

ПОВЫШЕНИЕ КПД ГОРНЫХ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ, СНАБЖЕННЫХ КУЛАЧКОВЫМ УДАРНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Теплякова А.В., Жуков И.А.

Ключевые слова: удар, машина ударная, бурильная машина, КПД, кулачковый механизм.

Аннотация. Одним из вариантов обеспечения ударной нагрузки в бурильных машинах является применение торцового кулачкового механизма, который позволяет путем рационализации профиля кулачка обеспечить увеличение производительности буровых работ. В статье изложено решение проблемы повышения КПД бурильных машин путем учета не только геометрических параметров ударяющего тела, но и всех элементов ударных узлов. Приведена компьютерная модель ударного кулачкового механизма, позволяющая производить оценку его кинематических и динамических характеристик.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF IMPACT MINING MACHINES EQUIPPED WITH A CAM IMPACT MECHANISM

Teplyakova A.V., Zhukov I.A.

Keywords: impact, impact machine, drilling machine, efficiency, cam mechanism.

Abstract. One of the options for ensuring the impact load in drilling machines is the use of an end cam mechanism, which allows you to rationalize the cam profile to increase the productivity of drilling operations. The article presents a solution to the problem of increasing the efficiency of drilling machines by taking into account not only the geometric parameters of the striking body, but also all the elements of the impact nodes. A computer model of the impact cam mechanism is presented, which makes it possible to evaluate its kinematic and dynamic characteristics.

Ранними исследованиями установлено, что решение проблемы совершенствования горных машин ударного действия может быть достигнуто посредством согласования геометрических параметров ударного узла машины со свойствами разрушаемой среды [1]. Такой подход обеспечивает максимальную передачу энергии удара в энергию разрушения объекта при минимальных потерях, обусловленных соответствием генерируемого в ударной системе импульса силам сопротивления среды внедрению рабочего инструмента.

Рациональное проектирование любой машины преследует цель достижения максимального КПД. За критерий эффективности машин ударного действия чаще всего принимают так называемый коэффициент передачи энергии (КПЭ) импульса

$$\eta = \frac{E_1 - E_2}{E_1}. \quad (1)$$

где E_1 – энергия ударного импульса, идущего непосредственно на разрушение среды, E_2 – энергия отраженной волны.

Очевидным является тот факт, что максимальный КПЭ будет при минимальной энергии отраженного импульса. При этом доказано, что энергия и форма ударного импульса определяются массой, предударной скоростью бойка и его формой [2]. На этом основании можно утверждать, что при

создании новой ударной машины или совершенствовании имеющейся необходимо производить анализ геометрических параметров ударного узла машины с учетом всех без исключения его составляющих.

Одним из вариантов обеспечения ударной нагрузки в бурильных машинах является применение торцового кулачкового механизма, который позволяет путем рационализации профиля кулачка обеспечить увеличение производительности буровых работ. Выбор и обоснование конкретной формы толкателя-бойка (рис. 1), который может быть встроен в бурильную машину, снабженную кулачковым ударным механизмом, должны проводиться с учетом возможности оснащения роликами, а также при согласовании с характеристикой пружины поджатия, величина взвода которой непосредственно определяет энергию удара.

В исследуемых ударных кулачковых механизмах пружина используется для накопления потенциальной энергии при взводе толкателя-бойка и использования этой энергии на этапе разгона ударной массы. На этапе разгона ударной массы боек теряет связь с кулачком и его движение происходит лишь за счет потенциальной энергии упруго сжатой пружины. При разгоне бойка движется не только ударная масса, но и витки пружины, а также ролики, закрепленные на бойке. На движение витков пружины затрачивается определенная доля накопленной потенциальной энергии. Динамику данного процесса можно проанализировать, представляя толкатель-боек в виде приведенной к телу формы с распределенной по определённому закону массы по длине, учитывающему и геометрические параметры ролика, и пружины взвода.

Поставленная задача является принципиально новой и требует дальнейшего тщательного всестороннего анализа.

