

УДК 621.01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/115/16>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРФОРАТОРА С УДАРНО-ПОВОРОТНЫМ МЕХАНИЗМОМ

©Абидов А. О., ORCID: 0000-0002-7232-8406, SPIN-код: 8627-7349, д-р. техн. наук,
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, abidov_65@mail.ru

©Исманов О. М., ORCID: 0000-0003-1018-351X, SPIN-код: 7244-9947,
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, omurbek22@mail.ru

©Турдубаева Ж. А., ORCID: 0000-0002-2096-876X, SPIN код: 8938-4165, канд. техн. наук,
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, jyldyzt8787@mail.ru

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DYNAMICS OF AN ELECTROMECHANICAL PERFORATOR WITH A ROTARY IMPACT MECHANISM

©Abidov A., ORCID: 0000-0002-7232-8406, SPIN-code: 8627-7349, Dr. habil.,
Osh Technological University named by M. M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, abidov_65@mail.ru

©Ismanov O., ORCID: 0000-0003-1018-351X, SPIN-code: 7244-9947, Osh Technological
University named by M. M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, omurbek22@mail.ru

©Turdubaeva J., ORCID: 0000-0002-2096-876X, SPIN- code: 8938-4165, Ph.D., Osh
Technological University named by M. M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, jyldyzt8787@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований динамики электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом. Целью исследования является анализ поведения устройства в различных режимах работы, а также оценка влияния конструктивных параметров на его эффективность и производительность. Для проведения экспериментальных исследований разработана методика и сформулированы задачи, решаемые в ходе экспериментальных исследований. В результате экспериментальных исследований создан экспериментальный стенд и разработана методика проведения исследований динамики электромеханического перфоратора. Также, на основе анализа результатов экспериментальных исследований электромеханического перфоратора определены целенаправленные пути, направленные на совершенствование конструкций его основных деталей и узлов, улучшение надежности и долговечности работы опытного образца перфоратора.

Abstract. The paper presents the results of experimental studies of the dynamics of an electromechanical perforator with a rotary impact mechanism. The aim of the study is to analyze the behavior of the device in various operating modes, as well as to assess the influence of design parameters on its efficiency and productivity. To conduct experimental research, a methodology has been developed and tasks to be solved during experimental research have been formulated. As a result of experimental research, an experimental stand was created and a methodology for conducting research on the dynamics of an electromechanical perforator was developed. Also, based on the analysis of the results of experimental studies of the electromechanical perforator, targeted paths have been identified aimed at improving the designs of its main parts and units, improving the reliability and durability of the prototype perforator.

Ключевые слова: перфоратор, коллекторный двигатель, редуктор, кривошип, шатун, поворотный механизм, генератор.

Keywords: hammer drill, collector motor, gearbox, crank, connecting rod, rotary mechanism, generator.

Экспериментальные исследования динамики электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом проводятся с целью определения и уточнения числовых значений и взаимосвязи основных параметров его элементов. Для проведения экспериментальных исследований разработана методика и сформулированы задачи, решаемые в ходе экспериментальных исследований. На Рисунке 1 представлен экспериментальный стенд.

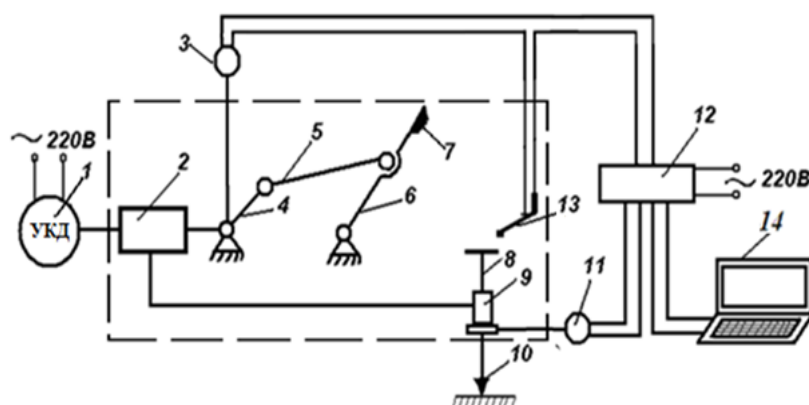


Рисунок 1. Экспериментальный стенд: 1 — универсальный коллекторный двигатель; 2 — редуктор; 3, 11 — генераторы постоянного тока; 4 — кривошип; 5 — шатун; 6 — коромысло; 7 — боек; 8 — волновод; 9 — поворотный механизм; 10 — инструмент; 12 — цифровой осциллограф; 13 — фиксатор; 14 — персональный компьютер

