

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ И АВТОМАТИКИ

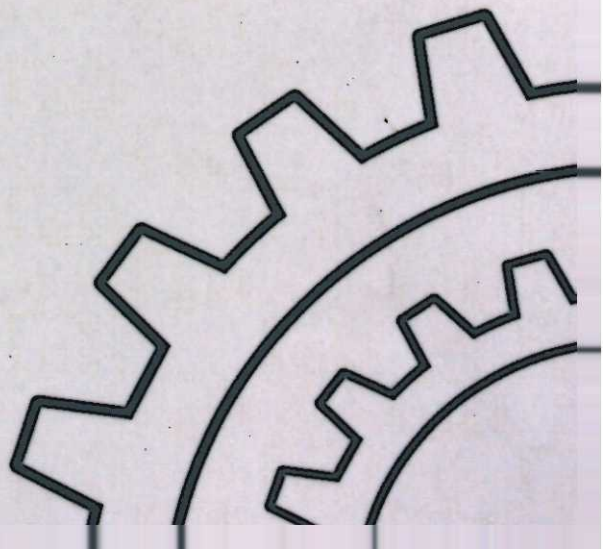
ISSN 1694-7657

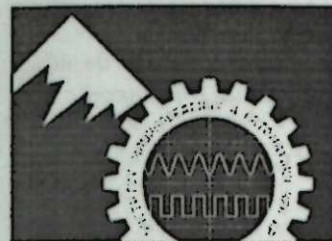
МАШИНОВЕДЕНИЕ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (16)

Бишкек 2022





Кыргыз Республикасынын Улуттук
илимдер академиясынын

Машина таануу жана автоматика
институту

ISSN 1694-7657

МАШИНА ТААНУУ

ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК ЖУРНАЛ

№ 2 (16)

Бишкек 2022

Редакциялык топ:

Джуматаев М.С., башкы редактор, техн. илим. д-ру, проф., КР УИА академиги;
Султаналиев Б.С., башкы редактордун орун басары, техн. илим. д-ру, проф.;
Абдраимов Э.С., техн. илим. д-ру, проф.;
Абидов А.О., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;
Анохин А.В., техн. илим. канд, у.и.к.;
Аширалиев А., техн. илим. д-ру, проф.;
Давлятов У.Р., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;
Ересьянец В.Э., техн. илим. д-ру, проф.;
Мамасаидов М.Т., д техн. илим. д-ру, проф., КР УИА академиги;
Маткеримов Т.Ы., техн. илим. д-ру, проф.;
Мендеев Р.А., техн. илим. д-ру, проф.;
Муслимов А.П., техн. илим. д-ру, проф.;
Обозов А.Д., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;
Рагрин Н.А., техн. илим. д-ру, проф.;
Садиева А.Э., техн. илим. д-ру, проф.;
Ураимов М., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;
Усубалиев Ж., техн. илим. канд, проф.;
Шамсутдинов М.М., техн. илим. д-ру, проф.;
Шариембиев Ж.С., техн. илим. д-ру, доцент;
Эликбаев К.Т., техн. илим. канд.

Жоопту катчы: Квитко С.И., техн. илим. канд, у.и.к.

Журнал илимий-изилдөө иштеринин натыйжалары боюнча төмөнкү багыттар боюнча макалаларды, кароолорду жана кыскача билдирүүлөрдү жарыялайт:

Механика:

Суюктуктардын жана газдардын механикасы;
Майышуучу катуу дене тулку механикасы;
Механизмдердин жана машиналардын назарияты;
Механикалык системалардын термелүүлөрү.

Машина куруу:

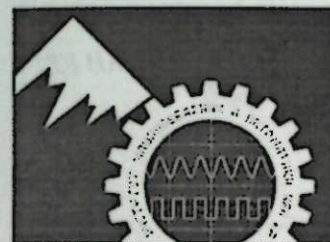
Машина таануу жана машине тетиктери;
Машина куруучу материалдар;
Тоо-кен машина куруу;
Курулуш жана жол машина куруу;
Айыл чарба машина куруу.

Энергетика жана унаа:

Энергиянын кайра иштелип чыккан булактары;
Жол кыймылынын коопсуздугу жана уюштуруу.

Редактор: Комарова Е.В.
Компьютердик калыптоо: Толтоева М.Б.
КР УИА МТАИ басмасы

Редакция дарегин:
Бишкек, 720055, Скрябин к., 23, КР УИА МТАИ
Тел.: +996 (0312) 54 11 13
E-mail: machinery.kg@gmail.com
© КР УИА МТАИ



Национальная академия наук
Кыргызской Республики

Институт машиноведения и
автоматики

ISSN 1694-7657

МАШИНОВЕДЕНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Ф-3

№ 2 (16)

Бишкек 2022

Редакционная коллегия:

Джуматаев М.С., главный редактор, д-р. техн. наук, проф., академик НАН КР;
Султаналиев Б.С., зам. главного редактора, д-р. техн. наук, проф.;
Абдраимов Э.С., д-р. техн. наук, проф.;
Абидов А.О., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Анохин А.В., канд. техн. наук, с.н.с.;
Аширалиев А., д-р. техн. наук, проф.;
Давлятов У.Р., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Ересьянец В.Э., д-р. техн. наук, проф.;
Мамасаидов М.Т., д-р. техн. наук, проф., академик НАН КР;
Маткеримов Т.Ы., д-р. техн. наук, проф.;
Мендекеев Р.А., д-р. техн. наук, проф.;
Муслимов А.П., д-р. техн. наук, проф.;
Обозов А.Д., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Рагшин Н.А., д-р. техн. наук, проф.;
Садиева А.Э., д-р. техн. наук, проф.;
Ураимов М., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Усубалиев Ж., канд. техн. наук, проф.;
Шамсутдинов М.М., д-р. техн. наук, проф.;
Шаршембиев Ж.С., д-р. техн. наук, доцент;
Эликбаев К.Т., канд. техн. наук.

Ответственный секретарь: Квитко С.И., канд. техн. наук, с.н.с.

Журнал публикует статьи, обзоры и краткие сообщения по результатам научно-исследовательских работ по следующим направлениям:

Механика:

Механика жидкости и газа;
Механика деформируемого твердого тела;
Теория механизмов и машин;
Колебания механических систем.

Машиностроение:

Машиноведение и детали машин;
Машиностроительные материалы;
Горное машиностроение;
Строительное и дорожное машиностроение;
Сельскохозяйственное машиностроение.

Энергетика и транспорт:

Возобновляемые источники энергии;
Организация и безопасность дорожного движения.

Редактор: Комарова Е.В.

Компьютерная верстка: Толтоева М.Б.

Издание ИМА НАН КР

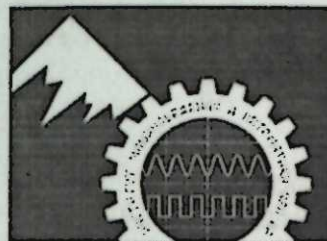
Адрес редакции:

Бишкек, 720055, ул. Скрябина, 23, ИМА НАН КР

Тел.: +996 (0312) 54 11 13

E-mail: machinery.kg@gmail.com

© ИМА НАН КР



**National Science Academy The
Kyrgyz Republic**

**Machinery researching and
automatics Institute**

ISSN 1694-7657

MACHINERY RESEARCHING

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

№ 2 (16)

Bishkek 2022

Editorial Board:

- Abdraimov E.S., Dr. tech. sciences, prof.;
- Abidov A.O., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;
- Anokhin A.V., Cand. tech. sciences, senior sciences;
- Ashiraliev A., Dr. tech. sciences, prof.;
- Davlyatov U.R., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;
- Dzhumataev M.S., chief editor, Dr. tech. Sciences, prof., Academician of the NAS of the KR;
- Elikbaev K.T., Cand. tech. sciences.
- Eremyants V.E., Dr. tech. sciences, prof.;
- Mamasaidov M.T., Dr. tech. Sciences, prof., Academician of the of the NAS of the KR;
- Matkerimov T.Y., Dr. tech. sciences, prof.;
- Mendekeev R.A., Dr. tech. sciences, prof.;
- Muslimov A.P., Dr. tech. sciences, prof.;
- Obozov A.D., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;
- Ragrin N.A., Dr. tech. sciences, prof.;
- Sadieva A.E., Dr. tech. sciences, prof.;
- Shamsutdinov M.M., Dr. tech. sciences, prof.;
- Sharshembiev Zh.S., Dr. tech. Sciences, Associate Professor;
- Sultanaliyev B.S., deputy. chief editor, Dr. tech. sciences, prof.;
- Uraimov M., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;
- Usubaliyev Zh., Cand. tech. sciences, prof.;

Executive Secretary: Kvitko S.I., Cand. tech. sciences, senior sciences.

The journal publishes articles, reviews and brief reports on the results of research works in the following areas:

Mechanics:

- Fluid and gas mechanics;
- Deformable Solid Mechanics;
- The theory of mechanisms and machines;
- Vibrations of mechanical systems.

Mechanical engineering:

- Machinery researching and Machine Parts;
- Engineering materials;
- Mining engineering;
- Construction and road engineering;
- Agricultural engineering.

Energy and transport:

- Renewable energy sources;
- Organization and road safety.

Editor: Komarova E.V.
 Computer layout: Toltoeva M.B.
 Edition of MRAI KR NAS

Editorial office address:
 Bishkek, 720055, st. Scriabin, 23, MRAI KR NAS
 Tel.: +996 (0312) 54 11 13
 E-mail: machinery.kg@gmail.com
 © MRAI KR NAS

МАЗМУУНУ

МЕХАНИКА

Еремьянц В.Э., Абдраимов Э.С.
 Ийри муунак-термелгичтүү урма механизмдердин рационалдуу өлчөм мүнөздөгүчтөрүн тандоо.....10

Еремьянц В.Э., Таалайбекова Ж.Т.
 Татаал конфигурациядагы манипулятордун тогоолорунун ийинкүчтөрүнүн инерциясын эксперименталдык аныктоо.....19

МАШИНА КУРУУ

Маматкадырова Б.М., Жолдошов Б.М., Капаров С.А.
 Тез кесүүчү болотторду чыңалуудагы фазалык өзгөрүүлөр.....30

Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н.
 Жаңы конструкциядагы шынаалык түзүлүш менен катуу материалды жарууда жаруучу күчтөрдү аныктоо.....38

Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Райымбабаев Т.О.
 Гидравликалык шынаалу түзмөктүн керилме жаактарындагы күчтөр.....50

Жаныбекова Б.Ж.
 Фермердик чарбалардын шартында жүндү жуу үчүн чакан көлөмдүү түзүлүш.... 59

Жусубалиева А.Ж., Турдусев И.Э.
 Мал сарайларынын тошолмолорун жылытуучу түзүлүш.....66

ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УИАА

Обозов А.Дж., Медетбеков М.Т.
 Ички кесилиш аянты өзгөрүлүп туруучу түтүктөгү шамалдын агымына жылулуктун ылдамдыгына кандай таасирин тийгизерин изилдөө... 71

МААРАКЕЛЕР

Ураимов Мамасабырды куттуктайбыз.....79

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИКА

Еремянц В.Э., Абдраимов Э.С.

К выбору рациональных параметров кривошипно-коромысловых ударных механизмов.....10

Еремянц В.Э., Таалайбекова Ж.Т.

Экспериментальное определение моментов инерции звеньев манипулятора сложной конфигурации.....19

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Маматкадырова Б.М., Жолдошов Б.М., Капаров С.А.

Фазовые изменения при ступенчатой закалке быстрорежущих сталей.....30

Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н.

Определение раскалывающих сил при расколе твердого материала клиновым устройством новой конструкции.....38

Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Райымбабаев Т.О.

Усилия на раздвижных щеках гидравлического клинового устройства.....50

Жаныбекова Б.Ж.

Малогабаритное устройство для мойки шерсти в условиях фермерских хозяйств.....59

Жусубалиева А.Ж., Турдубеков И.Э.

Устройство для обогрева пола животноводческих помещений.....66

ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ

Обозов А.Дж., Медетбеков М.Т.

Исследования влияния температуры на скорость ветрового потока в трубке с переменным сечением.....71

ЮБИЛЕИ

Поздравляем Ураимова Мамасабыра.....79

CONTENTS

MECHANICS

Eremyants V.E., Abdraimov E.S.

To the choice of rational parameters of the crank-rockerpercussion mechanisms10

Eremyants V.E., TaalaibekovaZh.T.

Experimental determination of moments of in-ertia manipulator links of complex configuration.....19

MECHANICAL ENGINEERING

MamatkadyrovaB. M., ZholdoshevB. M., KaparovS. A.

Phase changes during step hardening of high-speedsteels.....30

Usubaliev J., Elikbaev K.T., Kynatbekova N.N.

Determination of splitting forces when splitting a solid material with a wedge device of a new design.....38

Usubaliev J., Elikbaev K.T., Raiymbambaev T.O.

Fforceson the sliding cheeks of the hydraulic wedge device.....50

ZhanybekovaB.Z.

Small-sized device for washing wool in farm conditions.....59

Zhusubaliev A.Zh., Turdubekov I.E.

Device for livestock floor heating premises.....66

ENERGY AND TRANSPORT

Obozov A. Dj., Medetbekov M. T.

Investigation of the study of the temperature of the wind flow velocity in a tube with a variable cross section.....71

ANNIVERSARY

Congratulations to Uraimov Mamasabyr.....79

МЕХАНИКА

МЕХАНИКА

MECHANICS

УДК 621.01

ИЙРИ МУУНАК-ТЕРМЕЛГИЧТҮҮ УРМА
МЕХАНИЗМДЕРДИН РАЦИОНАЛДУУ ӨЛЧӨМ
МҮНӨЗДӨГҮЧТӨРҮН ТАНДОК ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
КРИВОШИПНО-КОРОМЫСЛОВЫХ УДАРНЫХ
МЕХАНИЗМОВTO THE CHOICE OF RATIONAL PARAMETERS OF
THE CRANK-ROCKERPERCUSSION MECHANISMS

В. Э. Еремянц, Э. С. Абдраимов

V. E. Eremyants, E. S. Abdraimov

Негизи жсана тээги чоң болгон эки түрдөгү ийри муунак-термелгичтүү урма механизмдер каралып, алардын өткөрүү катышы келтирилип, ошолордун негизинде уруучу тогоонун ылдамдыгын калыбына келтирүү коэффициентти аныкталган. Тээги чоң болгон ийри муунак-термелгичтүү урма механизмдердин динамикасын изилдөө боюнча мурдакы жумуштардын жыйынтыктары келтирилген жсана тоо тектердин жсана курулуш материалдарын талкалоодо ургулоочу тогоолордун соккудан кийинки ылдамдыгын физикалык калыбына келтирүү коэффициенттерин эксперименталдык аныктоого арналган жумуштар, ошондой эле жумушчу аспаптын жартак менен иштешкенде анын бетин ар кандай жабышкан нерселерден жсана калдыктардан тазалоодогу өз ара аракеттенүүсү келтирилген. Механизмдин олчомдоруну болгон чектоолордон улам ар кандай түрдөгү механизмдердин олчом мүнөздөгүчтөрүн тандоо алгоритми сунушталат. Мисалы катары механизмдердин олчомдоруну болгон чектоолорду канаатандыруучу талаптарды эске алуу менен ар түрдүү механизмдердин тогоолорунун олчомдорунун жадыбалы келтирилген.

Рассматриваются кривошипно-коромысловые ударные механизмы двух типов с наибольшим шатуном и наибольшим основанием, приводят-

ся их передаточные функции, на основе которых определяется кинематический коэффициент восстановления скорости ударного звена. Приводятся результаты предшествующих работ по исследованию динамики кривошипно-коромысловых ударных механизмов с наибольшим шатуном и работ, посвященных экспериментальному определению физических коэффициентов восстановления скорости ударного звена после удара при разрушении строительных материалов и горных пород, а также при взаимодействии рабочего инструмента с пластинами при очистке их поверхностей от различных отложений. Предлагается алгоритм выбора параметров механизмов различных типов, исходя из ограничений на габаритные размеры механизма. В качестве примера приводятся таблицы с размерами звеньев механизмов различных видов, удовлетворяющими требованиям ограничения габаритных размеров механизмов.

The crank-rocker impact mechanisms of two types with the largest connecting rod and the largest base are considered, their transfer functions are given, on the basis of which the kinematic coefficient of recovery of the speed of the impact link is determined. The results of previous works on the study of the dynamics of crank-rocker impact mechanisms with the largest connecting rod and works devoted to the experimental determination of the physical coefficients of recovery of the speed of the impact link after the impact during the destruction of building materials and rocks, as well as the interaction of the working tool with the plates when cleaning their surfaces from various deposits. An algorithm is proposed for selecting the parameters of mechanisms of various types, based on restrictions on the overall dimensions of the mechanism. As an example, tables are given with the dimensions of links of mechanisms of various types that meet the requirements for limiting the overall dimensions of mechanisms.

Түйүн сөздөр: ийри муунак-термелгичтүү урма механизм, ургулоочу тогоонун кинематикалык жсана физикалык иштемесинин ылдамдыгы калыбына келтирүү коэффициенттер, тыш өлчөмдөр боюнча чектоолор, жартак, рационалдуу олчом мүнөздөгүчтөрдү тандоо.

Ключевые слова: кривошипно-коромысловый ударный механизм, кинематический и физический коэффициенты восстановления скорости ударного звена, ограничения на габаритные размеры, пластина, выбор рациональных параметров.

Keywords: crank-rocker impact mechanism, kinematic and physical coefficients of impact link speed recovery, restrictions on overall dimensions, choice of rational parameters.

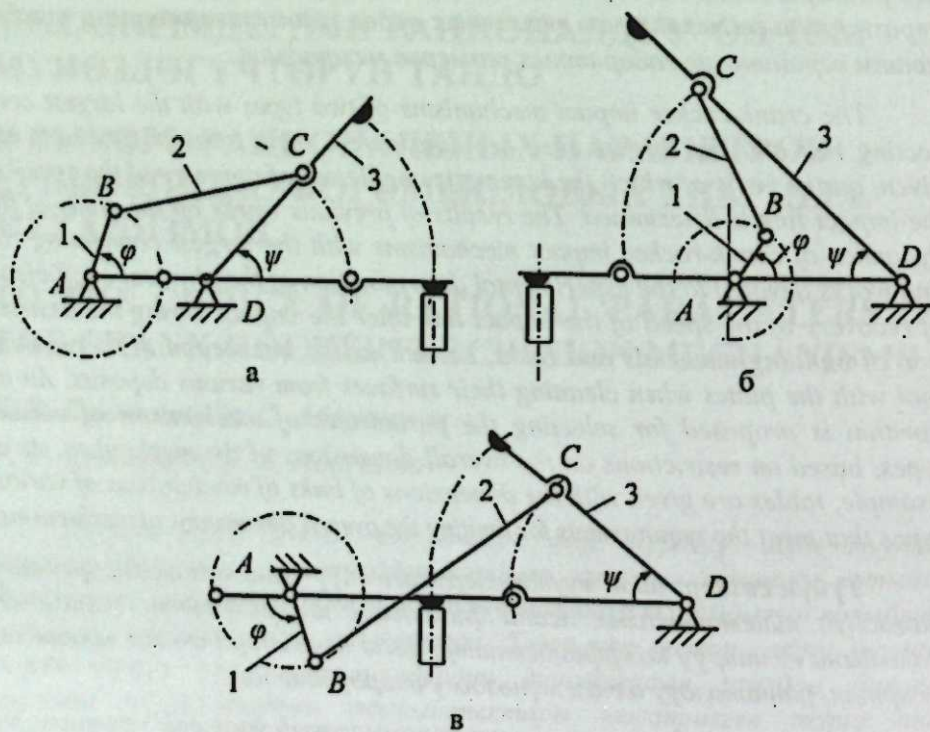
Известно [1], что кривошипно-коромысловые ударные механизмы в зависимости от соотношения длин их звеньев делятся на

три вида: механизмы с наибольшим шатуном (рис. 1, а), с наибольшим коромыслом (рис. 1, б) и наибольшим основанием (рис. 1, в).

Соотношения длин звеньев в этих механизмах удовлетворяют следующим условиям:

$$a) \lambda_0 - 1 = \lambda_2 - \lambda_3; \quad б) \lambda_0 - 1 = \lambda_3 - \lambda_2; \quad в) \lambda_0 + 1 = \lambda_2 + \lambda_3; \quad (1)$$

где $\lambda_0 = l_0/l_1$, $\lambda_2 = l_2/l_1$, $\lambda_3 = l_3/l_1$; l_1, l_2, l_3 – длины соответственно кривошипа, шатуна и коромысла; l_1 – длина кривошипа.



1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – коромысло, AD – основание.

Рисунок 1 – Схемы кривошипно-коромысловых механизмов с особыми положениями звеньев: а – с наибольшим шатуном; б – с наибольшим коромыслом; в – с наибольшим основанием [2]

Передаточные функции первого порядка этих механизмов следующие [2]:

– для схем с наибольшим шатуном и наибольшим коромыслом (рис. 1, а, б)

$$u_{31}(\varphi) = \frac{1}{d_1} \left[1 - \lambda_0 + 2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) + \frac{[2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) + \lambda_2(\lambda_0 - 1)] \cos(\varphi/2)}{\sqrt{(\lambda_2 \lambda_3 / \lambda_0) - \sin^2(\varphi/2)}} \right] \quad (2)$$

– для схемы с наибольшим основанием (рис. 1, в)

$$u_{31}(\varphi) = \frac{1}{d_2} \left[1 + \lambda_0 - 2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) + \frac{[2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) - \lambda_2(\lambda_0 + 1)] \cos(\varphi/2)}{\sqrt{(\lambda_2 \lambda_3 / \lambda_0) - \sin^2(\varphi/2)}} \right], \quad (3)$$

где $d_1 = 1 + \lambda_0^2 - 2\lambda_0 \cos \varphi$; $d_2 = 1 + \lambda_0^2 + 2\lambda_0 \cos \varphi$.

В этих механизмах при отсутствии ограничителя хода коромысла полный цикл работы механизма происходит при повороте кривошипа на угол, равный 4π (рис.1, а). При наличии ограничителя хода в виде инструмента ударного механизма угол поворота кривошипа за один цикл работы механизма равен 2π (рис.1, б). В конце этого цикла происходит удар коромыслом по инструменту.

