

УДК 621.01.03

**Касымбеков С.Н.**

*к.т.н., доцент, зав. лабораторией ИПР ЮО НАН Кыргызской Республики*

**Исманов М.М.**

*д.т.н., проф., вед. научный сотрудник лаб. ИПР ЮО НАН Кыргызской Республики*

**Касымалиев Б.М.**

*к.т.н., ст. научный сотрудник ИПР ЮО НАН Кыргызской Республики*

**Толонбаев Т.Т.**

*младший научный сотрудник ИПР ЮО НАН Кыргызской Республики*

### КОЛ МЕНЕН ИШТЕТИЛҮҮЧҮ ПЕРФОРАТОРДУ ЛАБОРАТОРИЯЛЫК СЫНООЛОР

*Изилдөөнүн предмети болуп өзгөрүлмө структуралуу механизмдин негизинде жасалган кол менен иштетилүүчү перфоратордун тажрыйбалык үлгүсү каралат. Иштин максаты - анын функционалдык иштөө жөндөмдүүлүгүн текшерүү, оптималдуу параметрлерди жана иштөө режимдерин аныктоо, кол менен иштетилүүчү перфоратордун конструкциясын андан ары өркүндөтүү үчүн кемчиликтерди аныктоо. Изилдөө лабораториялык шартта эксперименталдык усулдардын негизинде жүргүзүлдү. Эксперименталдык дубалча даярдалып анын негизинде лабораториялык изилдөөлөр үчүн атайын усулдар иштелип чыгылган. Перфоратордун механизмдерин кинематикалык талдоолордун негизинде анын чоңдуктарынын жана иштөө режиминин оптималдык көрсөткүчтөрү аныкталган. Эксперименталдык сыноолордун натыйжалары бул кол менен иштетилүүчү перфоратордун функционалдык жактан натыйжалуу экендигин көрсөттү, өзгөрүлмө түзүлүш механизмин урма механизми катары колдонуу идеясы тастыкталды. Лабораториялык изилдөөлөрдүн жүрүшүндө, конструкциядагы кемчиликтер жана иштеги функционалдык бузулуулар аныкталды, аларды жоюу үчүн ушул перфоратордун прототиптеринин кийинки модификацияларын жакшыртуу боюнча сунуштар берилди.*

*Негизги сөздөр:* кол менен иштетилүүчү перфоратор; тажрыйба үлгү; өзгөрүлмө структуралуу механизм; эксперименталдык сыноолор.

### ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЕРФОРАТОРА С РУЧНЫМ ПРИВОДОМ

*Предметом исследования является опытный образец перфоратора с ручным приводом на основе механизма переменной структуры. Целью работы является проверка его функциональной работоспособности, поиск оптимальных параметров и режимов работы, и выявление недостатков для дальнейшего усовершенствования конструкции данного образца перфоратора. Исследования проводились опытно-экспериментальными методами в лабораторных условиях. Разработана методика проведения лабораторных исследований и создан экспериментальный стенд, на котором проводились испытания. Определение кинематических параметров и оптимальных режимов работы перфоратора с ручным приводом проведен на основе кинематического анализа его механизмов. Результаты проведенных экспериментальных испытаний показали, что данный перфоратор с ручным приводом является функционально работоспособным, идея применения механизма переменной структуры в качестве ударного подтверждена. В ходе лабораторных испытаний выявлялись недостатки в конструкции и нарушения в работе, для устранения которых даны рекомендации по усовершенствованию последующих модификаций опытных образцов данной машины.*

*Ключевые слова:* перфоратор с ручным приводом; опытный образец; механизм переменной структуры; экспериментальные испытания.

## EXPERIMENTAL STUDIES MANUAL PUNCHER

*The subject of research is a prototype of a hand-operated perforator based on a variable structure mechanism. The purpose of the work is to check its functional performance, search for optimal parameters and operating modes, and identify shortcomings for further improving the design of a manual machine. The research was carried out experimentally in laboratory conditions. A methodology for laboratory research was developed and an experimental stand was created on which the tests were carried out. The determination of the kinematic parameters and optimal operating modes of the hand-operated perforator was carried out on the basis of the kinematic analysis of its mechanisms. The results of the experimental tests carried out have shown that this hand-operated perforator is functionally efficient, the idea of using a variable structure mechanism as a percussion mechanism has been confirmed. In the course of laboratory tests, flaws in the design and irregularities in operation were revealed, for the elimination of which recommendations were given to improve the subsequent modifications of the prototypes of this machine.*

**Key words:** hand-operated perforator; prototype; structure change mechanism; experimental tests.

Решение задач поставленных в данной работе требовало проведения экспериментальных исследований с целью определения работоспособности конструкции перфоратора с ручным приводом на основе механизма переменной структуры (МПС). Предварительные испытания опытного образца ударного механизма переменной структуры, встроенного в перфоратор с ручным приводом показали его работоспособность и необходимость продолжения экспериментальных исследований данного перфоратора.

