

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ

В.С. Щербаков, В.Н. Галдин

В статье приведены основные сведения о моделировании гидравлических импульсных систем, применяемых в качестве активных рабочих органов дорожно-строительных машин. Приведены зависимости для определения основных параметров гидроударных устройств (массы гидроударного устройства, диаметра хвостовика инструмента, частоты ударов гидроударного устройства)

Ключевые слова: моделирование, гидроударное устройство, проектирование

Применение гидравлической импульсной техники позволяет выполнять разрушение и разработку мерзлого грунта, скальных пород и полотна дорог, проходку скважин в грунте, забивание и извлечение свайных элементов, уплотнение грунта.

Гидравлическая импульсная система (рис. 1) включает следующие основные функциональные элементы: источник питания (насос) базовой машины и гидроударное устройство, которое является основой гидроимпульсной системы.

Гидроударное устройство служит для генерирования ударных импульсов заданной энергии единичного удара и частоты при разработке грунта в определенных условиях [1 – 4]. При этом должен обеспечиваться высокий КПД использования мощности привода базовой машины, при ограниченных размерах и массе ударного устройства для выбранной базовой машины.

Гидравлическое ударное устройство состоит из энергетического блока, блока управления рабочим циклом и инструмента.

Энергетический блок преобразует непрерывно подводимую энергию от насоса базовой машины в дискретную энергию с большим значением ударной мощности. Энергетический блок включает корпусные детали, подвижные детали и рабочие полости. Блок управления рабочим циклом предназначен для управления преобразованием непрерывно подводимой энергии в периодические импульсы.

Рабочие полости (камеры) гидроударного устройства рассматриваются как замкнутые объемы, в которых происходит изменение параметров находящейся в них рабочей среды (жидкости или газа – для пневмоаккумулятор-

ной полости). Рабочие полости могут быть как постоянного, так и переменного объема.

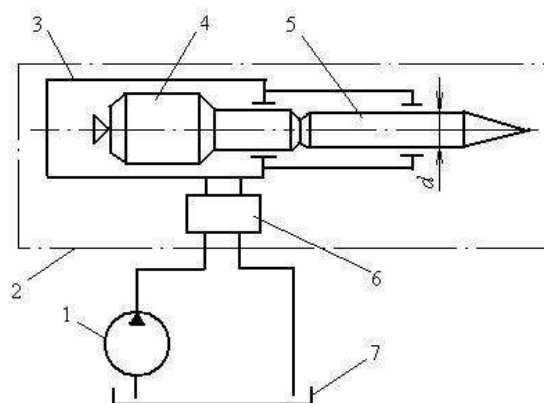


Рис. 1. Схема гидроимпульсной системы:
1 – насос; 2 – гидроударное устройство; 3 – корпус;
4 – поршень-боек; 5 – инструмент (d - диаметр хвостовика инструмента); 6 – блок управления; 7 – гидробак

К основным параметрам гидроударников относятся:

- энергия единичного удара T , Дж;
- масса подвижных частей (бойка) m , кг;
- частота ударов f , Гц;
- эффективная (ударная) мощность $N_{уд}$, Вт;
- коэффициент полезного действия (КПД) η ;
- масса гидроударника M , кг.

Энергия единичного удара гидроударника зависит от массы подвижных частей и скорости подвижных частей в момент удара. Эффективная (ударная) мощность гидроударников зависит от энергии единичного удара и частоты ударов.

Существенным фактором, влияющим на эффективность работы гидроударника, является энергия единичного удара. В связи с этим за показатель конструктивного совершенства ударного устройства может быть принято значение удельной энергии единичного удара, т.е.

энергии единичного удара, приходящейся на единицу массы гидроударника.

Частота ударов гидроударников ограничивается ходом бойка и производительностью насоса базовой машины.

В настоящее время реальный подход к проектированию гидравлических ударных устройств заключается в наиболее полном сочетании возможностей вычислительной техники по переработке больших объемов информации и умении проектанта-разработчика оценивать ситуацию и выполнять функции, требующие воображения, интуиции и способности учитывать различные факторы, не предусмотренные первоначальной программой.

Проектирование объектов, гидроударных импульсных систем в частности, представляет процесс, включающий синтез структуры объекта, выбор параметров элементов, исследование математической модели, анализ результатов и принятие решения.

Проектирование начинается с разработки технического задания (ТЗ), тщательного анализа возможных решений. Затем создается математическая модель разрабатываемого объекта (изделия, процесса). Построив математическую модель, приступают к ее исследованию, изучению ее свойств, стремясь выяснить, в какой мере разработанный объект соответствует своему назначению.

Исходной информацией для проектирования служит ТЗ, где приведены основные требования к проектируемому объекту.