Для регистрации сигналов, поступающих от датчиков (генераторов постоянного тока) используются цифровой осциллограф и персональный компьютер. Так как одной из основных задач экспериментальных исследований динамики электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом является исследование его выходных характеристик, в ходе экспериментальных исследований будут измерены показатели угловой скорости кривошипа и инструмента. По величине угловой скорости кривошипа с учетом передаточных отношений ударного механизма и механизма поворота инструмента можно оценить основные выходные характеристики электромеханического перфоратора в целом — энергии удара и угол поворота инструмента. Угловая скорость кривошипа фиксируется генератором постоянного тока типа Д-25Г (Рисунок 1). Вращательное движение кривошипа преобразуется в электрический сигнал с помощью генератора постоянного тока. Регистрация угловой скорости поворотного механизма производится генератором постоянного тока типа Д-25Г. Полученный электрический сигнал в цепи с помощью цифрового осциллографа передается к персональному компьютеру [1].

Основными технико-эксплуатационными характеристиками перфоратора являются энергия удара, частота ударов, потребляемая мощность перфоратора и другие. Поэтому для оценки величин этих показателей необходимо снятие экспериментальным путем вышеуказанных параметров перфоратора. В качестве привода электромеханического перфоратора служит универсальный коллекторный двигатель с номинальной мощностью N_n

= 1,2 кВт и номинальной частотой вращения $n_n = 16600$ об/мин, который питается от обычной бытовой розетки. Основным исполнительным механизмом данного перфоратора является ударный механизм переменной структуры, состоящий из кривошипа, шатуна и коромысла. На Рисунке 2 представлен созданный экспериментальный стенд [1–5].



Рисунок 2. Экспериментальный стенд для исследования динамики электромеханического перфоратора

В ходе экспериментальных исследований измерялись угловая скорость кривошипа ударного механизма, угловая скорость инструмента перфоратора при его повороте. В качестве регистрирующей аппаратуры служит цифровой осциллограф. По величине диаграммы электрического тока, полученного от генератора постоянного тока вычисляется угловая скорость элемента. Все эти преобразования и вычисления осуществляются после тарирования измерительного оборудования.

В ходе проведенных экспериментальных исследований были получены диаграммы угловых скоростей кривошипа и инструмента. Диаграмма угловой скорости кривошипа (Рисунок 3) показывает, что угловая скорость кривошипа переменна в цикле. Максимальная угловая скорость кривошипа составляет $\omega_{кр.маx} \approx 100 \text{ с}^{-1}$, что достигается в конце цикла при $\varphi_{кр} = 320^\circ$ и кривошип имеет минимальную угловую скорость при $\varphi_{кр} \approx 135^\circ$, равную $\omega_{кр.мин} \approx 77 \text{ с}^{-1}$. Таким образом, размах колебаний угловой скорости кривошипа составляет:

$$\Delta\omega_{кр} = \omega_{кр.маx} - \omega_{кр.мин} = 100 \text{ с}^{-1} - 77 \text{ с}^{-1} = 23 \text{ с}^{-1} \quad (1)$$

В начале цикла кривошип имеет угловую скорость, равную $\omega_{кр} = 86 \text{ с}^{-1}$. На значение угловой скорости кривошипа влияют имеющиеся нагрузки, т.е. нагрузки со стороны ударного и поворотного механизмов. А изменение величины нагрузок при постоянном моменте инерций элементов (коромысло, инструмент) зависит от текущего значения передаточных отношений механизмов.

Если рассматривать изменения значений передаточных отношений механизмов (Рисунок 3), то передаточное отношение ударного механизма имеет наибольшее значение в диапазоне углового положения кривошипа, равного $\varphi_{кр} \approx 110^\circ - 180^\circ$. При этом, в диапазоне

$\varphi_{кр} \approx 75^\circ - 135^\circ$ передаточное отношение кривошипно-коромыслового механизма поворотного узла также имеет относительно высокие значения и механизм находится в зоне рабочего хода. Таким образом, на низкие показатели угловой скорости кривошипа в зоне $\varphi_{кр} \approx 90^\circ - 180^\circ$ оказывают влияние высокие показатели значений передаточных отношений ударного и поворотного механизмов, а также нахождение поворотного механизма в зоне рабочего хода. В конце цикла кривошип имеет относительно большую угловую скорость. Это объясняется тем, что в конце цикла ударный механизм и кривошипно-коромысловый механизм поворотного узла имеют относительно низкие значения передаточных отношений, тем более поворотный механизм находится в зоне холостого хода и соответственно имеет относительно минимальную нагрузку.

