

УДК 621.22.011: 622.271.7

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ГОРНЫМИ И СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ**

Н.С. Галдин, И.А. Семенова  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье приведены сведения по выявлению основных направлений в исследовании и проектировании гидропневмоударных механизмов, применяемых при разрушении прочных и скальных грунтов горными и строительными машинами. Предложены программы и алгоритм для расчета и моделирования основных параметров гидроударников, а также приведены зависимости параметров гидроударных устройств, применяемых в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин, в зависимости от параметров разрабатываемого грунта и параметров базовой машины, построенные в программе Maple.

**Ключевые слова:** гидропневмоударный механизм, грунт, прочный, мерзлый, скальный, базовая машина, моделирование.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, добыча полезных ископаемых, а также строительство соответствующей для этого инфраструктуры в Сибири, на Дальнем Востоке, в Арктике является приоритетной задачей для экономики России. Для более эффективной добычи и строительства в данных природных зонах необходимо использование современных методов, которые учитывают достижения современной науки в данной области, а также в области компьютерных технологий, которые позволяют не только моделировать различные динамические процессы, но и создавать автоматизированные системы управления и проектирования.

### **РАЗРАБОТКА (РАЗРУШЕНИЕ) МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ (ГОРНЫХ) ПОРОД ГИДРОУДАРНЫМИ И ПНЕВМОУДАРНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ**

В настоящее время, разработка (разрушение) мерзлых и скальных (горных) пород гидроударными и пневмоударными механизмами может производиться как открытым (с помощью экскаваторов с навесным оборудованием), так и закрытым способом (например, при помощи проходческих комбайнов с пневмомолотами).

Данные методы разрушения основываются на применении гидропневмоударных механизмов для горных и строительных машин, основными элементами которых являются: источник

питания (насос), напорная и сливная гидролинии с сетевым гидропнеumoаккумулятором, исполнительный механизм, включающий корпус и подвижные массы (поршень-боек) с рабочими камерами, орган управления [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Разработка мерзлых и скальных грунтов открытым способом производится в основном гидроударными механизмами, достоинством которых является создание наибольших давлений в гидросистеме, по сравнению с пневматическими механизмами. Как показала практика [1,2] наиболее эффективными являются гидропневматические гидроударные механизмы.

Гидропневмоударные механизмы используются в горной промышленности, при добыче полезных ископаемых, прокладке коммуникаций (в том числе бестраншейной), вбивании свай при строительстве различных объектов и т.д.

При исследовании гидроударных механизмов, применяемых при разрушении прочных и скальных грунтов применяются исследования, основанные на законах физики (в том числе жидкостей и газов), математики, механики грунтов.

Строгое математическое описание работы гидроударного механизма (движения бойка и корпуса) приводит к системе нелинейных дифференциальных уравнений, с переменными коэффициентами, численная реализация которых может быть выполнена с использованием стандартных или специально разработанных программ.

Эффективная работа гидроударных механизмов возможна также при учете физико-механических свойств грунта [1]. Мерзлые и скальные грунты относятся к одному классу и имеют общий характер структурных связей.

Мерзлые грунты, в зависимости от числа ударов плотномера ДорНИИ по ГОСТ 300067-93, изменяются от пятой до восьмой категории. Скальные грунты соответствуют шестой (и выше) категории грунта в соответствии с данным стандартом. Данные по физико-механическим свойствам грунтов необходимо учитывать при моделировании рассматриваемого оборудования.

Моделирование гидроударных механизмов, применяемых при разрушении мерзлых и скальных грунтов, основывается на создании целого комплекса программ, которые в свою очередь являются основой системы автоматизированного проектирования данного вида оборудования [1,2]. На рис. 1 изображен экскаватор с зубом – рыхлителем активного действия.

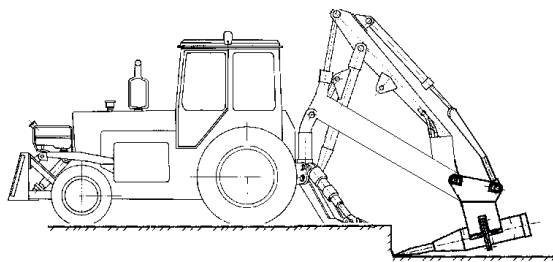


Рис. 1. Экскаватор ЭО 2621 с зубом-рыхлителем активного действия на основе гидроударного устройства

При проектировании гидроударных механизмов, работающих с переменными нагрузками можно пользоваться численными методами реализуемыми при помощи ЭВМ [1,2].

