

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО БЛОКА МЕХАНИЗМА УДАРНО-СТРУЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ

К.Ю. Усенко, студент

Т.А. Устименко, доцент

Донецкий национальный технический университет

В данной статье рассмотрено устройство, генерирующее ударные и струйные импульсы для комбинированного разрушения массива, представлена его принципиальная схема и описан принцип действия, представлены уравнения для математического моделирования.

Мехатроника - изучает синергетическое объединение узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых модулей, машин, систем и комплексов машин с интеллектуальным управлением и их функциональными движениями. В современных мехатронных системах для реализации высокого качества и точности движения применяются методы интеллектуального управления. Данная группа методов опирается на новые идеи теории управления современным аппаратным и программным средством вычислительной техники, перспективные подходы к синтезу управляемого движения мехатронных систем. Для использования методов автоматизированного проектирования формируют взаимосвязанные функциональную, структурную и конструктивную модели мехатронных модулей, затем планируют движение мехатронной системы в пространстве и во времени, оптимизируя их, например, по критерию максимального быстродействия. Главными преимуществами данных мехатронных систем являются исключение многоступенчатого преобразования энергии и информации, упрощение кинематических цепей и, следовательно, высокая точность и улучшенные динамические характеристики, конструктивная компактность модулей и, следовательно, улучшенные массогабаритные характеристики. Возможность

объединения мехатронных модулей в сложные мехатронные системы, и комплексы, допускающие быструю реконфигурацию, относительно низкая стоимость установки, настройки и обслуживания системы, благодаря модульности конструкции, унификации аппаратных и программных средств, способность выполнять сложные движения, благодаря применению методов адаптивного и интеллектуального управления. Эти преимущества мехатронной системы управления можно использовать для создания, настраиваемого мехатронного блока механизма ударно-струйного разрушения.

Изыскание новых физических методов разрушения не дали пока серьезных положительных результатов в отраслях народного хозяйства, поэтому совершенствование традиционных способов на сегодняшний день продолжает оставаться актуальной задачей.

Одним из наиболее перспективных направлений в данной области, является использование энергии высокоскоростных струй воды для резания горных пород и твердых материалов. Гидроструйные технологии получили признание во всем мире, как одно из перспективных направлений развития техники и технологии, способное решать вопросы повышения производительности и безопасности проведения очистных, подготовительных и вспомогательных работ. Отсутствие контакта режущего инструмента (струи воды) с разрушаемым массивом, возможность снижения металлоемкости оборудования при одновременном увеличении его энерговооруженности за счет дистанционного расположения энергетического оборудования, эффективное обеспечение пылевзрывозащиты являются основными преимуществами этого способа разрушения. С другой стороны, высокая энергоемкость гидравлического разрушения является фактором, сдерживающим его широкое внедрение для создания исполнительных органов породоразрушающих машин.

Как показывают результаты исследований ряда научно-исследовательских институтов [1], одним из перспективных

направлений в области разрушения пород и других прочных материалов является создание исполнительных органов комбайнов, осуществляющих разрушение различными комбинированными способами. Наиболее перспективным, на наш взгляд, является способ, сочетающий в себе разрушение ударным инструментом и высоконапорной струей. Он имеет ряд преимуществ, таких как повышение стойкости рабочего инструмента, снижение энергоемкости процесса разрушения. Известны многочисленные разработки устройств ударного действия для разрушения массива (гидромолоты) в основном в качестве рабочей жидкости используют индустриальные масла. Для создания комбинированного органа разрушения наиболее рациональным видится комплексное использование гидромолота и струйного импульсатора, работающих на технической воде. Это позволит сделать процесс разрушения экономичным и экологичным.

В Донецком национальном техническом университете (далее ДонНТУ) накоплен значительный опыт по созданию гидроимпульсной техники. Работы ДонНТУ показывают эффективность как импульсного струйного, так и ударного разрушения. Энергоемкость разрушения импульсными струями в 12 раз ниже статического струйного резания. Ожидается, что комбинирование двух способов даст значительный рост производительности машины. Применение таких машин позволяет снизить энергоемкость разрушения и массу машин.

Принципиальная схема ударно-струйного устройства представлена на рисунке 1.