В этом случае при переходе от одного цикла работы к другому передаточная функция механизма u_{31} имеет разрыв первого рода. В результате этого на кривошип механизма действует импульсная нагрузка, приводящая к возникновению его колебаний и появлению в деталях механизма нежелательных динамических напряжений.

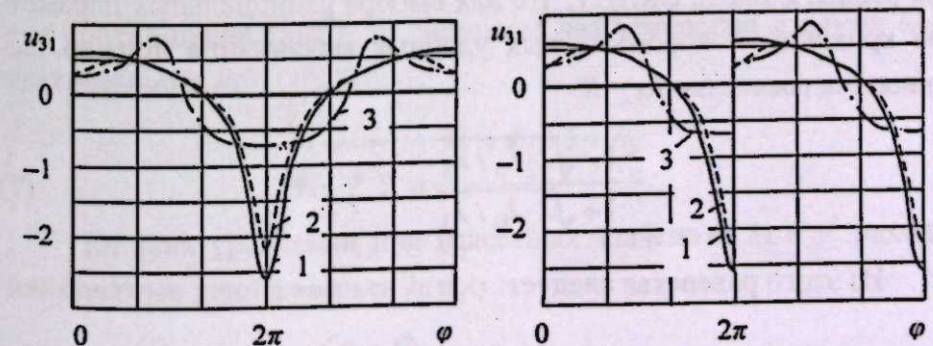


Рисунок 2 – Графики передаточных функций первого порядка кривошипно-коромысловых ударных механизмов

$$1 - \lambda_2 = 4; \lambda_3 = 3; \lambda_0 = 2; 2 - \lambda_2 = 3; \lambda_3 = 4; \lambda_0 = 2; \\ 3 - \lambda_2 = 3; \lambda_3 = 2; \lambda_0 = 4 [15]$$

Если за начальное принять положение звеньев, при котором происходит удар, то для схем с наибольшим шатуном и коромыслом (рис. 1, а, б) можно записать:

$$u_{31}(0) = \frac{1}{1 - \lambda_0} \left[1 - \sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_0}{\lambda_3}} \right]; \quad u_{31}(2\pi) = -\frac{1}{1 - \lambda_0} \left[1 + \sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_0}{\lambda_3}} \right]. \quad (4)$$

Отношение передаточной функции механизма после удара к её предударному значению Ю.А. Фокин в работах [3, 4] назвал кинематическим коэффициентом восстановления. Обозначим его буквой R_k :

$$R_k = \frac{u_{31}(0)}{u_{31}(2\pi)} = -\frac{1 - \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}}{1 + \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}}. \quad (5)$$

Для механизма с наибольшим основанием:

$$u_{31}(0) = \frac{1}{1 + \lambda_0} \left[1 - \sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_0}{\lambda_3}} \right]; \quad u_{31}(2\pi) = -\frac{1}{1 + \lambda_0} \left[1 + \sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_0}{\lambda_3}} \right]. \quad (6)$$

При этом, как и в предыдущем случае, кинематический коэффициент восстановления скорости описывается формулой (5).

Исследования динамики кривошипно-коромыслового механизма, проведенные в работах [5, 6], показали, что динамические нагрузки на кривошип и неравномерность его хода наименьшие, когда кинематический R_k и физический R коэффициенты восстановления равны. Отсюда следует, что для выбора рациональных параметров кривошипно-коромысловых ударных механизмов должно выполняться равенство $R_k = R$:

$$-\frac{1 - \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}}{1 + \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}} = R. \quad (7)$$

Из этого равенства следует:

$$\lambda_2 \lambda_0 = \lambda_3 \gamma^2, \quad \gamma = \left(\frac{1 + R}{1 - R} \right). \quad (8)$$

Проводя аналогичные процедуры, можно показать, что для схем кривошипно-коромысловых ударных механизмов с наибольшим шатуном и наибольшим основанием формулы (7) одинаковые. Для использования этих формул при выборе рациональных параметров ударного механизма необходимо знать физический коэффициент восстановления скорости бойка ударного механизма для различных случаев использования ударного механизма.

В связи с этим в Институте машиноведения НАН КР были проведены специальные экспериментальные исследования. Они показали [7], что при разрушении горных пород и строительных материалов ручными ударными механизмами в зависимости от крепости обрабатываемого материала коэффициент восстановления скорости бойка лежит в пределах от 0,05... 0,3. При виброударной очистке поверхностей пластин и золошлакопроводов [8] коэффициент восстановления изменяется в пределах 0,2... 0,4.

Дальнейшее исследование динамики кривошипно-коромысловых ударных механизмов, проведенное в работах [9, 10], подтвердило правомерность формул (7), (8).

На их основе предлагается следующая методика выбора рациональных параметров кривошипно-коромысловых ударных механизмов, учитывающая ограничения на их габаритные размеры.

На рисунке 1 видно, что габариты механизма определяются в основном длиной наибольшего звена. Допустим, что для механизма с наибольшим шатуном габариты определяются длиной шатуна. Тогда, принимая в выражении (8) значение длины шатуна λ_2 и используя соотношение (рис.1, а), запишем два уравнения с двумя неизвестными λ_3 и λ_0 :

$$\frac{\lambda_3}{\lambda_0} = \frac{\lambda_2}{\gamma^2}; \quad \lambda_3 = \lambda_2 + 1 - \lambda_0. \quad (9)$$

Из этих уравнений при известных значениях λ_2 и γ^2 находим неизвестные длины звеньев λ_0 и λ_3 .

$$\lambda_0 = \frac{(\lambda_2 + 1)\gamma^2}{\gamma^2 + \lambda_2}; \quad \lambda_3 = \lambda_0 \frac{\lambda_2}{\gamma^2}. \quad (10)$$

Для механизма с наибольшим основанием задаемся длиной основания λ_0 и из соотношений (1, в), (8) находим длины λ_2, λ_3 :

$$\lambda_2 = \frac{(1 + \lambda_0)\gamma^2}{\gamma^2 + \lambda_0}; \quad \lambda_3 = \frac{\lambda_0 \lambda_2}{\gamma^2}. \quad (11)$$

Например, из результатов экспериментов [7] следует, что при виброударной очистке пластин физический коэффициент восстановления R лежит в пределах от 0,3 до 0,4. Допустим $R = 0,3$, тогда $\gamma^2 = 3,449$.

Результаты дальнейших вычислений по формулам (10), (11) для механизмов с наибольшим шатуном и наибольшим основанием при различных размерах шатуна и основания приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты расчета относительных длин звеньев механизма с наибольшим шатуном при различных значениях длины шатуна λ_0 при значении кинематического восстановления скорости коромысла $R_k = 0,3$

λ_2	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
λ_3	0,313	0,450	0,599	0,758	0,926	1,100	1,472	1,846
λ_0	1,437	1,551	1,652	1,742	1,824	1,900	2,028	2,154
$u_{31}(2\pi)$	6,532	5,190	4,385	3,850	3,466	3,176	2,778	2,488

Таблица 2 – Результаты расчета относительных длин звеньев механизма с наибольшим основанием при различных значениях длины основания λ_0 при значении кинематического восстановления скорости коромысла $R_k = 0,3$

λ_0	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,5
λ_2	1,824	1,899	1,967	2,029	2,086	2,147	2,188	2,234
λ_3	0,925	1,101	1,283	1,471	1,664	1,868	2,062	2,267
$u_{31}(2\pi)$	1,039	0,952	0,879	0,816	0,762	0,714	0,672	0,635

Из данных этих таблиц следует, что при одинаковой скорости вращения кривошипа скорость удара коромыслом по инструменту $u_{31}(2\pi)$ в схеме с наибольшей длиной основания в несколько раз меньше, чем в схеме с наибольшей длиной шатуна.

Поскольку скорость соударения коромысла с инструментом ограничена прочностью этих деталей и не превышает 10 м/с, то можно сделать заключение, что частота ударов в механизме с наибольшим основанием при примерно одинаковых габаритных размерах и энергии удара может быть в 4–5 раз больше, чем в механизме с наибольшим шатуном.

Отсюда следует, что при очистке внутренних поверхностей золошлакопроводов кривошипно-коромысловыми ударными механизмами с наибольшим основанием скорость передвижения механизма по трубе, а следовательно, и производительность очистки, может быть в 4–5 раза выше, чем при использованном ранее механизме с наибольшим кривошипом.

Отметим, что к такому же выводу пришли и авторы работы [11], хотя при выборе параметров механизма они пользовались другими критериями.

Литература

1. Абдраимов С., Джуматаев М. С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. – Бишкек: Илим, 1993. – 178 с.
2. Еремьянц В. Э. К определению передаточных функций кривошипно-коромысловых ударных механизмов. // Сб. научн. трудов Института машиноведения НАН КР. Вып.2. – Бишкек: Илим, 2000. – С. 79–84.
3. Фокин Ю. А. Поверхности передаточных отношений и коэффициенты кинематического восстановления скорости // В сб. Механизмы переменной структуры и виброударные машины. // Издательский дом «Кыргызстан». «Мектеп», 1999. – С. 135–145.
4. Фокин Ю. А. Передаточные отношения и коэффициенты кинематического восстановления скорости четырехзвенных кривошипных ударных механизмов. – Бишкек: Издательский дом «Кыргызстан», «Мектеп», 1999. – С.145–152.
5. Еремьянц В. Э., Егоров Д. Н. Динамическая модель рычажного механизма с гидроприводом. // Сб. научн. трудов Института

- машиноведения НАН КР. Вып. 2. – Бишкек: Илим, 2000. – С. 100–107.
6. Абидов А. О. Динамика отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры. – Бишкек: Илим, 2001. – 113 с.
 7. Еремьянц В. Э., Султаналиев Б. С. Результаты исследования коэффициента отскока бойка отбойного молотка // Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. – 2004. – №2. – С. 76–81.
 8. Еремьянц В. Э., Дандыбаев Е. С., Умербеков Т. Д. Отскок бойка при ударе по инструменту, взаимодействующему со стальной плитой. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2005. – №2. – С. 79–85.
 9. Еремьянц В. Э., Атнагулов Т. В., Касымалиев Б. Анализ динамики кривошипно-коромыслового молота с гидроприводом и выбор его параметров. // Проблемы механики современных машин. – Т. 2. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006. – С. 3 – 6.
 10. Еремьянц В. Э. Влияние коэффициента восстановления скорости при ударе на динамику кривошипно-коромысловых ударных машин. // Машиноведение № 1(5). – Бишкек: Институт машиноведения НАН КР, 2017. – С. 19–25.
 11. Бакиров Б., Абдраимов Э. С., Шадиев М. И. Предпосылки к созданию высокочастотных машин на основе МПС С. Абдраимова. // Journal of Advanced Research in Technical Science. North-Charleston, USA, 2018, Issue 8. – P. 40–44.

УДК 622.271.3

ТАТААЛ КОНФИГУРАЦИЯДАГЫ МАНИПУЛЯТОРДУН ТОГООЛОРУНУН ИЙИН КҮЧТӨРҮНҮН ИНЕРЦИЯСЫН ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК АНЫКТОО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ЗВЕНЬЕВ МАНИПУЛЯТОРА СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF MOMENTS OF INERTIA MANIPULATOR LINKS OF COMPLEX CONFIGURATION

В. Э. Еремьянц, Ж. Т. Таалайбекова
V. E. Eremyants, Zh. T. Taalaibekova

Татаал конфигурациядагы чоң чет олчөмдүү нерселердин инерция ийин күчтөрүн аныктоосунун эксперименталдык ыкмасы каралат, атап айтканда, катуу нерселерди талкалоо үчүн экскаватордун манипуляторуна балка илинген тогоолору. Теңдеитируүүчү механизмдерде мурда колдонулган массаларды алмаштыруу ыкмасы механизмдердин динамикалык моделдерин түзүүдө чоң ката кетиришин мүмкүн экени корсотулгон. Инерция ийин күчтөрү белгилүү болгон татаал конфигурациядагы нерсенин жана жөнөкөй нерсенин кичирейтилген моделинин термелүү ийин күчтөрүн салыштыруунун негизинде чоң олчөмдөгү болуктордун инерция ийин күчтөрүн аныктоонун эксперименталдык ыкмасы сунушталды. Эксперименттик ыкма менен инерция ийин күчүн аныктоочу сынаманын конструкциясынын сыпаттамасы берилет, сунуш кылынган ыкма менен инерция ийин күчүн аныктоодо кетирилген катага баа берилет. Мисалы, сунуш кылынган ыкма менен инерция ийин күчүн аныктоодо салыштырмалуу ката 1%-дан ашпаганын корсотуп турат.

Рассматривается экспериментальный метод определения моментов инерции крупногабаритных тел сложной конфигурации, в частности, звеньев манипуляторов экскаваторов, на которые навешиваются молоты для разрушения прочных сред. Показано, что используемый ранее при уравнивании механизмов метод заменяющих масс может давать большую погрешность при составлении динамических моделей механизмов. Предлагается экспериментальный метод определения моментов инерции крупногабаритных деталей, основанный на сравнении периодов собственных колебаний уменьшенной модели тела сложной конфигурации

и простого тела, момент инерции которого заранее известен. Приведено описание конструкции стенда для определения момента инерции экспериментальным методом и выполнена оценка погрешности определения момента инерции предлагаемым методом. На примере показано, что относительная погрешность в определении момента инерции предлагаемым методом не превышает 1%.

An experimental method is considered for determining the moments of inertia of large bodies of complex configuration, in particular, links of excavator manipulators, on which hammers are hung to destroy solid media. It is shown that the method of replacing masses used earlier in balancing mechanisms can give a large error when compiling dynamic models of mechanisms. An experimental method is proposed for determining the moments of inertia of large-sized parts, based on a comparison of the periods of natural oscillations of a reduced model of a body of complex configuration and a simple body, the moment of inertia of which is known in advance. A description of the design of the stand for determining the moment of inertia by the experimental method is given, and an estimate of the error in determining the moment of inertia by the proposed method is made. The example shows that the relative error in determining the moment of inertia by the proposed method does not exceed 1%.

Түйүн сөздөр: экскаватор манипулятору; татаал конфигурациядагы тогоо; тогоонун ийин күчү; эксперименталдык ыкмасы.

Ключевые слова: манипулятор экскаватора; звено сложной конфигурации; момент инерции звена; экспериментальный метод.

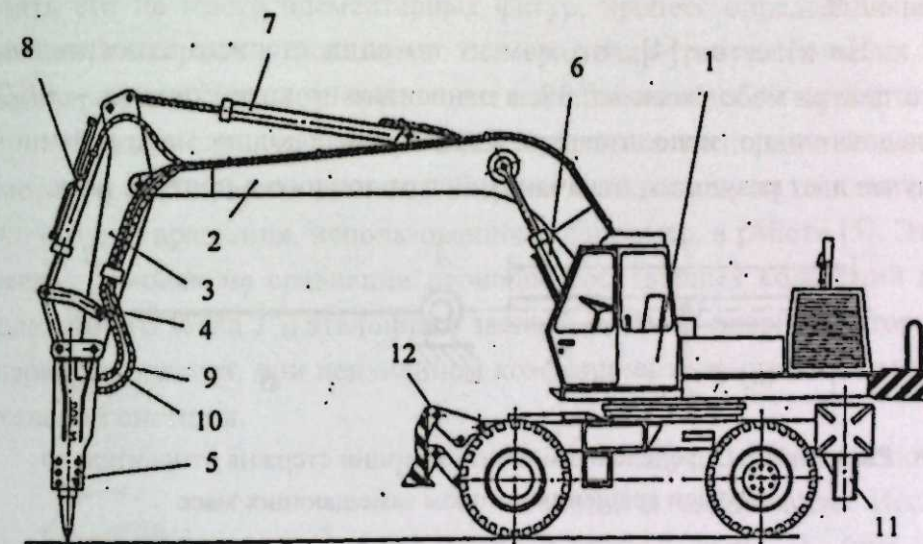
Keywords: excavator manipulator; complex configuration link; link moment of inertia; experimental method.

При анализе динамики манипуляторов горных и строительных машин с навесными молотами необходимо знать массовые и инерционные характеристики звеньев манипулятора: их массу и координаты центра тяжести, а также моменты инерции звеньев относительно их осей вращения. Зачастую звенья манипулятора, например стрела и рукоять (рис. 1), имеют сложную конфигурацию.

При составлении математической модели для исследования динамики манипулятора необходимо знать координаты центров тяжести этих звеньев и их моменты инерции относительно осей вращения.

В настоящее время существуют программы, позволяющие определить координаты центра тяжести звена любой конфигурации. Это можно определить и экспериментально, подвесив звено за две

различные точки и проведя из этих точек линии по направлению сил тяжести. Точка пересечения этих линий соответствует координатам центра тяжести звена.



1 – экскаватор; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 – тяга; 5 – гидравлический молот; 6, 7, 8 – гидроцилиндры; 9, 10 – напорная и сливная магистрали.

Рисунок 1 – Схема гидравлической отбойной машины

Значительно сложнее найти момент инерции звена сложной конфигурации относительно его оси вращения. Это приводит к необходимости упрощения математической модели, используя, например, известный метод замещающих масс, применяемый при уравнивании механизмов [1]. Суть этого метода заключается в том, что масса всего звена распределяется по крайним кинематическим парам обратно пропорционально расстоянию от центра тяжести до этих пар. Такой подход при анализе динамики манипуляторов был использован ранее в работах [2, 3].

Однако следует признать, что этот подход может давать большую погрешность. Например, допустим, что звено представляет собой однородный стержень постоянного сечения массой m и длиной l , вращающийся вокруг неподвижной оси A (рис. 2, а). Центр тяжести стержня лежит в его середине. Следовательно, в соответствии с методом замещающих масс масса стержня должна быть распределе-

на поровну между двумя его концами, как показано на рисунке 2, б. При этом момент инерции части массы, расположенной в точке А, равен нулю, а момент инерции массы, расположенной в точке В, равен $ml^2/2$.

Но известно [4], что момент инерции стержня относительно его центра масс равен $ml^2/12$, а относительно края стержня – $ml^2/3$. Следовательно, использование метода замещающих масс в данном случае дает результат, отличающийся от точного в полтора раза.

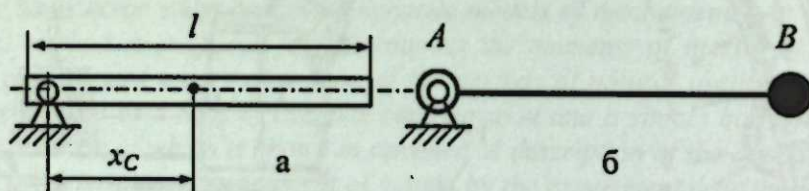


Рисунок 2 – Определение момента инерции стержня относительно его оси вращения методом замещающих масс

Поэтому в случае звена сложной конфигурации для определения его момента инерции относительно оси вращения приходится делить звено на отдельные простые фигуры, моменты инерции которых относительно их центров тяжести и координаты центров тяжести известны (параллелепипеды, конусы, сферы, цилиндры и т.д.), а затем находить момент инерции всего звена относительно оси его вращения по формуле:

$$J_{\Sigma} = \sum_1^n (J_i + m_i l_i^2), \quad (1)$$

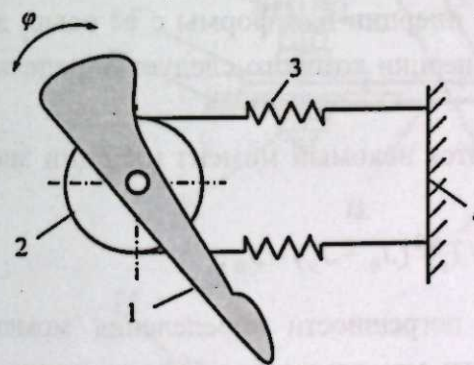
где J_i , m_i – соответственно момент инерции и масса i – той фигуры относительно её центра масс; l_i – расстояние от центра масс i – той фигуры до оси вращения всего звена.

Например, если звено имеет форму равнобедренной трапеции высотой h , верхним основанием, равным a , и нижним основанием, равным $3a$, то его момент инерции относительно середины нижнего основания, определенный по формуле (1), равен $0,469mh^2$. При использовании метода замещающих масс момент инерции относительно той же точки равен $0,417mh^2$.

Расхождение в результатах расчета в этом случае равно 1,125, что меньше, чем в случае стержня постоянного сечения.

Но при сложной конфигурации звена, когда необходимо делить его на много элементарных фигур, процесс определения его момента инерции относительно оси вращения требует больших затрат времени. При этом происходит накопление ошибок в расчетах.

В этих случаях удобнее воспользоваться экспериментальным методом определения момента инерции сложного звена относительно его оси вращения, использованного, например, в работе [5]. Этот метод основан на сравнении периодов собственных колебаний исследуемого звена T и эталонного звена T_0 , момент инерции которого заранее известен, при неизменном коэффициенте жесткости колебательной системы.



1 – исследуемое звено, 2 – платформа
стенда, 3 – упругие связи,
4 – станина стенда.

Рисунок 3 – Схема экспериментально-го стенда для определения момента инерции звена сложной формы

Суть метода заключается в следующем. Исследуемое звено 1 (рис. 3) жестко закрепляется на платформе 2 экспериментального стенда, которая связана гибкими элементами 3 со станиной стенда 4. Платформа поворачивается на некоторый угол φ и отпускается. При этом происходят собственные колебания платформы с исследуемым звеном относительно её оси вращения.

Фиксируется время нескольких циклов колебаний t_n (обычно $n=8...10$), и определяется период T собственных колебаний платформы с исследуемым звеном:

$$T = t_n / n.$$

Затем на платформе закрепляется эталонное звено, момент инерции которого заранее известен. Например, диск с массой m и

радиусом R . Его момент инерции относительно оси вращения известен и равен:

$$J_0 = mR^2 / 2.$$

Снова фиксируется время нескольких циклов колебаний, и определяется период T_0 собственных колебаний эталонного звена

$$T_0 = t_0 / n.$$

Периоды собственных колебаний стэнда с установленными на него звеньями связаны с их моментами инерции соотношениями:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + J_0}{c}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + J}{c}},$$

где c – коэффициент жесткости упругих элементов стэнда, Н/м; J_0 , J_0 , J – соответственно моменты инерции платформы с её осью, эталонного звена и звена, момент инерции которого следует определить, кг·м².