Решение поставленной задачи позволит также установить функциональные зависимости между энергией удара, высотой и количеством участков взвода профиля кулачка в привязке к механическим свойствам разрушаемого объекта. Среди известных [3-7] лишь два кулачковых механизма (№№1 и 5, табл. 1), реализованных в горных машинах ударного действия, обеспечивают нанесение нескольких ударов бойком при повороте кулачка на один оборот. Устройства, приведенные в таблице 1 под номерами 2-4, производят несколько ударов по инструменту за один оборот, обеспечивая тем самым режим вращательно-ударного бурения. Но фактически они являются непригодными для разрушения породы высокой крепости, бурение которых ведется при ударно-поворотном режиме с большей величиной энергии единичного удара. Согласование зависимости

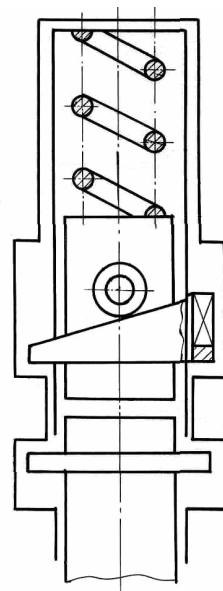
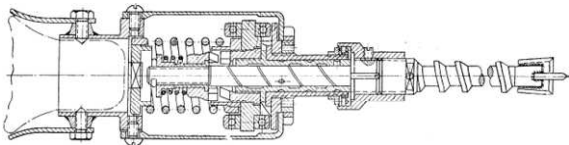
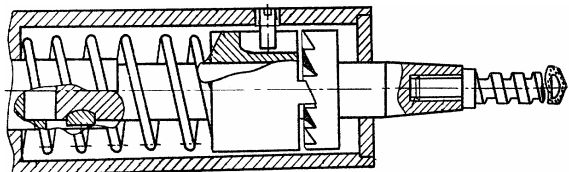
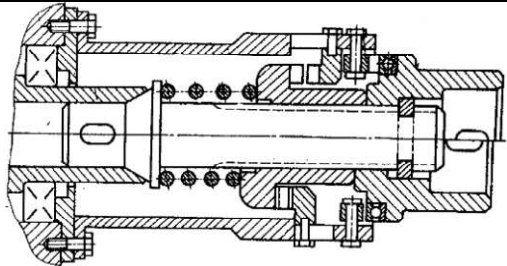
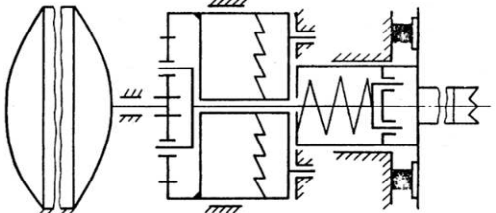
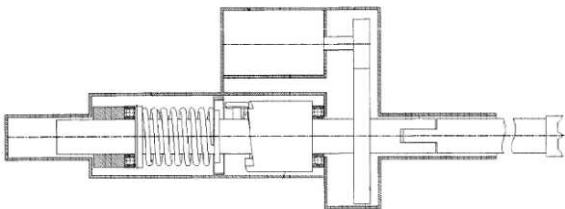


Рис. 1. Согласование геометрии толкателя-бойка

силы сопротивления породы внедрению инструмента с энергией удара, обусловленной параметрами участков взвода профиля кулачка, позволит минимизировать энергетические потери при выполнении работ по разрушению горной породы ударным воздействием.

Табл. 1. Некоторые технические решения бурильных машин с кулачковым механизмом

№	Сведения об охранном документе	Схема механизма
1	Устройство для механизированной пробивки отверстий в каменных стенах, А.с. №93333, приоритет от 20.07.1950, опубл. 1952, Бюл. №2-3, автор: Поздняков Н.И.	
2	Способ бурения, А.с. №1439231, приоритет от 14.10.1986, опубл. 23.11.1988, Бюл. №43, автор: Юнусов Д.А.	
3	Ударный механизм для бурильных машин, А.с. №1460227, приоритет от 08.01.1987, опубл. 23.02.1989, Бюл. №7, авторы: Гой В.Л., Шумов Л.А., Анкудинов Е.П., Шурыгин А.А.	
4	Сверлильная машина, А.с. №1506101, приоритет от 19.05.1987, опубл. 07.09.1989, Бюл. №33, авторы: Карандеев Ю.Э., Апраксин И.В.	
5	Многоударный кулачковый механизм для бурильных машин, Патент №2362014, приоритет от 13.11.2007, опубл. 20.07.2009, Бюл. №20, авторы: Дворников Л.Т., Нагибин А.В.	

Для проведения вычислительного эксперимента с целью анализа кинематических и силовых параметров ударных кулачковых механизмов с

различными геометрическими характеристиками была создана компьютерная модель механизма (рис. 2). Для реализации поставленной задачи была применена система автоматизированного проектирования T-Flex, которая позволяет исследовать динамические модели, учитывая все основные факторы и взаимосвязи, характеризующие реальные ситуации, критерии и ограничения. Модель выполнена достаточно универсальной, чтобы позволить выполнить необходимые исследования, задаваясь различными исходными данными.