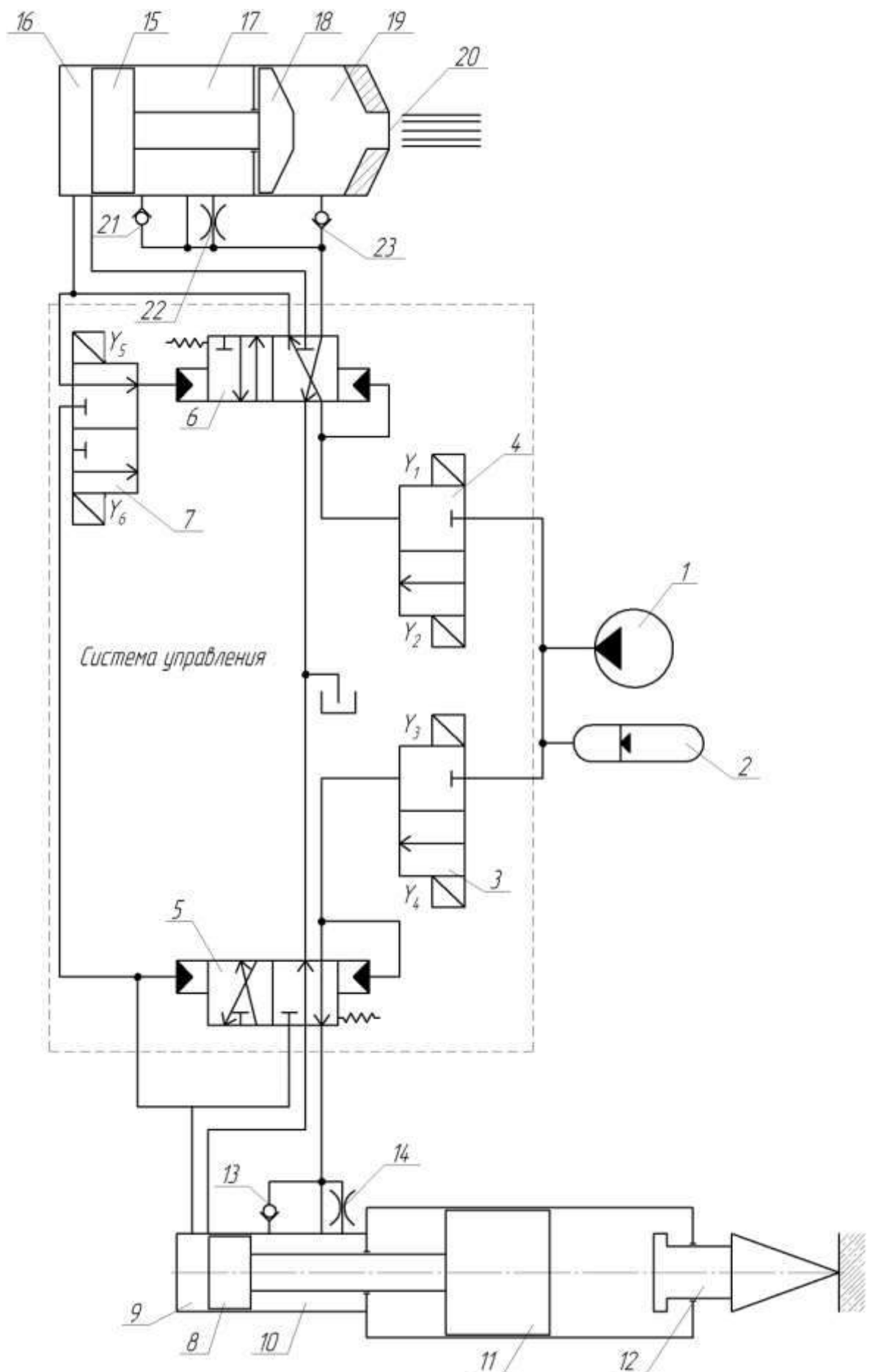


Рисунок 1 – Принципиальная схема ударно-струйного устройства

Обозначения: 1 – насосная станция; 2 – гидропневмоаккумулятор; 3, 4 – двухпозиционный распределитель с электрическим управлением; 5, 6 – трехлинейный двухпозиционный распределитель с гидравлическим управлением; 7 – двухпозиционный двухлинейный распределитель; 8 – поршень гидромолота; 9 – поршневая камера гидромолота; 10 – штоковая камера гидромолота; 11 – боек; 12 – исполнительный орган; 13 – обратный клапан; 14 – дроссель; 15 – поршень импульсатора; 16 – поршневая камера импульсатора; 17 – штоковая камера импульсатора; 18 – вытеснитель; 19 – вытеснительная камера; 20 сопло; 21 – обратный клапан; 22 – дроссель; 23 – обратный клапан.

