

INTERNATIONAL CONFERENCE: DYNAMICS OF MINING MACHINES
DYNAMACH '89

Владимир Иванович КЛИШИН

Институт горного дела СД АН СССР – Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОСТОЙКАХ
МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Резюме. На базе выполненного обобщения и анализа средств защиты гидростоек механизированных крепей от динамических нагрузок, был выделен класс устройств на инерционном принципе действия, который в наибольшей степени удовлетворяет разработанным техническим требованиям на такие устройства. Особенностью данных устройств является срабатывание их от импульса силы. Предложенные конкретные конструктивные решения таких устройств были испытаны на стендах копрового типа и на СТ6ДМ, обеспечивающим динамическое продавливание гидростойки.

Были получены положительные результаты. Для оценки влияния свойств жидкости, габаритов гидростойки и параметров аварийных устройств были проведены теоретические исследования поведения гидростойки при динамическом нагружении в рамках известной модели.

С углублением горных работ, как свидетельствует мировой опыт эксплуатации угольных и рудных месторождений, заметно увеличились случаи тяжелых проявлений горного давления вследствие горных ударов и иных динамических нагрузок. Это вызвано еще и тем, что с глубиной, помимо роста напряжений в породном массиве, возрастает и количество угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями, склонными к зависанию на больших площадях, в выработанном пространстве. Эксплуатация серийных механизированных комплексов в этих условиях не обеспечивает в полной мере безопасность и эффективность очистных работ из-за тяжелых последствий динамических явлений в момент внезапного обрушения кровли [1].

Не отрицая справедливости повышения адаптивности механизированных крепей к условиям динамического нагружения путем воздействия на кровлю с целью ее разупрочнения, или, таких альтернативных решений, как повышение несущей способности крепи или применение закладки выработанного пространства, в данной работе наиболее полно рассмотрено направление по созданию средств защиты гидростоек механизированных крепей от динамических нагрузок.

На основе обобщения имеющегося обширного фактического материала был выполнен анализ и дана классификация средств защиты гидростоек механизированных крепей, основанная на принципе их срабатывания [2]. Это позволило обосновать технические требования на средства защиты, а также предложить прин-

ципиально новые конструктивные решения. В наибольшей степени техническим требованиям удовлетворяют средства защиты гидростоек, основанные на инерционном принципе действия. Основной особенностью таких устройств является срабатывание их от импульса силы заданной величины, т.е. на определенную интенсивность роста давления (рис. 1).

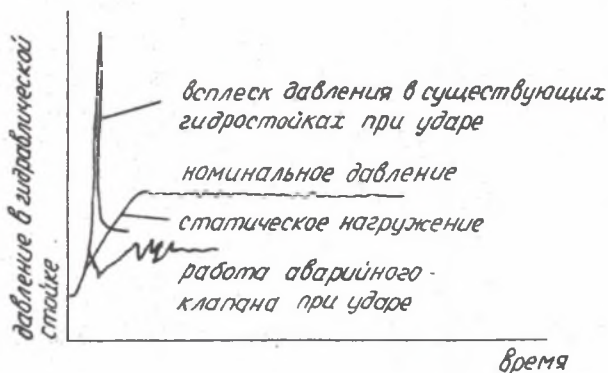


Рис. 1. Характер изменения давления в гидростойке

В ИГД ОО АН СССР совместно с институтом Гипроуглемаш Минуглепром СССР были разработаны несколько вариантов средств защиты инерционного действия, изготовлены макетные образцы гидростоек с устройствами защиты и проведены их пробные стендовые испытания на стенде копрового типа и на стенде СТ6-ДМ, позволяющем в динамическом режиме продавить гидростойку на величину до 20 мм со скоростью до $2,5 \text{ м с}^{-1}$ с максимальной энергией до 300 кДж. Макетный образец гидростойки диаметром 0,1 м и максимальной высотой жидкости 0,3 м конструктивно был выполнен таким образом, что при начальном распоре в 10 МПа обеспечивалось усилие прижатия клапана к седлу в 5,5 кН. При сбросе груза в 7 кН с высоты 0,86 м ($E = 6 \text{ кДж}$) в гидростойке возникал импульс с интенсивностью нарастания давления 178 МПа с^{-1} , что было недостаточно для срабатывания устройства защиты. При сбросе груза с высоты 1,5 м в гидростойке без устройства защиты возникает всплеск давления с интенсивностью 233 МПа/с . Время достижения максимального значения давления составляет 0,015 с, а длительность импульса при отскоке груза до следующего удара составляет 0,6 с. При этом давление до удара равно давлению после удара. При установке устройства защиты от удара, происходит мгновенное эффективное его открытие и выброс жидкости в атмосферу. При этом гидростойка уходит от нагрузки с едва заметным стскоком груза, длительностью в 0,3 с. В момент удара и открытия устройства защиты интенсивность роста давления резко упала до 150 МПа с^{-1} , т.е. гидростойка как бы "присев", уходит от нагрузки и далее происходит закрытие аварийного устройства. При этом величина всплеска давления определяется чувствительностью устройства на удар, которая зависит от конкретных конструктивных параметров устройства. Не сле-