В связи с этим были проведены лабораторные испытания опытного образца перфоратора с ручным приводом с ударным механизмом переменной структуры. Целью экспериментальных исследований перфораторов с ручным приводом на основе механизмов переменной структуры, являются проверка его функциональной работоспособности, поиск оптимальных параметров и режимов работы, и выявление недостатков для дальнейшего совершенствования конструкции ручного перфоратора.

Объектом экспериментальных исследований является перфоратор с ручным приводом. При проведении исследований перфоратором пробурили отверстия в бетоне, мраморе, граните, жженом и силикатном кирпичах. Но основным материалом выбрана бетонная плитка, т.к. физико-механические свойства бетона близки к тем материалам, для бурения которого предназначен данный перфоратор.

Экспериментальный стенд для исследований перфоратора представлена на рисунке 1. В качестве обрабатываемого материала служит бетонная плитка.

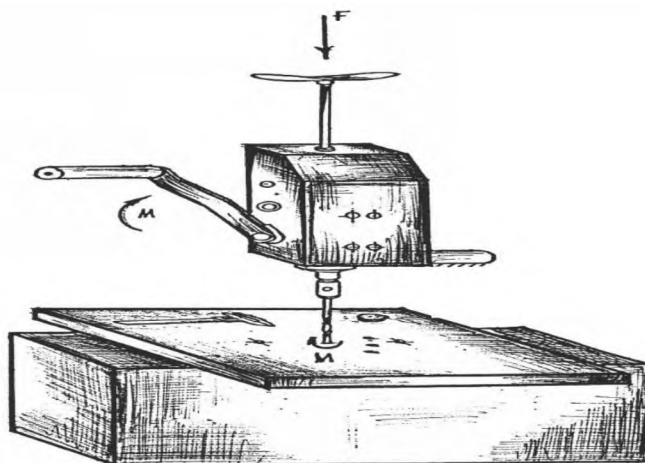


Рисунок 1 - Экспериментальный стенд

размером 70x490x490 мм. При бурении перфоратор располагался вертикально и к нему прикладывалось усилие, равное 50 Н. Частота вращения ручки перфоратора составляла 60 об/мин. Бурение каждого отверстия проводилось в течение 60, 30 и 20 с. После этого штангенциркулем измерялась глубина отверстий, по которой оценивалась эффективность работы перфоратора. В качестве инструмента использовались сверла диаметрами 8 и 10 мм с твердосплавной напайкой.

Характер работы перфоратора оценивался по следующим критериям:

- устойчивая работа - когда инструмент работает нормально без заклиниваний и перебоев, вращение ручки обеспечивается при нормальных со стороны оператора усилиях;
- неустойчивая работа – когда инструмент работает с частыми заклиниваниями, для вращения ручки со стороны оператора требуется большие усилия.

Перфоратор испытывался в трех режимах работы: вращательном, вращательно-ударном, ударном. Однако, основные исследования проводились во вращательно-ударном режиме работы перфоратора.

Основными исходными параметрами являлись:

- частота вращения ручки, об/мин;
- частота вращения инструмента, об/мин;
- передаточное отношение от ручки к инструменту;
- частота ударов, уд/мин;
- количество ударов за один оборот инструмента, уд/об.

Первоначальные экспериментальные образцы перфораторов имели две скорости. Для каждого из них вышеуказанные параметры, кроме частоты вращения ручки, обладали разными значениями. При усовершенствовании исключили одну из скоростей для снижения материалоемкости и себестоимости перфоратора. Эти параметры приводились в таблицах. По этим таблицам были проведены анализы, оценки, сравнения, обсуждения, и при необходимости вносились коррективы в те или иные значения параметров.

Расстояние между геометрическими осями соседних отверстий в бетонной плитке выбрана так, чтобы при бурении не происходило разрушения стенок отверстий [1-3]. Плотное расположение отверстий может повлиять на достоверность результатов, поскольку физико-механические свойства разрушаемой зоны при этом изменяются. Как было отмечено выше, при исследованиях применялись сверла диаметрами 8 и 10 мм. Таким образом, расстояние между стенками отверстий при бурении нескольких отверстий в бетонной плитке было не менее 10 мм.