В данной схеме рабочий цилиндр выполнен в виде цилиндра двойного действия, т.е. его рабочие камеры попеременно соединяются с напорной и сливной линиями, а реверсирование движения поршня осуществляется посредством двухпозиционного золотникового гидрораспределителя с обратными связями по положению поршня.

1) Только гидромолот – в исходном положении золотник распределителя 5 под действием установленной под его торцом пружины находится в позиции, обеспечивающей соединение штоковой полости рабочего цилиндра 10 (камеры холостого хода) с напорной линией, а поршневой полости 9 с линией слива. При включении подачи насоса 1 поршень 8 движется ускорено «влево» вытесняя жидкость из поршневой полости в сливную линию. После перемещения на заданное расстояние поршень перекрывает в гильзе цилиндра сливные отверстия, давление над поршнем повышается, воздействует на торец золотника 5 и переключает последний в позицию рабочего хода, т.е. соединяет поршневую полость 9 с напорной, а штоковую полость 10 со сливной линией. Поршень 8 затормаживается и начинает ускоренно двигаться в сторону инструмента 12. Непосредственно перед ударом поршень 9 открывает проточку, соединяющую через обратный клапан 13 поршневую полость со сливной линией. Вследствие этого давление

в поршневой полости 9 и над торцом золотника 5 падает до величины, при значении которой пружина переключает золотник в позицию взвода бойка. Боек 11 наносит удар по инструменту 12, далее циклы работы молота повторяются. Для предотвращения удара поршня 8 и 15 о стенку цилиндра во время удара, установлен дроссель 14 и 22.

2) Только гидроимпульсатор – работа импульсатора полностью идентична работе гидромолота. Жидкость для выстрела поступает, в момент взвода поршня 15, в камеру 19 через обратный клапан 23. Распределитель 7 служит для выбора источника для обратной связи. В данном режиме жидкость для обратной связи поступает из камеры 16.

3) Комбинированный режим – попеременно работает гидромолот и гидроимпульсатор. Данный режим осуществляется с помощью переключения распределителя 7 и соединения торца золотника 6 с полостью 9.

Выбор режима работы мехатронного блока осуществляется с помощью нажатия кнопки, соответствующей требуемому режиму. Пример данной панели представлен на рисунке 2.

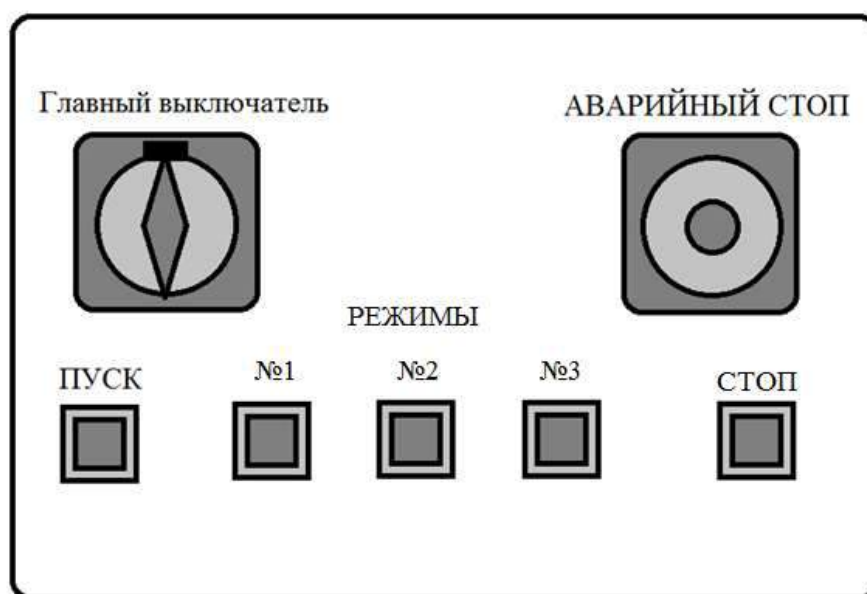


Рисунок 2 – Панель управления мехатронным блоком

Для составления математической модели составляем расчетную схему (рис. 3) и принимаем допущение, что в блоке системы управления отсутствует инерционность деталей, а поршневые и штоковые полости в рабочих органах попеременно соединяются с напорной и сливной линией. Модель выбирается со средоточенными параметрами и составляются дифференциальные уравнения движения поршня молота и импульсатора.

