи и обработки блоков природного камня посвящены работы многих ученых: [5 - 11]. В результате изучения и анализа их работ выявлено, что в их трудах не были изложены условия рационального положения рабочих органов камнерезных машин. Так как, надежная и долговечная работа рабочих органов камнерезных машин, качество получаемых изделий из камня в основном зависит от их устойчивости и выбранного рабочего положения.

В связи с вышеизложенным, возникает необходимость исследования и определения условий рационального положения рабочих органов

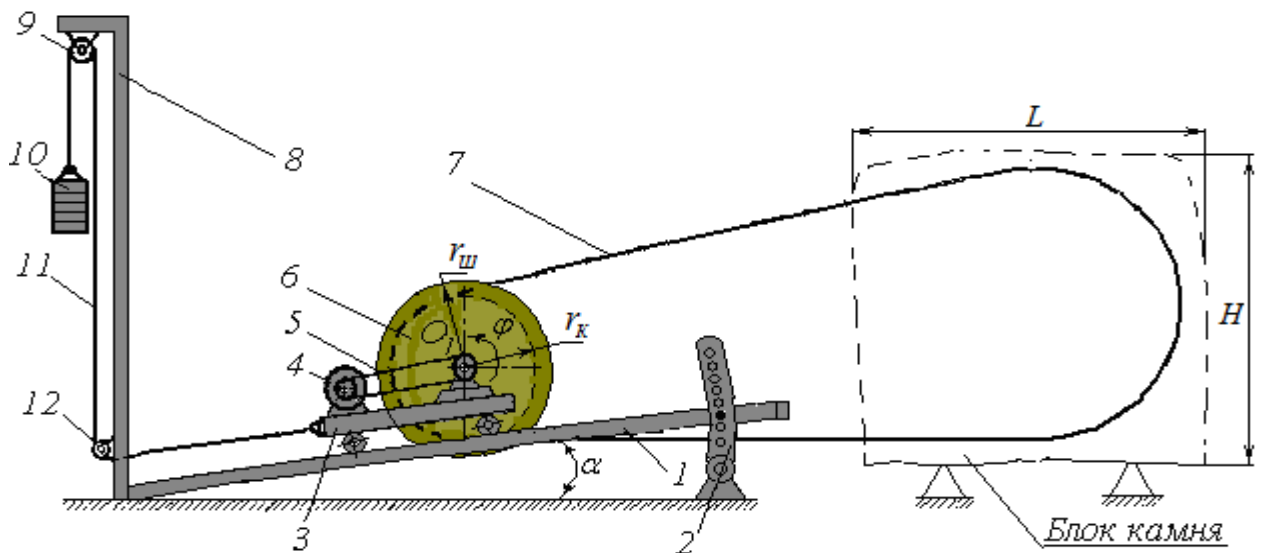
камнерезных машин. Определение условий рационального положения рабочих органов камнерезных машин позволяет сформулировать необходимые рекомендации к выбору нужных параметров ее основных узлов и механизмов, обеспечивающие повышение их работоспособности и эффективности применения.

Исходя из этого, рассмотрим камнерезную машину с канатным рабочим органом (КРО), изготовленную в условиях научно-исследовательского центра «Природный камень» Кыргызско-Узбекского университета (рисунок 1). Данная камнерезная машина с КРО предназначена для пассивной и распиловки блоков камня малой и средней прочности на изделия-заготовки. Рабочая тележка этой камнерезной машины, на которой смонтирован привод КРО, выполняет основную работу в процессе резания камня. Откуда канатный рабочий орган камнерезной машины и процесс резания камня являются *предметом исследований* в данной работе.

Рельсы, по которым перемещается рабочая тележка, расположены под углом  $\alpha$  к горизонту. Откуда регулированием значения угла  $\alpha$  и используя собственный вес рабочей тележки можно определить рациональное рабочее положение КРО в процессе резания природного камня, что является *целью исследований* данной работы.

Для решения вышеизложенной проблемы (достижения цели) использованы *методы* теоретической механики по переносу и приведению сил в другую точку и составлена расчетная схема сил (рисунок 2, а), с учетом следующих допущений:

- электродвигатель привода рабочего шкива не включен, т.е. процесс резания камня еще не начался;
- на режущий алмазный канат действуют только силы упругости ведущих и ведомых ветвей, а равнодействующая этих сил направлена параллельно к рельсам;
- сила тяги, действующая на рабочую тележку равно нулю ( $P_T = 0$ ).