Из отношения T/T_0 находится искомый момент инерции звена сложной формы:

$$J = (T/T_0)^2 (J_0 + J_0) - J_0. \quad (2)$$

Обычно для уменьшения погрешности определения момента инерции тела стараются уменьшить момент инерции самого стэнда J_0 . С этой целью платформу делают из легкого материала, например, пластмассы, и, насколько это возможно, уменьшают диаметр платформы.

В качестве примера приведем конструкцию стэнда, разработанного в Кыргызско-Российском Славянском университете (рис. 4) [5].

Стэнд состоит из станины 1, на которой закреплен подшипниковый узел 2, состоящий из вала 3, опирающегося на шариковые подшипники 4. На валу закреплен блок 5, на который намотан резиновый жгут 6, связанный со стойкой 7. Стойка может перемещаться по направляющей 8 и закрепляться на ней с помощью зажимающего устройства 9, 10. Это устройство обеспечивает необходимое предварительное натяжение жгута.

На верхнем конце вала расположена оправка 11, на которую устанавливается исследуемое или эталонное звено 12 и фиксируется с помощью шайбы 13 и гайки 14. Угол поворота исследуемого звена контролируется по шкале 15, закрепленной на крышке подшипникового узла. Шкала может поворачиваться относительно продольной оси вала и фиксироваться в нужном положении с помощью винта 16.

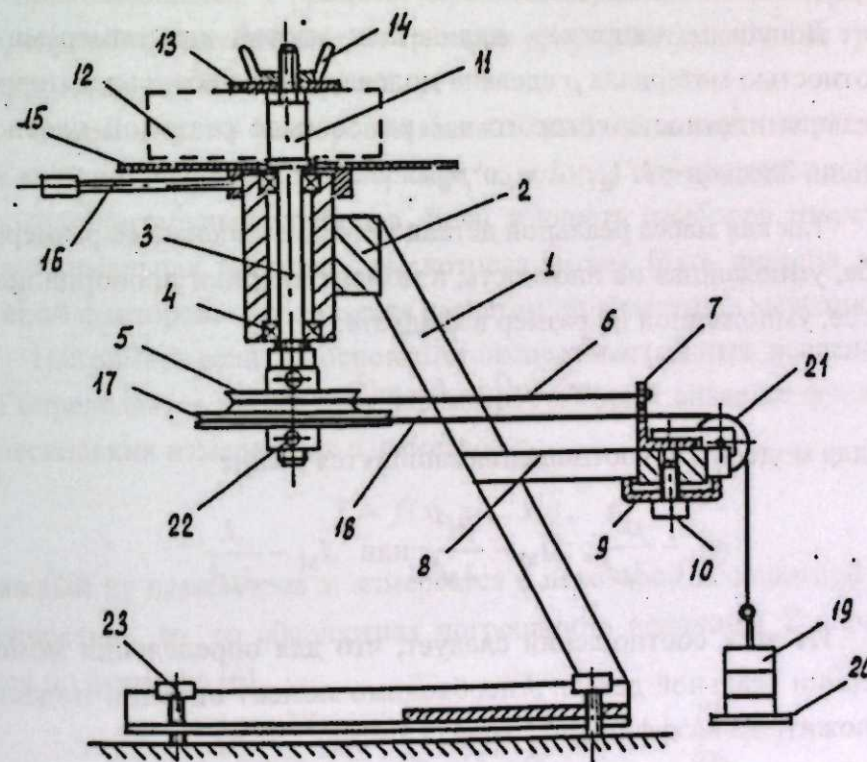


Рисунок 4 – Стэнд для определения моментов инерции тел сложной конфигурации и коэффициентов жесткости упругих звеньев [5]

Для определения угловой жесткости стэнда он оснащен дополнительным шкивом 17 и тросом 18 с грузовой платформой 20, на которую устанавливаются грузы 19. Трос наматывается на шкив и перекидывается через блок 21. Крепление блока 5 и шкива 17 на валу осуществляется винтами 22. Для установки стэнда в строго горизонтальном положении служат регулировочные винты 23.

Поскольку звенья манипулятора имеют большие размеры и массы, то для определения их моментов инерции с помощью описанного экспериментального метода необходимо сделать модели этих звеньев в масштабах, удобных для размещения на стенде. Определив момент инерции модели, можно умножением на соответствующий коэффициент перейти от модели к реальной детали. Определим этот коэффициент на примере.

Допустим, например, для детали массой m с размерами l и плотностью материала ρ сделана модель в масштабе μ из материала, удельная плотность которого в λ раз меньше реальной плотности детали. Здесь $\mu = l/l_m$, $\lambda = \rho/\rho_m$.

Так как масса реальной детали пропорциональна её размерам в кубе, умноженная на плотность, а момент инерции пропорционален массе, умноженной на размер в квадрате:

$$m \sim \rho l^3; \quad J \sim ml^2 \sim \rho l^5,$$

то для модели эти соотношения запишутся в виде

$$m_M \sim \frac{\rho l^3}{\lambda \mu^3}; \quad J_M \sim \frac{\rho l^5}{\lambda \mu^5} \quad \text{или} \quad J_M \sim \frac{J}{\lambda \mu^5}. \quad (3)$$

Из этих соотношений следует, что для определения момента инерции реальной детали J необходимо момент инерции модели J_M умножить на коэффициент, равный $\lambda \mu^5$:

$$J = J_M \lambda \mu^5. \quad (4)$$

Например, если модель стрелы манипулятора экскаватора выполнена из стали в масштабе 1:20, то $\lambda = 1$, $\mu = 20$, то момент инерции реального звена будет равен $32 \cdot 10^5 J_M \text{ кгм}^2$.

При любом эксперименте на получаемые результаты оказывают влияние различные случайные факторы, которые невозможно предугадать. Поэтому обычно эксперимент проводится неоднократно (например, не менее 5 раз), а затем из полученных результатов вычисляется среднее значение определяемого параметра и возможные отклонения от этого значения.

Оценка погрешности определения момента инерции звена

Отклонения экспериментальных данных от среднего значения коэффициента жесткости стенда обусловлены различными факторами, которые можно разделить на две группы.

Первую группу образуют факторы, связанные с неточностью установки стенда в горизонтальном положении, случайные факторы, проявляющиеся в процессе проведения эксперимента. Например, случайное изменение сил трения в опорах вала, заедание троса в направляющих канавках и т.д.

Вторая группа факторов связана с ошибкой измерений различных величин в процессе эксперимента, которая определяется точностью измерительных приборов. Если точность приборов известна, то максимальная погрешность, которая может быть внесена этой группой факторов, определяется расчетом по известным методикам.

Например, если на основании экспериментальных исследований определяется какой-либо параметр Y , который является функцией нескольких измеряемых параметров x_i :

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

а каждый из параметров x_i измеряется с некоторой абсолютной погрешностью Δx_i , то абсолютная погрешность величины Y определится по формуле [6]

$$\Delta Y = \frac{\partial Y}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial Y}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial Y}{\partial x_3} \Delta x_3 + \dots + \frac{\partial Y}{\partial x_n} \Delta x_n. \quad (5)$$

Из формулы (1) следует, что для определения момента инерции исследуемого звена достаточно знать момент инерции эталонного звена и измерить периоды собственных колебаний стенда с эталонным и с исследуемым звеном. В качестве эталонного звена используется диск с центральным отверстием для установки на экспериментальный стенд. Масса диска может быть определена на аналитических весах с точностью до 0,5 г, а размеры измерены с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Момент инерции эталонного диска с массой m , внешним диаметром D и внутренним диаметром d определяется по формуле:

$$J_s = 0,125m_s (D^2 + d^2). \quad (6)$$

Он зависит от трех измеряемых параметров. Следовательно, абсолютная погрешность определения момента инерции в соответствии с формулой (5) запишется в виде:

$$\Delta J_s = \frac{\partial J_s}{\partial m_s} \Delta m_s + \frac{\partial J_s}{\partial D} \Delta D + \frac{\partial J_s}{\partial d} \Delta d. \quad (7)$$

После определения частных производных функции (7) деления её левой и правой частей на J_s , обозначая $d/D = \xi$, получим уравнение относительных погрешностей ε :

$$\varepsilon_{J_s} = \varepsilon_m + \frac{4}{1+\xi^2} \varepsilon_D + \frac{2\xi^2}{1+\xi^2} \varepsilon_d. \quad (8)$$

Допустим, что эталонное звено имеет внешний диаметр 125 мм, внутренний 25 мм, толщину 10 мм. Эти параметры измеряются штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм. Масса эталонного звена равна 1 кг и определяется на аналитических весах с погрешностью 0,5 г:

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,5 \cdot 10^{-3}; \quad \varepsilon_D = \frac{\Delta D}{D} = \frac{0,1}{125} = 0,8 \cdot 10^{-3};$$

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \frac{0,1}{25} = 4 \cdot 10^{-3}$$

Подставляя эти значения в формулу (8) и учитывая, что $\xi = 0,2$, получим:

$$\varepsilon_{J_s} = 3,885 \cdot 10^{-3}; \quad \Delta J_s = J_s \varepsilon_{J_s} = 7,284 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_s = (1,875 \pm 0,007) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Из полученного результата следует, что погрешность определения момента инерции по формуле (6) не превышает 0,37 %. В принципе точность измерения диаметра штангенциркулем может составлять $\pm 0,05$ мм, а точность определения массы на аналитических весах $\pm 0,1$ г. При этом погрешность определения момента инерции, обусловленная средствами измерений, будет еще меньше.

Аналогично сказанному выше, относительная погрешность определения величины исследуемого звена определяется по формуле

$$\varepsilon_J = 2(\varepsilon_T + \varepsilon_{T_s}) + \varepsilon_{J_s},$$

где $\varepsilon_T, \varepsilon_{T_s}$ – соответственно относительные погрешности измерений периодов колебаний исследуемого и эталонных звеньев.

В настоящее время стенд подготовлен для определения моментов инерции звеньев манипуляторов экскаваторов отбойных агрегатов.

Литература

1. Теория механизмов и машин. Учеб. для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др. Под ред. К. В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.
2. Еремьянц В. Э., Райымбекова Г. М. Динамика манипулятора экскаватора ЭО-2621 с навесным молотом МО-100 [Текст] / В. Э. Еремьянц, Г. М. Райымбекова // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2020. – № 8. – С. 33–40.
3. Еремьянц В. Э., Султаналиев Б. С. Динамика манипулятора экскаватора ЭО-2621 с навесным молотом «Импульс-100» [Текст] / В. Э. Еремьянц, Б. С. Султаналиев // Journal of Advanced Research in Technical Science. – Seattle, USA. SRSMS. Amazon KDR. 2020 – Issue 22. – P. 32–39.
4. Фаворин М. В. Моменты инерции тел. [Текст] / М. В. Фаворин, – М.: Машиностроение, 1970. – 312 с.
5. Еремьянц В. Э., Зайцев В. Ф. Лабораторный практикум по дисциплине «Динамика машин». Часть 1. Экспериментальное определение коэффициентов жесткостей и моментов инерции звеньев механизмов. [Текст] / В. Э. Еремьянц, В. Ф. Зайцев – Бишкек, КРСУ, 2002. – 1 с.
6. Папазов М. Г., Могильный С. Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов. М. Г. Папазов, С. Г. Могильный – М.: Недра, 1968. – 302 с.

МАШИНА КУРУУ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

MECHANICAL ENGINEERING

УДК 669.14.018: 621.785

ТЕЗ КЕСҮҮЧҮ БОЛОТТОРДУ ТЕПКИЧТҮҮ
ЧЫҢАЛОДОГУ ФАЗАЛЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨР

ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ СТУПЕНЧАТОЙ
ЗАКАЛКЕ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

PHASE CHANGES DURING STEP HARDENING OF
HIGH-SPEED STEELS

Б. М. Маматкадырова, Б. М. Жолдошов, С. А. Капаров
B. M. Mamatkadyrova, B. M. Zholdoshov, S. A. Kaparov

Бул иште температуранын жана чыдоо убактысынын калдык аустениттин пайызына тийгизген таасирин, ошондой эле тепкичтүү чыңалоо тез кесүүчү болоттон жасалган буюмдардын касиеттерине кандай таасир этээрин көрсөтөт. Тажрыйбада көптөгөн онор жай ишканаларында тез кесүүчү болотторду көп тепкичтүү чыңалоотунун ыкмалары $T=600-675^{\circ}\text{C}$ -та жүргүзүлөт. Бул илимий макалада Р6М5К4 тез кесүүчү болоттон жасалган диаметри 15 мм жана узундугу 16 мм болгон үлгүлөр изилденген. Кезектеги чыңоо жана катуулоо процесстеринен кийин фазалык курамы жана микроструктуралык компоненттери изилденди, катуулугу Роквелл ыкмасы менен өлчөнөт жана ысыкка туруктуулугу 610, 630 жана 650 °C жогорулаган температурада 4 саат кармап туруу менен текшерилди.

В работе показано влияние температуры и времени выдержки на процентное количество остаточного аустенита, а также, как воздействует ступенчатая закалка на комплекс свойств изделий из быстрорежущих сталей. Во многих на практике промышленных предприятиях методы высокоступенчатой закалки быстрорежущих сталей проводят при $T=600-675^{\circ}\text{C}$. Исследованы образцы диаметром 15 и длиной 16 мм из быстрорежущей стали Р6М5К4. После проведенных последовательных отпусков процессов закалки изучены фазовый состав и микроструктурные составляющие, измерены твердости по методу Роквелла и испытана

красностойкость при повышении значений температуры 610, 630 и 65 °C и временем выдержки 4 ч.

The work shows the effect of temperature and holding time on the percentage of retained austenite, as well as how stepped hardening affects the properties of high-speed steel products. In practice, in many industrial enterprises, the methods of high-step hardening of high-speed steels are carried out at $T=600-675^{\circ}\text{C}$. In this scientific article, specimens with a diameter of 15 and a length of 16 mm made of R6M5K4 high-speed steel were studied. After successive tempering and hardening processes, the phase composition and microstructural components were studied, the hardness was measured by the Rockwell method, and the red hardness was tested with increasing temperatures of 610, 630 and 650 °C with holding times of 4 hours.

Түйүн сөздөр: тез кесүүчү болоттор, термикалык иштетүү, тепкичтүү чыңоо, чыдоо, ысыкка туруктуулук, дисперсиялык карбид, жылытуу, шарттамдар, калдык аустенит.

Ключевые слова: быстрорежущие стали, термообработка, ступенчатая закалка, выдержка, красностойкость, дисперсионный карбид, нагрев, режимы, остаточный аустенит.

Keywords: high-speed steels, heat treatment, stepped hardening, holding, red hardness, dispersion carbide, heating, modes, retained austenite.

Целью работы является поиск и разработка научных основ и технологии форсированной термической обработки инструментальных сталей, а именно быстрорежущих сталей, для того чтобы получить повышение комплекса свойств, сокращения продолжительности проведения термической обработки и снижения энергетических затрат.

Для реализации цели путем проведения комплексных исследований были поставлены следующие задачи:

– обобщение и систематизация имеющихся в литературе сведений об особенностях форсированной термической обработки инструментальных сталей, и на этой основе обоснование возможности ее совершенствования;

– разработка научных основ совершенствования и целесообразности предварительной подготовки структур сталей путем форсированных охлаждений их температур в конце промежуточных обработок и оптимизация параметров при последующей обработке;

– проведение последовательных отпусков и процессов закалки для Р6М5К4, а также изучение фазовых составов и микроструктурных составляющих исследуемой быстрорежущей стали;

– исследование разработанных технологий и режимов обработки инструментальных сталей в условиях промышленного производства;

– исследование физических процессов и механизмов при формировании структур в предлагаемой технологии.

На практике на многих промышленных предприятиях методы высокоступенчатой закалки быстрорежущих сталей проводят при $T = 600 - 675 \text{ }^\circ\text{C}$.

Если сравнить вышеуказанный метод со ступенчатой обычной закалкой при $T = 410 - 560 \text{ }^\circ\text{C}$, закалка высокоступенчатая уменьшает деформацию, а также повышает эксплуатационные и механические свойства. Основные причины таких влияний высокоступенчатой закалки на надежность и качество инструментов до конца досконально не выяснены [1,2]. В научных трудах по исследованию изотермически-ступенчатой закалки стали P12[3-5] было установлено, что при $T = 610 - 680 \text{ }^\circ\text{C}$ происходил частичный распад переохлажденного аустенита с выделением частиц карбидов. Для указанной стали оптимальным вариантом предложена температура ступеньки $625 \text{ }^\circ\text{C}$, а время выдержки 12–20 мин. Однако в этих научных исследованиях последовательность, тип дисперсных карбидов и характер карбидных превращений не изучены.

В настоящей научной работе исследованы образцы диаметром 15 и длиной 16 мм из быстрорежущей стали Р6М5К4. Изготовленные образцы подогревали до температур $860 \text{ }^\circ\text{C}$, нагрев проводили в соляной ванне ($6\% \text{ MgF}_2 + 94\% \text{ BaCl}_2$) при температуре $1240 \text{ }^\circ\text{C}$ 3,5 мин, далее охлаждали в смеси солей ($30\% \text{ BaCl}_2 + 49\% \text{ CaCl}_2 + 21\% \text{ NaCl}$) при $560 - 660 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 3,5, 15 и 20 мин. После завершения изотермической выдержки часть изделий охлаждена на воздухе и часть в среде масла ($\sim 45 \text{ }^\circ\text{C}$), и чтобы сравнить, проведена непрерывная закалка в масле. Образцы закаленные подвержены трехкратному отпуску при температуре $T = 560 \text{ }^\circ\text{C}$, и выдержка составляла 1 ч.

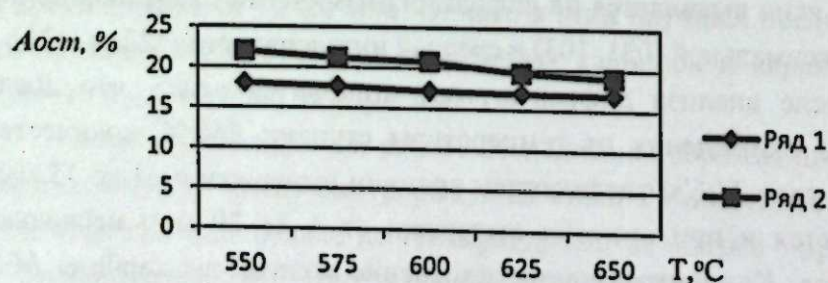
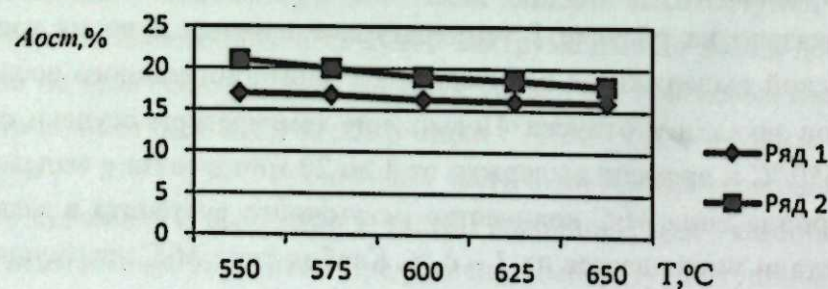
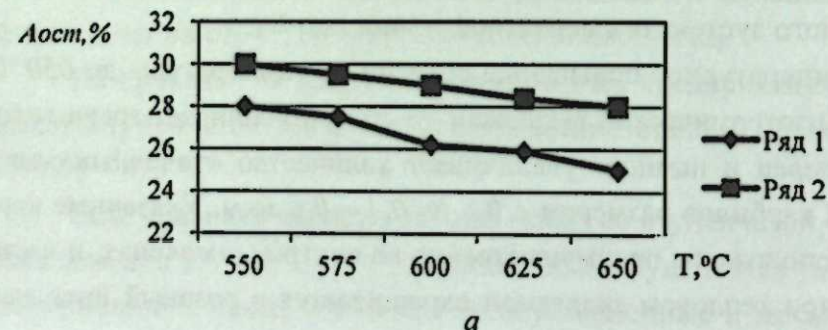
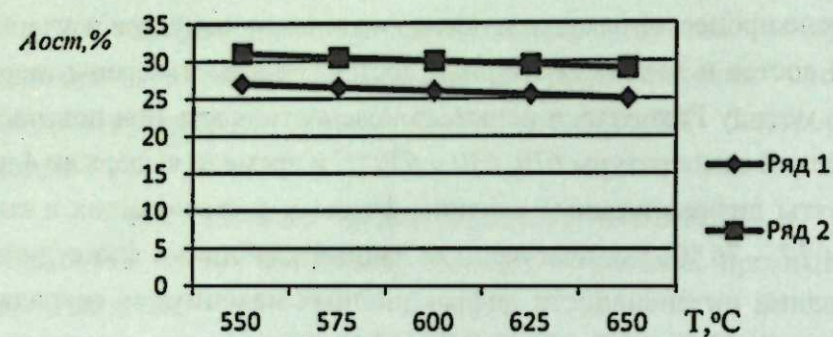
После процессов закалки и последовательных отпусков изучены фазовый состав и микроструктурные составляющие, измерены твердости по методу Роквелла, и испытана красностойкость при повышении значений температуры $610, 630$ и $650 \text{ }^\circ\text{C}$ и времени выдержки 4 ч.

Сняты дифракционные картины фазовых составляющих в интервалах $17 - 76 \text{ }^\circ\text{C}$. Количественные данные карбидных фаз судили на основании интенсивности дифракционных максимумов совпадающих линий M_3C , M_7C_3 , M_6C , MC , M_2C . Определено количество остаточного аустенита с вероятной точностью $\pm 1,5$.

Температурное повышение ступени до температуры до $650 \text{ }^\circ\text{C}$ и время изотермической выдержки до 20 мин усиливает травимость границ зерен и намного увеличивает количество «точечных» дисперсных карбидов размером с $0,1$ до $0,4 - 0,6$ мкм. Указанные карбиды расположены преимущественно во внутренних зернах, и часть из них при тепловом травлении окрашивается в розовый цвет, как карбиды ванадия.