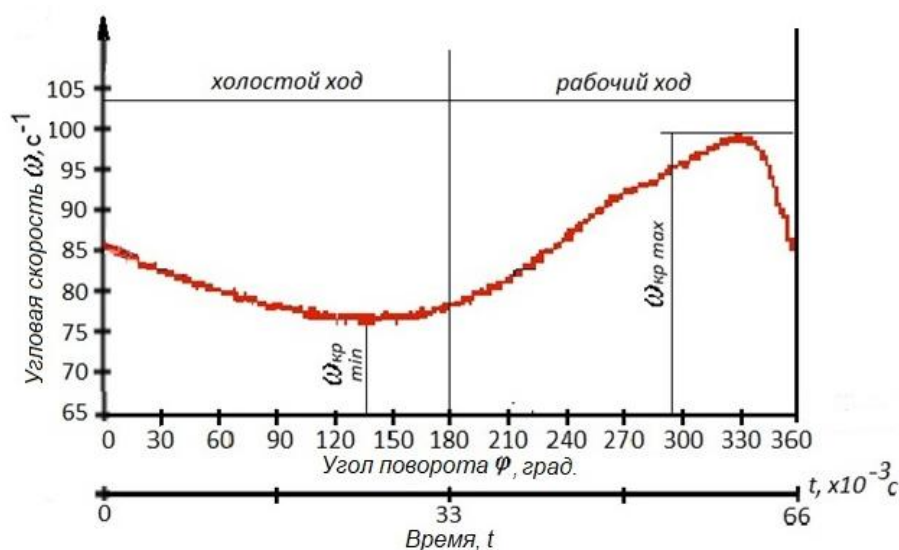


Рисунок 3. Диаграмма экспериментальных значений угловой скорости кривошипа

По значению предударной угловой скорости кривошипа можно рассчитать действительное значение такой выходной характеристики перфоратора как энергия удара:

$$A = \frac{J_3 \cdot \omega_3^2}{2}, \quad (2)$$

где: J_3 — момент инерции коромысла относительно оси вращения, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ω_3 — предударная угловая скорость коромысла, рад/с .

Сравнивая экспериментальное значение энергии удара с расчетным, можно сказать, что расчетное значение энергии удара выше от экспериментального значения энергии удара на 25%, что объясняется низкими параметрами электрической сети (напряжение ниже 220 В).

При экспериментальных исследованиях также были получены диаграммы изменения угловой скорости инструмента перфоратора (Рисунок 4) в процессе его работы.

Диаграмма угловой скорости инструмента показывает, что инструмент имеет максимальную угловую скорость при $\varphi_{кр} \approx 100^\circ$, равную $\omega_{пм} = 15 \text{ с}^{-1}$, в режиме рабочего хода инструмента, что соответствует работе инструмента перфоратора в рабочем ходе, однако с окончанием рабочего хода, инструмент не останавливается и в режиме холостого хода инструмент также имеет минимальную угловую скорость. Видимо, это связано наличием вибрации при работе перфоратора.

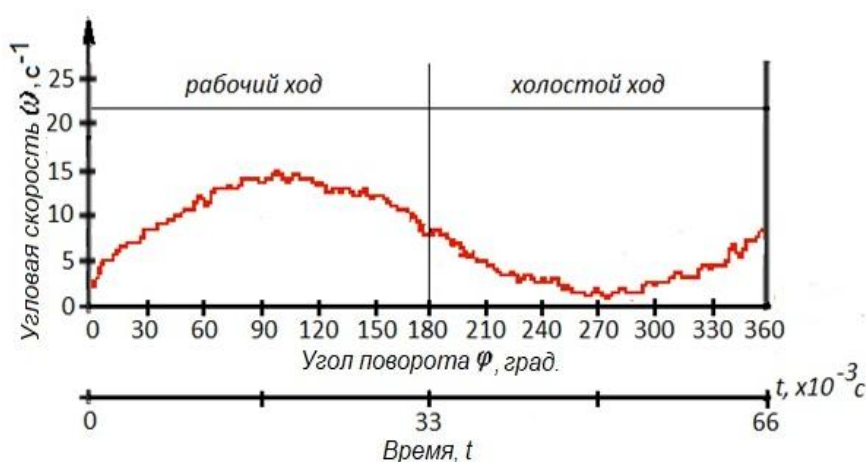


Рисунок 4. Диаграмма экспериментальных значений угловой скорости инструмента

Выводы

На основе выполненных работ по проведению экспериментальных исследований опытного образца электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом позволило сделать следующие выводы:

