

2001-238

**ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ НАН КР**

На правах рукописи

УДК 621.01

**Кукчаев Махаммадсултан Маматурсунович**

**ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО  
ПЕРФОРАТОРА С МЕХАНИЗМОМ  
ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ**

**Специальность 05.02.18 – "Теория механизмов и машин"**

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БИШКЕК 2000



Работа выполнена в Инженерной академии Кыргызской Республики  
и Ошском технологическом университете

Научные руководители: академик Международной Инженерной  
академии, заслуженный изобретатель,  
доктор технических наук,  
профессор С.Абдраимов

академический советник ИА КР,  
кандидат технических наук А.О. Абидов

Официальные оппоненты: академик Национальной академии наук  
Кыргызской Республики,  
доктор технических наук,  
профессор А.В. Фролов

академический советник ИА КР,  
кандидат технических наук К.Ж. Зиялиев

Ведущая организация: Кыргызско-Узбекский университет

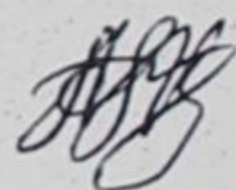
Защита состоится "9" февраля " 2001 года в "14"<sup>00</sup> часов на засе-  
дании диссертационного совета Д. 05. 98. 76 при Инженерной академии  
КР и Институте машиноведения НАН КР, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в архивах Инженерной акаде-  
мии КР и Института машиноведения НАН КР.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербо-  
вой печатью, просим направить по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скряби-  
на, 23, Институт машиноведения НАН КР, диссертационный совет.

Автореферат разослан "23" декабря " 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д.05.98.76,  
кандидат технических наук



А.О.Абидов



## Общая характеристика работы

**Актуальность проблемы.** В Инженерной академии Кыргызской Республики и лаборатории ТММ Института машиноведения НАН КР проводятся работы по созданию машин на основе механизмов переменной структуры (МПС) различного назначения, необходимых промышленности Республики. Среди этих машин большое внимание уделяется разработке и созданию машин ударного и ударно-вращательного действия.

Создаваемые в настоящее время электромеханические перфораторы (ПРЭ) со встроенным универсальным коллекторным двигателем (УКД) последовательного возбуждения, являются одними из перспективных машин, так как в Республику из стран СНГ и дальнего зарубежья импортируется большое количество аналогичных машин. К настоящему времени созданы 12 модификаций перфораторов. Проведена большая работа по поиску оптимальных соотношений частоты ударов и скорости вращения инструмента. Эти машины созданы на основе результатов геометрического синтеза и экспериментального определения рациональных режимов работы, параметров элементов перфоратора.

Известно, что экспериментальные исследования машин требуют больших материальных и временных затрат. В связи с этим при разработке, создании и исследовании машин большое значение имеет моделирование процессов их работы и на основе математической модели - исследование динамики элементов машины, выбор оптимальных параметров, и выработка рекомендаций по дальнейшему усовершенствованию ее конструкции. Как правило, такие исследования проводятся с использованием численных методов и компьютерной технологии, что не требует больших материальных затрат и времени. В связи с этим работа, посвященная разработке математической модели перфоратора и его исследованию на основе математической модели является актуальной задачей.

**Цель работы** состоит в разработке методики расчета и исследовании ударных и ударно-вращательных машин с приводом от встроенного в конструкцию машины УКД, позволяющей создавать машину с параметрами, наиболее близкими к оптимальным.

**Научная новизна** исследований заключается:

- в разработке математической модели универсального коллекторного двигателя;
- в разработке обобщенной математической модели электромеханического перфоратора;
- в разработке алгоритма решения задач динамики перфоратора;
- в разработке программы расчета динамики перфоратора на ЭВМ;
- в выработке рекомендаций по усовершенствованию конструкции перфоратора.

**Практическая значимость** работы заключается в использовании результатов исследований при совершенствовании конструкции и создании перфораторов и отбойных молотков.



**Реализация работы.** Результаты исследований динамики ручных электромеханических перфораторов на основе МПС и рекомендации по совершенствованию существующих перфораторов, а также рекомендации по созданию на базе существующего перфоратора отбойного молотка внедрены в Инженерной Академии Кыргызской Республики.

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной научно-теоретической конференции "Ошский оазис на стыке континентов и цивилизаций" (г. Ош, 1997 г.); Международной конференции "Механизмы переменной структуры и виброударные машины" (г. Бишкек, 1999 г.); Международной научной конференции "История, культура и экономика юга Кыргызстана" (г. Ош, 2000 г.); Международной конференции "Новые технологии в Исламских странах" (г. Алматы, 1999 г.); Научной конференции посвященной 200-летию юбилею А.С. Пушкина в Кыргызстане (КРСУ, г. Бишкек, 2000 г.); Региональной научно-практической конференции "Наука и наукоемкие горные технологии" (г. Бишкек, 2000 г.).

**Публикации.** Основные положения диссертации изложены в 8 научных статьях.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, рекомендации, заключения, списка использованной литературы, включающего 84 наименования, приложений. Она изложена на 128 страницах машинописного текста, включая 55 рисунков и 1 таблицу.

## Содержание работы

**Во введении.** Обоснована актуальность темы диссертации, определены цель, научная новизна и практическая значимость полученных исследований, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе.** Кратко описаны назначение и особенности электромеханических перфораторов, преимущества и недостатки приводного электродвигателя, в качестве которого служит УКД с последовательным возбуждением. Сделан обзор работ, посвященных проблемам динамики машин, приводным двигателем которых является электродвигатель.

Сформулированы задачи по исследованию динамики ручных электромеханических перфораторов на основе МПС, оборудованных УКД, которые заключаются в следующем:

1. Составление математической модели универсального коллекторного двигателя с последовательным возбуждением с учетом электрических параметров двигателя.

2. Составление математической модели элементов механической передачи, инструмента и ударной системы с учетом упругих свойств этих элементов.



3. Разработка алгоритма и программы исследования динамики перфоратора на ЭВМ.

4. Проведение машинного эксперимента на основе обобщенного алгоритма исследования динамики ПРЭ с целью анализа взаимодействия элементов механизма; выбор режимов работы устройства с обеспечением равномерности движения инструмента с целью эффективной передачи энергии к породе и снижения динамических нагрузок на элементы системы.

5. Разработка рекомендаций по усовершенствованию конструкции с целью обеспечения надежности элементов перфоратора.

Вторая глава посвящена составлению математической модели УКД с последовательным возбуждением с учетом механических статических и динамических характеристик двигателя, электромагнитных процессов, протекающих в двигателе. При составлении модели необходимо иметь в виду, что магнитный поток  $\Phi$  - величина переменная, которая зависит от тока якоря, т.е.  $\Phi = f(i)$ . При малых значениях тока нагрузки магнитная система двигателя не насыщена и существует пропорциональная зависимость между током и магнитным потоком. При большом токе нагрузки пропорциональность между током и потоком нарушается, величина потока становится почти постоянной и кривая зависимости момента от тока якоря  $M = f(i)$  получается близкой к прямой, проходящей через начало координат.

Учитывая такую особенность этих машин, предложено их механические характеристики описывать двумя уравнениями. Первое уравнение описывает характеристику в области слабого насыщения магнитной системы, а второе уравнение - при ее достаточном насыщении.

Считая, что якорь двигателя имеет постоянный момент инерции, дифференциальное уравнение его движения можно записать в следующем виде:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_B - M_C, \quad (1)$$

где  $J$  - момент инерции якоря;

$\omega$  - угловая скорость якоря;

$M_B = C'_M \Phi i$  - момент движущих сил;

$M_C$  - момент сопротивления механизма;

$C'_M$  - конструктивный коэффициент двигателя.