Среда проектирования гидроударного устройства (рис. 2) позволяет реализовать полный цикл проектных исследований, отражаемый в информационном проектном пространстве.

зависимости от назначения гидроимпульсной техники, комплекса внешних воздействий, типоразмера базовой машины, у проектанта-разработчика имеется возможность изменять число связей между моделями и исследовать наиболее важные эффекты, проявляющиеся при работе гидроударного устройства.

При создании гидроударных импульсных систем необходимо рассматривать большое число вариантов структур, параметров и изменять, уточнять математическую модель.

В общем виде система уравнений движения i -го подвижного элемента гидроударного устройства в дифференциальной форме может быть представлена уравнениями динамики следующего вида:

$$m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = F_{oi} - F_{ci}, \quad (2)$$

где x_i – перемещение подвижного элемента; m_i – масса подвижного элемента; F_{oi} – движущие силы; F_{ci} – силы сопротивления.

Движущие силы зависят от величин давлений, действующих в полостях гидроударного устройства, и эффективных площадей полостей. Силы сопротивления учитывают силы механического трения, вязкого трения, силы противодействия, силы гидравлического сопротивления, возникающие при вытеснении жидкости из полостей при работе гидроударного устройства и другие. При рассмотрении движения инструмента гидроударного устройства учитываются силы сопротивления со стороны разрабатываемого грунта.

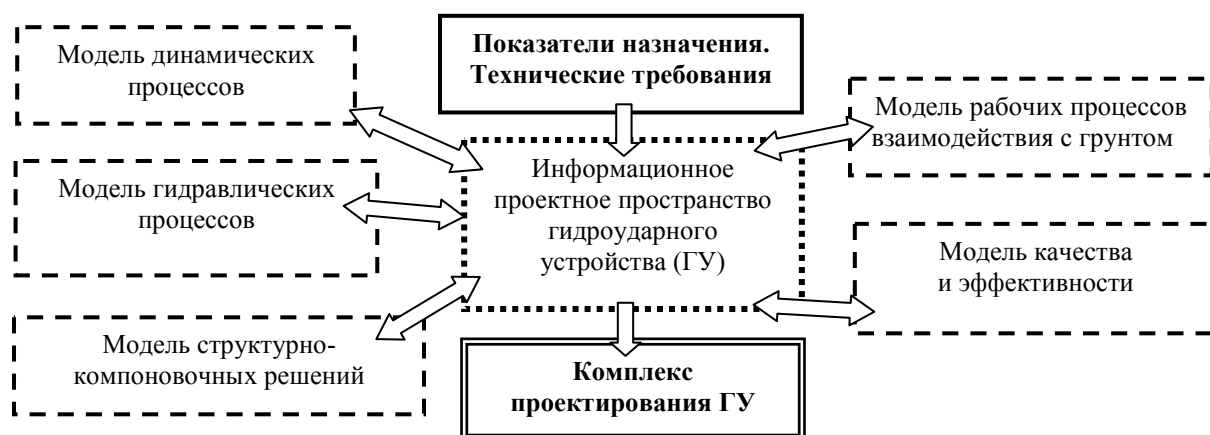


Рис. 2. Основные компоненты среды проектирования гидроударного устройства

В работе [2] на основе регрессионного анализа статистических данных технических характеристик гидроударников зарубежных и отечественных фирм были установлены функциональные зависимости между следующими основными параметрами гидроударников:

- Диаметр хвостовика инструмента гидроударника и энергией единичного удара T :

$$d = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2, \quad (1)$$

где d – диаметр хвостовика инструмента, мм; a_0, a_1, a_2 – коэффициенты, $a_0 = 49,17$; $a_1 = 0,0354$; $a_2 = -2,8885 \cdot 10^{-6}$; T – энергия единичного удара, Дж, $T \in (200, 6000)$.

- Массой гидроударника и энергией единичного удара T :

$$M = a_0 + a_1 T + a_2 T^2, \quad (2)$$

где M – масса гидроударника, кг: a_0, a_1, a_2 – коэффициенты, $a_0 = 3,20$; $a_1 = 0,5704$; $a_2 = -0,000035$; T – энергия единичного удара, Дж, $T \in (200, 6000)$.

На рис. 3 представлены зависимости, полученные по уравнению регрессии (1) (пунктирная линия 2) и уравнению (2) (сплошная линия 1).