— Создан экспериментальный стенд и разработана методика проведения исследований динамики электромеханического перфоратора;

— Диаграмма угловой скорости кривошипа, полученная экспериментальным путем, показывает, что угловая скорость кривошипа в конце цикла достигает максимального значения, что необходимо для получения требуемой энергии удара;

— Диаграмма угловой скорости инструмента показывает, что она имеет максимальную угловую скорость при $\varphi_{\text{кр}} \approx 100^\circ$, равной $\omega_{\text{пм}} = 15 \text{ с}^{-1}$, в режиме рабочего хода инструмента, что соответствует работе инструмента в рабочем ходе;

— На основе анализа результатов экспериментальных исследований электромеханического перфоратора определены целенаправленные пути, направленные на совершенствование конструкций его основных деталей и узлов, улучшение надежности и долговечности работы опытного образца перфоратора.

Список литературы:

1. Исманов О. М. Методика экспериментальных исследований электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом // Наука. Образование. Техника. 2015. №1. С. 107-115.
2. Абидов А. О. Динамика отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры. Бишкек: Илим, 2001. 115 с.
3. Абидов А. О. Методика экспериментальных исследований отбойного молотка с гибким валом // Механизмы переменной структуры и вибрационные машины: Материалы международной конференции. Бишкек, 1995. С. 310-314.
4. Еремьянц В. Э., Дандыбаев Е. С., Хренова М. В. Экспериментальные характеристики гидростанции привода ручных отбойных молотков // Современные технологии и управление качеством в образовании, науке и производстве: Материалы международной конференции. Ч. 2. Бишкек, 2001. С. 284-289.
5. Ismanov O., Turdubaeva Z., Abidov A., Bolushev E., Azimova A. Development of a mathematical model and analysis of the dynamics of an electromechanical perforator with an

impact-rotary mechanism // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. V. 525. P. 06012.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506012>

References:

1. Ismanov, O. M. (2015). Metodika eksperimental'nykh issledovaniy elektromekhanicheskogo perforatora s udarno-povorotnym mekhanizmom. *Nauka. Obrazovanie. Tekhnika*, (1), 107-115.
2. Abidov, A. O. (2001). Dinamika otboinogo molotka s udarnym mekhanizmom peremennoi struktury. Bishkek. (in Russian).
3. Abidov, A. O. (1995). Metodika eksperimental'nykh issledovaniy otboinogo molotka s gibkim valom. In *Mekhanizmy peremennoi struktury i vibratsionnye mashiny: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii*, Bishkek, 310-314. (in Russian).
4. Erem'yants, V. E., Dandybaev, E. S., & Khrenova, M. V. (2001). Eksperimental'nye kharakteristiki gidrostantsii privoda ruchnykh otboinykh molotkov. In *Sovremennye tekhnologii i upravlenie kachestvom v obrazovanii, nauke i proizvodstve: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii*, Bishkek, 284-289. (in Russian).
5. Ismanov, O., Turdubaeva, Z., Abidov, A., Bolushev, E., & Azimova, A. (2024). Development of a mathematical model and analysis of the dynamics of an electromechanical perforator with an impact-rotary mechanism. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 525, p. 06012). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506012>

*Работа поступила
в редакцию 16.04.2025 г.*

*Принята к публикации
22.04.2025 г.*

Ссылка для цитирования:

Абидов А. О., Исманов О. М., Турдубаева Ж. А. Экспериментальные исследования динамики электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №6. С. 116-121. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/115/16>

Cite as (APA):

Abidov, A., Ismanov, O., & Turdubaeva, J. (2025). Experimental Studies of the Dynamics of an Electromechanical Perforator with a Rotary Impact Mechanism. *Bulletin of Science and Practice*, 11(6), 116-121. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/115/16>