

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МОЛОТКОВ

В. И. БАБУРОВ

(Представлена кафедрой горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

За длительный срок эксплуатации пневматических молотков накоплен большой опыт конструкторских разработок, экспериментальных и теоретических исследований. Советский Союз занимает ведущее место в мире по разработке вопросов теории пневматических машин ударного действия. В настоящее время в нашей литературе имеется ряд теоретических решений для определения основных показателей этих машин.

На основе анализа литературы по методам определения параметров и расчету молотков, составим краткую классификацию этих методов.

Первая группа. Аналитические методы

1. Расчет основных параметров на основании законов равнопеременного движения. Предложены в работах А. Н. Крюкова (1931), Ю. М. Малахова (1934), Н. М. Шульгина и Н. В. Мищенко (1936) и других.

2. Метод последовательного расчета периодов и участков рабочего цикла, базирующийся на уравнениях равноускоренного или равнозамедленного движения и термодинамики. Изложен в работах А. П. Германа (1933), В. И. Киселева (1939), Г. И. Сидоренкова [19].

3. Метод, основанный на составлении дифференциальных уравнений состояния газа, его истечения, движения ударника и баланса энергии для нескольких периодов рабочего цикла. Предложен применительно к различным машинам И. С. Кассациером [10] и В. М. Мостковым [14].

4. Метод определения основных параметров машин в основе которого используется теория подобия и размерностей. Рассматривается в работах Б. В. Суднишникова [21], Н. Н. Есина [8], П. М. Алабужева [1] и Ю. Н. Попова [15].

5. Расчет основных параметров молотков по выражениям, в состав которых входят конструктивные размеры и коэффициенты, определенные опытным путем. Дается в работах [2, 23].

Вторая группа. Графоаналитические методы

1. Методы, основанные на различных способах обработки диаграмм рабочего процесса:

а) расчет параметров машин по диаграмме пути ударника, записанной во времени;

б) расчет параметров машин по диаграмме давления сжатого воздуха в задней полости с использованием особенностей этой диаграммы. Разработан Б. В. Суднишниковым [23];

в) расчет параметров машин по совмещенным диаграммам пути ударника и давлений воздуха, а также по индикаторным диаграммам в координатах давление — путь. Изложен в работах [2, 23];

г) расчет параметров машин по диаграммам давления воздуха над и под ударником на основе теоремы о движении массы под действием силы, заданной в виде функции времени. Этот расчет может быть осуществлен тремя способами.

Первый способ. Расчет производится посредством деления диаграмм давлений рабочего цикла на две части, соответствующие времени рабочего и холостого ходов ударника. Предложен Б. В. Суднишниковым [23].

Второй способ. Расчет производится без деления рабочего цикла на две части, но с учетом импульсов, действующих на ударник в период первой и второй фазы соударения с рабочим инструментом, то есть с учетом ударного импульса и импульса отскока, которыми и дополняется диаграмма результирующего давления сжатого воздуха на поршень.

Разработан Б. В. Суднишниковым и В. И. Бабуровым [22].

Третий способ. Расчет производится без деления рабочего цикла на две части по формулам, выведенным без учета ударного импульса и импульса отскока. Третий способ является дальнейшим развитием второго и подробно рассматривается в работе [3].

2. Расчет параметров машин на основании метода импульсных пар. Разработан Б. В. Суднишниковым и К. К. Тупицыным [24].

Третья группа. Графические методы

Графические методы включают в основном нахождение характеристик молотков по номограммам, построенным по известным аналитическим зависимостям и данным эксперимента. Номограммы для расчета параметров пневматических молотков предложены в работах О. Д. Алимова [2], В. Ф. Горбунова и В. И. Бабурова [4], Ю. Н. Попова [16], и других. Графический способ обработки индикаторных диаграмм дается Г. А. Тереховым в его работе [25].

В ряде случаев по номограммам можно производить определение конструктивных размеров машин в зависимости от их параметров.

Четвертая группа — Экспериментальные методы

1. Методы непосредственного измерения параметров.

Основные параметры молотков определяются на экспериментальных стендах путем непосредственного измерения. Так, например, энергия удара поршня может быть измерена по шариковым отпечаткам на копровых установках, различного рода роботомерами [7, 19], на специальных стендах Доброборского и Русетского, с помощью датчика конечных скоростей (осциллографического наконечника) [3, 11, 18] и т. д. Имеется множество различных способов измерения и других характеристик молотков, которые ввиду ограниченного объема данной работы здесь не рассматриваются.

2. Метод электронного моделирования с помощью математических машин. Этот экспериментальный метод получил распространение только в последние годы и стал применяться для исследования динамики молотков.