Показано на рисунке 1 температурное влияние и время изотермической выдержки на количество аустенита остаточного после процессов закалки и отпуска. Повышение температуры ступени от 530 до $650 \text{ }^\circ\text{C}$ и времени выдержки от 4 до 20 мин в связи с выделением карбида типа M_2C количество остаточного аустенита в закаленной стали уменьшается на 3 – 6 %. Карбид типа M_3C преимущественно ясно выявляется на дифрактограммических картинах по линиям максимальной (021, 103) и средней интенсивности (122) и (121).

После анализа дифрактограмм становится яснее, что после процесса охлаждения от температуры ступени $560 \text{ }^\circ\text{C}$ количество карбида типа M_3C с увеличением времени выдержки от 4 до 15 мин повышается и при времени выдержки от 4 до 20 мин несколько снижается. Концентрационное изменение количества карбида M_3C сопровождается образованием специальных карбидов MC , $M_7C_3(VC)$ и видимому $M_2C (Mo, W)_2C$.



б

Рисунок 1 – Влияние температуры изотермической выдержки на количество остаточного аустенита после закалки (а) и первого отпуска (б): ряд 1: выдержка 5 мин; ряд 2: выдержка 20 мин; сплошные линии – охлаждение после изотермической выдержки в масле; штриховые линии – на воздухе

Карбид типа M_7C_3 проиндицирован на дифрактограммах по 4–5 линиям, включая характерные для этого карбида линии (112) с межплоскостным расстоянием $d=2,14 \text{ \AA}$. Выделение карбида типа M_2C только можно предположить, так как его наиболее интенсивная линия (102) с межплоскостным расстоянием $d=2,26 \text{ \AA}$ дает слабый дифракционный максимум. Скорее всего, количество карбида типа M_2C незначительно, и его выделения чрезвычайно дисперсны.

Образованные дефекты кристаллического строения состаренного переохлажденного аустенита передаются мартенситу. Увеличение уширения или постоянство ширины линии, невзирая на обеднение твердого раствора углеродом и уменьшение микронскажений, доказывает об измельчении блоков мозаики твердого раствора.

После проведения отпуска при температуре 560°C и 1 ч количество остаточного аустенита уменьшается тем больше, чем выше становится температура ступени и длительность времени выдержки (рисунок 1, б).

После второго отпуска при температуре 560°C и 1 ч количество остаточного аустенита уменьшается до 10–12 %, а также на некоторых дифрактограммах очень ясно регистрируется выделение карбида типа M_2C . Максимальное количество M_2C устанавливается по линии (101) этого карбида и более слабое (021) и др., идет выделение после процесса отпуска образцов, закаленных после проведения изотермической выдержки при температуре 650°C . В этот момент наблюдается выделение M_3C (рис. 2), количество которого в структуре всех упомянутых образцов после второго отпуска уменьшается.

Достижение максимальной вторичной твердости ($HRC64-66$) после проведения третьего отпуска при 560°C и 1 ч.

Исследования обосновали и выявили некоторое повышение красностойкости быстрорежущей стали (на $4-6^\circ\text{C}$) при изотермической выдержке от температуры 610°C . На основе полученных экспериментальных данных можно установить наиболее эффективные варианты высокоступенчатой закалки быстрорежущей стали Р6М5К4, обеспечивающей красностойкость ($\geq HRC57$):

- ступень при температуре 610 °С, время выдержки от 5 мин до 20 мин, образцы охлаждаются в масле;
- ступень при температуре 630 °С, время выдержки от 5 мин до 15 мин, образцы охлаждаются на воздухе или в масле;
- ступень при температуре 650 °С, время выдержки 10 мин, образцы охлаждаются на воздухе или в масле.

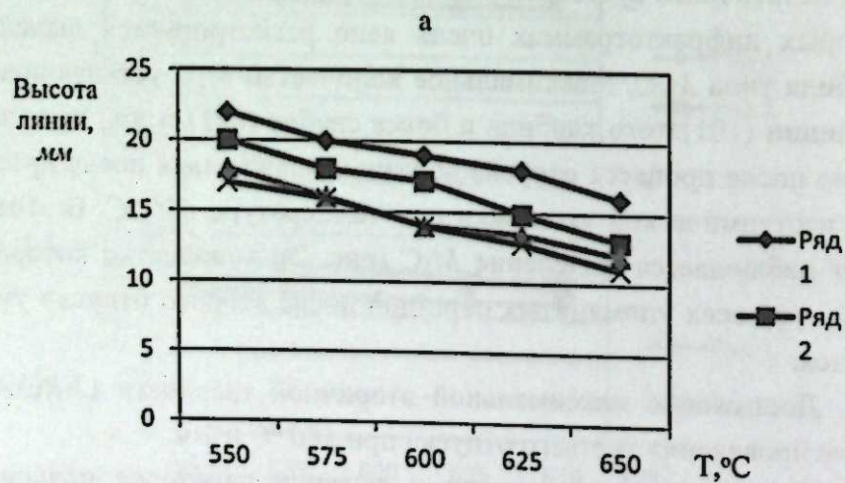
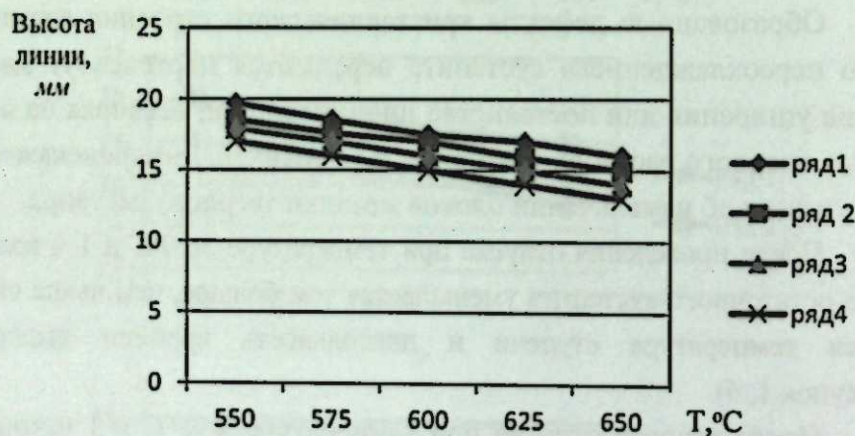


Рисунок 2 – Влияние температуры изотермической выдержки на относительное количество карбида M_3C в структуре после охлаждения в масле (а) и на воздухе (б):
 ряд 1 – выдержка 5 мин; ряд 2 – выдержка 10 мин; ряд 3 – выдержка 15 мин; ряд 4 – выдержка 20 мин

Заключение

Для того чтобы получить вторичную максимальную твердость и красностойкость, время выдержки при процессе высокоступенчатой закалки на воздухе должно составить:

- при температуре 610 °С в пределах 5–10 мин;
- при температуре 630 °С в пределах 5–15 мин;
- при температуре 650 °С 10 мин.

Литература

1. Смольников Е.А., Горбацевич Ю.А. Высоко ступенчатая закалка быстрорежущей стали // МиТОМ. – 1992. – № 2. – С. 12–15.
2. Горбацевич Ю.А. Смольников Е.А., Маркина В.А. Влияние высокоступенчатой закалки на свойства быстрорежущей стали // МиТОМ. – 1992. – № 11. – С. 57–59.
3. Гуляев А.П. Свойства и термическая обработка быстрорежущей стали. – М.: Машгиз, 1979. – С. 73.
4. Капаров С.А., Жолдошов Б.М., Маматкадырова Б.М. Влияние режимов термоциклической обработки на свойства стали ШХ15. Машиноведение, № 1 (13). – Бишкек: Изд-во ИМА, 2021. – С. 43–51.
5. Маматкадырова Б. М., Жолдошов Б. М., Капаров С.А. Фазовое превращение в быстрорежущих сталях. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, № 12. – Бишкек, 2020. – С. 17–21.

УДК 622.23.05

ЖАҢЫ КОНСТРУКЦИЯДАГЫ ШЫНААЛУУ ТҮЗҮЛҮШ МЕНЕН КАТУУ МАТЕРИАЛДЫ ЖАРУУЧУ КҮЧТӨРДҮ АНЫКТОО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСКАЛЫВАЮЩИХ СИЛ ПРИ РАСКОЛЕ ТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА КЛИНОВЫМ УСТРОЙСТВОМ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

DETERMINATION OF SPLITTING FORCES WHEN SPLITTING A SOLID MATERIAL WITH A WEDGE DEVICE OF A NEW DESIGN

Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Н. Н. Кынатбекова
J. Usubaliev, K. T. Elikbaev, N. N. Kynatbekova

Бул эмгекте продукциянын натыйжалуулугун жана сапатын жогорулатууга мүмкүндүк берүүчү жаңы конструкциядагы шынаалуу жарып-бөлүүчү түзүлүштү колдонуу менен бургу-шынаалуу ыкманын мисалында ири ташты тоо тулкусуна ажыратып алууда катуу материалды жаруучу күчтөрдүн чоңдугун эсептөө ыкмасы иштелип чыкты. Сунушталган шынаалуу жарып-бөлүүчү түзүлүштүн иштеткичи катары энергия булагынын ар кандай түрлөрүн (гидро-, пневмо-матикалык ж.б.) колдонууга болот. Багыттап жарып-бөлүү үчүн сунушталган конструкция салттуу гидравликалык шыналуу түзүлүштөрдөн айырмаланат, анткени жарып-бөлүүчү башы учталган жумушчу бети бар эки кошумча керилме жаак менен жабылган. Кошумча керилме жаактар негизги жаакка өз ара тик бурчтуу жайгашкан жана жаруу тегиздигине багытталган, жараканын пайда болуусун тездетет жана таш блогу багыттап жарып-бөлүүнү камсыздайт, бул акырында продукциянын сапатын жакшыртат жана калдыктарды азайтат.

В данной работе разработана методика расчета величины развиваемого раскалывающего усилия для раскола твердого материала при отделении блока камня от массива на примере буроклинового способа при применении клинового раскалывающего устройства новой конструкции, позволяющей повысить эффективность и качество изделия. В качестве привода для предлагаемой конструкции клинового раскалывающего устройства возможно применение различных типов источника энергии (гидро-, пневмо- и др.). Предлагаемая конструкция для направленного раскола отличается от традиционных гидравлических клиновых устройств тем, что раскалывающая головка снабжена двумя дополнительными раз-

движными щеками, имеющими заостренную рабочую поверхность. Дополнительные раздвижные щеки расположены взаимно перпендикулярно к основным щекам и направлены в плоскость раскола и ускоряет момент возникновения трещины и обеспечивают направленный раскол каменного блока, что в конечном счете повышает качество продукции и снижает отходы.

In this paper, a method has been developed for calculating the magnitude of the developing splitting force for splitting a solid material when separating a block of stone from an array using the example of a wedge method using a wedge splitting device of a new design, which makes it possible to increase the efficiency and quality of the product. As a drive for the proposed design of the wedge splitting device, it is possible to use various types of energy source (hydro, pneumatic, etc.). The proposed design for directional splitting differs from traditional hydraulic wedge devices in that the splitting head is equipped with two additional sliding jaws with a pointed working surface. Additional sliding cheeks are located mutually perpendicular to the main cheeks, and directed in the split plane, accelerate the moment of crack initiation and make it possible to obtain a directed split of the line, which ultimately improves the quality of the product and reduces waste.

Түйүн сөздөр: гидро-шынаалуу түзүлүш, катуу материал, октук күч, жарылуу сызыгы, жарып-бөлүүчү башча, керилме жаак, жаруучу күч, сүрүлүү, учталуу бурч, бургу козонок.

Ключевые слова: гидроклиновое устройство, твердый материал, осевое усилие, линия раскола, расклинивающая головка, раздвижная щека, раскалывающая сила, трение, угол заострения, шупр.

Keywords: hydro wedge device, hard material, axial force, split line, splitting head, sliding jaw, splitting force, friction, taper angle, hole.

В данной работе рассматривается получение направленного раскола твердого материала (в данном случае – природного камня) клиновым устройством (рис. 1 а), имеющим четыре раздвижные щеки: две основные и две дополнительные (рис. 1 б), расположенные взаимно перпендикулярно в расклинивающей головке. Конструкция расклинивающей головки клинового устройства аналогична закладной части гидравлического клинового устройства (рис. 2), за исключением дополнительных щек. Принцип работы также аналогичен, когда при движении поршня гидроцилиндра клин, находящийся внутри раздвижных щек, приводит их в движение по направлению расклинивания. Здесь стоит отметить, что в качестве привода порш-

ня возможен любой источник энергии (пневматический, электрический, гидравлический, грузовой и др.).

Целью работы является определение усилий, приводящих к разрушению твердого материала. Для наглядности изложения материала в качестве примера остановимся на отделении блока природного камня от массива, когда требуется получить направленный раскол твердого материала. При анализе способов получения блоков камня в работах [1, 2] установлено, что наиболее эффективным способом для этого является буроклиновой способ.

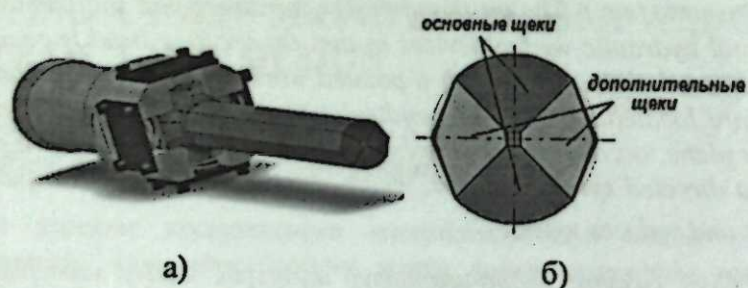


Рисунок 1 – Клиновое устройство: а) общий вид расклинивающей головки; б) раздвижные щеки

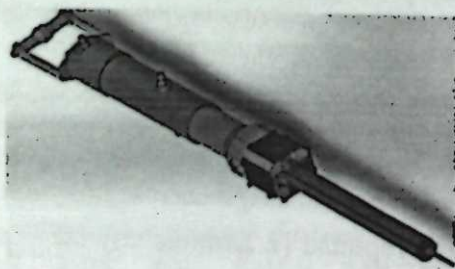


Рисунок 2 – Гидравлическое клиновое устройство

Как известно, при этом способе отделения блока природного камня заданных габаритов ($L_0 \times b \times h$) (рис. 3а), согласно ГОСТу 9479-84 (СТ СЭВ 6315-88), в заранее пробуренные неглубокие шпуры (глубиной до 500 мм и с шагом $l=250 - 300$ мм) вставляются расклинивающие головки гидравлических клиньев (комплект из не менее 5 гидроклиньев) (рис. 3 б).

Для отделения блока камня от массива в ранее пробуренные по намеченной линии раскола шпуры устанавливаются расклинивающие головки гидравлических клиновых устройств. Причем ориентирование основных раздвижных щек направлено перпендикулярно плоскости раскола (в плоскости $y - z$), а дополнительных щек вдоль плоскости раскола (в плоскости $x - z$) (рис.3 б, 4 б).

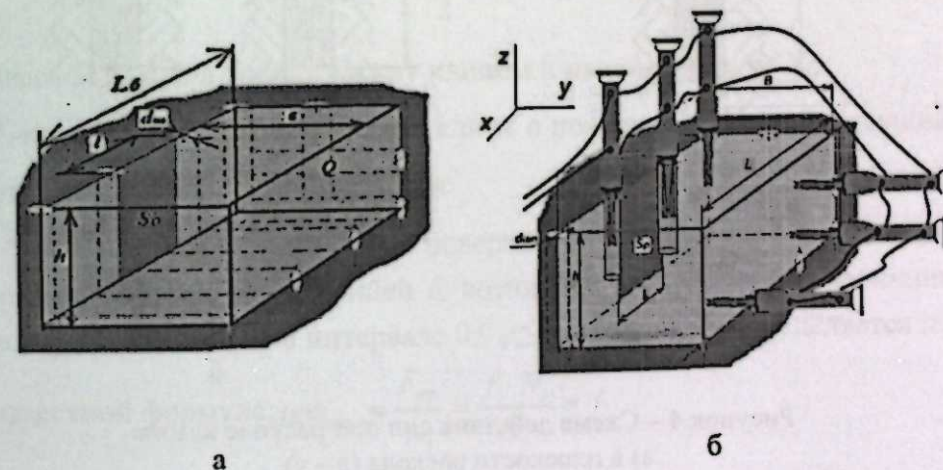


Рисунок 3 – Схема отделения блока камня от массива а) размеры блока, б) схема установки гидроклиньев

Для наглядности представления направления действующих усилий, возникающих от осевой силы F_0 , действующей на шток (соединенного с клином), составим схему действия разжимающих сил (рис. 4), где их разложим по координатным осям x, y, z . С целью упрощения аналитических выкладок дальнейшие расчеты проведем с допущением, что материал раскалываемого камня однороден, условия действия сил на основных и дополнительных щеках идентичны.

Для того, чтобы понять, откуда возникли раздвигающие силы R_{1y}, R_{2y}, R_{3x} и R_{4x} , воспользуемся схемой разложения осевой силы F_0 (рис. 5). При продольном перемещении клина из-за наличия угла заострения α для всех четырех сопрягаемых граней клина и поверхности основных и дополнительных щек в плоскостях $z-y$ и $z-x$ возникают нормальные к плоскости сопряжения усилия $N_1=N_2=N_3=N_4$, направленные противоположно друг другу (рис. 5а, б).

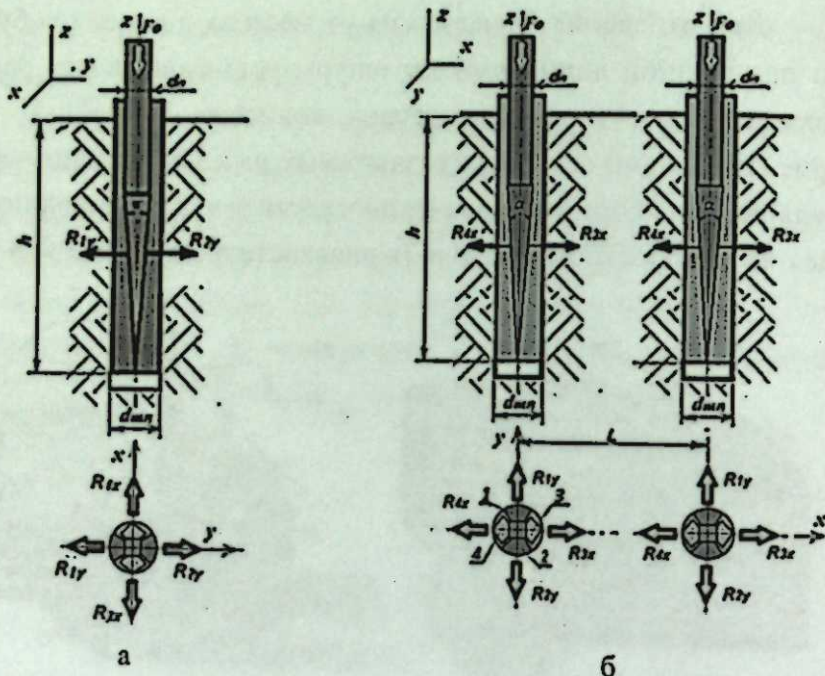


Рисунок 4 – Схема действия сил при расколе камня:
 а) в плоскости раскола (z-y),
 б) в перпендикулярной плоскости раскола (z-x)

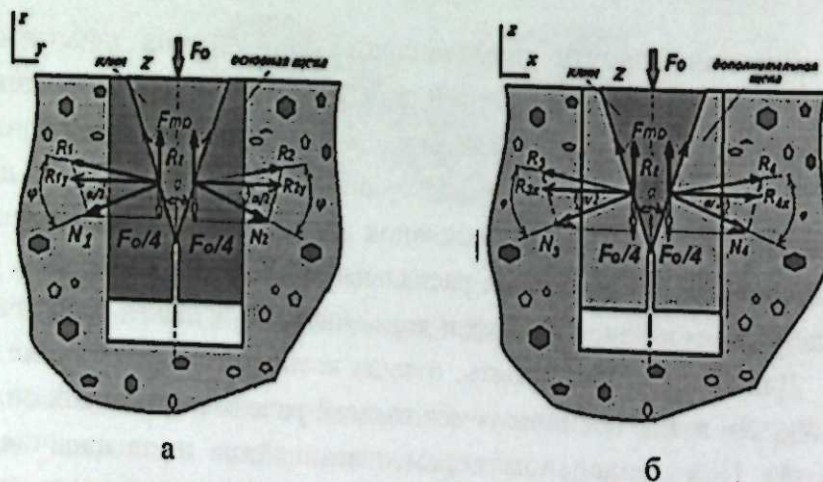


Рисунок 5 – Схема разложения осевой силы F_o : а) в плоскости раскола (z-y); б) в плоскости раскола (z-x)

$$N_1 = N_2 = N_3 = N_4 = \frac{F_o - R_z}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1)$$

где R_z – проекция силы трения F_{mp} на ось z;

$$R_z = F_{mp} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = f \cdot N_i \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

Здесь F_{mp} – сила трения между клином и щеками: $F_{mpi} = f \cdot N_i$;
 f – коэффициент трения граней клина о поверхность щек, зависящий от материалов и наличия смазки.

При движении клина на поверхностях раздвижных щек и клина между равнодействующей R_i возникает угол трения φ , величина которого находится в интервале $0 \leq \varphi \leq \varphi_{max}$ (рис. 5) и определяется по известной формуле: $tg \varphi_{max} = \frac{F_{mp}}{N_i} = \frac{f \cdot N_i}{N_i} = f$

Или $\varphi = arctgf$.

Взаимосвязь равнодействующей силы R_i , нормальной силы N_i и силы трения F_{mp} выражены зависимостью: $R_i = \frac{N_i}{\cos \varphi} = \frac{F_{mp}}{\sin \varphi}$.