Как известно, дифференциальное уравнение напряжения в цепи якоря имеет следующий вид:

$$U = C_e \omega \Phi + iR + L \frac{di}{dt}, \quad (2)$$

где  $U$ ,  $i$ ,  $R$  - соответственно напряжение, ток и сопротивление в цепи якоря;

$C_e$  - конструктивный коэффициент двигателя.

Индуктивность обмотки возбуждения определяется равенством:

$$L = 2pW \frac{d\Phi}{di}, \quad (3)$$

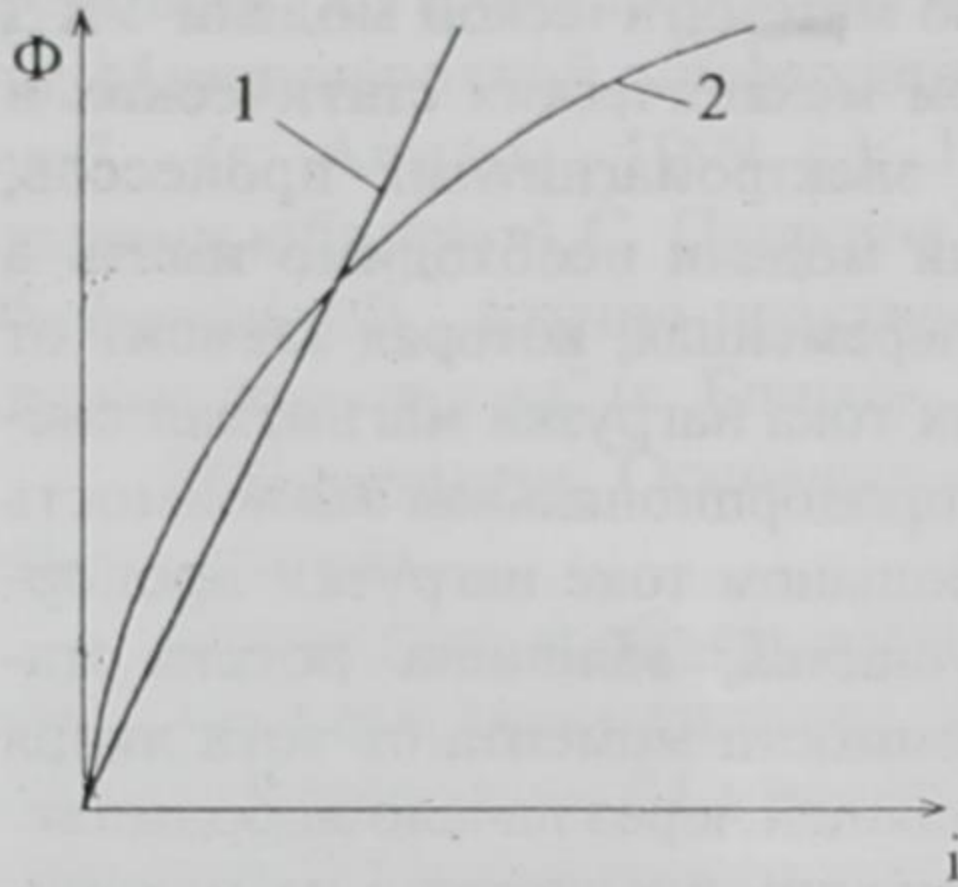


где  $p$  - число пар полюсов двигателя;

$W$  - число витков на одном полюсе.

Подставив выражение для  $M_B$  в уравнение (1), а выражение (3) в уравнение (2), имеем:

$$\left. \begin{aligned} J \frac{d\omega}{dt} &= C'_m \Phi i - M_c \\ U &= C_e \omega \Phi + iR + 2pW \frac{d\Phi}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$



Магнитный поток  $\Phi$  в области слабого насыщения магнитной системы принимается линейным, т.е. зависимость имеет вид  $\Phi = ki$  (прямая 1 на рис.1), а его действительное изменение показано на рис.1 кривой 2.

Подставляя соотношение для магнитного потока  $\Phi = ki$  в уравнения системы (4), получаем:

$$\left. \begin{aligned} J\ddot{\phi} &= C'_m k i^2 - M_c \\ U &= C_e k i \dot{\phi} + iR + L \frac{di}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Рис.1 График зависимости магнитного потока от силы тока якоря

где  $\dot{\phi}$ ,  $\ddot{\phi}$  - соответственно угловая скорость и угловое ускорение двигателя;  $k$  - постоянный коэффициент.

Из первого уравнения системы (5) определяем силу тока

$$i = \sqrt{\frac{J\ddot{\phi} + M_c}{C'_m k}} \quad (6)$$

Подставляя выражения для тока и его производной во второе уравнение системы (5) и решая его относительно  $J\ddot{\phi}$ , получаем уравнение движения якоря двигателя в области ненасыщенной магнитной системы:

$$J\ddot{\phi} = \frac{U \sqrt{C'_m k}}{kpW} \sqrt{J\ddot{\phi} + M_c} - \frac{C_e \dot{\phi}}{pW} (J\ddot{\phi} + M_c) - \frac{R}{pkW} (J\ddot{\phi} + M_c) - \frac{dM_c}{dt} \quad (7)$$

С насыщением магнитной системы двигателя пропорциональность между магнитным потоком и током якоря нарушается. Изменение величины магнитного потока при этом мало зависит от увеличения тока якоря, поэтому можно принять, что  $\Phi^2 = C_1 i$ , откуда

$$\Phi = \sqrt{C_1 i}, \quad (8)$$

где  $C_1$  - постоянный коэффициент.



Подставляя (8) в уравнение (4), и решая его относительно  $J\ddot{\varphi}$ , получаем в итоге следующее уравнение движения для насыщенной магнитной системы:

$$J\ddot{\varphi} = \frac{3}{2} \frac{1}{pW} \sqrt[3]{\frac{C_m'}{C_1}} U \sqrt{(J\ddot{\varphi} + M_c)^2} - \frac{3}{2} \frac{C_e}{pW} \dot{\varphi} (J\ddot{\varphi} + M_c) - \frac{3}{2} \frac{1}{pW} \frac{1}{\sqrt[3]{C_m' C_1^2}} R \sqrt{(J\ddot{\varphi} + M_c)^4} - \frac{dM_c}{dt}. \quad (9)$$

Можно заметить, что уравнения для ненасыщенной (7) и для насыщенной (9) магнитных систем имеют схожую структуру, благодаря чему их можно переписать в виде:

- для уравнений (7) и (9)

$$J\ddot{\varphi} = K_1 U (J\ddot{\varphi} + M_c)^{a_1} - K_2 \dot{\varphi} (J\ddot{\varphi} + M_c)^{a_2} - K_3 R (J\ddot{\varphi} + M_c)^{a_3} - \frac{dM_c}{dt}, \quad (10)$$

Такая запись позволяет формализовать программу расчета.