Постановка задачи на математическое моделирование – это перевод физических процессов в математические зависимости, с целью дальнейшего проектирования данного объекта [1,2].

На рис. 2 приведена блок-схема алгоритма расчета гидроударного механизма, предназначенного для разрушения мерзлого и скального грунта. Данный алгоритм реализован в программе Delfi [8].

На рис. 3 и 4 представлены рабочие окна программ для расчета основных параметров гидроударных механизмов, разработанных для моделирования гидроударных механизмов с целью выявления слабых мест в будущих конструктивных решениях.

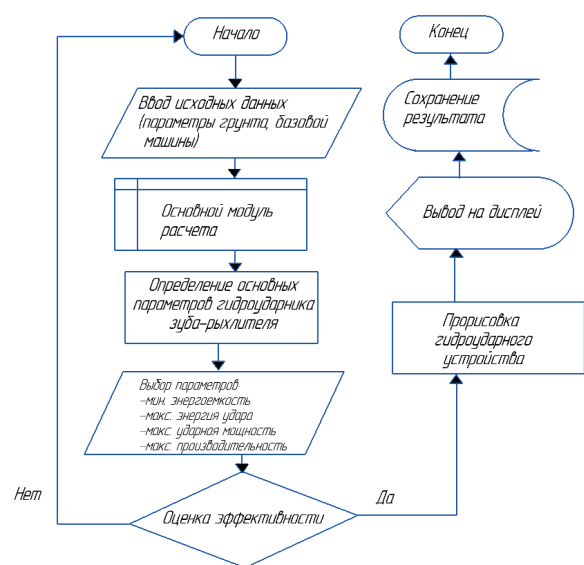


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета гидроударного механизма

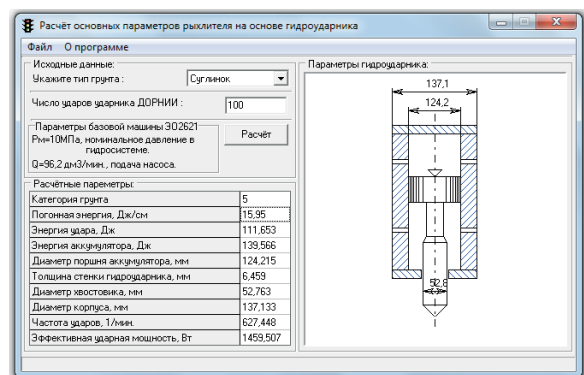


Рис. 3. Рабочее окно программы моделирования основных параметров зуба-рыхлителя активного действия на основе гидропневмоударника для экскаватора ЭО-2621 (грунт – суглинок)

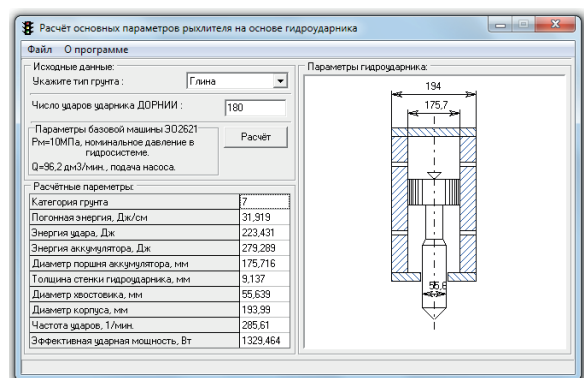


Рис. 4. Рабочее окно программы моделирования основных параметров зуба-рыхлителя активного действия на основе гидропневмоударника для экскаватора ЭО-2621 (грунт – глина)

В настоящее время существует множество программ, позволяющих производить автоматизированное моделирование различных динамических, сложных математических процессов, с целью дальнейшего изучения их особенностей и разработки конкретных рекомендаций для проектирования различного оборудования.

Такие программы как Maple, MathCad, Mathematica и MatLab позволяют с помощью математических символов описывать сложные процессы, происходящие в динамических системах, строить зависимости конкретных параметров в зависимости от заданных условий [9,10].