Как видно из рисунка 5, реактивная сила R_z препятствует действию осевой силы F_o , и численно её можно определить ниже следующим образом. При подстановке значений N_i из зависимости (1) в формулу (2) получим:

$$R_z = f \cdot N_i \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{(F_o - R_z) \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{(F_o - R_z) \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_o \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}} - \frac{R_z \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}}$$

вынесем величину R_z в левую часть:

$$R_z + \frac{R_z \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_o \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}}, \rightarrow R_z \left(1 + \frac{f}{4 tg \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{F_o \cdot f}{4 tg \frac{\alpha}{2}}$$

Отсюда окончательно имеем:

$$R_z = \frac{F_0 \cdot f}{4tg \frac{\alpha}{2} \left(1 + \frac{f}{4tg \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{F_0 \cdot f}{4tg \frac{\alpha}{2} + \frac{4tg \frac{\alpha}{2} f}{4tg \frac{\alpha}{2}}} = \frac{F_0 \cdot f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \quad (3)$$

Усилия R_{1y} и R_{2y} являются работающими на раскол в плоскости z-y, перпендикулярной линии раскола, равные по величине и противоположные по направлению (рис. 5 а), а усилия R_{3x} и R_{4x} , действующие в плоскости z-x, также равны по величине вышеприведенным усилиям (рис. 5 б), которые можно определить как:

$$R_{1y} = -R_{2y} = R_{3x} = -R_{4x} = N_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{F_0 - R_z}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{F_0 - R_z}{4tg \frac{\alpha}{2}} \quad (4)$$

Подставив зависимость (3) в последнее уравнение, найдем величину раскалывающих усилий основных щек R_{1y} и R_{2y} для одного гидравлического клинового устройства:

$$R_{1y} = -R_{2y} = \frac{F_0 - \frac{F_0 \cdot f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f}}{4tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0 \left(1 - \frac{f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \right)}{4tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0}{4tg \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \right)$$

Решая далее, имеем:

$$R_{1y} = -R_{2y} = \frac{F_0}{4tg \frac{\alpha}{2}} \left(\frac{4tg \frac{\alpha}{2} + f - f}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \right) = \frac{F_0}{4tg \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{4tg \frac{\alpha}{2}}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} = \frac{F_0}{4tg \frac{\alpha}{2} + f} \quad (5)$$

В данной зависимости численное значение в скобках ввиду малости по величине в проектировочных расчетах существенного значения не имеет. Если же есть необходимость в учете влияния коэффициентов трения, то в таблицах 1 и 2 приведены их значения для различных материалов.

Рассмотрим подробнее действие дополнительных щек, имеющих заострение под углом γ (рис. 6). Следует заметить, что геометрия рабочих поверхностей дополнительных щек, взаимодействующих с породой, может быть выполнена в виде дуги окружности, плоскими и др. формами. Но с точки зрения получения направленного раскола наиболее эффективным является их пирамидальность с углом заострения.

Как было сказано выше, при движении клина, имеющего четыре грани под одинаковым углом заострения α , основные и дополнительные раздвижные щеки одновременно приводятся в движение поперечно движению клина. При этом основные щеки работают только на разрыв (раскол), а дополнительные щеки, имеющие ребро заострения, внедряясь в материал, работают как клинья, где раздвигающие силы R_{3x} и R_{4x} создают на гранях щек нормальные усилия N'_3, N'_4 (рис. 6). При этом на поверхностях щек возникают силы трения F'_{mp} металла о породу.

Здесь следует отметить, что приведенная ранее сила F_{mp} — это сила трения «металл по металлу», а сила F'_{mp} — это сила трения «металл по породе», соответственно и коэффициенты трения f и f' у них отличаются. Для полноты изложения в таблицах 1 и 2 приведены коэффициенты трения для обоих случаев. Так, например, коэффициенты трения «сталь по чугуну» $f = 0,15 \div 0,3$ таблица 1 [1] и «металл по гранитной породе» $f' = 0,47 \div 0,55$ [2].

Нормальные силы на гранях дополнительных щек 3 и 4 определяются аналогично зависимости (1) с той лишь разницей, что здесь силы R_{3x} и R_{4x} действуют только на две грани щеки и угол за-

$$\text{острения равен } \gamma \text{ (рис. 6): } N'_3 = \frac{R_{3x}}{2 \sin \frac{\gamma}{2}}, \quad (6)$$

где γ — угол заострения граней дополнительных щек. Причем $N'_3 = N'_4$.

Таблица 1 – Коэффициенты трения покоя и скольжения

Трущиеся материалы	Коэффициент трения			
	Покоя		Скольжения	
	Без смазки	Со смазкой	Без смазки	Со смазкой
Сталь – сталь	0,15	0,1 – 0,12	0,15	0,05 – 0,1
Сталь – мягкая сталь	-	-	0,2	0,1 – 0,2
Сталь – чугун	0,3	-	0,18	0,05 – 0,15
Сталь – бронза	0,12	0,08 – 0,12	0,10	0,07 – 0,10
Сталь – текстолит	-	-	-	0,02 – 0,06
Чугун – бронза	-	-	0,15 – 0,2	0,07 – 0,15
Бронза – бронза	-	0,1	0,2	0,07 – 0,1
Резина – чугун	-	-	0,8	0,5
Металл – дерево	0,5 – 0,6	0,1 – 0,2	0,3 – 0,6	0,1 – 0,2
Кожа – металл	0,3 – 0,5	0,15	0,6	0,15

Таблица 2 – Коэффициенты трения покоя металла о породу

Порода	Поверхность породы		
	Сухая	Смочена водой	Покрыта глинистым раствором $\gamma=1,18 - 1,22 \text{ г/см}^3$, $T=25 - 28 \text{ сек}$
Глина жирная	0,14 – 0,18	0,08 – 0,12	0,06 – 0,09
Глина песчаная	0,25 – 0,28	0,20 – 0,26	0,18 – 0,22
Глинистый сланец	0,20 – 0,25	0,15 – 0,20	0,11 – 0,13
Мергель	0,20 – 0,27	0,18 – 0,25	0,20 – 0,24
Известняк	0,35 – 0,40	0,33 – 0,38	0,31 – 0,35
Доломит	0,38 – 0,42	0,36 – 0,40	0,36 – 0,38
Ангидрит	-	0,39 – 0,40	0,37 – 0,40
Песчаник слабоцементированный: зерна остроконечные зерна окатаны	0,32 – 0,42	0,27 – 0,40	0,25 – 0,35
		0,22 – 0,34	0,20 – 0,30
Песчаник крепкий	0,43 – 0,48	0,43 – 0,45	0,40 – 0,43
Кварцит	0,46 – 0,48	0,48 – 0,50	0,42 – 0,44
Гранит	0,47 – 0,55	0,46 – 0,53	0,45 – 0,50
Каменный уголь	0,38 – 0,42	0,33 0,36	0,30 – 0,33

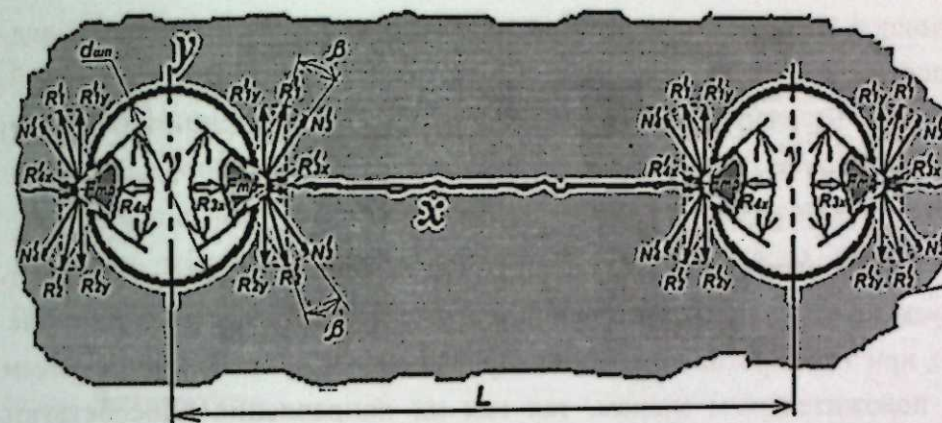


Рисунок 6 – Разложение усилий от дополнительных щек в плоскости x – y

На этих поверхностях также возникают силы трения F'_{mp} щек о породу, где коэффициент трения «металл о породу» f' (таблица 2), имеющий угол трения β . Угол трения и здесь связан с коэффициентом трения известной формулы:

$$\text{tg} \beta_{\max} = \frac{F'_{mp}}{N'} = f'$$

Равнодействующая нормальных сил N'_3 и N'_4 и сил трения F'_{mp} связаны с углом трения известной зависимостью:

$$R'_1 = R'_2 = \frac{N'_3}{\cos \beta} = \frac{F'_{mp}}{\sin \beta}$$

Подобно зависимости (4) величину дополнительной силы раскола R'_{1y} от действия сил R_{3x} или R_{4x} дополнительных щек для одного гидравлического клина определить как:

$$R'_{1y} = -R'_{2y} = \frac{R_{3x}}{2 \text{tg} \frac{\gamma}{2} + f'} \quad (7)$$

Подставив в (7) значение R_{3x} из зависимости (5), получим искомое усилие R'_{1y} :

$$R'_{1y} = -R'_{1x} = \frac{\frac{F_o}{4tg\frac{\alpha}{2} + f}}{2tg\frac{\gamma}{2} + f'} = \frac{F_o}{\left(4tg\frac{\alpha}{2} + f\right) \cdot \left(2tg\frac{\gamma}{2} + f'\right)}. \quad (8)$$

Для окончательного определения усилия раскола $F_{рас}$ спроецируем на ось y силы, действующие в плоскости $(z-y)$ (рис. 5а и рис. 6), при этом противоположно направленные векторы сил принимаем с положительным знаком, так как их направления способствуют процессу раскола.

Для получения направленного раскола камня при гидроклинном способе необходимо одновременное участие при разрушении как минимум двух гидравлических клиньев. Тогда с учетом данного условия и без учета трения усилие раскола будет:

$$F_{рас} = n \cdot [R_{1x} + R'_{1y}], \quad (9)$$

где n – количество гидравлических клиньев на линии раскола.

Подставив в формулу (10) выражения (5) и (8), окончательно получим зависимость раскалывающего усилия $F_{рас}$ от осевой силы F_o , действующей в гидроцилиндре:

$$F_{рас} = n \cdot \left[\frac{F_o}{4tg\frac{\alpha}{2} + f} + \frac{F_o}{\left(4tg\frac{\alpha}{2} + f\right) \cdot \left(2tg\frac{\gamma}{2} + f'\right)} \right]. \quad (10)$$

После преобразований окончательно имеем:

$$F_{рас} = \frac{F_o \cdot n}{4tg\frac{\alpha}{2} + f} \cdot \left(1 + \frac{1}{2tg\frac{\gamma}{2} + f'} \right). \quad (11)$$

В заключение можно сказать, что предлагаемый порядок определения раскалывающего усилия расклинивающего устройства новой конструкции для направленного раскола различных твердых материалов позволяет определить силовые параметры, необходимые

для проектирования и создания подобных устройств для горнодобывающей отрасли. Также стоит отметить, что действующие раскалывающие силы вызывают напряжения в плоскости раскола, на которые могут влиять формы рабочих поверхностей раздвижных щек. Исследования этих напряжений являются следующим шагом в изучении механики направленного раскола твердого материала раскалывающими устройствами.

Литература

1. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Райымбабаев Т.О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью буровых способов и невзрывчатых разрушающих средств (НРС). // Ж. Усубалиев, К.Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. – Машиноведение. № 2 (8). – Имаш НАН КР. – Бишкек, 2018. – С 59–70.
2. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Райымбабаев Т.О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью камнерезных машин и гидравлических раскалывателей (HRS). // Ж. Усубалиев, К.Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. Машиноведение, № 2 (8). – ИМА НАН КР. – Бишкек, 2018. – С. 71–82.
3. Беляев Н.М. / Соппротивление материалов. –М.: Наука, 1976. – С. 608.
4. https://osntm.ru/kt_tren.html. Дата обращения: 10.08.22.
5. Теории прочности скальных и полускальных пород. <http://tnaan.ru/inzhenernaya-geologiya/784-teorii-prochnosti-skalnih-i-poluskalnih-porod.html>. Дата обращения: 12.09.22.
6. <https://yandex.ru/images/search?text=модуль%20упругости%20грунта&stype>. Дата обращения: 8.09.22.
7. ГОСТ 12248 — 2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – М.: Стандартинформ, 2011.
8. https://studme.org/327636/tehnika/raschet_tsilindricheskih_peredach_prochnost. Дата обращения: 12.09.22.

УДК 622.23.05

ГИДРАВЛИКАЛЫК ШЫНААЛУУ ТҮЗМӨКТҮН КЕРИЛМЕ ЖААКТАРЫНДАГЫ КҮЧТӨР

УСИЛИЯ НА РАЗДВИЖНЫХ ЩЕКАХ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛИНОВОГО УСТРОЙСТВА

FORCES ON THE SLIDING CHEEKS OF THE HYDRAULIC WEDGE DEVICE

Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев
J. Usubaliev, K. T. Elikbaev, T. O. Raiymbabaev

Бул макалада катуу материалды жакшыртылган конструкциядагы гидравликалык шынаа менен жарууда келип чыккан күчтөр каралат, атап айтканда, салттуу түзүлүштөрдөн негизги керилүүчү жсаактарга карата тик түрүндө жайгашкан эки кошумча керилме жсаактардын болушу менен айырмаланат. Ал кошумча керилме жсаактар болуучу тегиздикте чыңалуунун уюлун түзүү үчүн иштелип чыккан. Иште жаруучу баптын жаңы конструкциясы бар гидравликалык бургу-шынаалуу жаргычтардын жардамы менен табигый таптын блогун массивден болуп ажыратып алуучу ыкманын технологиясы кыскача каралат. Бул жерде табигый тапты жаруу процессинде таасир этүүчү күчтөрдү аныктоо үчүн күч-аракеттерди эсептөө солокоттору жана математикалык көз карандылыктарын эсептөө ыкмасы келтирилген. Негизги жсаактарга тик жайгашкан кошумча керилме жсаактары бар жаруучу бапты колдонуунун өзгөчөлүгү - жаруу тегиздигинде чоюучу жана кысуучу күчтөр бирге иштей баптайт.

В этой статье рассматриваются усилия, возникающие при расколе твердого материала, в частности, гидравлическим клином усовершенствованной конструкции, отличающейся от существующих традиционных устройств наличием двух дополнительных раздвижных щек, расположенных в закладной части перпендикулярно к основным раздвижным щекам, которые предназначены для создания концентраторов напряжений в плоскости раскола. В работе вкратце рассмотрена технология буроклинового способа отделения блока природного камня от массива с применением гидравлических клиновых раскалывателей с новой конструкцией раскалывающей головки. Здесь приводятся расчетные схемы усилий и методика математического расчета зависимостей по определению сил, действующих в процессе раскола природного камня. Особенностью применения раскалывающей головки с дополнительными раздвижными щеками, расположенными перпендикулярно к основным щекам, является то, что в плоскости

раскола начинают работать одновременно усилия растяжения и сжатия.

This article discusses the forces arising from the splitting of a solid material, in particular, by a hydraulic wedge of an improved design, which differs from the existing traditional devices by the presence of two additional sliding jaws located in the embedded part perpendicular to the main sliding jaws, which are designed to create stress concentrators in the split plane. The paper briefly considers the technology of the bore-wedge method for separating a block of natural stone from an array using hydraulic wedge splitters with a new design of the splitting head. Here are the design schemes of efforts and the method of mathematical calculation of dependencies to determine the forces acting in the process of splitting natural stone. A feature of the use of a splitting head with additional sliding cheeks located perpendicular to the main cheeks is that in the split plane, tension and compression forces begin to work simultaneously.

Түйүн сөздөр: жарып бөлүүчү түзмөк, шынаа, киргизме бөлүк, керүүчү жсаак, гидроцилиндр, бургу көзөнөк, элемент, жумушчу суюктук, кысуу чыңалуусу, тартылуу (жаруу) чыңалуусу, бөлүүчү күч, жылчык.

Ключевые слова: раскалывающее устройство, клин, закладная часть, раздвижная щека, гидроцилиндр, штур, элемент, рабочая жидкость, напряжение сжатия, напряжение растяжения (раскола), усилие раскола, зазор.

Keywords: hydraulic wedge device, wedge, embedded part, sliding jaw, hydraulic cylinder, borehole, element, working fluid, compression stress, tensile (split) stress, split force, gap.

Целью данной работы является определение возникающих усилий в плоскости раскола при направленном расколе твердого материала (в частности – природного камня) при применении гидравлического клина усовершенствованной конструкции.

Из обзора и анализа различных способов раскалывания природного камня [1, 2, 3] установлено, что одним из эффективных способов является буроклиновый, с использованием гидроклиновых устройств. Буроклиновая технология отделения блока камня от массива предусматривает использование только бурового оборудования (станки строчечного бурения) и гидроклиновых установок. Для отделения блока камня от массива необходимо с помощью бурильного оборудования предварительно пробурить шпуры по намеченной линии раскола (рис. 1). Затем в подготовленные шпуры вставляются закладные части

гидравлических клиньев в количестве, достаточном для получения блока требуемого объема согласно ГОСТу 9479-84 «Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий» [4].

В связи с тем, что тело камня, как правило, не имеет монолитную структуру из-за наличия неоднородности, микротрещины, слоистости и т.д., в процессе раскола возможно отклонение линии раскола от намеченной линии, что приводит к снижению качества отделяемых блоков и получению изделий неправильной формы или негабаритов.

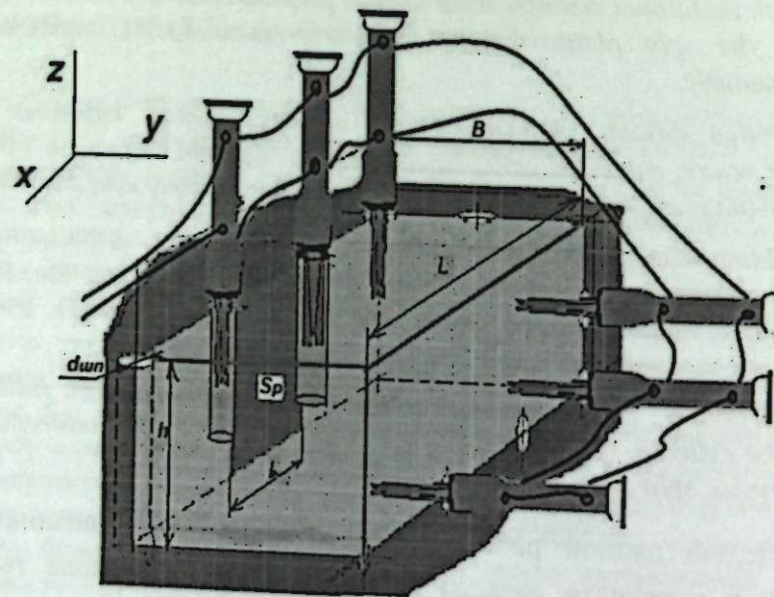


Рисунок – 1 Схема отделения блока природного камня от массива гидроклиновым способом

Для получения направленного раскола в работах [3, 5, 6, 7, 8] предлагаются различные оригинальные конструктивные решения закладной части гидроклиновых устройств с применением дополнительных раздвижных щек различной конструкции, в которых в процессе раскола предварительно или одновременно с действием основных раздвижных щек создаются концентраторы напряжений на линии раскола в виде борозд, канавок и т.д.

Авторами предлагается конструкция раскалывающего

устройства, представленная на рисунке 2, отличающаяся от существующих конструкций тем, что оно снабжено двумя основными и двумя дополнительными раздвижными щеками (рис. 2), расположенными взаимно перпендикулярно. Дополнительные же щеки имеют заостренное ребро на рабочей поверхности.

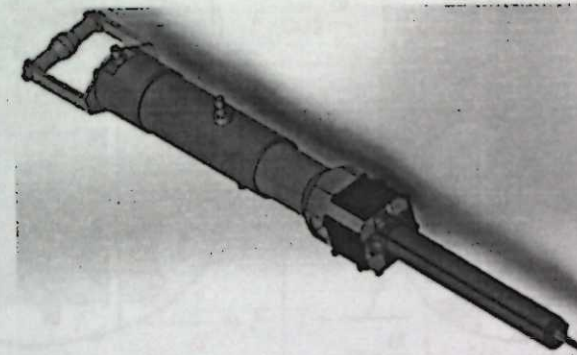


Рисунок 2 – Гидроклиновое устройство усовершенствованной конструкции

Наглядное изображение основных и дополнительных раздвижных щек представлено на рисунке 3.

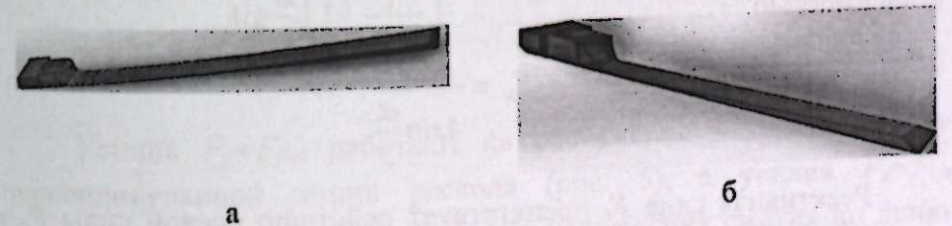
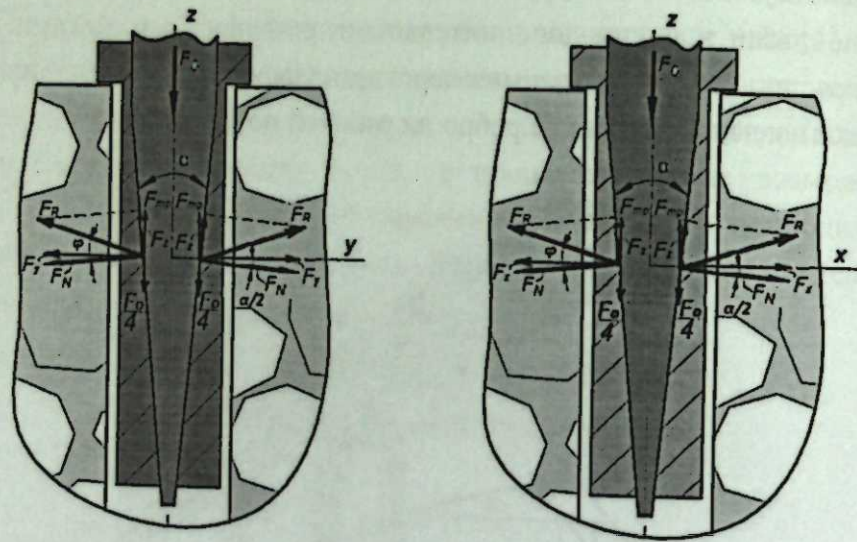


Рисунок 3 – Раздвижные щеки: основная щека (а), дополнительная щека (б)

В работе рассматриваются усилия в плоскости раскола камня между двумя смежными шпурами. Принцип работы гидроклинового устройства не отличается от существующих прототипов. В предварительно пробуренный шпур соответствующего диаметра вставляется закладная часть гидроклина, в которой при движении клина действующая осевая сила F_0 , из-за наличия заострения клина с углом α на раздвижных щеках возникают нормальные силы F_M , а из-за наличия трения между клином и щеками возникают силы

трения F_{mp} (рис.4).