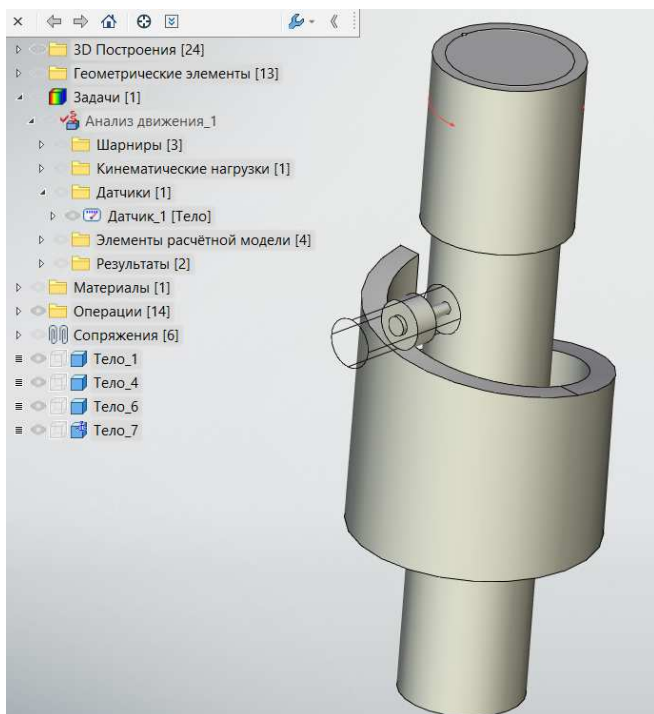


Рис. 2. Компьютерная модель ударного кулачкового механизма

Детали модели созданы в отдельных документах, которые в последствии в качестве фрагментов объединены в сборочную модель и соединены между собой посредством сопряжений и взаимного расположения осей и контактирующих поверхностей.

Для моделирования реалистичного поведения конструкции под действием приложенных нагрузок, система позволяет задавать характер свойства взаимодействия между элементами системы, в частности параметры трения и удара. Для шарниров задаются коэффициенты трения покоя, трения движения и вязкого трения. С целью исследования динамического поведения конструкции созданы датчики, предназначенные для считывания и передачи результатов расчёта на средства отображения результатов. На основе считанных датчиками показаний создаются результаты задачи динамического анализа, которые отображаются в виде графиков и числовых значений непосредственно во время выполнения расчёта.

В качестве внешней нагрузки в расчетной модели приложен вращающий момент на кулачок, который, воздействуя на ролик, поднимает толкатель-боек до момента срыва с профиля кулачка. Затем расчетный цикл повторяется.

По результатам динамического анализа получен анимационный ролик, демонстрирующий работу всего механизма под действием вращающего момента. При запуске движения кулачка по показателям датчика, установленного на толкатель-боек, были получены данные (рис. 3) об изменении во времени координаты положения центра масс бойка, его скорости и ускорения.