При этом для режима с ненасыщенным магнитным потоком ( $\Phi = ki$ )

$$K_1 = \frac{\sqrt{C_m' k}}{kpW}, \quad K_2 = \frac{C_e}{pW}, \quad K_3 = \frac{1}{kpW},$$

$$a_1 = \frac{1}{2}, \quad a_2 = 1, \quad a_3 = 1,$$

- для режима с насыщенным потоком ( $\Phi = \sqrt{C_1 i}$ ),

$$K_1 = \frac{3}{2} \frac{1}{pW} \sqrt[3]{\frac{C_m'}{C_1}}, \quad K_2 = \frac{3}{2} \frac{C_e}{pW}, \quad K_3 = \frac{3}{2} \frac{1}{pW} \frac{1}{\sqrt[3]{C_m' C_1^2}},$$

$$a_1 = \frac{2}{3}, \quad a_2 = 1, \quad a_3 = \frac{4}{3}.$$

Необходимо учесть, что суммарный момент сопротивления в уравнении (10) состоит из момента сопротивления на вращение инструмента и момента сопротивления, создаваемого со стороны ударного механизма. Так как передаточное отношение ударного механизма переменное, момент сопротивления, создаваемый со стороны ударного механизма  $M_y$  - переменная величина. Момент сопротивления на вращение инструмента  $M_u$  также переменная величина, зависящая от многих факторов. В связи с этим суммарный момент сопротивления  $M_c$  в данной модели принят переменной величиной.

Используя конструкцию и кинематическую схему перфоратора (рис.2) на основании известных методик была составлена расчетная динамическая модель для трех режимов его работы: ударного, вращательного и ударно-вращательного.

После приведения упругих и инерционных характеристик элементов к кривошип, эта многомассовая система, число подвижных масс которой



определено число подвижных деталей в трансмиссии (рис.3), упрощается с использованием методики И.Ривина.

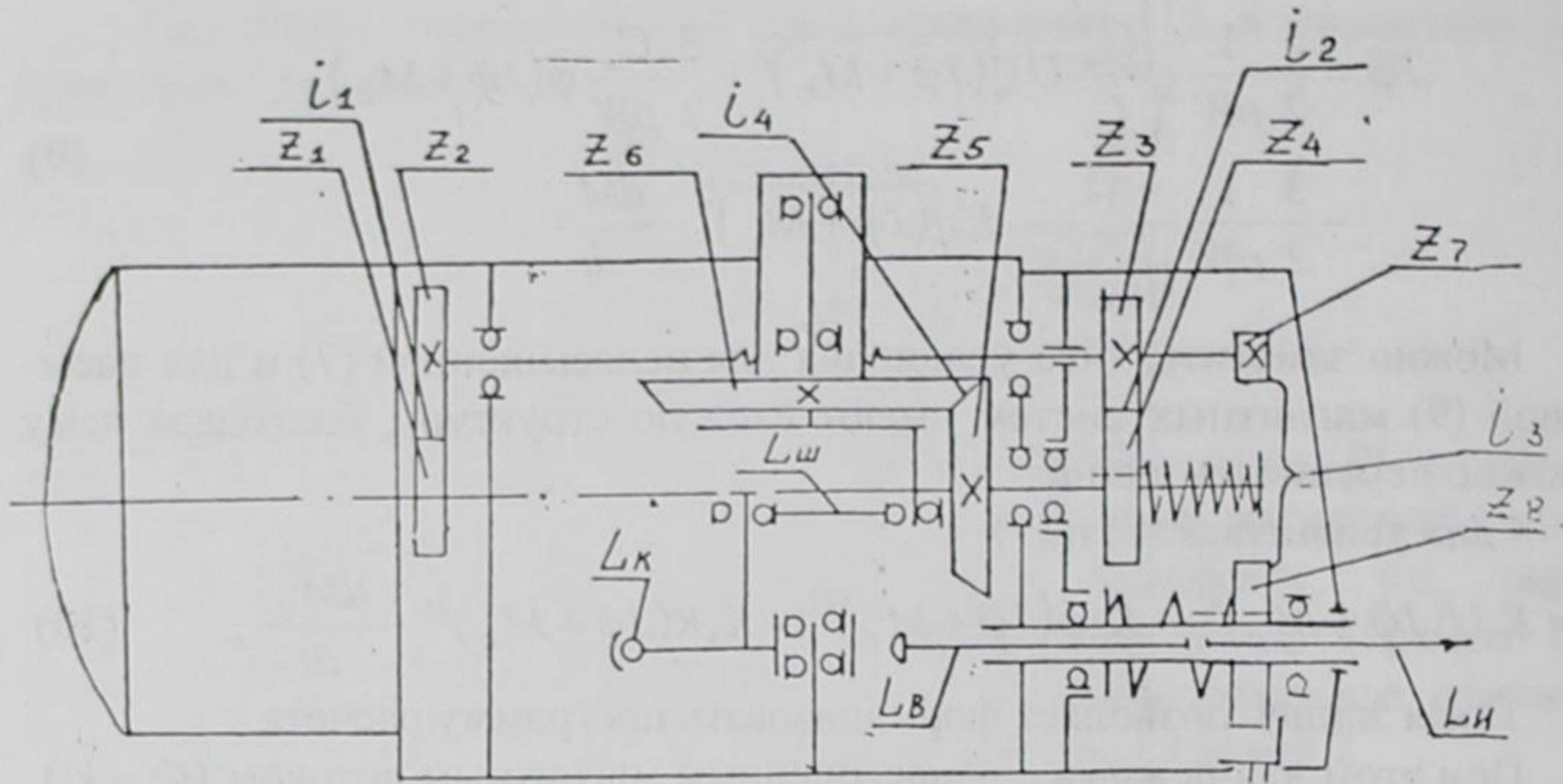


Рис.2. Кинематическая схема перфоратора

$z_1 - z_8$  – зубчатые колеса,  $i_1 - i_4$  – передаточные отношения между соответствующими элементами,  $l_{ш}$ ,  $l_k$ ,  $l_b$ ,  $l_{и}$  – соответственно шатун, коромысло, волновод, и инструмент перфоратора