1 - шасси; 2 – стойки для регулирования угла наклона шасси; 3 – рабочая тележка; 4 - электродвигатель; 5 - клиноременная передача; 6 – рабочий шкив; 7 – алмазный канат; 8 – вертикальная рама; 9,12 – шкивы; 10 – груз; 11 – трос.

Рисунок 1 - Конструктивная схема камнерезной машины с канатным рабочим органом

Из составленной расчетной схемы видно, что на рабочую тележку действуют силы упругости, вызванные натяжением ведущей  $P'_y$  и ведомых ветвей  $P''_y$  режущего каната, суммарная сила трения скольжения колес  $P_{TP}^K$  и сила тяжести рабочей тележки с приводом режущего каната  $G_T$  (рисунок 2,а).

Определим, при каком предельном значении угла  $\alpha$  рабочая тележка будет оставаться в относительном покое, т.е. рассмотрим предельное положение равновесия рабочей тележки камнерезной машины с КРО.

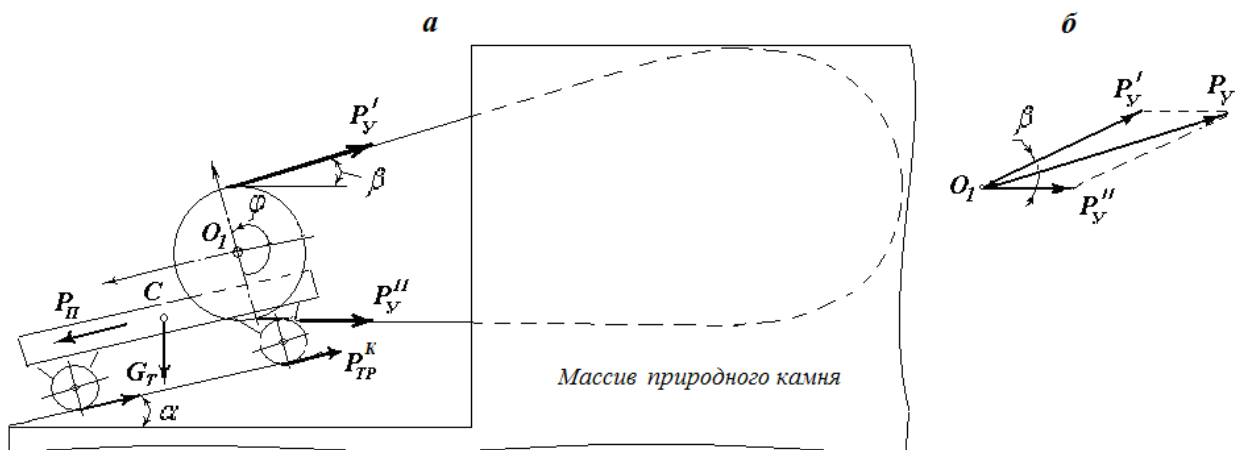


Рисунок 2 – Расчетная схема рабочей тележки камнерезной машины

с канатным рабочим органом:

$a$  – силы, действующие на рабочую тележку;  $b$  – схема к определению равнодействующей сил упругости ветвей режущего каната

Как видно из рисунка 2,  $b$ , что силы упругости  $P_V^I$  и  $P_V^{II}$  можно заменить одной равнодействующей силой  $P_V$ , приложенной в точке  $O_1$ .

Исходя из рисунка 2,  $b$  определим модуль равнодействующей силы  $P_V$

$$P_V = \sqrt{(P_V^I)^2 + (P_V^{II})^2 + 2P_V^I \cdot P_V^{II} \cdot \cos \beta} . \quad (1)$$

Приводим все действующие силы к колесам рабочей тележки камнерезной машины. Показывая силы реакции  $N$  и силы трения скольжения колес  $P_{TP}^K$  рабочей тележки, а также разлагая  $G_T$  на две составляющие  $G_T^I$  и  $G_T^{II}$  (рисунок 3), находим движущую силу тяжести рабочей тележки, т.е. величину усилия подачи