Производными параметрами являются скорость бурения, угол поворота инструмента между ударами. Скорость бурения выражается через глубину и продолжительность времени бурения

$$v = h/t*60, \quad (1)$$

где  $v$  - скорость бурения, мм/мин;  $h$  - глубина бурения, мм;  $t$  - время бурения, с.

Вначале предполагалось, что длительность бурения будет составлять 60 с. Однако проведенные эксперименты показали, что для обеспечения равномерного вращения приводной ручки в течение всего процесса бурения потребуется определенное постоянное

усилие руки оператора. Чем больше время бурения, тем больше уменьшается вероятность равномерного вращения, поскольку с течением времени увеличивается усталость руки оператора. Поэтому нами было выбрано время бурения одного отверстия - 20с.

Угол поворота между ударами определяется через количество ударов на один оборот инструмента

$$\omega - 360/\delta, \text{ град}, \quad (2)$$

где  $\omega$  - угол поворота между ударами;  $\delta$  - количество ударов на один оборот инструмента, уд/об.

Одной из основных задач экспериментальных исследований является выявление возможностей повышения эффективности бурения при одной и той же подводимой мощности. При реализации этой задачи особую роль играет количество ударов на один оборот инструмента  $\delta$ . Поэтому поиск рациональных значений  $\delta_p$  и  $\omega_p$  является важной задачей в работах [4-8], посвященных исследованию процесса бурения ручным перфоратором вращательно-ударным способом. Бурение при  $\delta < \delta_p$  сопровождается переизмельчением бурового шлама, и как следствие, увеличение энергоемкости бурения.

В процессе бурения материалов происходит незначительный износ инструмента, который не влияет на достоверность результатов испытаний. В связи с этим после проведения серии опытов на одном перфораторе инструмент с цангой устанавливался на другой перфоратор для следующих испытаний и т.д.

Обработка результатов экспериментальных исследований проведена методом математической статистики. Разработанная методика проста и дает вполне достаточную информацию для анализа испытаний.

Целью лабораторных испытаний является проверка функциональной работоспособности перфоратора, его ударного механизма и механизма вращения.

Кинематическая схема приведена на рисунке 2.

Проведем анализ кинематической схемы перфоратора, определим передаточные отношения зубчатых передач.

Передаточные отношения находим по известным формулам:

$$\begin{aligned} U_{12} &= Z_1 / Z_2 = 76/15 = 5,07; \\ U_{34} &= Z_3 / Z_4 = 19/45 = 0,42; \\ U_{43} &= Z_4 / Z_3 = 45/19 = 2,37; \\ U_{56} &= Z_5 / Z_6 = 49/19 = 2,04; \\ U_{78} &= Z_7 / Z_8 = 76/20 = 3,8 \end{aligned} \quad (3)$$

Общее передаточное отношение многоступенчатой передачи определяется произведением взятых со своими знаками передаточных отношений его ступеней

$$u_{1n} = u_{12}u_{34}u_{56} \dots u_{(n-1)n}, \quad (4)$$

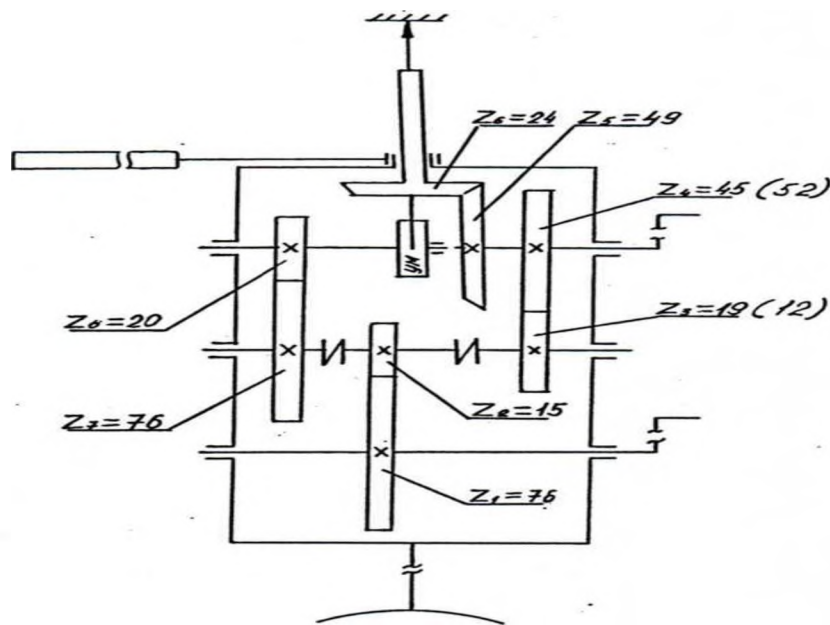


Рисунок 2 - Кинематическая схема перфоратора ПРП-0000.