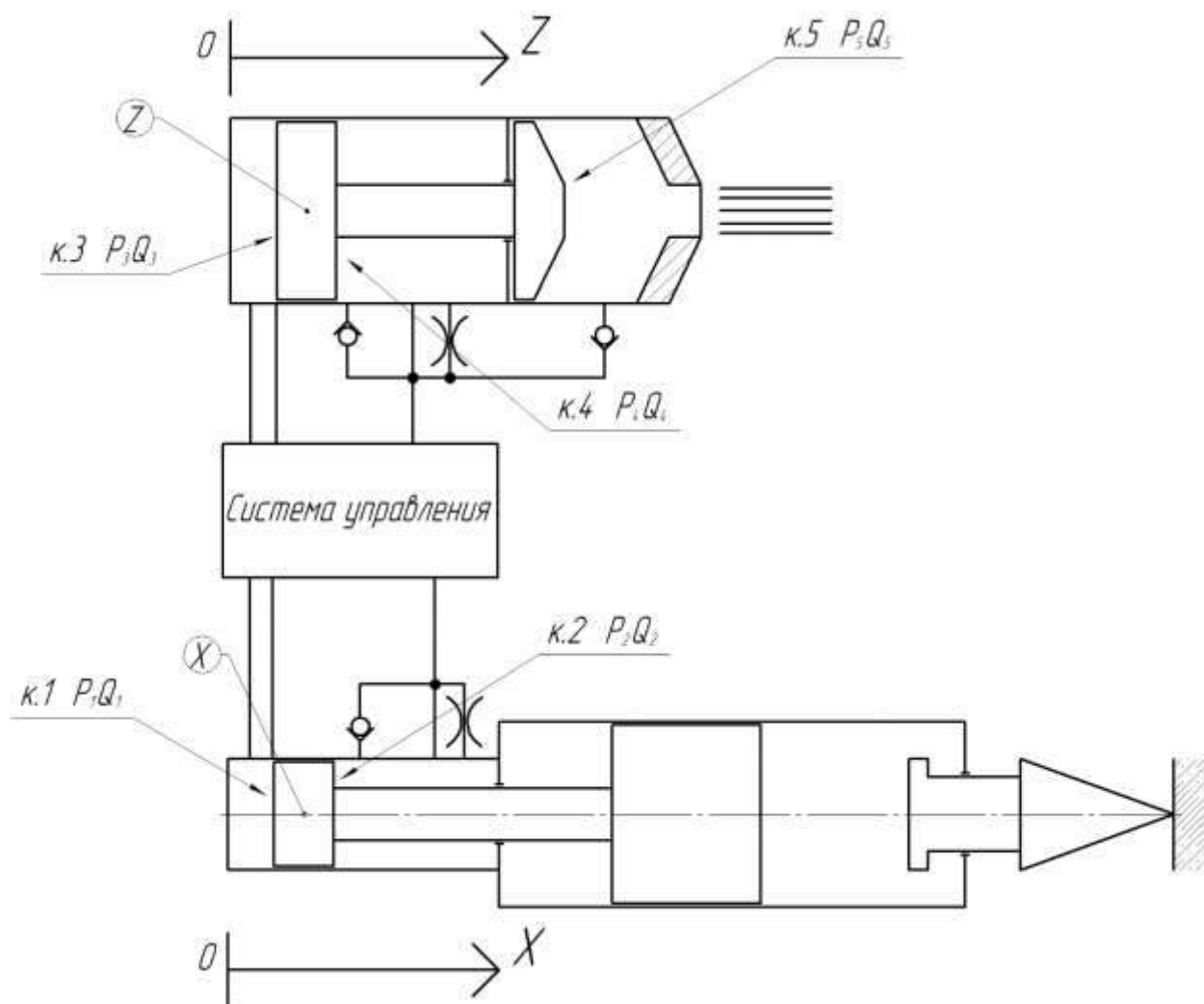


Рисунок 3 – Расчетная схема

Движение поршня-бойка гидромолота (X) и импульсатора (Z):

$$m\ddot{x} = P_1 \cdot S_1 - P_2 \cdot S_2 - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$m\ddot{z} = P_3 \cdot S_3 - P_4 \cdot S_4 - P_5 \cdot S_5 - F_{\text{тр}}; \quad (2)$$

где P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – давление жидкости в указанной камере;

S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – площадь поршня в соответствующей камере;

P_B и S_B – давление в камере выстрела и площадь поршня;

$F_{тр}$ – трение в уплотнениях:

Для гидромолота:

$$F_{тр} = -f \cdot \pi \cdot D \cdot b \cdot \text{sing}(\dot{x}) - f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \text{sing}(\dot{x}); \quad (3)$$

Для гидроимпульсатора:

$$F_{тр} = -f \cdot \pi \cdot D \cdot b \cdot \text{sing}(\dot{x}) - f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \text{sing}(\dot{x}); \quad (4)$$

где f – коэффициент трения в уплотнении;

D – диаметр поршня, соответствующего устройства;

d – диаметр штока, соответствующего устройства.