дует изготавливать гидростойки с весьма чувствительными устройствами, способными срабатывать от слабых толчков в кроне.

Эта же конструкция гидростойки с объемом жидкости всего в $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ была испытана в условиях катастрофического нагружения на стенде СТ6-ДМ. Возникла необходимость обеспечения в гидростойке начального давления в 40 МПа для зарядки пневмогидравлического нагружения устройства стенда. Далее в таком положении гидростойка была нагружена динамической силой в 1000 кН. В гидростойке была получена интенсивность нарастания давления до 7000 МПа с^{-1} , наибольшая из имеющихся на данном стенде. При этом всплеск давления достигал 133,7 МПа за 0,013 с, а через 0,01 с давление упало до 75 МПа. Полная длительность импульса давления составила 0,03 с. Устройство защиты эффективно сработало, что позволило гидростойке мгновенно "присесть" на 20 мм без разрушения. Однако, несмотря на большой диаметр выпускного отверстия, высоконапорной струей жидкости вырвало часть металлической обоймы седла, что привело к потере герметичности. В целом поломок гидроцилиндра и уплотнений поршня не произошло. Сравнительных испытаний гидростойки без устройства защиты проведено не было из-за очевидной опасности разрыва гидроцилиндра.

Таким образом подобные устройства могут обеспечивать; эффективное срабатывание при ударе с любого текущего давления в гидростойке не зависимо от ее номинального давления (величины настройки штатного предохранительного клапана), предотвращая возникновение всплеска давления; минимальное время открытия; возможность установки в серийных гидростойках механизированных крепей без существенных изменений и удорожаний ее конструкции с гарантированной безопасностью обслуживающего персонала в очистном забое. Такие устройства не изменяют работы гидростойки в статическом режиме нагружения, не снижают сопротивление крепи после срабатывания и имеют возможность многократного срабатывания.

Для обоснованного выбора конструктивных параметров таких устройств рассмотрим влияние устройств в рамках модели, предложенной в работе [3]. В общем виде давление в поршневой полости гидростойки с открытым клапаном описано уравнением

$$p(t) = \frac{\sigma}{s_n} (1 - e^{-\alpha t} \cos \beta t) + \sqrt{\frac{2\omega}{KV_0}} e^{-\alpha t} \sin \beta t, \text{ Па}$$

где: $\sigma = mg$; m - приведенная масса налегающих пород, кг; g - ускорение силы тяжести, м с^{-2} ; s_n - площадь поршня, м^2 ; t - время, с; ω - энергия удара, Дж; K - коэффициент сжимаемости жидкости, Па^{-1} ; V_0 - начальный объем жидкости под поршнем, м^3 ; β - угловая частота, Рад с^{-1} ; α - коэффициент затухания колебаний давления, с^{-1} .

В свою очередь параметры β и α определяются из равенств

$$\beta = \sqrt{\frac{s_n}{KI_0 m}} \quad \alpha = \frac{s_k}{KV_0 \sqrt{8\sigma p}}$$