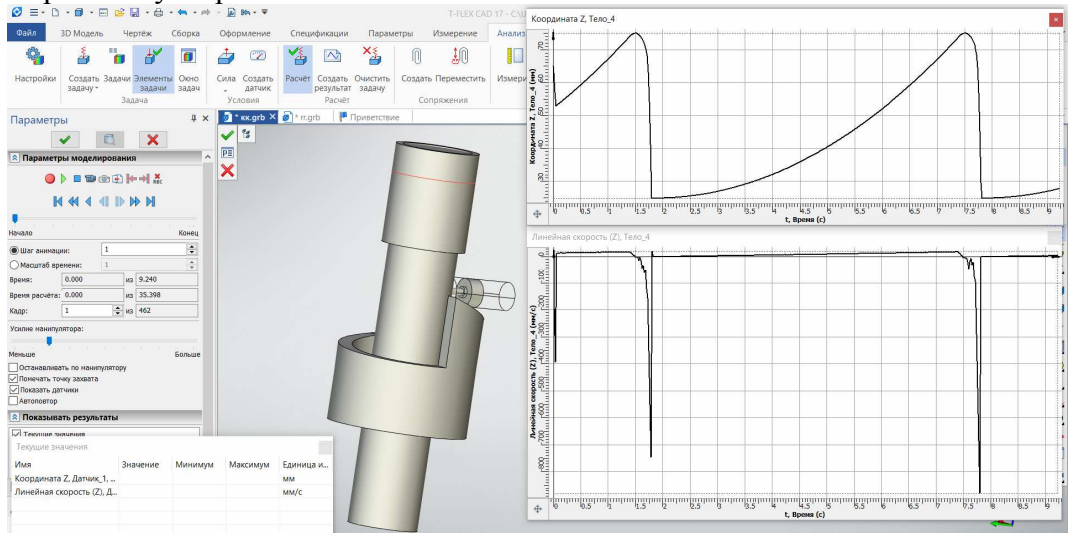


Рис. 3. Результаты динамического анализа компьютерной модели

Наличие разработанной модели позволяет простыми средствами изменять геометрию профиля кулачка, форму толкателя-бойка, характеристики пружины, получая при этом в результате анализа расчетной модели экспериментальные данные по кинематическим и силовым свойствам механизма.

Список литературы

1. Алимов О.Д. Бурильные машины / О.Д. Алимов, Л.Т. Дворников – М.: Машиностроение, 1976. – 295 с.
2. Открытие 13 СССР. / Е.В. Александров. – Приоритет от 30.10.1957, опубл. 19.03.1964, Бюл. №7. – 1 с.
3. А.с. №93333 СССР, МПК B25D 11/10, E21C 37/18. Устройство для механизированной пробивки отверстий в каменных стенах / Поздняков Н.И. – №431947, приоритет от 20.07.1950; опубл. 00.00.1952, Бюл. №2-3.
4. Патент №2362014 РФ, МПК E21C 37/00, E21B 6/00. Многоударный кулачковый механизм для бурильных машин / Дворников Л.Т., Нагибин А.В. (РФ) – №2007142096/03, приоритет от 13.11.2007; опубл. 20.07.2009, Бюл. №20.

5. А.с. №1439231 СССР, МК E21C 3/00. Способ бурения / Юнусов Д.А. – №4133123/22-03, приоритет от 14.10.1986; опубл. 23.11.1988, Бюл. №43.
6. А.с. №1460227 СССР, МК E21C 3/00. Ударный механизм для бурильных машин / Гой В.Л., Шумов Л.А., Анкудинов Е.П., Шурыгин А.А. – №4177335/22-03, приоритет от 08.01.1987; опубл. 23.02.1989, Бюл. №7.
7. А.с. №1506101 СССР, МК E21C 3/00, E21C 5/02. Сверлильная машина / Карандеев Ю.Э., Апраксин И.В. – №4248641/22-03, приоритет от 19.05.1987; опубл. 07.09.1989, Бюл. №33.

References

1. Alimov O.D. Drilling machines / O.D. Alimov, L.T. Dvornikov. – M.: Mechanical Engineering, 1976. – 295 p.
2. Discovery 13 USSR / E.V. Alexandrov. – Priority of 30.10.1957, publ. 19.03.1964, Bul. no. 7. – 1 p.
3. A.C. No. 93333 USSR, IPC B25D 11/10, E21C 37/18. Device for mechanized punching of holes in stone walls / Pozdnyakov N.I. – No. 431947, priority of 20.07.1950; Publ. 00.00.1952, Bul. No. 2-3.
4. Patent No. 2362014 RU, IPC E21C 37/00, E21B 6/00. Multi-impact cam mechanism for drilling machines / Dvornikov L.T., Nagibin A.V. – No. 2007142096/03, priority of 13.11.2007; publ. 20.07.2009, Bul. No. 20.
5. A.C. No. 1439231 USSR, МК E21S 3/00. Method of drilling / Yunusov D.A. – No. 4133123/22-03, priority of 14.10.1986; publ. 23.11.1988, Bul. No. 43.
6. A.C. No. 1460227 USSR, МК E21S 3/00. Impact mechanism for drilling machines / Goy V.L., Shumov L.A., Ankudinov E.P., Shurygin A.A. – No. 4177335/22-03, priority of 08.01.1987; Publ. 23.02.1989, Bul. No. 7.
7. A.C. No. 1506101 USSR, МК E21S 3/00, E21S 5/02. Drilling machine / Karandeev Yu.E., Apraksin I.V.-No. 4248641/22-03, priority of 19.05.1987; Publ. 07.09.1989, Bul. No. 33.

Теплякова Анна Васильевна – студент	Teplyakova Anna Vasilyevna – student
Жуков Иван Алексеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машиностроения, tmmiok@yandex.ru	Zhukov Ivan Alekseevich – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the Department of Mechanical Engineering,
Санкт-Петербургский горный университет, г.Санкт-Петербург, Россия	Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

Received 02.06.2021