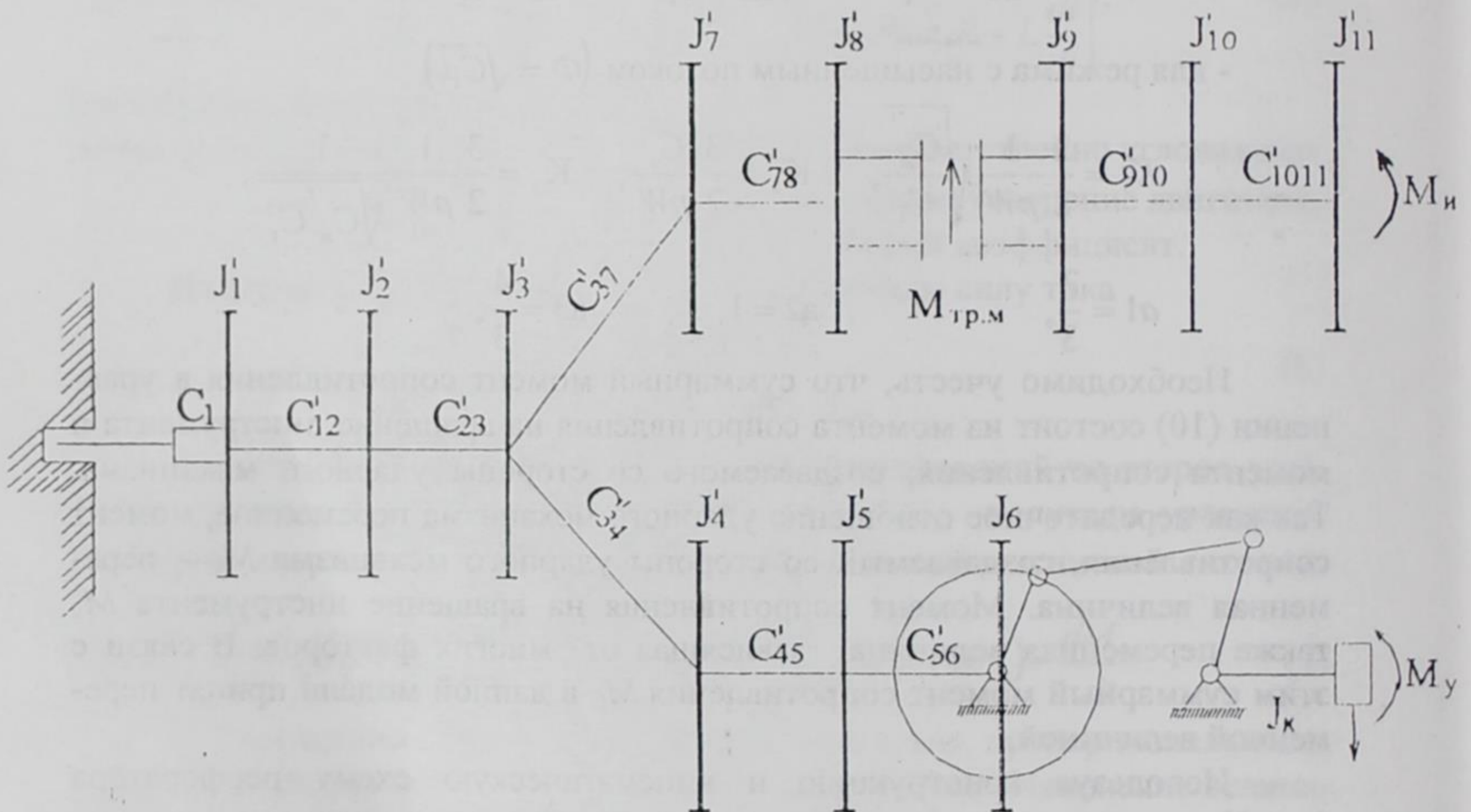


Рис.3. Расчетная схема трансмиссии, приведенная к одному валу системы.

$J_1 - J_{11}$  – приведенные значения моментов инерции элементов системы,  $C_1$  – электромагнитная жесткость двигателя,  $C_{12} - C_{1011}$  – жесткость связи между соответствующими элементами перфоратора.



После упрощения получены следующие динамические модели, учитывающие демпфирующие упругие и инерционные свойства элементов перфоратора: шестимассовая (рис.4) для ударно-вращательного, трехмассовая для ударного и пятимассовая для вращательного режимов работы.

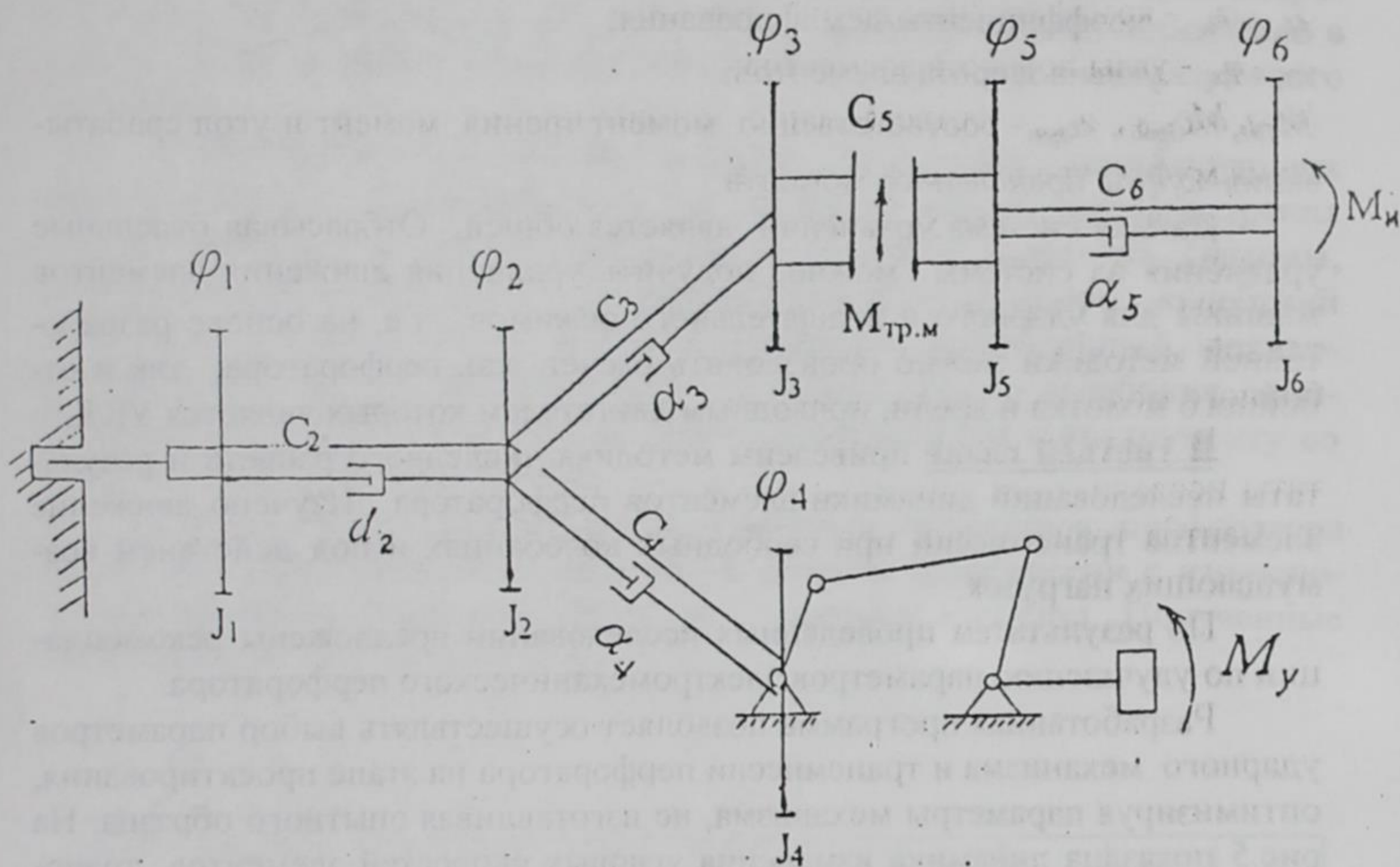


Рис.4. Упрощенная модель трансмиссии перфоратора

На основе полученной динамической модели составлены уравнения движения шестимассовой системы:

$$\left. \begin{aligned}
 J_1 \ddot{\varphi}_1 &= \left[ K_1 U (J_1 \dot{\varphi}_1 + M_c)^{a1} - K_2 \dot{\varphi}_1 (J_1 \dot{\varphi}_1 + M_c)^{a2} - K_3 R (J_1 \dot{\varphi}_1 + M_c)^{a3} \right] - \frac{dM_c}{dt} \\
 J_2 \ddot{\varphi}_2 &= \alpha_2 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - \alpha_3 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - \alpha_4 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_4) + c_2 (\varphi_1 - \varphi_2) - \\
 &\quad - c_3 (\varphi_2 - \varphi_3) - c_4 (\varphi_2 - \varphi_4) \\
 J_3 \ddot{\varphi}_3 &= \alpha_3 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) + c_3 (\varphi_2 - \varphi_3) - c_5 (\varphi_3 - \varphi_5) - M_{TM} \text{sign}(\varphi_3 - \varphi_5) \\
 J_4 \ddot{\varphi}_4 &= \alpha_4 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_4) + c_4 (\varphi_2 - \varphi_4) - M_y \\
 J_5 \ddot{\varphi}_5 &= c_5 (\varphi_3 - \varphi_5) - \alpha_5 (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6) + M_{TM} \text{sign}(\varphi_3 - \varphi_5) - c_6 (\varphi_5 - \varphi_6) \\
 c_5 &= 0 \quad \text{при } \varphi_3 - \varphi_5 \leq 0; \\
 c_5 &= 0 \quad \text{при } \varphi_3 - \varphi_5 > \varphi_{ср\ddot{o}b}; \\
 c_5 &= \frac{M_{ср\ddot{o}b}}{\varphi_{ср\ddot{o}b}} \quad \text{при } 0 < \varphi_3 - \varphi_5 \leq \varphi_{ср\ddot{o}b}. \\
 J_6 \ddot{\varphi}_6 &= c_6 (\varphi_5 - \varphi_6) + \alpha_5 (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6) - M_H
 \end{aligned} \right\}$$