Работа перфоратора осуществляется на двух скоростях, в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемых материалов. Если обрабатываемый материал или порода имеют невысокие коэффициенты крепости, то в данном случае удобно работать на второй скорости, т.к. передаточное отношение от приводной ручки к инструменту будет больше и, следовательно, эффективность бурения возрастет. Если обрабатываемый материал или порода имеют высокие коэффициенты крепости, то лучше работать на первой, т.к. здесь требуются большие усилия со стороны оператора, а когда передаточное отношение меньше, то легко будет вращаться приводная ручка.

При сверлении отверстий в деревянных материалах удобно работать во вращательном режиме на второй скорости. Для бурения отверстий в железобетонной плите лучше работать во вращательно-ударном режиме на первой скорости.

Итак, определяем передаточное отношение для двух скоростей от приводной ручки к инструменту, т.е. на вращение от приводной ручки к кривошипу ударного механизма.

**2-скорость.** Общее передаточное отношение от приводной ручки к инструменту, т.е. на вращение

$$u_{вр(2)} = u_{12} u_{34} u_{56} = 5,07 * 0,42 * 2,04 = 4,34, \quad (5)$$

Общее передаточное отношение от приводной ручки к кривошипу ударного механизма

$$u_{уд(2)} = u_{12} u_{78} = 5,07 * 3,8 = 19,266, \quad (6)$$

С учетом этих значений определяются частоты вращения и ударов инструмента. Частоту вращения приводного вала (ручки)  $u_p$  принимаем в пределах 60...80 об/мин. Тогда частота вращения инструмента,

$$n_{вр(2)} = u_{вр(2)} * n_p = 4,34 (60...80) = 260...347 \text{ , об/мин,} \quad (7)$$

а частота ударов

$$n_{уд(2)} = u_{уд(2)} * n_p = 19,266 (60...80) = 1156...1541, \text{ об/мин,} \quad (8)$$

Теперь по известным значениям частот вращения и удара можно найти количество ударов за один оборот инструмента

$$\delta_{уд(2)} = u_{уд(2)} / u_{вр(2)} = 19,266/4,34 = 4.44 \text{ уд/об.} \quad (9)$$

**1-скорость.** Общее передаточное отношение от приводной ручки к инструменту, т.е. на вращение

$$u_{вр(1)} = u_{56} = z_5 / z_6 = 49/24 = 2,04. \quad (10)$$

Общее передаточное отношение от приводной ручки к кривошипу ударного механизма

$$u_{уд(1)} = u_{43} * u_{78} = 2,368 * 3,8 = 9. \quad (11)$$

Частота вращения инструмента

$$n_{вр(1)} = u_{вр(1)} * n_p = 2,04 * (60...80) = 122,4...163,2, \text{ об/мин.} \quad (12)$$

Частота ударов

$$n_{уд(1)} = u_{уд(1)} * n_p = 9 * (60...80) = 540...740, \text{ уд/мин,} \quad (13)$$

Количество ударов за один оборот инструмента

$$\delta_{уд(1)} = u_{уд(1)} / u_{вр(1)} = 9/2,04 = 4,4, \text{ уд/об.} \quad (14)$$

Описание опытов.

Детали перфоратора были изготовлены по кооперации на разных предприятиях. Сборку перфоратора осуществляли в лаборатории «Теория механизмов и машин» Инженерной академии Кыргызской Республики. После сборки перфоратор не стал сразу же работать, точнее, не работал его ударный механизм. В поиске причины отказа в работе ударного механизма была проанализирована точность изготовления всех деталей. Следует отметить, что принцип работы ударного механизма переменной структуры обеспечивается только при строгом соблюдении размеров его звеньев и межопорного расстояния. Поэтому мы обратили внимание на соблюдение размеров звеньев и межопорного расстояния между опорами коромысла и кривошипа. Кривошип, шатун, коромысло имеют постоянные размеры с некоторыми погрешностями при изготовлении. А размер межопорного

расстояния соблюдать очень трудно, т.к. все погрешности размеров звеньев механизма и отклонение размеров при установке опор кривошипа и коромысла сказываются именно на нем. Опора кривошипа устанавливается с помощью подшипников в отверстии боковой стенки перфоратора. Корпус ударного механизма, где установлено коромысло также с помощью подшипников, крепится к корпусу перфоратора четырьмя болтами, т.к. нижняя плита имеет четыре сквозных отверстия, а корпус коромысла тоже в нижней стенке имеет четыре глухих резьбовых отверстия. Итак, в данном случае регулировать можно только межопорное расстояние. Для этого мы сначала поверхность нижней стенки корпуса ударного механизма снова отшлифовали, чтобы было плотное прилегание к поверхности корпуса перфоратора, таким образом, увеличили межопорное расстояние. Но эта мера не привела к положительному результату, т.е. ударный механизм по-прежнему не работал. Поэтому были положены прокладки под корпус ударного механизма, чтобы уменьшить межопорное расстояние, после чего ударный механизм заработал.