$$P_{II} = G_T^I = G_T \cdot \sin \alpha . \quad (2)$$

Величина нормальной реакции

$$N = G_T^{II} = G_T \cdot \cos \alpha . \quad (3)$$

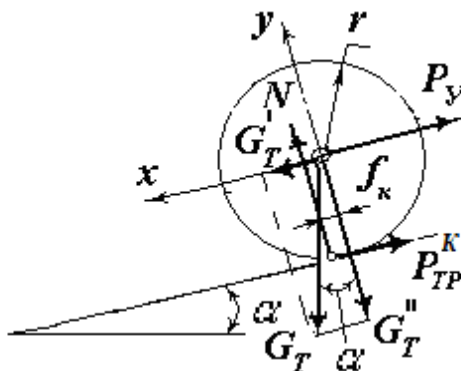


Рисунок 3 – Расчетная схема колеса рабочей тележки камнерезной машины

Таким образом, в предельном состоянии равновесия на колесо рабочей тележки будут действовать сила упругости  $P_y$  с моментом  $P_y \cdot r$  и пары сил:  $G_T^I$  и  $P_{TP}^K$  с моментом  $G_T^I \cdot r$ ;  $G_T^{II}$  и  $N$  с моментом  $N \cdot f_k$  (где  $r$  – радиус колеса рабочей тележки;  $f_k$  – коэффициент трения качения). Экспериментальными исследованиями [12] определены величины коэффициента трения качения для разных случаев. Когда колесо по рельсу, величина  $f_k = 0,005$ , а для шарикового подшипника, величина  $f_k = 0,001$ .

В предельном состоянии равновесия рабочей тележки справедливо следующее уравнение моментов сил

$$G_T^I \cdot r = N \cdot f_k + P_y \cdot r . \quad (4)$$

Подставляя значения  $G_T^I$  и  $N$  из (2) и (3) в уравнение (4) имеем

$$G_T \cdot \sin \alpha \cdot r = G_T \cdot \cos \alpha \cdot f_k + P_y \cdot r . \quad (5)$$

Разделим обе части уравнения (5) на  $r$ , получим

$$G_T \cdot \sin \alpha = G_T \cdot \cos \alpha \cdot \frac{f_k}{r} + P_y . \quad (6)$$

Учитывая, что  $G_T \cdot \sin \alpha = P_{II}$ , из уравнения (6) определим необходимое условие равновесия относительно усилия подачи  $P_{II}$  для рассматриваемого случая, в виде

$$P_{II} = G_T \cdot \cos \alpha \cdot \frac{f_k}{r} + P_y . \quad (7)$$

Разделяя обе части уравнения (6) на  $G_T \cdot \cos \alpha$ , имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_k}{r} + \frac{P_y}{G_T \cdot \cos \alpha} . \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что при любом значении  $\alpha$ , меньше предельного, т.е.  $\alpha < \alpha_{np}$ , колеса рабочей тележки будут в относительном покое. При  $\alpha > \alpha_{np}$ , колеса рабочей тележки начнут перемещаться вдоль оси  $x$  по рельсам.

Следует отметить, что при  $\alpha = \alpha_{пр}$ , колеса рабочей тележки будут оставаться в относительном покое, если коэффициент трения скольжения  $f_T$  колес о рельс будет

$$f_T \geq \operatorname{tg} \alpha . \quad (9)$$

В случае, когда

$$f_T \leq \operatorname{tg} \alpha , \quad (10)$$

нарушается относительный покой и колеса начнут скользить вдоль оси  $x$  по плоскости рельсов.

Следует отметить, что экспериментальными исследованиями определены величины  $f_T$  для разных случаев [12]. Когда металл по металлу коэффициент трения скольжения  $f_T = 0,15 - 0,25$ .

Откуда с учетом (8) и неравенства (10) имеем окончательный вид

$$\operatorname{tg} \alpha = \left( \frac{f_k}{r} + \frac{P_y}{G_T \cdot \cos \alpha} \right) \geq 0,25 . \quad (11)$$

Исходя из неравенства (11) определим предельную величину угла  $\alpha$ , при котором рабочая тележка еще сохраняет состояние относительного покоя, имеем  $\alpha = 14^\circ$ . Когда  $0 \leq \alpha \leq 14^\circ$  - рабочая тележка с КРО сохраняет состояние относительного покоя, а при  $15^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$  - обеспечиваются необходимые условия рационального рабочего положения КРО без дополнительного приложения силы тяжести груза.

Таким образом, выявляя условия рационального рабочего положения рабочей тележки КРО относительно его угла наклона в виде  $15^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$ , можем перейти к определению условий динамической уравновешенности КРО камнерезных машин.