где  $J_1$  - момент инерции двигателя;

$J_2 - J_5$  - моменты инерции соответствующих элементов трансмиссии;

$J_6$  - момент инерции инструмента;

$C_2 - C_6$  - коэффициенты жесткостей связей между элементами;

$\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_6$  - угловые скорости элементов;

$\alpha_2 - \alpha_5$  - коэффициенты демпфирования;

$\varphi_1 - \varphi_6$  - углы поворота элементов;

$M_{ТМ}, M_{Ср\text{аб}}, \varphi_{Ср\text{аб}}$  - соответственно момент трения, момент и угол срабатывания муфты предельного момента.

Данная система уравнений является общей. Отбрасывая отдельные уравнения из системы можно получить уравнения движения элементов машины для ударного и вращательного режимов, т.е. на основе разработанной методики можно производить расчет как перфоратора, так и отбойного молотка и дрели, приводным двигателем которых является УКД.

**В третьей главе** приведены методика численного расчета и результаты исследований динамики элементов перфоратора. Изучено движение элементов трансмиссии при свободных колебаниях и под действием возмущающих нагрузок.

По результатам проведенных исследований предложены рекомендации по улучшению параметров электромеханического перфоратора.

Разработанная программа позволяет осуществлять выбор параметров ударного механизма и трансмиссии перфоратора на этапе проектирования, оптимизируя параметры механизма, не изготавливая опытного образца. На рис.5 показана динамика изменения угловых скоростей элементов трансмиссии перфоратора: якоря двигателя  $\omega_1$ , промежуточного вала  $\omega_2$ , ведущей полумуфты  $\omega_3$ , ведомой полумуфты  $\omega_5$ , инструмента  $\omega_6$ , кривошипа  $\omega_4$  и коромысла  $\omega_{кор}$  ударного механизма и тока якоря  $i$  во времени  $t$ .

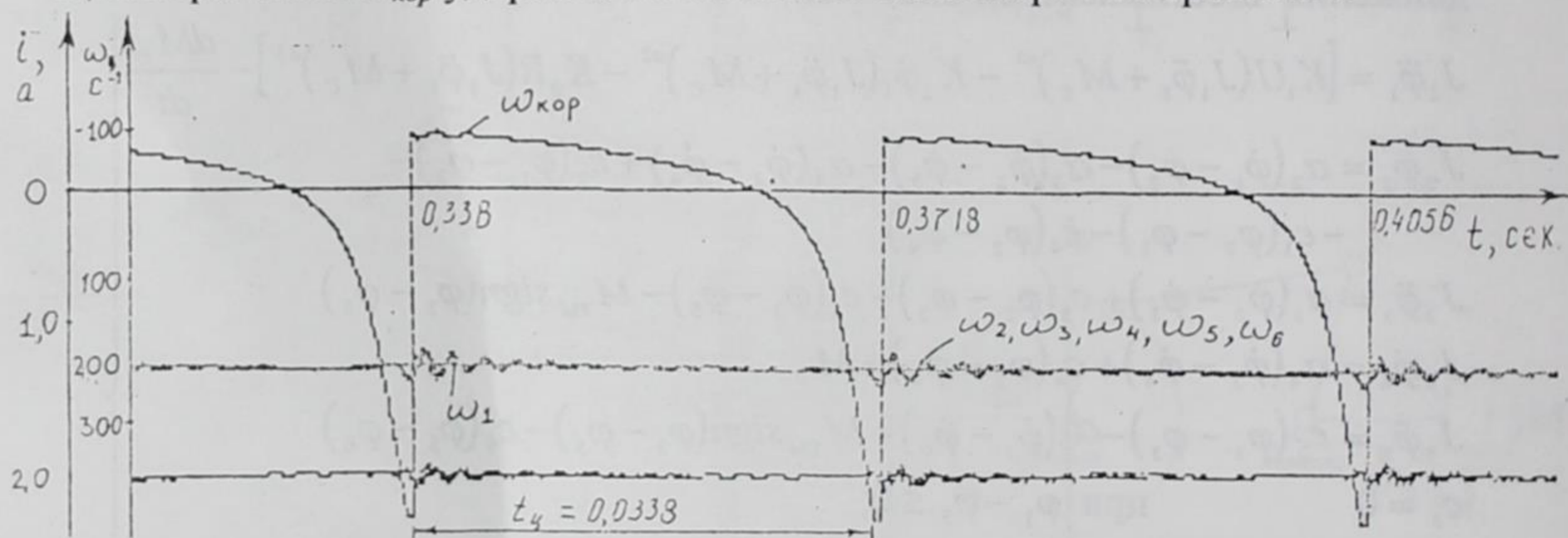


Рис.5. График изменения скоростей элементов перфоратора



При прохождении коромыслом особого положения (при нанесении удара) в системе возникают возмущения, порождающие колебания ее элементов.

Это возмущение объясняется скачкообразным изменением приведенного к кривошипу момента инерции коромысла, или момента сопротивления, действующего со стороны коромысла на кривошип: коромысло в момент удара изменяет величину и направление угловой скорости своего вращения.

В дальнейшем колебания затухают вследствие демпфирующих свойств системы: демпфирование для принятой модели вязкого трения пропорционально относительной угловой скорости элементов системы, между которыми расположен демпфер. Кроме того, затуханию колебаний способствует момент трения между полумуфтами, направленный противоположно скорости их относительного движения. Также колебания демпфируются постоянным моментом трения, приложенным к инструменту со стороны обрабатываемой среды.

С целью исследования влияния изменения параметров перфоратора на его характеристики были выполнены расчеты трансмиссии с изменяющимся моментом инерции коромысла - ударного элемента. Полученные графики приведены на рис. 6, 7.