Значит, причиной отказа ударного механизма явилось отклонение межопорного расстояния. Кроме этого, ударный механизм работал при вращении приводной ручки против часовой стрелки, а должен был работать при вращении по часовой стрелке. Это говорит о том, что при конструировании не было учтено то, что в данном ударном механизме в процессе рабочего хода направления движения кривошипа и коромысла противоположны. Соответственно, направление вращения инструмента происходило против часовой стрелки.

Стандартные сверла обычно изготавливаются только для вращения по часовой стрелке. Поэтому нам пришлось изготовить сверла с левым вращением, т.е. для вращения против часовой стрелки.

Результаты проведенных экспериментальных испытаний показали, что данный перфоратор является функционально работоспособным, идея применения механизма переменной структуры в качестве ударного подтверждена.

Ударный механизм работал удовлетворительно как на первой, так и на второй скоростях, причем как в ударном, так и во вращательно - ударном режимах работы. В работе механизма вращения также не было замечено никаких функциональных нарушений.

Так перфоратор ПРП-0000 является первой разработкой такого рода машин ударного и вращательно-ударного действия на основе механизма переменной структуры, были допущены некоторые ошибки при компоновке конструктивных элементов корпуса перфоратора, вследствие чего перфоратор работал при противоположных направлениях вращения приводной ручки и инструмента в отличие от существующих машин. Поэтому следующим этапом работы должно быть устранение ошибок при компоновке, с учетом свойств ударного механизма переменной структуры.

#### **Выводы:**

1. Разработана методика проведения лабораторных исследований и создан экспериментальный стенд, для испытания опытного образца перфоратора с ручным приводом. Для определения кинематических параметров и оптимальных режимов работы проведен кинематический анализ перфоратора с ручным приводом;

2. В результате экспериментальных исследований обоснованы возможности использования шарнирно-четырёхзвенного механизма переменной структуры в качестве ударных механизмов перфоратора с ручным приводом;

3. С целью совершенствования опытного образца перфоратора и поиска наиболее оптимальной конструкции промышленного образца и постановки его на производство были выявлены недостатки в конструкции и нарушения в работе, для устранения которых даны необходимые рекомендации.

#### Список литературы:

1. **Абдраимов, С.** Исследование, разработка и изготовление опытных образцов ручных электрических молотков, перфораторов с электрическим и ручным приводом для строительных работ [Текст] / С. Абдраимов. – Б.: Имаш НАН, 1992. – 56 с.
2. **Абытов, А.А.** Кривошипно-коромысловые механизмы переменной структуры [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.18 / А.А. Абытов. – Б.: Имаш НАН, 1993. - 178 с.
3. **Абдраимов, С.** Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры [Текст] / С. Абдраимов, М.С. Джуматаев. – Б.: Илим, 1993. - 179 с.
4. **Касымбеков, С.Н.** Перфоратор с ручным приводом на основе механизма переменной структуры [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.18 / С.Н. Касымбеков. – Б.: Имаш НАН, 1993. – 229 с.
5. **Абдраимов, С.** Механизмы переменной структуры [Текст] / С. Абдраимов, Э.С. Абдраимов / Сборник трудов ИА КР. – Бишкек, 1995. – Выпуск 1. - С.204 - 210.
6. **Абдраимов, С.** Создание перфоратора с ручным приводом [Текст] / С. Абдраимов, М.Д. Акаева, С.Н. Касымбеков / Матер. Межд. научно-практ. конф., посвящ. 660-летию Амира Тимура. – Ош: КУУ, 1996. – С.118 - 120.
7. **Исманов, О.М.** Методика экспериментальных исследований электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом [Текст] / О.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2015. – №1. – С. 48 – 52.
8. **Касымбеков, С.Н.** Особенности конструкции опытного образца ударного механизма переменной структуры [Текст] / С.Н. Касымбеков // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2019. – №3. – С. 11– 17.

*Поступила в редакцию 10. 05. 2021г.*