### **Выводы:**

1. Разработаны расчетные схемы для определения рационального рабочего положения канатного органа камнерезной машины;
2. Определено, что при угле наклона:  $0 \leq \alpha \leq 14^\circ$  - рабочая тележка с канатным рабочим органом сохраняет состояние относительного покоя, а при  $15^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$  - обеспечиваются необходимые условия рационального рабочего положения канатного органа камнерезной машины без дополнительного приложения силы тяжести груза;
3. Выявлено, что рациональное положение рабочей тележки канатного органа относительно его угла наклона в виде  $15^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$ , позволяет перейти к определению условий динамической уравновешенности канатного рабочего органа камнерезных машин;
4. Полученные результаты позволяют совершенствовать технологический процесс резания природного камня с канатными рабочими органами камнерезных машин.

### **Список литературы:**

1. **Доолоталиев, С.Д.** Современное состояние и перспективы развития производства строительных материалов в Киргизии [Текст]: обзорная информация, ДСП. Серия 3.12 / С.Д. Доолоталиев, Г.Г. Дружинин, Ж.А. Савитахунов. – Фрунзе: КиргизНИИНТИ, 1986. – 60 с.
2. **Мамасаидов, М.Т.** 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.
3. **Алимов, О.Д.** К прогнозу развития камнедобывающей техники [Текст] / О.Д. Алимов, М.Т. Мамасаидов. - Фрунзе: Илим, 1989. - 18 с.
4. **Исманов, М.М.** Научно-прикладные основы создания рабочих органов камнерезных машин [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06 / М.М. Исманов. - Бишкек, 2018. – 323 с.
5. **Орлов, А.М.** Добыча и обработка природного камня [Текст] / А.М. Орлов.- М.: Стройиздат, 1977.- 318 с.
6. Оборудование для добычи и обработки природного камня [Текст]: каталог-справочник. - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1980.- 228 с.
7. **Михельсон, Р.В.** Состояние и развитие механизации добычных работ на карьерах облицовочного камня [Текст]: обз. инф. Вып.7. / Р.В. Михельсон, Г.И. Цицикашвили. - Тбилиси: ГрузНИИНТИ, 1985.- 60с.

8. **Алимов, О.Д.** Технические средства отделения блоков камня от массива [Текст] / О.Д. Алимов, М.Т. Мамасаидов.- Фрунзе: Илим, 1987.- 216 с.
9. **Исманов, М.М.** Обоснование параметров и создание карьерной камнерас-пиловочной машины [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / М.М. Исманов. - Бишкек, 2002. - 174 с.
10. **Мамасаидов, М.Т.** Нетрадиционная технология и карьерная камнераспиловочная машина для получения изделий из массива камня [Текст] / М.Т. Мамасаидов, Р.А. Мендекеев, М.М. Исманов // Горные науки Республики Казахстан – итоги и перспективы: сб. науч. тр. Института горного дела им. Д. А. Кунаева. Вып. 68 по матер. Межд. научной конф. – Алматы, 2004. - С. 163 – 167.
11. **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.
12. **Тарг, С.М.** Краткий курс теоретической механики [Текст]: учеб. для втузов / С.М. Тарг. – М.: Высшая школа, 1986.- 416 с.

**На следующей странице излагаются сведения об авторе(ах)  
на кыргызском, русском и английском языках**

### **АВТОР ЖӨНҮНДӨ МААЛЫМАТ**

**Исманов Медербек Марипжанович** – Б.Сыдыков атындагы Кыргыз-Өзбек Эл аралык университетинин илимий иштер боюнча проректору, техника илимдеринин доктору. 723500, Кыргыз Республикасы, Ош шаары, Н. Исанов көчөсү, 79. E-mail: ismanov1970@mail.ru.

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Исманов Медербек Марипжанович** - проректор по науке Кыргызско-Узбекского Межд. университета имени Б.Сыдыкова, доктор технических наук. 723500, Кыргызская Республика, город Ош, улица Н. Исанова, 79. E-mail: ismanov1970@mail.ru.

### **ABOUT THE AUTHOR**

**Ismanov Mederbek Maripzhanovich** - Vice-Rector for Science of the Kyrgyz-Uzbek Int. University named after B. Sydykov, Doctor of Technical Sciences. 723500, Kyrgyz Republic, Osh city, N. Isanov street, 79. E-mail: ismanov1970@mail.ru.