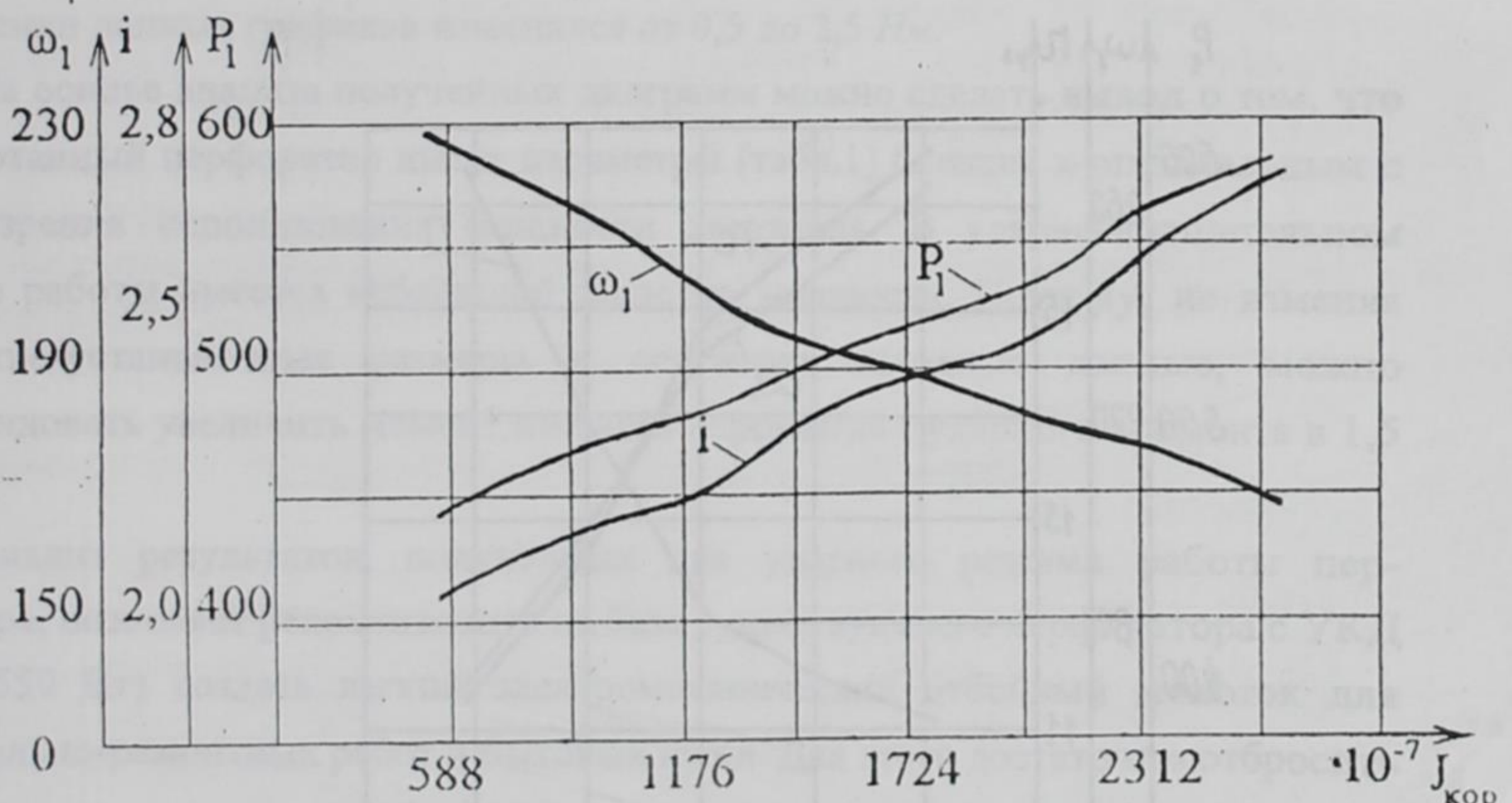


Рис.6 Зависимость угловой скорости, тока и потребляемой мощности от изменения момента инерции коромысла



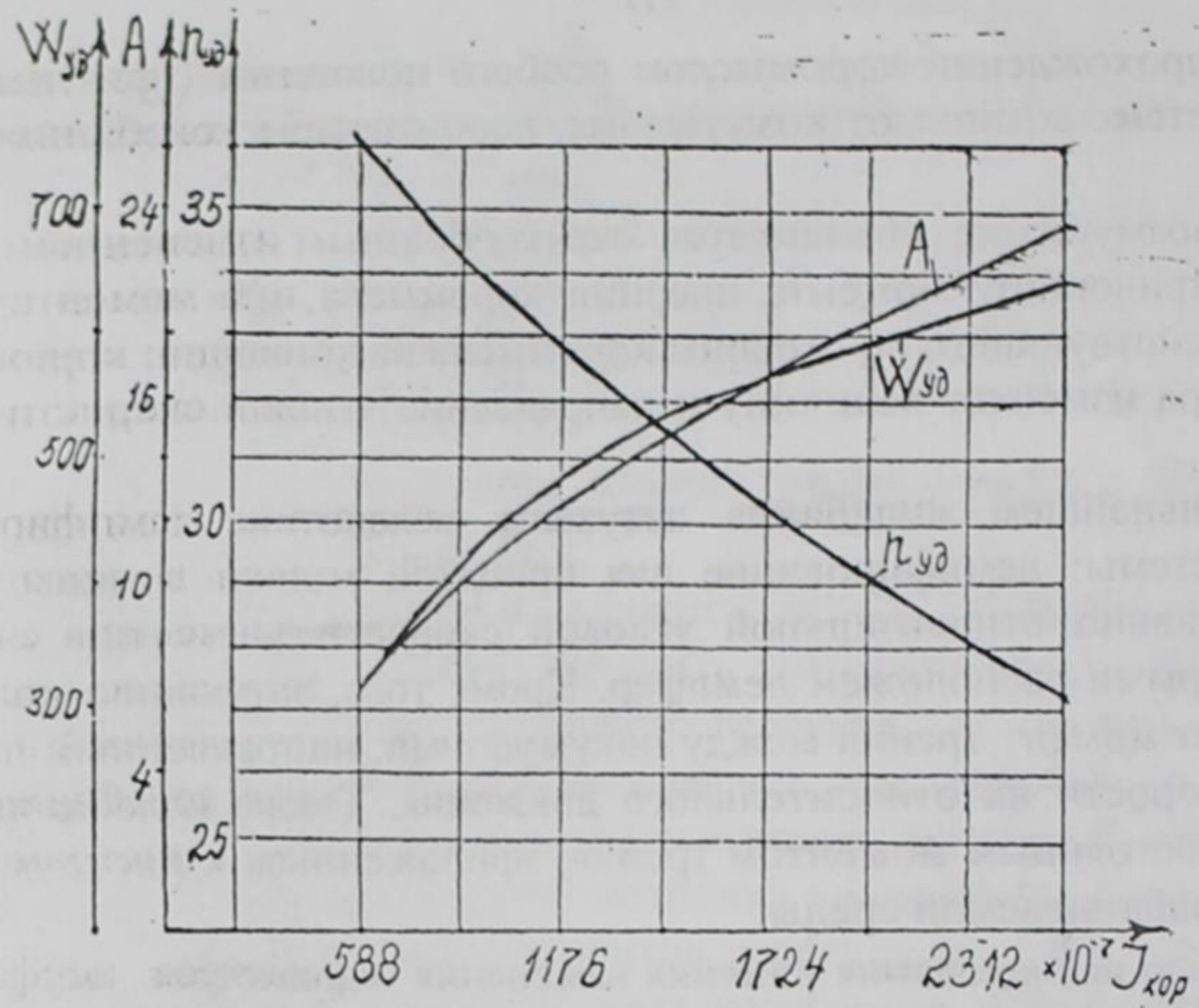


Рис.7. Зависимость энергии удара, частоты ударов и ударной мощности от изменения момента инерции коромысла