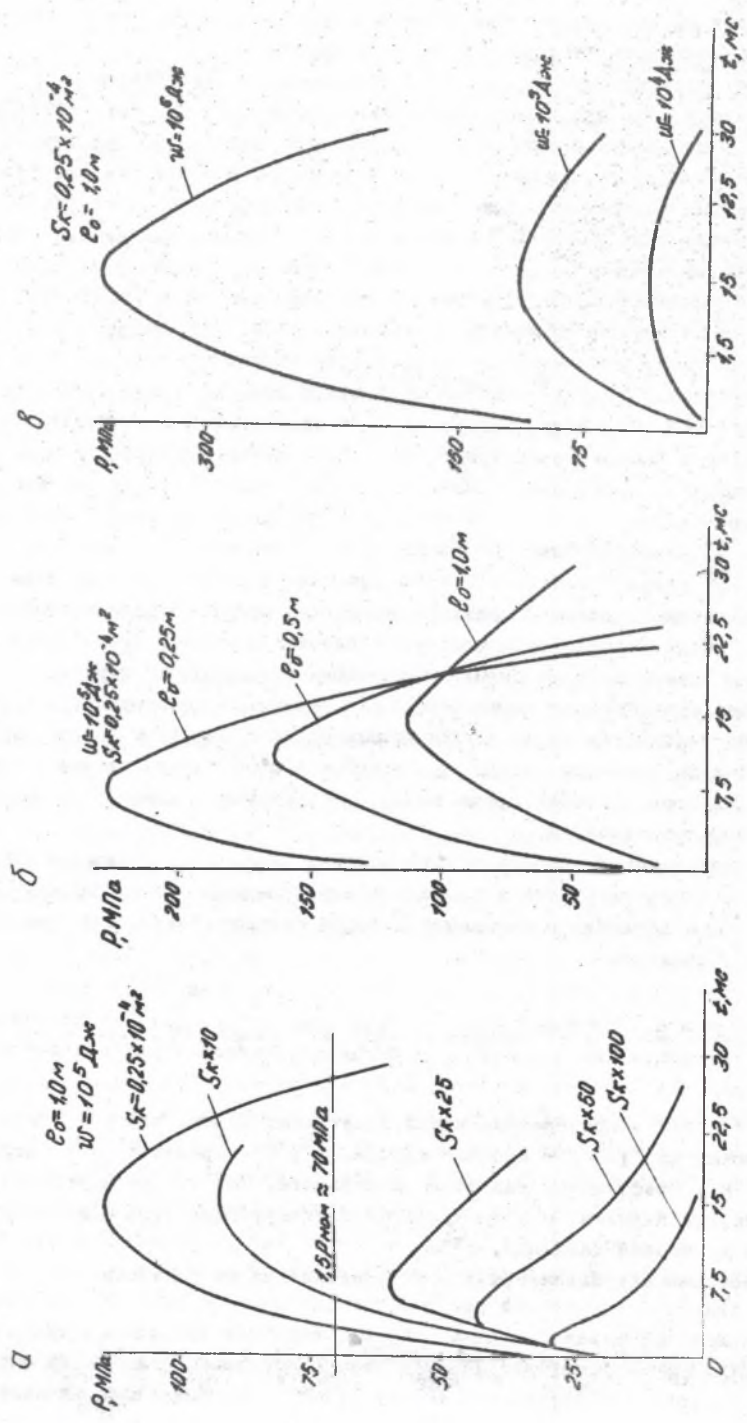


Рис. 2. Изменение давления во времени в зависимости от
 а - размеров клапана, б - гидравлической разности, в - энергии удара

где: l_0 - высота столба жидкости под поршнем, м; S_k - площадь выходного отверстия клапана, м²; ρ - плотность жидкости, кгм⁻³; p - начальное давление жидкости под поршнем, Па. Для анализа наиболее характерных особенностей гидростоек были сделаны следующие возможные допущения: $S_n = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$; $S_k = 25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Па}^{-1}$, $\rho = 10^3 \text{ кгм}^{-3}$, $m = 5 \cdot 10^3 \text{ кг}$, $P = 10 \text{ МПа}$. При этих допущениях составлена программа и проанализировано влияние конструктивных параметров гидростоек.

Характер изменения давления во времени, представленный на рис. 2а,б, свидетельствует, что на величину давления влияют размеры гидростойки и клапана. Увеличение размеров клапана (при создании специального аварийного клапана на случай динамического нагружения) приводит к снижению амплитуды и длительности действия пикового давления, а увеличение гидравлической раздвижности к снижению амплитуды давления и увеличению длительности достижения максимального давления. Гидростойки с повышенной гидравлической раздвижностью, например, затопленные с пустотелым штоком или двойной гидравлической раздвижностью, представляют собой аккумулятор в форме дополнительного объема жидкости. Величина пикового давления в гидростойке (амплитуда давления) при фиксированных параметрах нелинейно зависит от гидравлической раздвижности (рис. 3а). Пиковое давление в гидростойке с гидравлической раздвижностью более 1 м. уменьшается незначительно и кривые заметно выполаживаются. Резкое увеличение размеров клапана снижает приращение пикового давления (рис. 3б,в), и уменьшает длительность нахождения гидростойки под избыточным давлением (рис. 2а). Существующие клапана $S_k = 0,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ даже в открытом состоянии представляют собой малую защиту гидростоек от удара. При этом с повышением удара возрастает величина пикового давления (рис. 2в), а время достижения его определяется в основном гидравлической раздвижностью (рис. 4), которая частично поглощает энергию удара и растягивает импульс во времени.