а) в плоскости y-z

б) в плоскости x-z

Рисунок 4 – Разложение осевой силы по плоскостям

Из рисунка 4 видно, что нормальные силы F_N определяются зависимостью:

$$F_N = \frac{F_0}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1)$$

Реактивная сила F_z препятствует действию осевой силы F_0 и является проекцией силы трения F_{mp} на ось z .

$$F_z = F_{mp} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

здесь сила трения F_{mp} между клином и щеками равна $F_{mp} = f F_N$, где f – коэффициент трения граней клина о поверхность щек, зависящий от материалов и наличия смазки, определяемый по известной формуле: $f = \frac{F_{mp}}{F_N} = \frac{f \cdot F_N}{F_N} = \operatorname{tg} \varphi_{\max}$,

где φ – угол трения между нормальной силой F_N и равнодействующей силой F_R : $\varphi = \operatorname{arctg} f$.

Численно реактивную силу F_z можно определить ниже следующим образом. При подстановке значений F_{mp} в формулу (2) и, совместно решая с (1), получим:

$$F_z = f \cdot F_N \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{(F_0 - F_z) \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{(F_0 - F_z) \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - \frac{F_z \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

вынесем величину F_z в левую часть:

$$F_z + \frac{F_z \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = F_z \left(1 + \frac{f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{F_0 \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

После преобразований окончательно имеем:

$$F_z = \frac{F_0 \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(1 + \frac{f}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 4f} = \frac{F_0 \cdot f}{4 \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f \right)}. \quad (3)$$

Усилия $F_y = F_{рас}$ работают на растяжение в плоскости $z-y$, перпендикулярной линии раскола (рис. 5), а усилия $F_x = F_{сж}$ действуют в плоскости $z-x$, создавая напряжения сжатия по линии раскола. Причем при одинаковом угле заострения клина, равным α , в рассматриваемых плоскостях $z-y$ и $z-x$ усилия численно будут равны, т.е. $F_y = F_x$.

Численные значения этих усилий (рис.4) можно определить как:

$$F_y = F_x = F_N \cdot \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

После подстановки зависимостей (1) и (3) в последнее уравнение найдем величину раскалывающих усилий основных щек R_{1y} и R_{2y} для одного гидравлического клинового устройства:

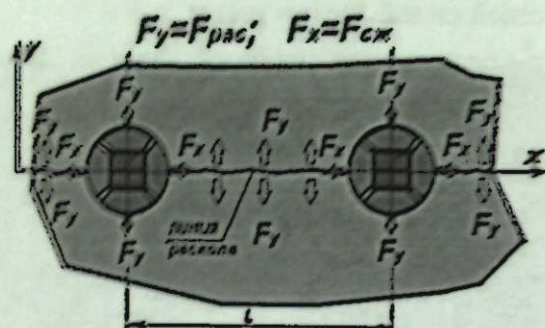


Рисунок 5- Схема действия сил в плоскости, перпендикулярной оси шпура

$$F_y = F_x = \frac{F_0 \cdot \frac{f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f}}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0 \left(1 - \frac{f}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f} \right)}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_0}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{f}{4 \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f \right)} \right) \quad (5)$$

Здесь усилие F_y на плоскость раскола между шпурами действует как растягивающая (раскалывающая) сила, а сила F_x действует как сжимающая сила.

Таким образом, при расколе твердого материала гидравлическим клиновым устройством, имеющим четыре раздвижные щеки, расположенные взаимно перпендикулярно друг к другу, на самих раздвижных щеках возникают как раскалывающие усилия, направленные по плоскости раскола и перпендикулярно ей. Кроме этого, из-за наличия трения между клином и внутренними поверхностями щек и между рабочими призматическими поверхностями дополнительных щек и породой возникают реактивные силы, препятствующие действию полезных усилий.

Знание действующих сил при процессе раскола позволит правильно рассчитать и подобрать необходимый типоразмер гидравлического привода раскалывающего устройства.

Литература

1. Эликбаев К. Т., Кынатбекова Н. Н. / Предпосылки к разработке ударно-клинового устройства для отделения блока камня от массива ударным способом. // К. Т. Эликбаев, Н. Н. Кынатбекова. – Машиноведение. № 2 (14). – ИМА НАН КР. – Бишкек, 2021. – С 45 – 53.
2. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью буровых способов и невзрывчатых разрушающих средств (НРС). // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. – Машиноведение. № 2 (8). – ИМА НАН КР – Бишкек, 2018. – С. 59 – 70.
3. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор технологий отделения блока природного камня от массива с помощью камнерезных машин и гидравлических раскалывателей (HRS). // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев. – Машиноведение. № 2 (8). – ИМА НАН КР – Бишкек, 2018. – С. 71–82.
4. Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О. / Обзор конструкций гидравлических клиновых устройств для отделения блока камня от массива. // Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев – Машиноведение. № 1(13). – ИМА НАН КР. – Бишкек, 2021. – С. 52–64.
5. Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий. Технические условия. ГОСТ 9479—84 (СТ СЭВ 6315—88).
6. Авторское свидетельство SU 1314052 A1, кл. E21 C 37/02, 1984 / Рабочий орган для направленного разрушения монолитных объектов. О. Д. Алимов, М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев / Бюл. № 20. Оpubл. 30.05.87. <https://patents.su/3-1314052-rabochijj-organ-dlya-napravlennogo-razrusheniya-monolitnykh-obektov.html>
7. Авторское свидетельство SU 1 104267 A1, кл. E21C 37/02, 1984 / Гидроклин. А.С. Каньгин, А.В. Жидков, В. А. Булавцев /

Бюл. № 27. Оpubл. 23.07.1984. <http://www.freepatent.ru/patents/2087711>

8. Авторское свидетельство SU 1218105 А, кл. E21C 37/02, 1980 / Устройство для направленного разрушения монолитных объектов. А.С. Каныгин, А.В. Жидков, В. А. Охрямкин, Булавцев / Бюл. № 10. Оpubл. 15.03.1986. <https://patents.su/2-1218105-ustrojstvo-dlya-napravlenno-go-razrusheniya-monolitnykh-obektov.html>
9. Авторское свидетельство SU 899937A1, кл. E21C 37/02, 1982 / Устройство для направленного разрушения минеральных сред. А. А. Михайлович, А. М. Тлеубаевич, К. К. Никитович / Бюл. № 3. Оpubл. 23.01.82. https://yandex.ru/patents/doc/SU899937A1_19820123

УДК 636:631.3

ФЕРМЕРДИК ЧАРБАЛАР ШАРТЫНДА ЖУНДУ ЖУУ УЧУН ЧАКАН КӨЛӨМДҮҮ ТҮЗҮЛҮШ

МАЛОГАБАРИТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОЙКИ ШЕРСТИ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

SMALL-SIZED DEVICE FOR WASHING WOOL IN FARM CONDITIONS

Б. Ж. Жаныбекова
B. Zh. Zhanubekova

Макалада жүндү кайра иштетүүдө жууп-тазалоонун натыйжалуулугу каралат. Учурдагы жүн жуугуч машиналарда бир нече кемчиликтер бар, булар жуу процессин тездетүүдө, жана майды кайра жуугучка кайтаруу процессин жок кылуу. Иштелип чыккан чакан жүн жуучу түзүлүштүн жуу процессин ылдамдатууну камсыз кылат жана майдын кайра ваннага түшүүсүн жокко чыгарат. Бул чакан жүндү жууган түзүлүштө куйгуч сымал түбү бар жуугуч ванна бар, ал ички чыпка дубалы менен жабылган, ал жерде каптал дубалдарында басым коллектору, соркыскыч жана соруучу түтүк менен туташтырылып, суу баскан агымдарды жаратат. Жуучу шайман жүндү жууп-тазалоонун жогорку натыйжалуулугун камсыз кылат, конструкциясы жөнөкөйлөтүлгөн жана колдонуусу оңой.

В статье рассматривается эффективность мойки шерсти при её переработке. В существующих шерстомоечных машинах имеются недочеты в ускорении процесса мойки, а также процесс возврата жира обратно в моечную машину. Разработанное малогабаритное устройство для мойки шерсти обеспечивает процесс ускорения мойки и исключает возврат жира обратно в моечную ванну. Это достигнуто тем, что малогабаритное устройство для мойки шерсти содержит моечную ванну с воронкообразным дном, которое оборудовано внутренней фильтрующей стенкой, где на боковых стенках ниже уровня раствора установлены форсунки, соединенные с напорным коллектором, насосом и всасывающим патрубком, для создания затопленных струй моечного раствора. Моечное устройство обеспечит высокую эффективность мойки шерсти, проста по конструкции и не сложна в эксплуатации.

The article discusses the efficiency of washing wool during its processing. In existing wool washing machines, there are shortcomings in accelerating the washing process, as well as the process of returning fat back to the washing machine. The developed small-sized device for washing wool ensures the

process of accelerating washing and eliminates the return of fat back to the washing bath. This is achieved by the fact that a small-sized device for washing wool contains a washing bath with a funnel-shaped bottom, which is equipped with an internal filter wall, where nozzles connected to a pressure collector, a pump and a suction pipe are installed on the side walls below the solution level to create flooded jets of washing solution. The washing device will provide high efficiency of washing wool, is simple in design and is not difficult to operate.

Түйүн создор: чакан түзүлүш; жуу; жуунду алгачкы шитетүү, жуу майы; жуу; май кармагыч; жуугуч ванна; дыйканчарба.

Ключевые слова: малогабаритное устройство; шерсть; первичная обработка шерсти; шерстной жир; мойка; жироуловитель; моечная ванна; фермерское хозяйство.

Key words: small-sized device; wool; primary processing of wool; wool fat; washing; grease trap; washing bath; farming.

Введение. Овцеводство в нашей стране – одна из важнейших отраслей сельского хозяйства. Шерсть всегда занимала и занимает особое место на рынке сбыта готовой продукции. Развитие этой отрасли определяется удовлетворением потребностей народного хозяйства в сырье (шерсти, овчинах, кожах) и населения продуктами питания (мясо, жир и др.), а также роста эффективности, который зависит от уровня обеспечения современными техниками и технологиями. По своему видовому составу производимая шерсть многообразна: мериносовая, тонкая немериносовая, полутонкая, помесная полутонкая, полугрубая, помесная грубая различных грубошерстных пород[1].

Немытая шерсть содержит загрязнения различного характера. К ним относятся такие загрязнения, как минеральные, растительные, кормовые, почвенные частицы, деготь, краска. Содержание загрязнений в шерсти колеблется в широких пределах – от 40 до 50% в зависимости от многих причин: породы, пола и возраста овец, режимами кормления и содержания, почвенных и климатических условий. Так, например, мериносовая шерсть имеет значительно больше загрязнений, чем шерсть других видов. Поэтому режим обработки шерсти различных видов неодинаков. Чем больше загрязнений в шерсти, тем труднее её очищать[2].

Значительно ухудшают свойства шерсти органические (базовые) загрязнения, моча и экскременты животного. Для удаления твердых засохших комочков кала требуется длительное замачивание шерсти перед мойкой или механическое измельчение на специальных машинах. Но шерсть базовую и тонкер не всегда удаётся освободить от остатков экскрементов, поэтому такая шерсть имеет высокую остаточную запылённость и дает пониженный выход полуфабриката в прядении [3].

Анализ состояния техники показал, что из имеющейся техники в животноводстве более 80% физически изношено и эксплуатируется свыше 20 лет. Результаты анализов уровня механизации производства шерсти, технологические операции выполняются в основном ручным трудом. Вследствие чего ухудшается качество шерсти, повышаются эксплуатационные затраты производства. Наблюдается, что фермеры, содержащие грубошерстных и полугрубошерстных овец, после стрижки выбрасывают шерсть. Обработка и переработка шерсти выполняются частично, что в конечном счете приводит к засорению пастбищ, создаются благоприятные условия для возбудителей и переносчиков болезней.

В связи с этим разработка технических средств для первичной обработки шерсти на местах в условиях фермерских хозяйств актуальна.

Материалы и результаты исследований

Известно большое многообразие технических средств для первичной обработки шерсти, которые имеют преимущество и недостатки в погружении овец в ванну, заполненную моющим или акарицидным раствором, и прогон. В устройстве с целью сокращения расхода раствора и ускорения мойки шерсти овец перед стрижкой и профилактической обработкой их против чесотки в процессе прогона погруженных в раствор овец на них воздействуют струями жидкости посредством форсунок, установленных на боковых стенках ванны ниже уровня раствора. За счет применения

затопленных струй интенсифицирован процесс прохождения жидкости сквозь шерстный покров, что является основным условием очистки шерстного покрова овец от механических примесей[4].

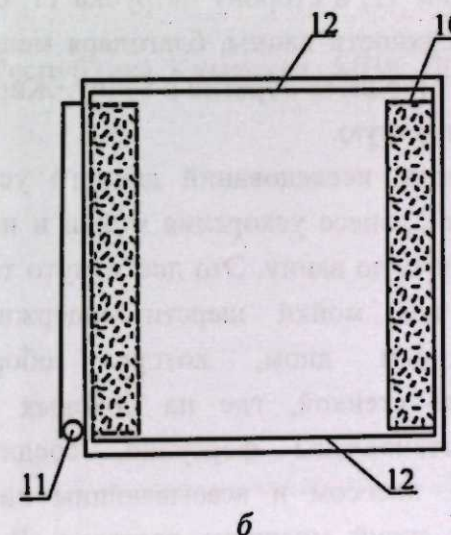
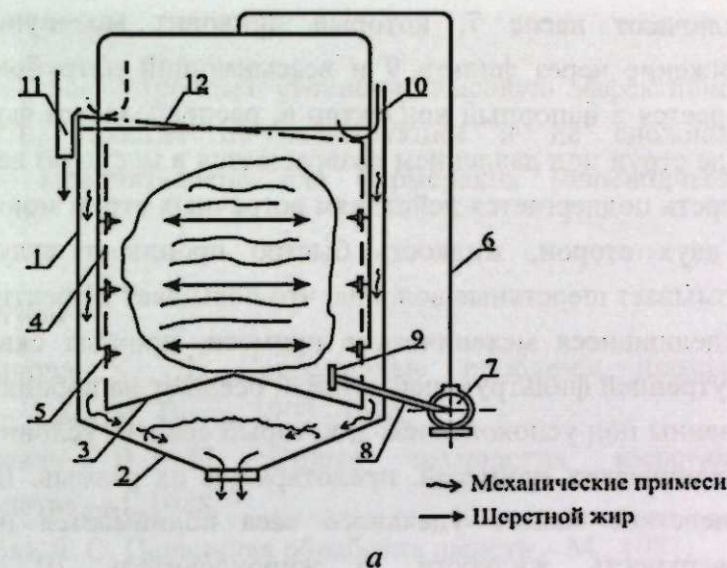
Недостатком устройства является сильный размыв механических примесей в процессе мойки и обработки овец. В результате многократного размыва увеличивается масса мелкодисперсных примесей, которые проникают между волокнами шерсти, снижая эффективность мойки.

В моечной машине содержится моечная ванна и жиρούловитель, отгораживающий часть моечной ванны под отжимным механизмом и выполненный в виде желоба с мелкими отверстиями на дне, а отгороженная жиρούловителем часть ванны снабжена патрубком для отвода жира [5].

Недостатком данной машины является то, что жиρούловитель отгораживает только часть моечной ванны под отжимным механизмом и установлен неподвижно. Поскольку выделяемый жир из шерсти распределяется по всей поверхности раствора, в другой части моечной ванны, вне отжимного механизма, происходит накопление жира, который обратно попадает в моечный раствор.

Нами разработано малогабаритное устройство для мойки шерсти в условиях фермерских хозяйств (рис.1).

Малогабаритное устройство для мойки шерсти содержит моечную ванну 1 квадратной формы с воронкообразным дном 2, где установлен успокоитель 3, имеет сетчатую внутреннюю фильтрующую стенку 4 меньше размером и соответствующим внутренним объемом ванны, где установлены форсунки 5 ниже уровня раствора, соединенные с напорным коллектором 6, насосом 7, всасывающим патрубком 8 и фильтром 9. В верхней части ванны установлен жиρούловитель 10 в виде желоба, который совершает возвратно-поступательное движение в сторону патрубка 11 по восходящей траектории направляющих 12 и обратно. На дне желоба выполнены отверстия. Патрубок расположен выше уровня раствора в ванне на уровне вершины траектории направляющих 12.



1 – каркас квадратной формы; 2 – воронкообразное дно; 3 – успокоитель; 4 – сетчатая внутренняя фильтрующая стенка; 5 – форсунки; 6 – коллектор; 7 – насос; 8 – всасывающий патрубок; 9 – фильтр; 10 – жиρούловитель; 11 – патрубок; 12 – траектория направляющих.

Рисунок 1 – Малогабаритное устройство для мойки шерсти вид сбоку (а) и сверху (б)

Малогабаритное устройство для мойки шерсти работает следующим образом. Ванну 1 заполняют моечной жидкостью до нужного уровня и загружают необходимой массой шерсти.

Включают насос 7, который приводит моечную жидкость в движение через фильтр 9 и всасывающий патрубок 8. Жидкость подается в напорный коллектор 6, распределяется форсункам 5 и в виде струи под давлением возвращается в моечную ванну. При этом шерсть подвергается действиям встречных струй моющей жидкости с двух сторон, жидкость быстро проникает вглубь шерсти и размывает шерстяные волокна, что повышает эффективность мойки. Отделившиеся механические примеси, проходя сквозь отверстия внутренней фильтрующей сетки 4, оседают на воронкообразном дне 2 ванны под успокоителем 3, который создает условие для остатков механических примесей, предотвращая их размыв. Шерстный жир вследствие малого удельного веса поднимается на зеркальную поверхность жидкости, а жируловитель 10, двигаясь по направляющим 12, в сторону патрубка 11, собирает и отводит жир по всей поверхности ванны, благодаря мелким отверстиям на дне желоба вода отводится обратно в ванну. Жируловитель приводится в движение вручную.

Результаты исследований данного устройства показали: он обеспечивает процесс ускорения мойки и исключает возврат жира обратно в моечную ванну. Это достигнуто тем, что малогабаритное устройство для мойки шерсти содержит моечную ванну с воронкообразным дном, которое оборудовано внутренней фильтрующей стенкой, где на боковых стенках ниже уровня раствора установлены форсунки, соединенные с напорным коллектором, насосом и всасывающим патрубком для создания затопленных струй моечного раствора. В верхней части ванны установлен жируловитель, совершающий возвратно-поступательное движение по восходящей траектории в сторону патрубка для отвода жира

Выводы:

Разработанное устройство обеспечит высокую эффективность мойки шерсти, простая по конструкции и не сложная в эксплуатации. Предназначено для фермерских (овцеводческих) хозяйств.

Литература

1. Абубакирова К. Д. Современные проблемы промывки шерсти.– Алматы: Тауар, 1999.–167с.
2. Купрашевич В. И. Общая технология шерстяного производства.–М.,1988.
3. Горбунова Л. С. Первичная обработка шерсти.– М., 1981.
4. Авторское свидетельство. СССР №1037912, МПК А61Д11/00, 1983. Бюл.№32.
5. Патент №9352, Республика Казахстан, МПК Д01В3/10 2000. Бюл.№8.

УДК 551.4.012

МАЛ САРАЙ БӨЛМӨЛӨРҮНҮН ТӨШӨЛМӨЛӨРҮН
ЖЫЛЫТУУЧУ ТҮЗҮЛҮШУСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБОГРЕВА ПОЛА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙDEVICE FOR LIVESTOCK FLOOR HEATING
PREMISES

А. Ж. Жусубалиева, И. Э. Турдыев

A. Zh. Zhusubalieva, I. E. Turdueva

Күн коллекторун жана биотермикалык орнотмону колдонуу менен мал сарай бөлмөлөрүнүн төшөлмөлөрүн жылытуучу түзүлүштүн конструктивдик – технологиялык сөлөкөтү берилген. Чарбалык сыноолордун жыйынтыгы көрсөткөндөй, иштелип чыккан техникалык түзүлүштөрдүн бир багытта иштөөсүнүн негизинде мал сарайларынын төшөлмөсүнүн жылуулугу ветеринар-санитардык нормаларга туура келет. Мында жаныбарлардын биологиялык өзгөчөлүктөрү толук эсепке алынат. Түзүлүш бир эле учурда күн энергиясын жана кыктан ачытылуу процессинде болуп чыккан жылуулукту пайдалануу менен мал сарайларынын төшөлмөлөрүн жылытууга мүмкүнчүлүк берет. Изилдоолордун негизги жыйынтыктары: диаметри 32 мм болгон пластик түтүктүү гелиоколлекторду колдогондо, жылытуу каналга кирип жана чыгып жаткан суунун температурасы тиешелүү түрдө 20°C жана 53°C барабар. Биотермикалык орнотмодо суунун орточо температурасы жогорку түтүкчөдө “чыгуу” жана төмөнкү түтүкчөдө “кирүү” тиешелүү түрдө барабар болду 37°C жана 28°C. Төшөлмөнүн алдындагы оролмого кирүүчү жана чыгуучу суунун орточо температурасы тиешелүү түрдө барабар болду 43°C жана 8°C.

