УДК 621.974

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО МОЛОТА ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Мамонов Д. И.,
студент,
Костюхин А. А.,
студент.,
Попов Ю. Г.,
доц., канд. техн. наук
Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль

Предложен кинетический молот, приводимый в движение гидроцилиндром двухстороннего действия и системой полиспастов. Проведено динамическое моделирование рабочих движений молота, произведена оценка действующих на систему сил. Предложенная конструкция позволяет увеличить в 1,5–2 раза производительность и одновременно уменьшить массу рабочего оборудования при сохранении максимальной кинетической энергии в момент удара.

Ключевые слова: кинетический молот, динамический анализ, полиспаст, гидроцилиндр, производительность, кинетическая энергия.

DYNAMIC SIMULATION OF A DOUBLE-ACTION KINETIC BREAKER

A kinetic hammer is proposed, driven by a double-acting hydraulic cylinder and a chain hoist system. The dynamic simulation of the working movements of the hammer was carried out, the assessment of the forces acting on the system was made. The proposed design allows you to increase productivity by 1.5–2 times and, at the same time, reduce the weight of the working equipment while maintaining the maximum kinetic energy at the moment of impact.

Keywords: kinetic hammer, dynamic analysis, chain hoist, hydraulic cylinder, productivity, kinetic energy.

Кинетический молот представляет собой навесное рабочее оборудование, устанавливающееся на гидравлический экскаватор или тяжелый погрузчик. Принцип действия заключается в подъеме груза большой массы внутри направляющей трубы и сброса на разрушаемый объект. Кинетические молоты используются в горной промышленности для дробления негабарита, остающегося после взрывных работ; в металлургии для разрушения литейных форм, разделки чугунного лома, выбивания и дробления «козлов» (то есть металла, застывшего в объеме печи или ковша) [1]. Также машины этого типа

© Мамонов Д. И., Костюхин А. А., Попов Ю. Г., 2023

применяются при демонтаже строительных конструкций из железобетона, фундаментов и других объектов. Основное преимущества кинетического молота — огромная энергия удара. Наиболее мощный гидравлический молот НВ10000 обеспечивает, по разным оценкам, от 16 до 19 кДж за удар [2]. Кинетические молоты, в зависимости от типоразмера, обладают энергией удара, достигающей 300 кДж [3].

Основным недостатком данного оборудования является сравнительно низкая скорость работы — всего 5–10 ударов в минуту и большой вес, требующий массивной и мощной базовой машины. Кроме того, работать возможно только при положении направляющей трубы близком к вертикальному, так как ударник движется под действием одной только силы тяжести.

Повысить производительность работы машины и уменьшить массу молота возможно с помощью принудительного (с дополнительным ускорением) рабочего движения ударника, обеспечиваемого двухсторонним гидроцилиндром с системой полиспастов (рис. 1).

Для компенсации сил инерции тросы подхватывают ударник через подпружиненный подвес.

Для оценки сил, действующих на систему во время работы, было проведено динамическое моделирование упрощенной модели в среде Autodesk Inventor. В качестве базовой модели-аналога был принят молот с высотой подъема ударника 6,3 м, массой ударника 3,2 т и кинетической энергией 200 000 Дж.

При сокращении массы ударника в два раза для сохранения величины кинетической энергии требуется, чтобы в момент удара скорость составляла 15,8 м/с. Было смоделировано падение ударника массой 1,6 тонны в свободном режиме и с передачей дополнительного ускорения через подпружиненную тягу (рис. 2).

Коэффициент восстановления при столкновении модели ударника с абсолютно твердой поверхностью был

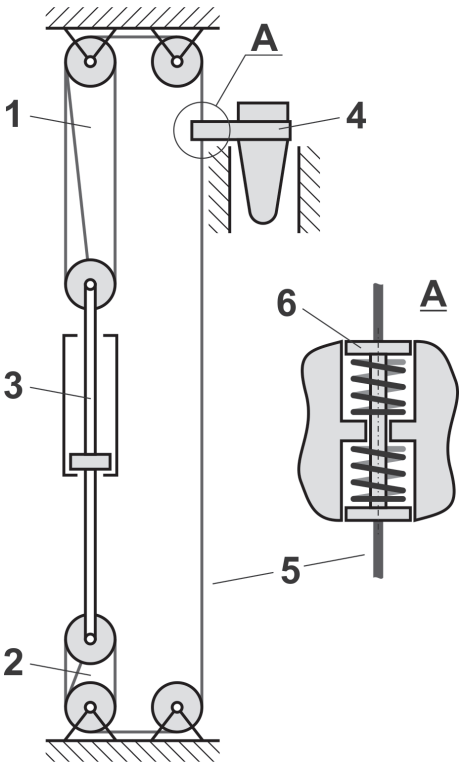

Рис. 1. Принципиальная схема кинетического молота двухстороннего действия:
1 — полиспаст подъема ударника;
2 — полиспаст опускания ударника;
3 — гидроцилиндр двойного действия;
4 — ударник; 5 — трос;
6 — подпружиненная штанга