Система может находиться в двух состояниях – удар(выстрел) или взведение. Значит для определения параметров требуется по два уравнения:

1) Удар гидромолота:

$$P_1 = P_0 - \rho \cdot g \cdot a_n \cdot Q_1^2; \quad (5)$$

$$P_2 = \rho \cdot g \cdot a_{сл} \cdot Q_2^2. \quad (6)$$

где P_0 – давление, создаваемое насосной станцией;

a_n и $a_{сл}$ – сопротивления в напорных и сливных линиях;

Q_1^2 и Q_2^2 – расходы в поршневой и штоковой камере соответственно.

2) Взведение молота:

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot a_{сл} \cdot Q_1^2. \quad (7)$$

$$P_2 = P_0 - \rho \cdot g \cdot a_n \cdot Q_2^2; \quad (8)$$

Для импульсатора:

1) Выстрел:

$$P_3 = P_0 - \rho \cdot g \cdot a_n \cdot Q_3^2; \quad (9)$$

$$P_4 = \rho \cdot g \cdot a_{сл} \cdot Q_4^2. \quad (10)$$

$$P_5 = \rho \cdot g \cdot a_{\text{в}} \cdot Q_5^2; \quad (11)$$

2) Взведение:

$$P_3 = \rho \cdot g \cdot a_{\text{сл}} \cdot Q_3^2. \quad (12)$$

$$P_4 = P_0 - \rho \cdot g \cdot a_{\text{н}} \cdot Q_4^2; \quad (13)$$

$$P_5 = P_0 - \rho \cdot g \cdot a_{\text{в}} \cdot Q_5^2; \quad (14)$$

где Q_3^2 , Q_4^2 , Q_5^2 – расход в поршневой, штоковой и вытеснительной камере соответственно;

$a_{\text{в}}$ – сопротивление в линии.

Расход жидкости определяется:

$$Q^2 = (S \cdot \dot{x})^2; \quad (15)$$

где S – площадь поверхности в требуемой камере устройства.

Данные уравнения движения могут быть использованы для моделирования процесса работы системы и нахождения энергетических показателей гидромолота и импульсатора – энергия удара гидромолота, частота работы, энергия импульса гидроимпульсатора и расход в камере вытеснителя.

На данном этапе описана схема устройства ударно-струйного разрушения. Она принимается за базовую для дальнейшей работы. Данная принципиальная схема будет использована для построения 3D модели комбинированного рабочего органа. Была составлена структурная схема для описания математической модели с мгновенным переключением в системе управления. Эта модель будет использована для нахождения энергетических параметров системы для последующей рационализации и оптимизации параметров рабочего органа и требующегося гидравлического оборудования.

Список источников.

1. Кузьмин И.А., Рутберг М.И., Мерзляков В.Г. Выбор эффективной схемы комбинированного разрушения горного массива высоконапорной струей воды и дисковой шарошкой. – Научное сообщ. /ИГД им. А.А. Скочинского, 1984, вып. 230, с.86 – 90.

2. Худин Ю.Л., Маркман Л.Д., Вареха Ж.П., Цай П.М. Разрушение пород комбинированными исполнительными органами – М., Недра, Ц 1978 – 60с.
3. А.с. 3868919 А1 СССР : Е21С 37/00. Ударно-струйное гидравлическое устройство / правообладатели: Г.М. Тимошенко, С.А. Селивра, П.Ф. Зима, В.Г. Тимошенко, А.Ф. Яценко, В.И. Сикорский - №1286762; заяв. 14.03.1985 ; опуб. 30.01.1987
4. А. с. 4450319 А1 СССР : Е21С 37/00. Ударно-струйное гидравлическое устройство / правообладатели: В.Д. Павленко, Ю.Н. Голубейко, В.Г. Татарко, Л.Ф. Федоров - № 1555474; заяв. 28.06.1988; опуб. 07.04.1990