Дана конструктивно-технологическая схема устройства для обогрева пола животноводческих помещений, где использованы солнечный коллектор и биотермическая установка. Результаты хозяйственных испытаний показали, что при совместном функционировании указанных технических средств температура пола животноводческого помещения поддерживается в соответствии с ветеринарно-санитарными нормами. При этом более полно учитываются биологические особенности организма животных. Устройство позволяет одновременно использовать солнечную радиацию и тепло в процессе разложения навоза для обогрева пола животноводческого помещения. Основные результаты исследований: при использовании трубчатого гелиоколлектора с пластиковыми трубами диаметром 32мм температура теплоносителя

при входе в канал 20°C на выходе из канала составила 53°C; в биотермической установке среднее значение температур в верхнем трубопроводе (“выход”) и нижнем трубопроводе (“вход”) соответственно составило 37°C и 28°C. Среднее значение воды на входе в змеевик пола и на выходе из змеевика соответственно равно 43°C и 8°C.

A constructive and technological scheme of a device for heating the floor of livestock buildings is given, where a solar collector and a biothermal installation are used. The results of economic tests showed that with the joint operation of these technical means, the temperature of the floor of the livestock building is maintained in accordance with veterinary and sanitary standards. At the same time, the biological characteristics of the animal organism are more fully taken into account. The device allows you to simultaneously use solar radiation and heat in the process of manure decomposition to heat the floor of the livestock building. The main results of the research: when using a tubular solar collector with plastic pipes with a diameter of 32 mm, the temperature of the coolant at the inlet to the channel was 20°C, at the outlet of the channel was 53°C; in the biothermal installation, the average temperatures in the upper pipeline (“Outlet”) and the lower pipeline (“Inlet”) were 37°C and 28°C, respectively. The average value of water at the inlet to the floor coil and at the outlet of the coil is 43°C and 8°C, respectively.

Түйүн сөздөр: түзүлүш, күн коллектору, биотермикалык орнотмо, мал сарайы, кыктын аэробдук ачытылышы.

Ключевые слова: устройство, солнечный коллектор, биотермическая установка, животноводческое помещение, аэробное сбраживание навоза.

Key words: device, solar collector, biothermal installation, livestock building, aerobic manure digestion.

Введение. Полы животноводческих помещений должны иметь хорошие теплоизоляционные свойства. По ветеринарно-санитарным нормам для содержания сельскохозяйственных животных требуется коэффициент теплоусвоения не более 11,6Вт/м²·°С [1].

Известно большое многообразие электрических устройств для обогрева пола животноводческих помещений, основными элементами которых являются поверхностные нагреватели в виде металлических, пластиковых труб и т.п. [2,3]. Существуют полы из керамзитобетонных плит с нанесенным на них аглопоритобетономмарки 75, покрытые резинкордными пластинами [4, 5].

На основе анализа существующих устройств для обогрева пола животноводческих помещений выявлены их недостатки: пониженная электробезопасность; негативное влияние химических добавок,

используемых при изготовлении; трудоемкость ремонтных работ; высокая стоимость; значительный расход электроэнергии; низкий коэффициент полезного действия.

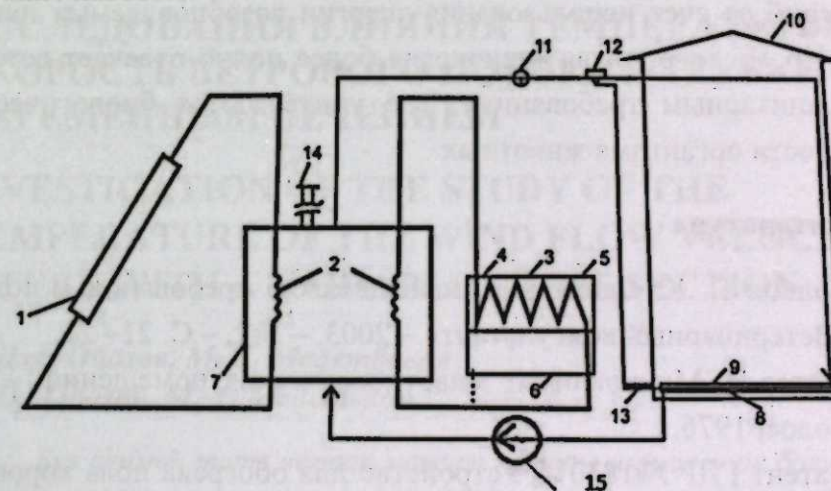
Использование биотермических установок для обогрева пола животноводческих помещений более полно отвечает ветеринарно-санитарным требованиям, так как в них лучше учитываются биологические особенности организма животных, особенно молодняка, и повышается их сохранность. К таким установкам относятся устройства [6, 7, 8], где используется тепло навоза в процессе аэробного сбраживания. Формирование тепла зависит от плотности и равномерности нагрева навоза и его вида.

Материалы и результаты исследований. Нами разработано устройство для обогрева пола животноводческого помещения путем совмещения гелиоколлектора и биотермической установки (рис. 1).

Устройство для обогрева пола животноводческого помещения включает солнечный коллектор 1 с теплообменником 2, биотермическую установку 3 также с теплообменником 2, которая состоит из верхней емкости 4 для размещения свежего навоза, где установлен змеевик 5, и нижней емкости 6 для использованного навоза (перегноя), общий бак-аккумулятор 7, соединенный со змеевиком 8, расположенным под деревянным полом 9 животноводческого помещения 10, через клапан 11 и терморегулятор 12 с датчиком 13 температуры. На обратной линии от пола животноводческого помещения установлен насос 15. Бак-аккумулятор сообщается с атмосферой через заливную горловину 14.

Устройство работает следующим образом. Нагретая вода с помощью солнечного коллектора 1 с одной стороны и также нагретая вода в биотермической установке 3 за счет выделяемого тепла из свежего навоза, размещенного в верхней емкости 4, где установлен змеевик 5, с другой стороны, циркулирует через теплообменники 2 по способу термосифона, нагревая воду в баке-аккумуляторе 7. Для поддержания нормативного значения температуры (12°C) пола 9 животноводческого помещения 10 нагретая вода с помощью насоса 15 циркулирует по внутренней системе: бак-аккумулятор 7, клапан

11, терморегулятор 12, змеевик пола 8, бак-аккумулятор 7. Циркуляция воды во внутренней системе будет приостановлена в случае повышения температуры ($+2^{\circ}\text{C}$). При этом терморегулятор 12 закрывает клапан 11 по сигналу датчика 13. Клапан 11 будет в закрытом положении до тех пор, пока температура пола не достигнет нижнего предела нормативной температуры ($t_{\text{п}}^{\text{min}} = 10^{\circ}\text{C}$). При данной температуре пола клапан 11 открывается, циркуляция воды во внутренней системе будет восстановлена. Расход воды в баке-аккумуляторе 7 в результате испарения пополняется через горловину 14. И использованный навоз (перегной) через дно верхней емкости сбрасывается в нижнюю емкость 6, а верхняя емкость 4 заполняется свежим навозом.



1 – гелиоколлектор; 2 – теплообменник; 3 – биотермическая установка; 4 – верхняя емкость; 5 – змеевик; 6 – нижняя емкость; 7 – бак-аккумулятор; 8 – змеевик пола; 9 – пол; 10 – животноводческое помещение; 11 – клапан; 12 – терморегулятор; 13 – датчик; 14 – горловина, 15 – насос.

Рисунок 1 – Общая схема устройства для обогрева пола животноводческих помещений

Система позволяет одновременно использовать солнечную радиацию и тепло разложения навоза для обогрева пола телятника. При этом повышается эксплуатационная надежность системы. Система отвечает современным требованиям энергосбережения за счет использования тепла возобновляемых источников энергии, в частности, энергии Солнца и биомассы.

Результаты исследований данного устройства показали: при использовании плоского трубчатого гелиоколлектора, теплоприемника размером 2×1 (м) и пластиковых труб диаметром 36 мм температура теплоносителя при входе в канал, равная 20°C, на выходе из канала составила 53°C; в биотермической установке среднее значение температур в верхнем трубопроводе (на выходе из установки) и нижнем трубопроводе (на входе в установку) соответственно составило 37°C и 28°C; среднее значение теплоносителя на входе в змеевик пола 8 (см. рис.) и выходе из змеевика соответственно 43°C и 8°C.

Выводы. Разработанное устройство может составить основу энергосберегающей технологии обогрева пола животноводческих помещений за счет использования энергии возобновляемых источников. Кроме того, такая технология более полно отвечает ветеринарно-санитарным требованиям, где учитываются биологические особенности организма животных.

Литература

1. Волков Г. К. Санитарно-гигиенические требования к полам. «Ветеринарный консультант». – 2003. – №2. – С. 21–23.
2. Мотес Э. Микроклимат животноводческих помещений. – М.: Колос, 1976.
3. Патент ГДР №183016 Устройство для обогрева пола коровника, МПК Н 05 В 3/30, 1975.
4. Плященко С. И. и др. Гигиенические полы для животноводческих зданий. Животноводчество. – 1976. – №10. – С. 59–60.
5. Комплексная механизация животноводческих ферм в концентральной зоне. – М.: Агропромиздат, 1989. – 34с.
6. Патент ФРГ №2824603. Устройство для подогрева воды и помещения, 1979.
7. Патент №11899. Республика Казахстан. Биотермическая установка для подогрева воды и помещения / М. Абдуллаев, 2002.
8. Оспанов Е. С. Новые биоустановки для подогрева воды в холодный период // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алматы. – 2002. – №4. – С.16–19.

ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УНАА ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ ENERGY AND TRANSPORT

УДК 621.47(575.2) (04)

ИЧКИ КЕСИЛИШ АЯНТЫ ӨЗГӨРҮЛҮП ТУРУУЧУ
ТҮТҮКТӨГҮ ШАМАЛДЫН АГЫМЫНА
ЖЫЛУЛУКТУН ЫЛДАМДЫГЫНА КАНДАЙ
ТААСИРИН ТИЙГИЗЕРИН ИЗИЛДӨӨ

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
СКОРОСТЬ ВЕТРОВОГО ПОТОКА В ТРУБКЕ С
ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ

INVESTIGATION OF THE STUDY OF THE
TEMPERATURE OF THE WIND FLOW VELOCITY IN
A TUBE WITH A VARIABLE CROSS SECTION

А. Дж. Обозов, М. Т. Медетбеков
A. DJ.Obozov, M. T. Medetbekov

Бул илимий иште негизги максат катары шамал жок болуп калган учурда шамал энергиясын пайда кылуу үчүн шамалдын жылуулук кыймылын пайдаланууну көздөдүк. Мында Бернуллинин принцибин пайдаланып ага жылуулук факторду пайдаланууга туура келди. Ошонун себебинен шамалдын кинетикалык энергиясын жана молекулярдык-кинетикалык энергиясын пайдаланып, жылуулук фактордун негизинде пайда болуучу шамалдын ылдамдыгын эсептөөчү теңдемени чыгардык. Бул багытыбыз туура болуп чыкты, жылуулук жогорулаган сайын шамал ылдамдыгы жогорулай турганын аныкталды.

В данной работе, используя существующую ветроэнергетическую систему, произведена модернизация, чтобы повысить мощность и коэффициент полезного действия (КПД) ветроэнергетических устройств. Для осуществления данной идеи в работе применен принцип неразрывности уравнения Бернулли, кинетическая и молекулярно-кинетическая теория тепловых движений потока ветра для повышения скорости ветра. Уравнения, выведенные с помощью молекулярно-кинетической теории, показали справедливость основной идеи данной работы, т.е. что ско-

рость потока ветра с переменным размером сечения трубки, где размер сечения меньше скорости потока ветра, увеличивается. Таким образом, для ветроэнергетики можно использовать такое устройство с учетом тепловых факторов, где ветровой поток не всегда возможен.

In this work, using a previously existing wind power system, we wanted to modernize in order to increase the power efficiency of wind power devices. To implement this idea, the principle of continuity of the Bernoulli equation, kinetic and molecular kinetic theory of thermal movements of wind flow to increase wind speed are applied in the work. The equation derived using molecular kinetic theory showed the validity of the main idea of this work. That is, that the wind flow velocity with a variable tube cross-section size where the cross-section size is less than the velocity increases. Thus, for wind power it is possible to use such a device using thermal factors where wind flow is not always possible.

Түйүн сөздөр: шамалдын ылдамдыгы, тура кесилиши аянтты, аба жылуулугу, Бернуллинин принциби, кинетикалык энергия.

Ключевые слова: скорость ветра, поперечное сечение, температура воздуха, принцип Бернулли, кинетическая энергия.

Keywords: wind speed, cross section, air temperature, Bernoulli principle, kinetic energy.

Возобновляемая или регенеративная энергия, так называемая зеленая энергия — энергия из источников, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота, которая является возобновляемой (пополняется естественным путём). Вообще-то ветер возникает в атмосфере из-за разности температур воздушных масс, в одних из которых высокая температура, в других — низкая, при соприкосновении (холодный, теплый) воздушные массы между собой смешиваются и обмениваются температурой, холодная масса воздуха нагревается, повышается кинетическая энергия, и возникает воздушный ветер.

В связи с этим, если два тела, т.е. две воздушные массы, имеющие первоначально разные температуры, входят в соприкосновение друг с другом, движение частиц в одном из них замедляется, в другом, наоборот, ускоряется, в результате происходит выравнивание температуры, средняя кинетическая энергия частиц становится везде одинаковой. В этой системе в целом энергия стремится

прийти к состоянию полного теплового равновесия, но огромные воздушные массы (теплый, холодный) постоянным притоком не приводят до полного равновесия, в результате чего постоянно происходит воздушный ветер. В мировой практике эти явления стараются использовать как дешёвый ветроэнергетический генератор электроэнергии.

В данной работе, используя ранее существующую ветроэнергетическую систему, хотели произвести модернизацию с тем, чтобы повысить мощность и коэффициент полезного действия (КПД) ветроэнергетических устройств. Для осуществления данной идеи в работе применен принцип неразрывности уравнения Бернулли [1,2,3] для повышения скорости ветра.

Уравнение неразрывности для элементарной трубки потока ветра можно наглядным образом показать по следующей схеме (рис. 1). В силу непроницаемости боковых стенок масса воздуха, поступившая через сечение I-I, равна массе жидкости, ушедшей через сечение II-II. При этом масса m воздуха в элементарной ячейке 1-1 с температурой T_1 с массой dm_1 и при передвижении с массой воздуха в конце трубы не переходит в положение с такой массой II-II с температурой T_2 dm_2 . Тогда массы воздуха будут равны $dm_1 = dm_2$.

Кинетическая энергия поступательного движения молекулы рав-

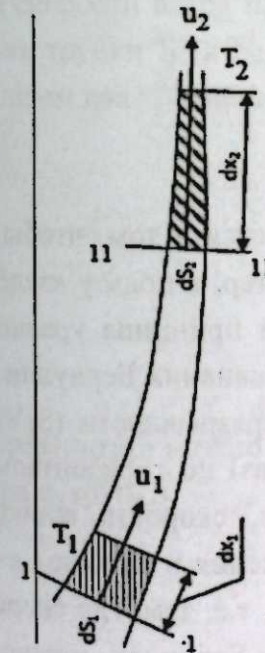


Рисунок 1 – Элементарная трубка тока воздуха

на:

$$E_{\text{кинет.энерг.поступ.}} = \frac{1}{2}mv^2, \quad (1)$$

где m – масса молекулы воздуха, v – скорость потока воздуха движущегося по трубе.

С одной стороны, по молекулярно-кинетической теории тепловое движение рассматривается просто как одна из форм энергии, а именно – кинетическая энергия атомов или молекул передвигается за счет тепловой энергии.

Энергия молекулярно-кинетической теории движения равна:

$$E_{\text{кинет.энерг.тепл}} = \frac{3}{2}kT, \quad (2)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К – переводной коэффициент, определяющий, какая часть эрга содержится в градусе. Величина k называется постоянной Больцмана; T – температура молекулы совокупности воздушной массы.

В связи с этим можно приравнять две кинетические энергии поступательного и теплового движения:

$$E_{\text{кинет.поступ}} = E_{\text{кинет.тепл}} \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT. \quad (4)$$

Основная цель данной работы заключается в том, чтобы использовать природные явления, такие, как ветер, в пользу «зеленой энергетики». Для этого воспользуемся идеей принципа уравнения Бернулли. Идея заключается в том, что из уравнения Бернулли для горизонтальной трубки тока и уравнения неразрывности ($S_1V_1\Delta t = S_2V_2\Delta t$) видно, что при течении жидкости (газ) по горизонтальной трубке, которая имеет переменное сечение, скорость жидкости больше в более узких местах (где площадь сечения S меньше), а статическое давление больше в широких местах, т.е. там, где скорость меньше. Используя идею принципа уравнения Бернулли, можно добавить температурный фактор для увеличения скорости потока воздуха. Допустим, в начале в широкой части трубы обозначим параметры: площадь поперечного сечения S_1 , скорость v_1 и температуру T_1 воздуха, а для конца трубы обозначим параметры S_2, v_2 и T_2 соответственно, тогда можно выводить уравнение для вычисления скорости воздуха на выходе, и на втором конце трубки T_2 . Воспользуемся равенством кинетических энергий.

В нашем устройстве неизвестна геометрическая размерность трубы, т.е. площадь поперечного сечения S , чтобы ее вывести, воспользуемся уравнением плотности вещества:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (5)$$

где m – масса воздуха, V – объем трубки, ρ – плотность воздуха единичного объема.

Объем цилиндра можно записать как $V = S \cdot l$, тогда можно записать в таком виде кинетическую энергию:

$$\frac{1}{2}\rho S l v^2 = \frac{3}{2}kT \quad (6)$$

Таким образом, выведено общее рабочее уравнение вычисления скорости ветра при данной температуре. Для переменного сечения трубки S_1 и S_2 при температуре воздуха в сечениях T_1 и T_2 запишем два уравнения, взяв соотношения этих двух уравнений:

$$\frac{1}{2}\rho S_1 v_1^2 l = \frac{3}{2}kT_1, \quad (7)$$

$$\frac{1}{2}\rho S_2 v_2^2 l = \frac{3}{2}kT_2, \quad (8)$$

$$\frac{S_1 v_1^2 T_1}{S_2 v_2^2 T_2}, \quad (9)$$

и в результате можно определить скорость ветра узкой части потока ветра v_2 трубки.

$$v_2^2 = \frac{s_1 v_1^2 T_2}{s_2 T_1}, \quad (10)$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{s_1 T_2}{s_2 T_1}}. \quad (11)$$

Если трубка находится в воздухе, температура воздуха вокруг нее приблизительно одинакова $T_1^\circ\text{C} \approx T_2^\circ\text{C}$, такое допущение удобно для решения задач.

С другой стороны, когда широкая часть трубки установлена над поверхностью земли, а узкая часть направлена вверх, как мы знаем, что всегда над поверхностью земли нагревается сильнее, чем

верхняя часть трубки, и в результате чего воздух над поверхностью земли нагрет сильнее, кинетическая энергия воздуха при этом выше, чем верхняя часть трубки, за счет разности этих температур. Поток воздуха при этом устремится вверх, создавая скорость потока воздуха.

Обычно воздушное пространство всегда имеет штилевой ветер, который может наряду с температурным фактором создавать аэродинамический потенциал в ветроэнергетике.

В связи с этим была исследована скорость ветра на этой конической трубе при различных температурах окружающего воздуха, результаты исследования приведены в таблице 1, и построена зависимость скорости ветра в трубке от температуры окружающего воздуха (рис. 2). На зависимости видно, что при повышении температуры окружающего воздуха повышается скорость потока ветра в узкой части трубки.

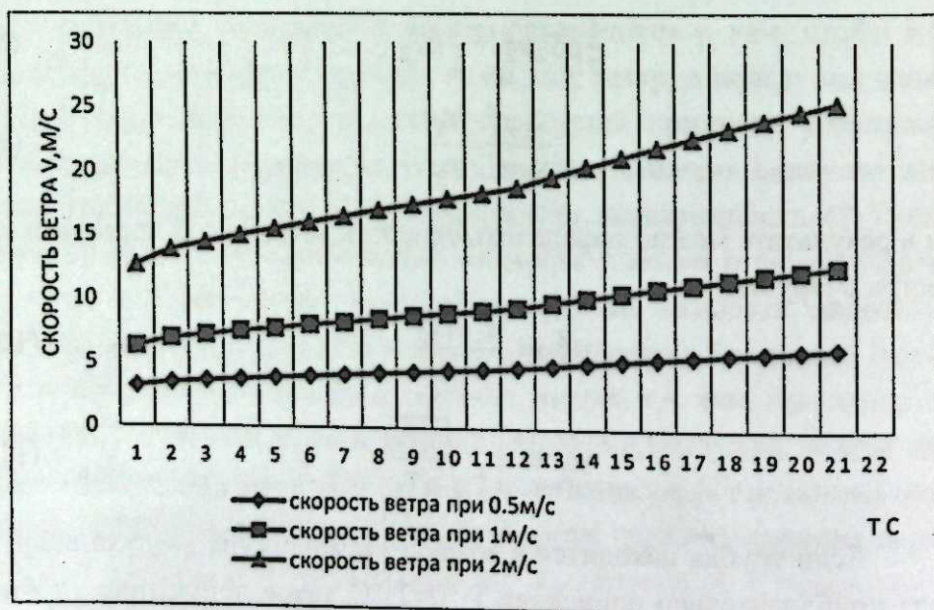


Рисунок 2 – Зависимость скорости потока ветра в узкой части трубки от различных тепловых скоростей ветра

Таблица 1 – Скорость потока ветра в узкой части трубки при различных тепловых скоростях ветра

T ₁ , °C	T ₂ , °C	V ₂ , м/с		
		При 0,5 м/с скорости ветра воздуха	При 1 м/с скорости ветра воздуха	При 2 м/с скорости ветра воздуха
10	10	3,16	6,3	12,65
12	10	3,46	6,93	13,85
13	10	3,6	7,2	14,42
14	10	3,74	7,5	14,97
15	10	3,87	7,7	15,5
16	10	4	8	16
17	10	4,12	8,2	16,5
18	10	4,24	8,48	17
19	10	4,36	8,72	17,43
20	10	4,47	8,94	17,89
21	10	4,58	9,16	18,33
22	10	4,7	9,4	18,76
24	10	4,9	9,8	19,6
26	10	5,1	10,2	20,4
28	10	5,3	10,58	21,16
30	10	5,47	10,95	21,91
32	10	5,66	11,3	22,63
34	10	5,83	11,66	23,32
36	10	6	12	24
38	10	6,16	12,33	24,66
40	10	6,32	12,65	25,3

Из этого можно сделать вывод, что уравнения, выведенные с помощью молекулярно-кинетической теории, показали справедливость основной идеи данной работы, т.е. что скорость потока ветра с переменным размером сечения трубки различна, там, где меньше размер сечения, скорость увеличивается.