Если допустить максимальный заброс давления жидкости в гидростойке до величины, превышающей настройку аварийного клапана (номинального сопротивления крепи) в 1,5 раза, например, до 60...80 МПа, мы можем установить, что увеличение пропускной способности клапана более чем в 25 раз до величины более $6,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, позволяет гидростойке избежать последствий динамического нагружения при энергии удара до 10^7 Дж и минимально допустимой величины гидравлической раздвижности (рис. 2а, 3а, 4).

Следует отметить, что в Верхнесилезском угольном бассейне ПНР на 26 шахтах на протяжении более 10 лет действуют сейсмостанции, регистрирующие сотрясения, связанные с горными работами при разрушении крепких пород. Самое большое число горных ударов проявилось при сотрясениях с энергией 10^6 Дж . По результатам сравнения замеров проявления динамических нагрузок на крепь и параметров сотрясения массива. К. Стоинский выделяет три модели динамических проявлений и области распространения удара в зависимости от местоположения крепи и места возникновения удара [4]. С учетом этого нами огривается максимальная энергия до 10^7 Дж .

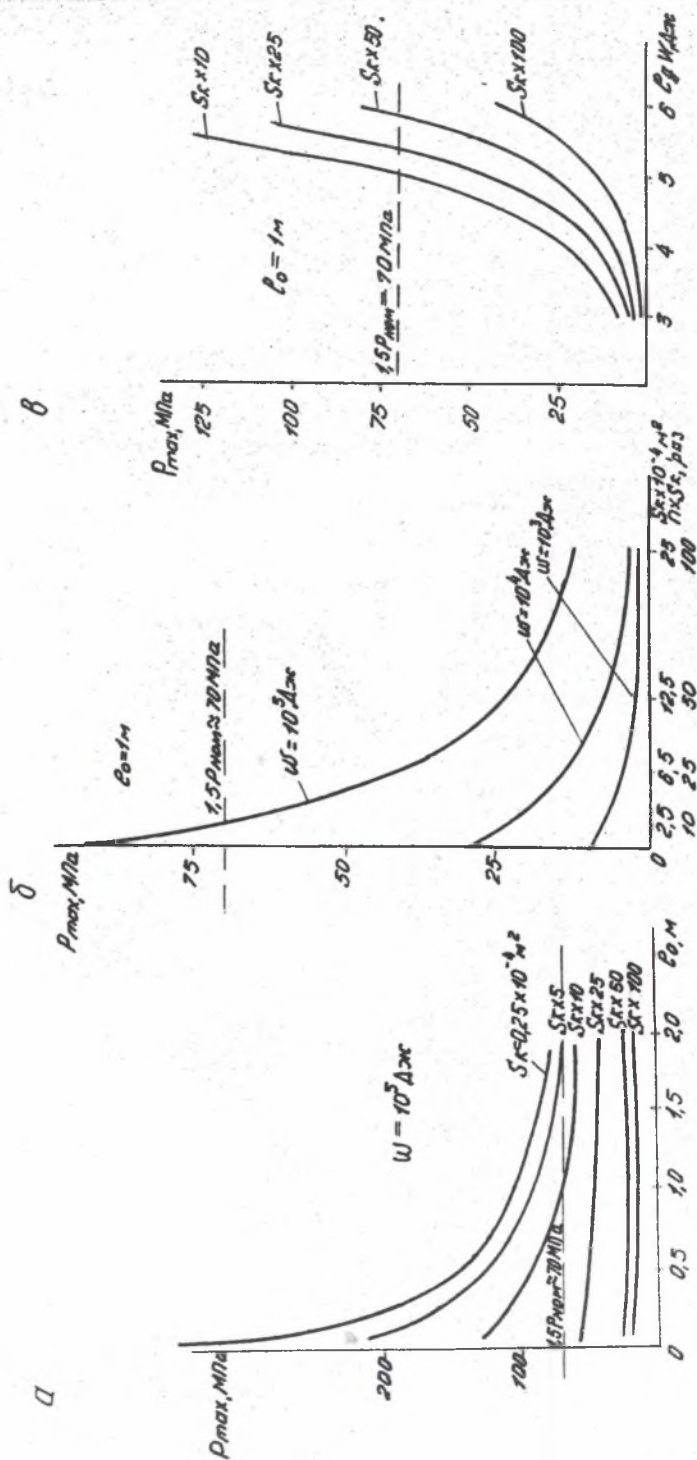


Рис. 3. Изменение величины пикового давления от
 а - гидравлической развязности, б - размеров клапана, в - энергии удара