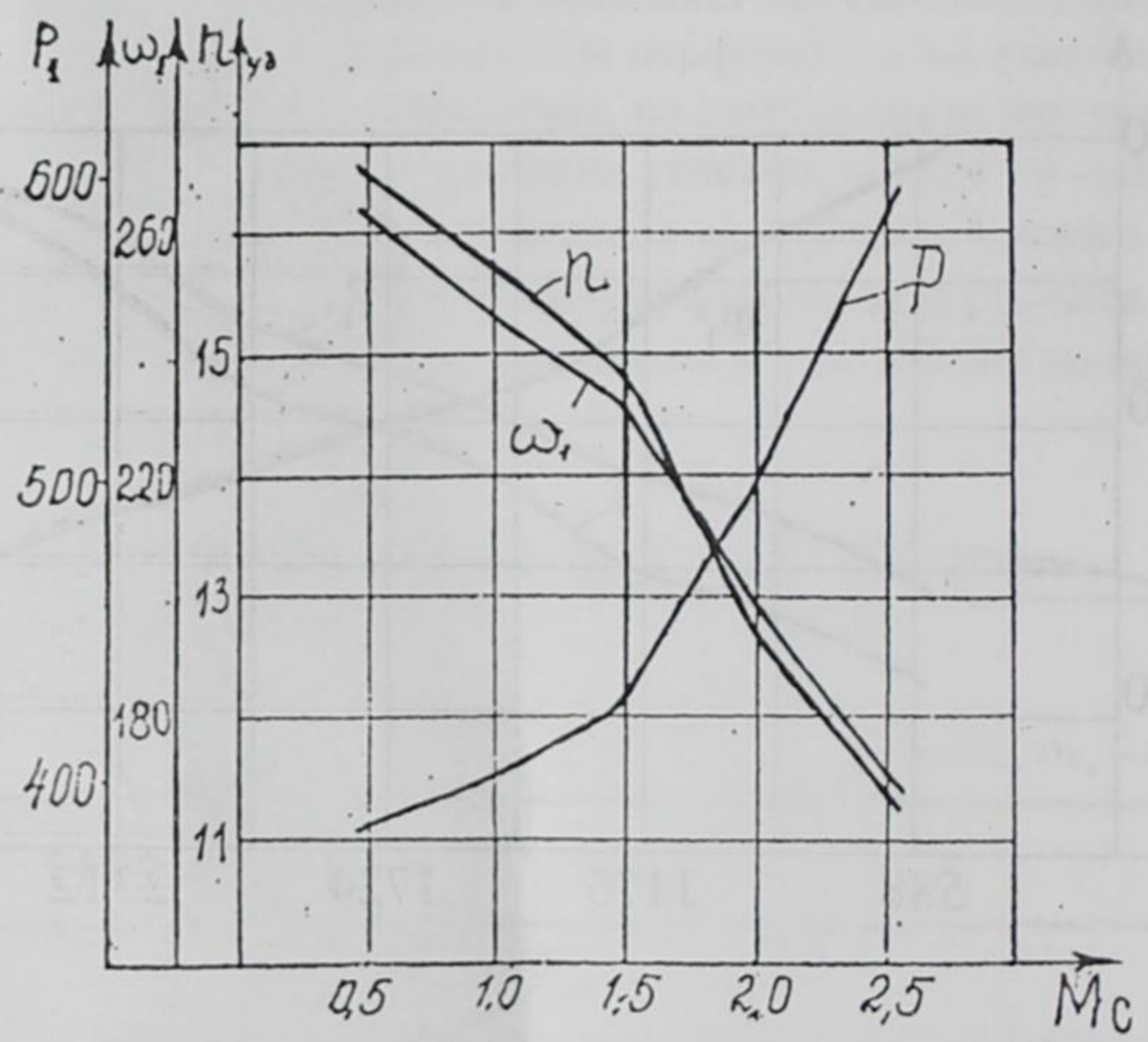


Рис.8. Зависимость угловой скорости, частоты ударов и потребляемой мощности от изменения момента сопротивления на инструменте



На рис.6 показана зависимость угловой скорости  $\omega_1$  тока якоря  $i$  и потребляемой мощности двигателя  $P_1$  от момента инерции, коромысла  $J_{кор}$ . Максимальный момент инерции коромысла при построении данных графиков превышает величину минимального момент инерции в 4,4 раза. Минимальный момент инерции равен моменту инерции коромысла перфоратора типа ПРЭ-9.

Рис.7 показывает изменение энергии единичного удара  $A$ , частоты ударов  $n_{уд}$  и ударной мощности  $W_{уд}$  перфоратора при изменении момента инерции коромысла. Здесь минимальный момент инерции коромысла равен моменту инерции существующего перфоратора ПРЭ-9. А максимальный момент инерции превышает момент инерции ПРЭ-9 в 4,4 раза. С увеличением момента инерции коромысла частота ударов уменьшается, энергия удара увеличивается.

На рис.8 приведены графики, показывающие зависимость угловой скорости коромысла при ударе  $\omega_{кор}$ , частоты ударов  $n_{уд}$ , потребляемой мощности двигателя  $P_1$  от изменения приведенного момента сопротивления  $M_c$  приложенного к инструменту. Приведенный момент сопротивления при построении данных графиков изменялся от 0,5 до 2,5 Нм.

На основе анализа полученных диаграмм можно сделать вывод о том, что разработанный перфоратор имеет параметры (табл.1) близкие к оптимальным с точки зрения использования мощности двигателя. В ударно-вращательном режиме работы имеется небольшой запас по мощности. Поэтому, не изменяя габаритно-установочные размеры и основные исходные данные, можно рекомендовать увеличить момент инерции коромысла - ударного элемента в 1,5 раза.

Анализ результатов, полученных для ударного режима работы перфоратора, позволяет рекомендовать на базе существующего перфоратора с УКД ( $P_1 = 550$  Вт) создать легкий электромеханический отбойный молоток для строительного-ремонтных работ и бытовых нужд. Для этого достаточно отбросить вращательную часть перфоратора и ввести некоторые изменения в существующую конструкцию.



## Технические параметры существующих и рекомендуемых машин

Таблица 1.

№ п/п	Параметры	Существующий перф-р	Исследуемый перфоратор	Рекомендуемый перф-р	Рекомен-й отб. молоток
1.	Длина звеньев: $L_1$ , мм	6,8	6,8	6,8	6,8
	$L_2$ , мм	22,45	22,2	22,2	22,2
	$L_3$ , мм	18	18	18	18
	$L_4$ , мм	11,25	11	11	11
2.	Момент инерции коромысла, $J_{кор}$ , $\times 10^{-7}$ кг м <sup>2</sup>	588	588	882	1764
3.	Скорость удара, $V_{уд}$ , м/с	15	14,4	13,8	14,1
4.	Энергия единичного удара, А, Дж	3,0	6,6	9,0	16
5.	Номинальная мощность, $P_H$ , Вт	460	500	550	530
6.	Паспортная мощность, $P_{II}$ , Вт	530	550	550	550
7.	Номинальная скорость вращения двигателя, $n_H$ , об/мин	19 000	16 600	16 600	16 600
8.	Номинальный момент на валу двигателя, $M_H$ , Н м	0,168	0,2047	0,2047	0,2047
9.	Частота вращения инструмента, $n_{II}$ , об/мин	797	712,5	712,5	-

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в настоящей диссертационной работе решена актуальная научно-практическая проблема, связанная с созданием и совершенствованием электромеханических перфораторов с механизмом переменной структуры.

Основные результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

1. Анализируя существующие исследования посвященных динамике машин, приводным двигателем которых является универсальный коллекторный двигатель последовательного возбуждения, установлено, что несмотря на широкое их применение в различных отраслях народного хозяйства серьезных работ по глубокому исследованию динамики этих машин с учетом электрических параметров УКД не существует.