Так при помощи программы Maple, можно разработать имитационный комплекс, который будет описывать данную механическую систему при помощи математических символов. На рис. 5 показано рабочее окно программы Maple.

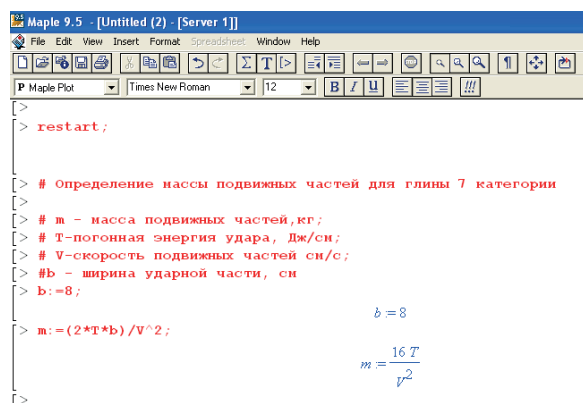


Рис. 5. Рабочее окно программы Maple

Полученный таким образом программно-имитационный комплекс может описывать и устанавливать взаимосвязь между параметрами, от которых зависит эффективность рассматриваемого процесса.

На рис. 6, 7 приведены зависимости, рассчитанные в программе Maple (масса подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и скорости гидроударника для шестой и седьмой категории грунта соответственно).

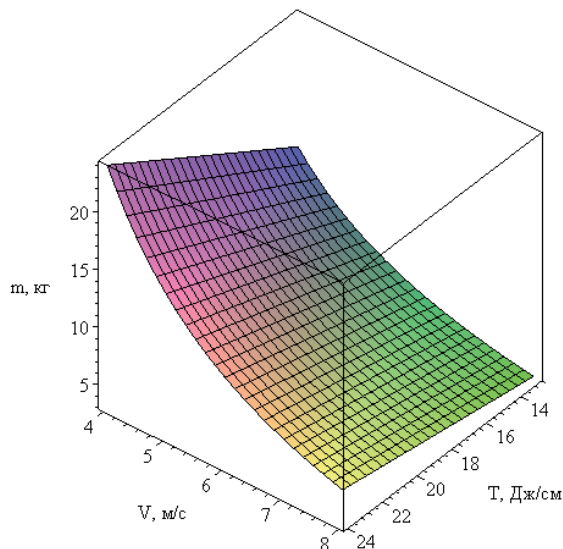


Рис. 6. Зависимость массы подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и от скорости гидроударника (шестая категория грунта)

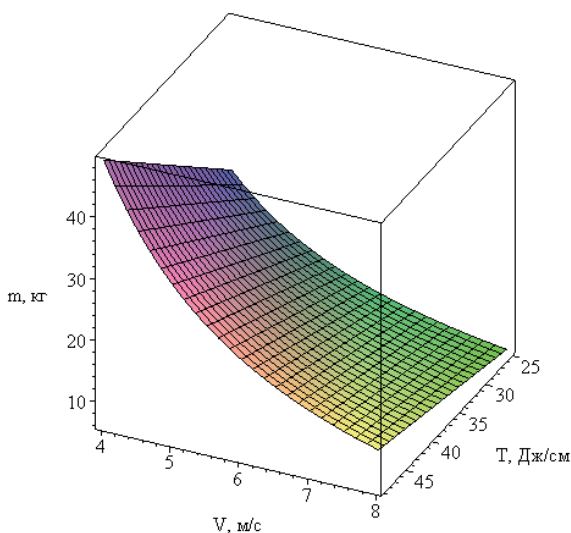


Рис. 7. Зависимость массы подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и от скорости гидроударника (седьмая категория грунта)

### ВЫВОДЫ

Таким образом, исследование и моделирование гидродневуударных механизмов, применяемых при разрушении мерзлых и прочных грунтов, представляет собой итера-

ционный процесс с множеством параметров и условий, влияющих на рабочий процесс. Создания эффективных систем автоматизированного проектирования и расчета гидроударного механизма, применяемого при разрушении мерзлого и скального грунта, снижает трудоемкость этих операций и помогает выбрать наиболее эффективный режим работы данных механизмов, что повышает производительность труда и снижает их стоимость при проведении опытных проектно-конструкторских работ (и расчетов).