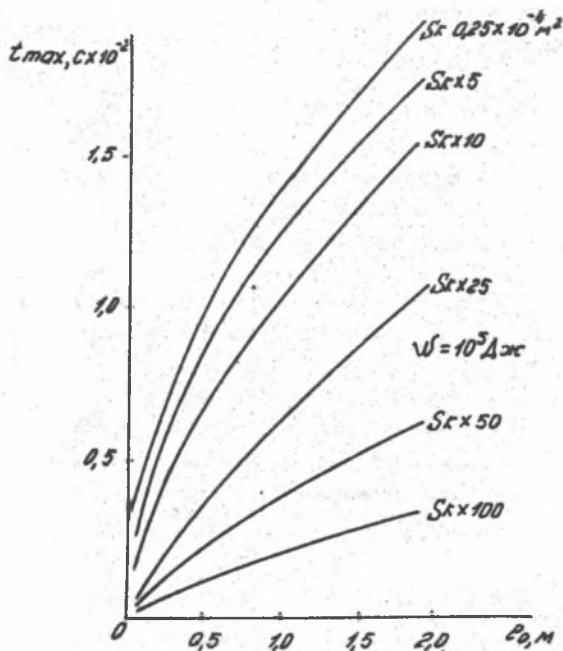


Рис. 4. Изменение длительности достижения максимального давления в зависимости от гидравлической раздвижности и размеров клапана при $\omega = 10^5 \text{ Дл}$

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что устройства защиты инерционного действия обладают высокой эффективностью срабатывания и могут служить защитой гидростоек механизированных крепей от динамических нагрузок, что подтверждается положительными лабораторными испытаниями. Характеристики таких устройств могут быть оценены по вышеприведенным зависимостям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Фролов Б.А., Клишин В.И., Верин В.С.: Методы повышения адаптивности механизированных крепей. - Новосибирск: Наука, 1983.
- [2] Клишин В.И. Анализ принципа работы средств охраны механизированных крепей от динамических нагрузок. Пш. Гур. 1989. Т. 45 1 1, с. 1-3.
- [3] Фролов Б.А., Сунег Г., Клишин В.И.: Описание динамических процессов в гидростойках механизированных крепей. ФТПРПИ, 1984, № 6.
- [4] Stainski K.: Wybrane problemy współpracy obudowy wyrobisk górniczych z górotworem w warunkach obciążeń dynamicznych - tapani. Gliwice, Politechnika Śląska, Zeszyty Naukowe, Nr 959, 1988.

BADANIE PROCESÓW DYNAMICZNYCH W STOJAKACH
OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

S t r e s z c z e n i e

Na bazie uogólnienia i analizy środków ochrony podpór hydraulicznych obudów zmechanizowanych od obciążeń dynamicznych została wydzielona klasa urządzeń pracujących na zasadzie bezwładności, która to zasada jak najbardziej odpowiada opracowanym wymaganiom technicznym takich urządzeń. Osobliwością tych urządzeń jest włączanie się od impulsu siły. Zaproponowano konkretne rozwiązania konstruktywne takich urządzeń, które zostały przebadane na próbnych stanowiskach typu kafarowego i na ST6DM, zabezpieczających dynamiczne ściskanie podpory hydraulicznej.

Otrzymano pozytywne wyniki. Celem oceny wpływu własności cieczy, gabarytów podpory hydraulicznej i parametrów awaryjnych urządzeń zostały przeprowadzone badania teoretyczne zachowania podpory hydraulicznej przy obciążeniu dynamicznym w ramach opracowanych modeli.

INVESTIGATION OF DYNAMIC PHENOMENA
IN POWERD ROOF SUPPORTS

S u m m a r y

On the basis of generalization and analysis of means for protection of hydraulic props against dynamic loads in powered roof supports, a class of devices operated on the principle of inertia has been separated, this principle being most suitable for technical requirements worked out for such devices.

Turning on induced by time effect is the distinctive feature of these devices. Specific constructive solutions to such systems have been proposed and were examined on pile-driver type test stands and ST6DM providing dynamic compression of hydraulic prop.

Favourable results have been obtained. In order to estimate the effects of fluid properties, overall dimensions and emergency parameters of the devices, theoretical investigations were made on the behaviour of hydraulic prop under dynamic load within the frame-work of models developed.