Таким образом для ветроэнергетики можно использовать такое устройство с учетом тепловых факторов, при отсутствии ветра большой скорости в окружающей среде.

Литература:

1. Медетбеков М.Т., Шукуров У.Ш., Бараталиев К. Б., Кальков Ч. К., Толукбаев Ш. К. Ветроэнергетическое устройство. Патент КР № 221, 31.03.2017.
2. Медетбеков М. Т., Эсенгелдиев Ч. Ветряные энергетические установки по принципу Бернулли. // Известия КГТУ им. Раззакова. – №4 (44). – Бишкек: Изд. «Техник», 2017. – С.191–195.
3. Байшагиров Х. Ж., Есдавлетова К. Д., Казиева Д. Б. О разработке малых ветроустановок в Казахстане // Региональный вестник Востока. № 3 (59). –2013. – С.14–22.

**МААРАКЕЛЕР
ЮБИЛЕИ
ANNIVERSARY**

**УРАИМОВ МАМАСАБЫРДЫ КУТТУКТАЙБЫЗ
ПОЗДРАВЛЯЕМ УРАИМОВА МАМАСАБЫРА
CONGRATULATIONS TO URAIMOV MAMASABYR**



Ураимову Мамасабыру
Ураимовичу, доктору технических
наук, профессору, член-корр. НАН
КР, исполнилось 75 лет.

В 1970 году Ураимов
Мамасабыр окончил механический
факультет Фрунзенского
политехнического института и с 1970
по 1976 год работал преподавателем
кафедры “Детали машин” этого
института. С 1976 по 1979 год
обучался в очной аспирантуре Академии наук Киргизской ССР.

В 1981 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности “Горные машины”. В 1993 году защитил докторскую диссертацию по специальностям 05.05.06 “Горные машины” и 05.02.18 “Теория механизмов и машин”.

С 1990 года работает заведующим лабораторией в Институте машиноведения НАН КР. С 1995 по 2002 г. был заместителем директора по науке этого института. С 2004 по 2014 год работал начальником отдела физико-математических, технических и естественных наук Национальной аттестационной комиссии при президенте КР.

Научная деятельность М. Ураимова связана с развитием теории, методов расчета и проектирования гидравлических ударных

18 44 01

машин, применяемых в горном деле, металлургии, строительстве и в городском коммунальном хозяйстве. Он автор более 60 научных работ, в том числе двух монографий и 5 патентов на изобретение. Под его руководством защищены три кандидатские и одна докторская диссертация.

Результаты научных исследований М. Ураимова реализованы в виде конструкций гидравлических молотов, применяемых для выполнения ряда технологических операций в горнорудной промышленности, в металлургии, строительстве и в городском хозяйстве. Под руководством М. Ураимова и при его непосредственном участии разработаны конструкции гидравлических молотов с энергией удара от 200 до 6000 Дж. На опытном производстве инженерного центра Института машиноведения и на других машиностроительных заводах изготовлено и реализовано около 200 образцов навесных молотов и более 20 ручных молотков, используемых в горном деле. Молоты реализованы и эксплуатируются на горнорудных и металлургических предприятиях Кыргызстана, Казахстана, России и Украины. Партия молотов была реализована в Германии.

По технической документации, разработанной М. Ураимовым, освоен серийный выпуск двух типов молотов на станкостроительном и на других заводах Москвы (фирма НТПарк), создано новое производство молотов в Болгарии (г. Русе).

Еще одним направлением научной деятельности М. Ураимова является разработка теории и основ проектирования гидравлических перфораторов для бурения шпуров ударно-поворотным способом. В настоящее время изготовлены экспериментальные образцы таких перфораторов с энергией удара 70 и 250 Дж, проведены их лабораторные испытания. Эти перфораторы разработаны на основе оригинальной схемы, ранее неизвестной в практике разработки машин ударно-поворотного действия.

Учитывая большой вклад в развитие теории и методов проектирования гидравлических ударных механизмов, опыт М. Ураимова как ученого, инженера и изобретателя, его усилия по

подготовке кадров, он в 2021 году избирается член-корреспондентом НАН КР по специальности «Горные машины».

Коллектив Института машиноведения и автоматики желает вдохновения, оптимизма и безграничной творческой энергии, осуществления всех планов, крепкого здоровья и душевного тепла!

АВТОРЛОР ТУУРАЛУУ МААЛЫМАТТАР

Абдраимов Эмиль Самудинович – техника илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун «Машина жана механизмдер назарияты» лабораториясынын башчысы, e-mail: engineer2013@inbox.ru

Еремянц Виктор Эдуардович – техника илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун инновациялар жана жаңы технологиялар бөлүмүнүн башкы илимий кызматкери, e-mail: eremjants@inbox.ru

Жаныбекова Бермет Жаныбековна – К. И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университетинин инженердик-техникалык факультетинин «Айыл чарбасын электрлештирүү жана автоматташтыруу» кафедрасынын ага окутуучусу. Бишкек ш., Медеров көч., 163, тел.: +996 701 939 323, e-mail: ber-jan90@mail.ru

Жолдошов Белекбек Муратович – Ош технологиялык университети, техника илимдеринин доктору, "Транспорттук логистика жана тейлөө технологиясы" кафедрасынын профессору, Ош шаары, Исанов көч., 81, тел.: +996 558 119 954, e-mail: belek0365@mail.ru

Жусубалиева Айнагуль Жумабаевна – ОшМУнун техникалык дисциплиналары боюнча предметтик циклинин окутуучусу, Ош шаары, Кулатов көч., 14/32, тел.: +996 551 668 887, e-mail: ainagulzhusubalieva@gmail.com

Капаров Сейитбек Абдиллажанович – Ош технологиялык университети, Гуманитардык-технологиялык колледж, окутуучу. кафедра «Автотранспорт», аспирант. Ош шаары, Исанов көч., 81, тел.: +996 772 283 747, e-mail: seit87.87@mail.ru

Кынатбекова Нуржамал Нуржановна – Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун «Таш казып алуучу комплекстер лабораториясынын» илимий кызматкери, Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: + 996 312 549 751, e-mail: nkn_94kg@mail.ru

Маматкадырова Бурулай Муратовна – Ош технологиялык университети, Гуманитардык-технологиялык колледж, окутуучу.

кафедра «Автотранспорт», аспирант. Ош ш., Исанов көч - 81, тел.: +996 770 232 094, e-mail: burulai1991@mail.ru

Медетбеков Мукамбеткалый Токтобаевич – КР УИАнын Машина таануу жана автоматика Институтунун ВИА лабораториясынын улук илимий кызматкери, химия илимдеринин кандидаты, Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: +996 555 411 784, e-mail: kambar@list.ru

Обозов Алайбек Джумабекович – КР УИАнын Машина таануу жана автоматика Институтунун лаборатория башчысы, техника илимдеринин кандидаты, Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: +996 559 190 606, e-mail: obozov-a@mail.ru

Райымбабаев Талай Омурбекович – Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун «Таш казып алуучу комплекстер лабораториясынын» улук илимий кызматкери, Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: +996 312 54 97 51, e-mail: taalay_88_88@mail.ru

Таалайбекова Жазгүл – Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун Инновациялар жана жаңы технологиялар бөлүмүнүн 1-категориядагы инженери, e-mail jazyu1705@gmail.com

Турдуев Ильяз Эрмекович – М. М. Адышев атындагы Ош технологиялык университетинин “Электр менен камсыздоо” кафедрасынын доценти, т. и. к. Ош шаары, Кулатов көч. 38, тел.: +996 779 989 386, e-mail: ilyaz_turdujev@mail.ru

Усубалиев Женишбек – КР УИАнын Машина таануу жана автоматика институтунун Тоо таш казып алуучу комплекстер лабораториясынын башкы илимий кызматкери, т. и. к., профессор. Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: + 996 312 54 97 51. e-mail: jenishbek_us@mail.ru

Эликбаев Канатбек Токтобаевич – КР УИАнын Машина таануу жана автоматика институтунун Тоо таш казып алуучу комплекстер лабораториясынын башчысы, техника илимдеринин кандидаты, Бишкек ш., Скрябин көч., 23, тел.: + 996 312 54 97 51, e-mail: kdk_318@mail.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдраимов Эмиль Самудинович – заведующий лабораторией Института машиноведения и автоматики НАН КР, доктор технических наук, профессор, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, e-mail: engineer2013@inbox.ru

Еремьянц Виктор Эдуардович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела инноваций и новых технологий Института машиноведения и автоматики НАН КР, e-mail: eremjants@inbox.ru

Жаныбекова Бермет Жаныбековна – старший преподаватель кафедры “Электрификация и автоматизация сельского хозяйства”, Инженерно-технический факультет, Кыргызский национальный аграрный университет им. К. И. Скрябина. г. Бишкек, ул. Медерова, 163, тел.: +996 701 939 323, e-mail: ber-jan90@mail.ru

Жолдошов Белекбек Муратович – профессор кафедры «Транспортная логистика и технология сервиса», Ошский технологический университет, доктор технических наук, г. Ош, ул. Исанова, 81, тел.: +996 558 119 954, e-mail: belek0365@mail.ru

Жусубалиева Айнагуль Жумабаевна – преподаватель предметного цикла по техническим дисциплинам Ошского Государственного университета, г. Ош, ул. Кулатов, 14/32, тел.: +996 551 668 887, e-mail: ainagulzhusubalieva@gmail.com

Капаров Сеитбек Абдиллажанович – преподаватель кафедры «Автотранспорт» Гуманитарно-технологического колледжа Ошского технологического университета, г. Ош, ул. Исанова, 81, тел.: +996 772 823 747, e-mail: seit87.87@mail.ru.

Кынатбекова Нуржамал Нуржановна – научный сотрудник лаборатории Камнедобывающих комплексов Института машиноведения и автоматики НАН КР, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, тел.: + (996 312) 54-97-51, e-mail: nkn_94kg@mail.ru

Маматкадырова Бурулай Белковна – преподаватель кафедры «Автотранспорт» Гуманитарно-технологического колледжа, Ошский технологический университет, г. Ош, ул. Исанова, 81, тел.: +996 770 232 094, e-mail: burulai1991@mail.ru

Медетбеков Мукамбеткалый Токтобаевич – старший научный сотрудник лабораторией ВИЭ Института машиноведения и

автоматики НАН КР, кандидат химических наук, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, тел.: +996 555 411 784, e-mail: kambar@list.ru

Обозов Алайбек Джумабекович – заведующий лабораторией Института машиноведения и автоматики НАН КР, кандидат технических наук, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, тел.: +996 559 190 606, e-mail: obozov-a@mail.ru

Райымбабаев Талай Омурбекович – старший научный сотрудник лаборатории Камнедобывающих комплексов Института машиноведения и автоматики НАН КР, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, тел.: +(996 312) 54-97-51, e-mail: taalay_88_88@mail.ru

Таалайбекова Жазгуль – инженер 1 категории отдела инноваций и новых технологий Института машиноведения и автоматики НАН КР, e-mail: jazyu1705@gmail.com

Турдусев Ильяз Эрмекович – к. т. н., и. о. доцент кафедры “Электроснабжения” Ошского технологического университета им. М. М. Адышева, г. Ош, ул. Кулатова, 38, тел.: +996 779 989 386, e-mail: ilyaz_turduev@mail.ru

Усубалиев Женишбек – главный научный сотрудник лаборатории Камнедобывающих комплексов Института машиноведения и автоматики НАН КР, к. т. н., профессор, e-mail: jenishbek_us@mail.ru

Эликбаев Канатбек Токтобаевич – заведующий лабораторией Камнедобывающих комплексов Института машиноведения и автоматики НАН КР, к. т. н., г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, тел.: +(996 312) 54-97-51, e-mail: kdk_318@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abdraimov Emil Samudinovich – Senior Researcher at the Institute of Machine Studies and Automation of the National Academy of Sciences. Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: engineer2013@inbox.ru

Elikbayev Kanatbek Toktobayevich – Head of Laboratory of Machinery researching and Automatics Institute of National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, candidate of technical Sciences, 23 Scriabin street, Bishkek. tel.: +(996 312) 54-97-51. e-mail: kdk_318@mail.ru

Jusubalieva Ainagul Jumabaevna – Teacher of the subject cycle of technical disciplines of Osh State University, Osh, st. Kulatov 14/32, tel.: +996 551 668 887, e-mail: ainagulzhusubalieva@gmail.com

Kaparov Seitbek Abdillazhanovich – Osh Technological University, lecturer of the "Motor transport" department of the Humanitarian and Technological College of OshTU, Osh, st. Isanova, -81, tel.: + (0772-823747), e-mail: seit87.87@mail.ru

Kynatbekova Nurzhama Inurzhanovna – Researcher, of laboratory of stone-processing complexes of machinery researching and automatics Institute of National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, 23, Scriabin str., tel.: + (996 312) 54-97-51, e-mail: nkn_94kg@mail.ru

Mamatkadyrova Burulai Belevna – Osh Technological University, lecturer of the department "Auto transport" of the Humanitarian and Technological College of OshTU, Osh, st. Isanova, -81, tel.: +(996) 0770-23-20-94, e-mail: burulai1991@mail.ru

Obozov Alaibek Djumabekovich – Head of Laboratory of Machinery researching and Automatics Institute of National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, candidate of technical Sciences, 23 Scriabin st., Bishkek, tel.: +(996) 559 190 606, e-mail: obozov-a@mail.ru

Raiymbabaev Talai Omurbekovich – senior research assistant of laboratory of machinery researching and automatics Institute of National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, 23, Scriabin str., tel.: + (996 312) 54-97-51, e-mail: taalay_88_88@mail.ru

Taalaibekova Zhazgul – Engineer of the 1st category of the Department of Innovation and New Technologies of the Institute of

Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, e-mail: jazyu1705@gmail.com

Turduyev Ilyaz Ermekovich – M. M. Associate Professor of "Power Supply" Osh Technological University named after Adyshev, Ph. D. Osh city, Kulatov str. 38, tel: +996 779 989386, e-mail: ilyaz_turduyev@mail.ru

Usubaliev Zhenishbek – leading researcher of the laboratory of Stone mining complexes of the Institute of machine science and automation of the National academy of sciences of the Kyrgyz Republic, candidate of technical sciences, professor, e-mail: jenishbek_us@mail.ru

Yeremyants Victor Eduardovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Innovation and New Technologies of the Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, e-mail: eremyants@inbox.ru

Zhanybekova Bermet Zhanybekovna – Senior Lecturer of the Department "Electrification and Automation of Agriculture", Faculty of Engineering and Technology, Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin. Bishkek, Mederovast. 163, tel.: +996 701 939 323, e-mail: ber-jan90@mail.ru

Zholdoshov Belekbek Muratovich – Osh Technological University, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport Logistics and Service Technology, Osh, st. Isanova, -81, tel.: +996 558 119 954, e-mail: belek0365@mail.ru

Medetbekov Mukambetkaly Toktobaevich – Senior Researcher at the RES Laboratory of the Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Candidate of Chemical Science st., Bishkek, tel.: +(555) 411 784, e-mail: kamar@list.ru

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «МАШИНОВЕДЕНИЕ»

Уважаемые коллеги! Обращаем ваше внимание: редколлегия сборника оставляет за собой право не включать в сборник статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объёму текста, к оформлению таблиц и иллюстраций).

Язык публикации статьи	Русский, кыргызский, английский
Общий объем статьи	Объем статьи – до 20 000 знаков с пробелами. При этом объем статьи в листах А4: от 5 до 8 страниц вместе с аннотацией. Оформление: шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12 кегль, обычный интервал между буквами; поля – 2 см со всех сторон; выравнивание текста – по ширине; автоматическая расстановка переносов; все латинские и греческие буквы в тексте, формулах (кроме индексов) и таблицах – курсив; цифры, скобки, функции – прямые
УДК	Перед заглавием статьи проставляется код УДК в верхнем левом углу первой страницы
Название статьи	Приводится на кыргызском, русском и английском языках. Название статьи должно быть набрано строчными буквами, 14 кегль, полужирным шрифтом по левому краю. <i>Обратите внимание, что в конце заголовка точка не ставится!</i>
Авторы. Межстрочный интервал 1	Приводится на русском и английском языках. После названия научной статьи указывается: ФИО каждого автора: сначала указываются инициалы, после них – фамилия, например: <i>И.И. Иванов.</i> Шрифт – курсив, выравнивание слева
Аннотация. Межстрочный интервал 1	Приводится на кыргызском, русском и английском языках. По требованию НАК КР – не менее 100 слов. Текст <i>не должен</i> быть разделен на абзацы. В аннотации не допускается цитирование. Аббревиатуры должны быть расшифрованы. Шрифт – курсив, размер шрифта – 11 пт.

	Межстрочный интервал – 1. Форматирование выравниванием по ширине страницы
Ключевые слова Межстрочный интервал 1	Приводятся на кыргызском, русском и английском языках. Ключевые слова (5 – 8 слов) или словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой. Шрифт – курсив, размер шрифта – 11 пт.
Требования к содержанию статьи и ее оформлению. Межстрочный интервал 1,2	После ключевых слов нужно представить текст самой статьи. Текст может разбиваться на подглавы или придерживаться следующей логической структуры при написании: введение, методика, основная часть, выводы, литература. Статья оформляется только в текстовом редакторе Microsoft Office. Размер шрифта и интервал между строками должен быть одинаковым по всему тексту. Абзацы («красная строка») – 1 см, должны выставляться автоматически, а не с помощью клавиши “пробел”. Наличие двойных или тройных пробелов не допустимо. При первом употреблении аббревиатур обязательно указывать их расшифровку. В рукописи должны применяться единицы Международной системы СИ
Требования к таблицам, рисункам и формулам. Межстрочный интервал 1	<i>Таблицы</i> в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка). Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее. Название таблицы приводится <i>над таблицей слева</i> с выравниванием по ширине. <i>Например:</i> Таблица 1 – Параметры режима резания Текст в таблицах – интервал одинарный, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11 пт. Все составляющие формул должны быть оформлены в макросе MathType (программа Word) <i>Рисунки</i> должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Каждый рисунок снабжается надписью и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на него.

	<p>Форматирование названия и номера рисунка – шрифт обычный, Times New Roman, размер -11 пт, <i>выравнивание по центру</i>, интервал – одинарный.</p> <p><i>Например:</i> Рисунок 1 – Зависимость твердости обработанной поверхности от скорости резания</p> <p>Графические рисунки должны быть хорошего качества. Если есть надписи, то текст должен отображаться четко.</p> <p>Фотографии должны быть с разрешением минимум 300 dpi (предпочтительно 1200 dpi). Формат рисунков и фотографий – Gif, Jpeg. Количество рисунков – не более 3, формул – не более 10 (если формул больше, то стоимость публикации увеличится). Количество таблиц не ограничено.</p> <p><i>Обратите внимание, что в конце названия таблицы и рисунка точка не ставится!</i></p>
Нумерация страниц и колонтитулы	Не используйте колонтитулы. Нумерация страниц производится внизу справа, начиная с 1-й страницы
Требования к источникам, используемым в статье. Оформление ссылок и списка литературы	<p>При заимствовании материала из других источников ссылка на эти источники обязательна. Ссылки в тексте оформляются квадратными скобками.</p> <p>Источники указываются в порядке цитирования в тексте.</p> <p>На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.</p> <p>Список литературы оформляется по ГОСТ 7.05-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления</p>
Сведения об авторе(ах)	<p>Приводится на <i>кыргызском, русском и английском языках.</i></p> <p>Рукопись должна быть подписана авторами с указанием обязательно</p> <ul style="list-style-type: none"> – фамилия, имя, отчество (при наличии) всех авторов полностью; – полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город. Если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора

	<p>отдельно;</p> <ul style="list-style-type: none"> – адрес электронной почты для каждого автора; – почтовый адрес и номер телефона для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов). <p>опционально</p> <ul style="list-style-type: none"> – должность, звание, ученая степень; другая информация об авторах
Условия публикации	<p>Все статьи обязательно подлежат редакции (научной и технической). В конце рукопись подписывается научным редактором. Редакционная комиссия сборника материалов конференции оставляет за собой право отказать в публикации авторам статей, не соответствующих уровню журнала. Публикация оплачивается организацией, представившей статью, или автором. Стоимость одной страницы формата А4 составляет 150 сомов</p>

Наименования всех направляемых авторами файлов должны иметь следующие форматы:
 «фамилия, и.о. автора статьи, статья.docx»;
 «фамилия, и.о. автора статьи, авт. заявление.pdf»;
 «фамилия, и.о. автора статьи, рецензия.pdf».
 Статьи представляются в формате *.docx.
 При онлайн-регистрации разрешается прикреплять **ТОЛЬКО** архивированные файлы в формате .zip и .rar.
 Авторское заявление, рецензия и другие материалы представляются в электронном виде *.pdf, после принятия к опубликованию – в бумажном виде (распечатка в 2 экземплярах на лазерном принтере с разрешением минимум 600 dpi).
 Файлы направляйте по адресу: machinery.kg@gmail.ru

МАШИНОВЕДЕНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

16

Подписано в печать 20.12.2022 г.
Формат 60x84 1/4. Печать офсетная.
Объем 10,6 п. л. Тираж 100 экз.