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Галдин, Н.С. Рабочее оборудование ударного действия для уплотнения грунта трамбованием [Текст : Электронный ресурс] : монография / Н. С. Галдин ; СибАДИ, кафедра ПТТМиГ. - Электрон. дан. - Омск : СибАДИ, 2016. - 104 с. : ил., табл. + 1 эл. опт. диск (DVD-ROM). - Библиогр.: с. 102-104. - ISBN 978-5-93204-934-1.
2. Бедрина Е.А. Обоснование основных параметров гидроударников для ковшей активного действия : дис... канд. техн. наук: 05.05.04 : защищена 20.11.2002 : утв. 14.03.2003 / Е.А. Бедрина; науч. рук. проф. Н.С. Галдин; СибАДИ. - Омск, 2002.-212 с.
3. Королев А.В. Рабочее оборудование зарубежных гидравлических экскаваторов / А.В. Королев: Обзор. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1982. – 44 с.
4. Перлов А.С. Сменные рабочие органы гидравлических экскаваторов. / А.С. Перлов, А.В. Раннев, М.Я. Агароник, Г.В. Кириллов: Обзор. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1978. – 65 с.
5. Беленков Ю. А. Гидравлика и гидропривод [Текст]: учебник / Ю. А. Беленков, А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин. - М. : Бастет, 2013. - 406 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование - бакалавриат, магистратура и специалитет). - Библиогр.: с. 401.
6. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М. : Машиностроение, 1995. – 304 с.
7. Алимов, О.Д. Гидравлические виброударные системы / О.Д. Алимов, С. А. Басов. – М. : Наука, 1990. – 352 с.
8. Фаронов В.В. Delphi 6. Учебный курс / В.В. Фаронов; М. ,Издательство Молгачева С.В., 2001. – 672 с.
9. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7 / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 104 с.
10. Федотов А.В. Системы компьютерной алгебры. Работа с системой Maple: методические указания к лабораторной работе / А.В. Федотов; ОмГТУ, 2011. – 54 с.

## **METHODS OF INVESTIGATION AND SIMULATION OF HYDROPNEUMEROUS MECHANISMS APPLIED IN THE DESTRUCTION OF FROZEN AND SCALING SOILS BY MINING AND CONSTRUCTION MACHINES**

N.S. Galdin, I.A. Semenova

**Annotation.** The article contains information on the identification of the main directions in the study and design of hydraulic shock mechanisms used in the destruction of strong and rocky soils by mining and construction machines. The program and algorithm for calculating and modeling the basic parameters of hammers are presented, and also the dependencies of the parameters of hydrostatic devices used as working bodies of road-building machines are given, depending on the parameters of the developed soil and the parameters of the base machine built in the Maple program.

**Keywords:** hydropneumatic impact mechanism, soil, durable, frozen, rocky, basic machine, modeling

#### **REFERENCES**

1. Galdin, N.S. Rabochee oborudovanie udarnogo dejstviya dlja uplotnenija grunta trambovaniem [Working equipment of impact action for soil compaction by tamping]. Omsk, SibADI, 2016, 104 p.
2. Bedrina E.A. Obosnovanie osnovnyh parametrov gidroudarnikov dlja kovshej aktivnogo dejstviya [Substantiation of the basic parameters of hydraulic hammers for buckets of active action]. candidate's thesis, Omsk, SibADI, 2002, 2012 p.
3. Korolev A.V. Rabochee oborudovanie zarubezhnyh gidravlicheskih jeksavatorov [Working equipment of foreign hydraulic excavators].



- puter algebra. Working with the Maple system: guidelines for laboratory work]. Omsk, OmSTU, 2011, 54 p.

Галдин Николай Семенович (Россия, г. Омск) – профессор кафедры Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

*Galdin Nikolay, Semenovich (Russia, Omsk) – Professor of the Department Hoisting-and-transport, traction machines and hydraulic drive, FSBEI HE «SibADI» (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5).*

Семенова Ирина Анатольевна (Россия, г. Омск) – доцент кафедры Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод, ФГБОУ ВО СибАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

*Semenova Irina Anatolyevna (Russia, Omsk) – associate professor of the Department Hoisting-and-transport, traction machines and hydraulic drive, FSBEI HE «SibADI» (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5).*

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАМЕНИСТЫХ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ ДОРОГИ

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан

**Ключевые слова:** распределительный барабан, коэффициент трения, ледяное покрытие, шероховатость, каменистая частица.