2. Предложена и реализована идея задания зависимости магнитного потока от тока якоря универсального коллекторного двигателя в виде двух участков характеристики намагничивания: на первом - в режиме ненасыщенного магнитного потока - зависимость является прямо пропорциональной,  $\Phi = ki$ , на втором - в режиме насыщения - параболической,  $\Phi = \sqrt{C_1 i}$ .



3. Впервые составлена математическая модель универсального коллекторного двигателя с последовательным возбуждением, учитывающая как электромагнитные процессы, протекающие в двигателе, так и влияние на них параметров приводимой механической системы.

4. Разработана методика определения коэффициентов в уравнениях движения универсального коллекторного двигателя, а также величины тока переключения с одной характеристики насыщения на другую на основе статической механической характеристики двигателя.

5. Составлена обобщенная математическая модель перфоратора с ударным механизмом переменной структуры. Разработанная модель позволяет выполнять анализ динамики перфоратора в различных режимах его работы: ударном, вращательном, ударно-вращательном.

6. Разработаны программы расчета динамики трансмиссии перфоратора на персональном компьютере для трех режимов работы, позволяющие выводить на печать любые кинематические и динамические параметры, как в виде числовых значений, так и в виде графиков.

7. В результате проведенных исследований динамики электромеханического перфоратора ПРЭ-9 на основе машинного эксперимента выявлено, что его параметры близки к оптимальным с точки зрения использования мощности двигателя, и это подтверждает правильность принятых в нем технических решений.

8. На основе проведенных исследований установлена возможность дальнейшего улучшения параметров перфоратора. С этой целью рекомендовано увеличить момент инерции коромысла - ударного элемента существующего перфоратора с универсальным коллекторным двигателем мощностью 550 Вт в 1,5 раза.

9. Рекомендовано создать на базе перфоратора ПРЭ-9 отбойный молоток с энергией единичного удара 16 Дж.

**Основные положения диссертации  
изложены в следующих публикациях:**

1. Электромеханический перфоратор с использованием механизмов переменной структуры. Тез. докл. Международной научно-теоретической конференции "Ошский оазис на стыке континентов и цивилизаций". Ош:Изд-во ОшТУ, 1997. с 72 (соавтор Касымбеков С.Н.);

2. Изготовление и прогнозируемый экономический эффект от применения перфоратора с ручным приводом /Материалы Международной конференции "Механизмы переменной структуры и виброударные машины". Бишкек: Мектеп. 1999. с 303-309 (соавтор Касымбеков С.Н.);

3. Исследование динамики электроприводов с универсальными коллекторными двигателями (УКД). / Материалы Международной конференции "Механизмы переменной структуры и виброударные машины". Бишкек: Мектеп. 1999. с 159-164;



4. Variable structure mechanisms for manual operation mechanising. International scientific and technical conference " New technologies in Islamic countries". 1999. Almaty: 164 p./p 51-53 (A.O. Abidov, R.O. Halmuratov, M.I. Aliev, A.B. Mamytov);

5. К исследованию динамики исполнительных механизмов ручных ударных машин на основе механизмов переменной структуры /Материалы научной конференции посвященной 200-летию А.С. Пушкина в Кыргызстане. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2000-84 с. /с 19-20 соавторы Кожаков К.С., Абытов А.А., Кошбаев А.Н.);

6. Математическая модель универсального коллекторного двигателя (УКД). Журнал "Наука и новые технологии". Бишкек: 1999. N 4, с 79-82 (соавторы Абдраимов С., Абидов А.О.);

7. Обзор и анализ существующих исследований машин, оборудованных универсальными коллекторными двигателями. Журнал "Наука и новые технологии". Бишкек: 2000.К2, - 202 с/с 63-65 (соавторы Абдраимов С., Абидов А.О.);

8. К составлению математической модели универсального коллекторного двигателя. Журнал "Наука и новые технологии". Бишкек: 2000. N 2, 202 с/ с 153-155 (соавторы Абдраимов С., Абидов А.О., Фокин Ю.А.);

9. О влиянии упругости звеньев ударного механизма и зазоров в кинематических парах на выходные параметры отбойного молотка. Материалы Международной научной конференции "История, культура и экономика юга Кыргызстана". Ош: 2000.с 283-288 (соавторы Абидов А.О., Халмуратов Р. С.);

10. Математическая модель универсального коллекторного двигателя в области насыщения магнитной системы. Журнал "Вестник Иссык-Кульского университета ". Каракол: 2000. № 2, 187 с / с 126-129 (соавторы Абдраимов С., Абидов А.О., Фокин Ю. А.).

## ТУШУНДҮРМӨ

Берилген иште универсалдуу коллектордуу кыймылдаткыч менен жабдылган өзгөрүлмө структурадагы механизмдүү электромеханикалык перфоратордун динамикасын изилдөө каралган. Биринчи жолу коллектордуу кыймылдаткычтын магниттенүү мүнөзүн көрсөткөн эки теңдемеден турган математикалык модели түзүлгөн. Электромеханикалык перфоратордун жалпыланган математикалык модели түзүлдү жана анын негизинде машиналык эксперимент жүргүзүлдү. Издөөлөрдүн жыйынтыгы боюнча өзгөрүлгөн параметрлер менен универсалдуу кыймылдаткыч менен жабдылган өзгөрүлмө структурадагы механизмдүү электромеханикалык перфоратор жана соккулагыч автор тарабынан сунуш кылынды.

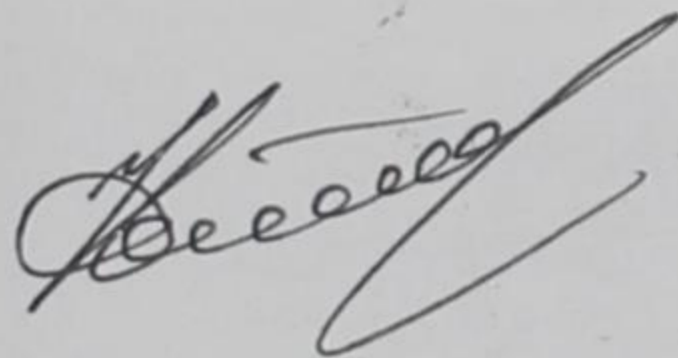


## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается исследование динамики электро-механического перфоратора с ударным механизмом переменной структуры, оборудованного встроенным в конструкцию универсальным коллекторным двигателем последовательного возбуждения. Впервые составлена математическая модель универсального коллекторного двигателя в виде двух уравнений, описывающих характеристики намагничивания. Составлена модель перфоратора УКД и проведен машинный эксперимент, по результатам которого разработаны рекомендации по созданию, усовершенствованию ударных и ревно-вращательных машин с МПС оборудованных УКД.

## ANNOTATION

In this work is considered the investigation of dynamic of electrical and mechanical perforators with stricken variable stricture mechanisms, which equipped universal commutatory engine with successive excitement. It is compiling mathematic model of universal commutatory engine aspect of two part describing characteristic of magnetics for the furst time. It is elaborated the recommendations for creation and perfection the stricken and stricken-rotation machine with variable stricture mechanisms which equipped with universal commutatory engine.





ANNOTATION

ANNOTATION

*[Handwritten signature]*  
1964



Кукчаев Махаммадсултан Маматурсунович

**ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРФОРАТОРА С  
МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ**

АВТОРЕФЕРАТ

Тех.редактор *Б.К.Курманалиев*

---

Подписано к печати 20.12.2000 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офс. Печать офс. Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 630.

---

720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.

ИЦ "Текник" КТУ. т.42-14-55