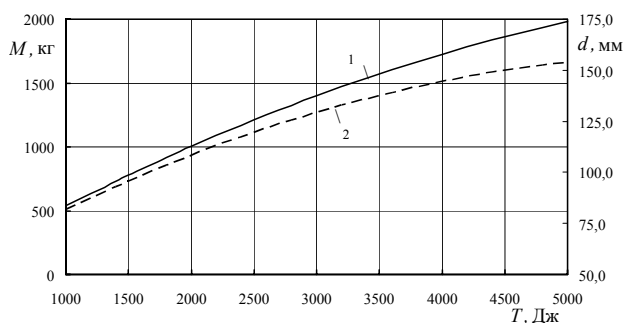


Рис. 3. Зависимость массы гидроударника M (сплошная линия 1) и диаметра хвостовика d инструмента (пунктирная линия 2) от энергии единичного удара T

Дальнейший анализ технических характеристик гидроударников зарубежных и отечественных фирм, приведенных в работах [1, 2], позволил выявить закономерность зависимости частоты ударов гидроударника от его энергии единичного удара: с увеличением энергии единичного удара гидроударника снижается его частота ударов. Указанная закономерность выражается следующим уравнением регрессии:

$$f = bT^n, \quad (3)$$

где f – частота ударов, Гц; b – коэффициент, $b = -68,598$; T – энергия единичного удара, Дж, $T \in (1000, 5000)$; n – показатель степени, $n = -0,2779$.

На рис. 4 приведен график зависимости частоты ударов гидроударника от энергии единичного удара, построенный по уравнению регрессии (3).

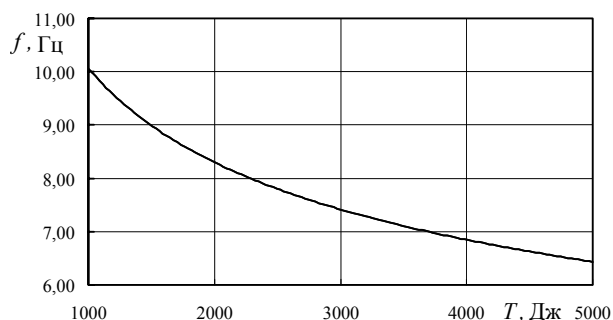


Рис. 4. Зависимость частоты ударов гидроударника f от энергии единичного удара T

На рис. 5 – 6 показаны окна для определения основных параметров гидроударного устройства.

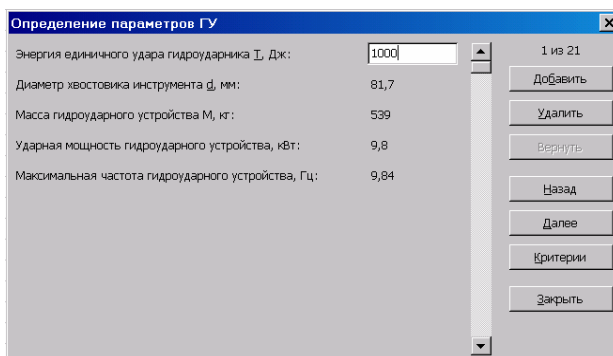


Рис. 5. Рабочее окно определения параметров гидроударного устройства (энергия единичного удара 1000 Дж)

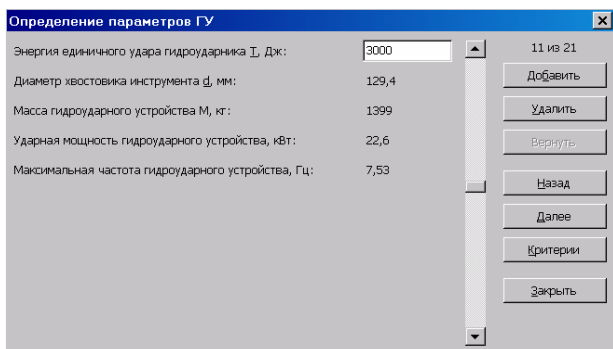


Рис. 6. Рабочее окно определения параметров гидроударного устройства (энергия единичного удара 3000 Дж)

Таким образом, функциональные зависимости основных параметров гидроударников являются базой для проектирования гидроударных устройств, используемых в качестве активных рабочих органов мобильных машин.

Литература

1. Архипенко А.П., Федулов А.И. Гидравлические ударные машины. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1991. 108 с

2. Галдин Н.С. Уравнения регрессии основных параметров гидроударных импульсных систем.- Строительные и дорожные машины, 2002, N3, С. 15 – 16.

3. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Высш. школа, 1980. 311 с.

4. Теоретические основы создания гидроимпульсных систем ударных органов машин / А.С. Сагинов, И.А. Янцен, Д.Н. Ешуткин, Г.Г. Пивень. Алма-Ата: Наука, 1985. 256 с

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

MODELLING OF HYDRAULIC PULSE SYSTEMS

V.S. Shcherbakov, V.N. Galdin

In clause the basic data on modelling the hydraulic pulse systems applied as active working bodies of road-building machines are resulted. Dependences for definition of key parameters of hydroshock devices (weight of the hydroshock device, diameter of a shaft of the tool, frequency of impacts of the hydroshock device) are resulted

Key words: modeling, the hydroshock device, designing