Данная классификация является попыткой автора расположить известные методы определения параметров молотков в определенном порядке и, естественно, не претендует на исчерпывающую. Некоторые методы могут быть отнесены в равной мере к той или другой группе. В настоящее время при исследовании пневматических машин ударного действия наибольшее распространение получили графоаналитические и экспериментальные методы определения параметров, как наиболее

простые и дающие сравнительно точные данные. Нахождение параметров молотков по номограммам также не представляет затруднений.

Последовательность перечисления методов согласуется и в хронологическом отношении, именно в такой очередности и производилась их разработка. Исключения составляют только экспериментальные методы, которые были приняты учеными на вооружение почти одновременно с появлением пневматических машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. М. Алабужев. Применение теории подобия и размерностей к исследованию (моделированию) машин ударного действия. Известия ТПИ, т. 73, 1952.
2. О. Д. Алимов, И. Г. Басов, В. Ф. Горбунов, Д. Н. Маликов. Бурильные машины. Госгортехиздат, 1960.
3. В. И. Бабуров. Исследование пневматических рубильно-клепальных молотков. Кандидатская диссертация, Томск, 1964.
4. В. И. Бабуров, В. Ф. Горбунов. К методике расчета основных параметров рубильно-клепальных молотков. Известия ТПИ, т. 129, 1965.
5. Н. Н. Буланов. Вопросы теории перфораторного бурения. Горный журнал, № 9, 1949.
6. В. Ф. Горбунов, В. М. Разин, А. В. Триханов. Некоторые результаты моделирования колебаний пневматических молотков с виброизоляционными устройствами. Сб. Математические методы в горном деле, ч. 1, Новосибирск, 1963.
7. С. И. Доброборский. Исследование методов измерения работы удара пневматических молотков. Кандидатская диссертация, Ленинград, 1954.
8. Н. Н. Есин. Расчет электропневматического молотка методом подобия. Труды ЗСФ АН СССР, вып. 8, 1950.
9. Н. Н. Есин. Методика исследования и доводки пневматических молотков. Новосибирск, 1965.
10. И. С. Кассациер. Теория и расчет пневматических машин ударного действия с золотниковым распределением, ДАН, LXXI, № 15, 1950.
11. В. З. Клейменов. Методика определения энергетических показателей пневматических машин ударного действия. ЦНИИТЭИ угля. Горные машины и автоматика, № 6, 1963.
12. Н. А. Клущин. Пневматические молотки с новым циклом, снижающим отдачу. Канд. диссертация. Новосибирск, 1957.
13. Г. И. Кусницын. Исследование воздухораспределительных устройств пневматических машин ударного действия. Канд. диссертация, Ленинград, 1959.
14. В. М. Мостков. Основы пневматического бурения. Углетехиздат, 1952.
15. Ю. Н. Попов. Новые методы расчета пневматических молотков по принципу подобия. Научные доклады высшей школы. Горное дело. № 4, 1958.
16. Ю. Н. Попов. Номограмма для расчета бурильных молотков. ИВУЗ. Горный журнал, № 9, 1959.
17. Г. В. Родионов. Универсальный стенд для исследования пневматических машин ударного действия. Сб. Машины ударного действия. Новосибирск, 1953.
18. Н. П. Ряшенцев. Исследование и создание электромагнитных и ударных машин для строительной и горной промышленности. Докторская диссертация. Днепропетровск, 1964.
19. Г. И. Сидоренков. Пружинный работомер. Измерительная техника, № 4, 1957.
20. Г. И. Сидоренков. Рациональный способ расчета клапанных пневматических молотков. ИВУЗ Машиностроение, № 4, 1961.
21. Б. В. Суднишников. Динамический расчет электромолотком и перфораторов методом подобия. Топливное машиностроение, № 6, 1940.
22. Б. В. Суднишников, В. И. Бабуров. К методике обработки индикаторных диаграмм пневматических машин ударного действия. Сб. Механизация открытых и подземных горных работ. Вып. 10, Новосибирск, 1964.
23. Б. В. Суднишников, Н. Н. Есин. Элементы динамики машин ударного действия. Новосибирск, 1965.
24. Б. В. Суднишников, К. К. Тупицин. Анализ колебаний методом импульсных пар. Сб. Разработка месторождений полезных ископаемых. Новосибирск, 1965.
25. Г. А. Терехов. Графический способ обработки индикаторных диаграмм пневматических отбойных молотков. Известия вузов, Горный журнал, 1963.
26. Г. А. Терехов, А. Д. Школьников. Электронное моделирование рабочего цикла пневматических отбойных молотков. Известия вузов, Горный журнал, 1963.