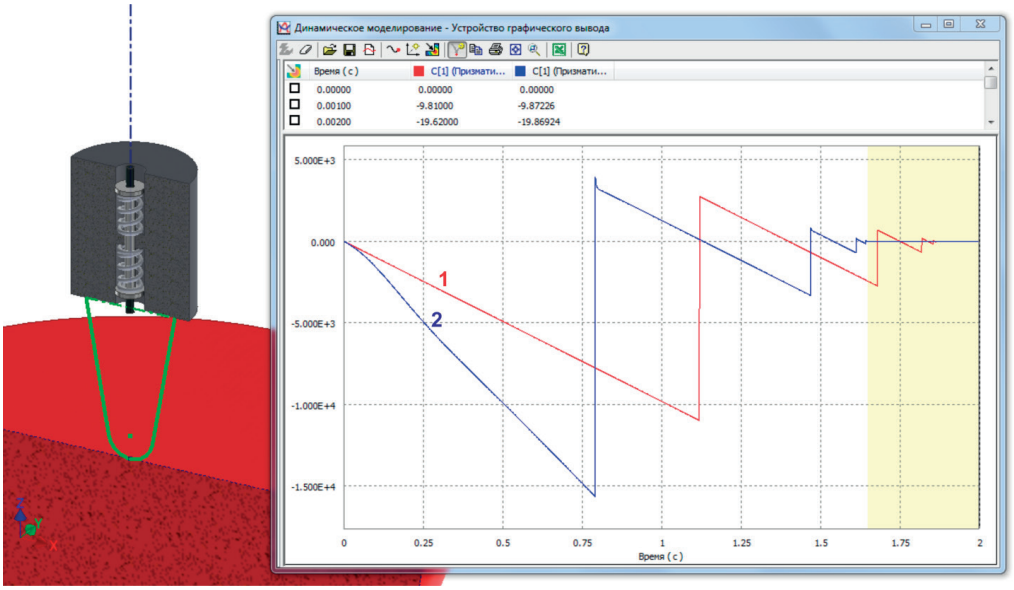

Рис. 2. График скорости движения ударника:
1 — свободное падение; 2 — падение с дополнительным ускорением

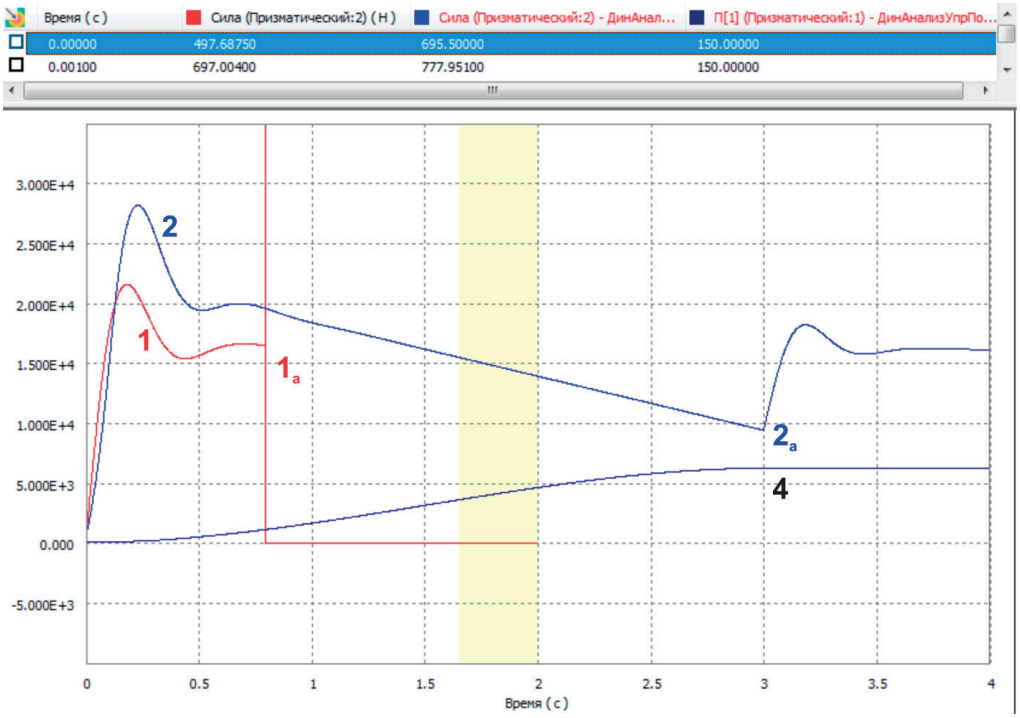

Рис. 3. График кинетической энергии:
1 — сброс ударника; 1а — момент удара; 2 — подъем ударника; 2а — крайняя точка подъема удержание ударника вверху; 3 — перемещение ударника (при подъеме)

принят 0,25, т. к. удар будет близок к абсолютно неупругому. Кинетическая энергия составила 96,2 кДж для свободного падения и 196,04 кДж — для падения с дополнительным ускорением.

Также была определена сила, требующаяся для придания дополнительного ускорения ударнику, и сила, требующаяся для его подъема (рис. 3). При сбросе ударника максимальная сила на канате составила 21,6 кН. В момент удара виден резкий рост — в этот момент должен срабатывать клапан, отключающий принудительное движение поршня гидроцилиндра.

При подъеме ударника максимальная сила на канате составила 28,2 кН. Таким образом, при той же энергии удара масса ударника может быть снижена вдвое, а число ударов доведено до 15 в минуту. Конструкция кинетического молота с полиспастным приводом подъема и опускания представляется перспективной, но требует дальнейшей проработки механизма привода и параметров полиспастов.

Список литературы

1. Fractum // Mining Technology. URL: https://www.mining-technology.com/contractors/crushers/fractum/ (дата обращения: 02.11.2022).

2. HB Series // OSA Demolition Equipment. URL: https://iai-usa.com/wp-content/uploads/2019/12/12.28.19.OSA-Hammers-models.pdf (дата обращения: 02.11.2022).

3. Amin Taiybi Products — Fractum // Fractum. URL: https://fractum.com/products/ (дата обращения: 26.11.2022).