

## **МЕТОД ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Дана стаття описує лабораторний метод, що визначає: мету, умови, обсяг і порядок проведення досліджень параметрів пристрою гідроімпульсної дії.

## **THE LABORATORY METHOD FOR MEASURING OF THE HYDROIMPULSIVE EQUIPMENT**

This article describes the laboratory method that defines: the purpose, conditions, effort and procedure of the researching the device settings of hydroimpulsive impact.

Применение высоконапорных режимов нагнетания жидкости в угольные пласты с целью создания безопасных условий ведения горных работ по пылевому и газовому факторам многократно проверено и подтверждено практикой ведения горных работ. Вместе с тем ухудшение горно-геологических условий на больших глубинах привели к значительному снижению эффективности высоконапорного нагнетания жидкости с целью предотвращения газодинамических явлений и пылеобразования. В первую очередь это связано с изменением свойств угольного пласта и отсутствием технических средств, которые позволяют в этих условиях реализовать эффективное гидрорыхление и увлажнение угля по всей мощности пласта при статическом нагнетании жидкости. Кроме этого, в условиях больших глубин при гидрорыхлении выбросоопасных пластов возрастает вероятность проявления гидроразрыва и гидротжима краевой части с последующим провоцированием внезапных выбросов.

Уменьшить негативное влияние вышеотмеченных факторов и повысить эффективность нагнетания жидкости через шпуры или скважины, пробуренные из горных выработок, представляется возможным при переходе от статического нагнетания к импульсному в режиме кавитации, так называемому гидроимпульсному воздействию.

Отличительной особенностью технологии гидроимпульсного воздействия является использование малорасходных высокочастотных генераторов упругих колебаний в потоке нагнетаемой жидкости (далее генератор упругих колебаний – ГК-2,5). При этом ГК-2,5 обеспечивает стабильность режима кавитации в необходимом диапазоне давления подачи жидкости в угольный массив. Взаимосвязь характеристик насосных установок и ГК-2,5 позволяет эффективно реализовывать процессы интенсификации трещинообразования, заполнения трещин жидкостью и изменения физико-механических свойств угольного пласта.

Генераторы кавитаций ГК-2,5 используются в составе устройств гидроимпульсного воздействия.

Устройства гидроимпульсного воздействия (УГИВ) применяются с целью повысить эффективность технологии гидрорыхления выбросоопасных уголь-

ных пластов.

Целью данной работы является разработка лабораторного метода определения гидродинамических параметров при автономных испытаниях ГК-2,5 и при испытаниях УГИВ на модели имитатора скважины.

В методе предусматривается решение следующих основных задач:

- расчет геометрических размеров и изготовление генератора колебаний (ГК-2,5) в соответствии с характеристиками насосной установки УНР или УНИ-01, применяемых на шахтах при нагнетании жидкости в угольный пласт;

- определение оптимальных конструктивных и режимных параметров генератора колебаний, при которых обеспечиваются максимальные значения двойной амплитуды и частоты автоколебаний импульсов давления на выходе генератора ГК-2,5;

- испытание УГИВ в условиях модели скважины и определение рациональных гидродинамических параметров устройства при переменных значениях давления на входе генератора, давления подпора и расхода жидкости по длине фильтрационной части имитатора скважины.

Задачей данного исследования автономных испытаний ГК-2,5 является определение гидродинамических характеристик: двойной амплитуды автоколебаний давления, частоты автоколебаний и амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) генератора. Целью исследований УГИВ является определение параметров гидроимпульсного воздействия в условиях модели скважины: расход жидкости, давление на входе генератора и давление подпора, величины импульсов и частоты следования автоколебаний по длине фильтрационной части имитатора скважины в зависимости от давления подпора.

Лабораторные исследования гидродинамических характеристик ГК-2,5 и параметров УГИВ проводятся в два этапа. Первый – автономное исследование характеристик ГК-2,5, второй – исследование УГИВ на модели скважины. Исследования гидродинамических характеристик проводятся на гидравлическом стенде высокого давления. Структурная схема гидравлического стенда приведена на рис. 1. Стенд, как замкнутая система, состоит из следующих основных узлов: 1 – емкость объемом  $8 \text{ м}^3$ , расположенная на специальном каркасе на высоте  $\approx 1,5 \text{ м}$  от пола; 2 – вентиль регулируемый; 3 – фильтр; 4 – подкачивающий насос с расходом до  $160 \text{ л/мин}$  и напором  $7,0 \text{ МПа}$ ; 5 – ротаметр для воды; 6 – входной трубопровод; 7 – насос УНР (или УНИ-01); 8 – напорный трубопровод; 9 – объект испытания; 10 и 11 – регулируемые дроссели; 12 – сливной трубопровод; 13 – заправочный трубопровод; 14 – электрический распределительный щит управления.

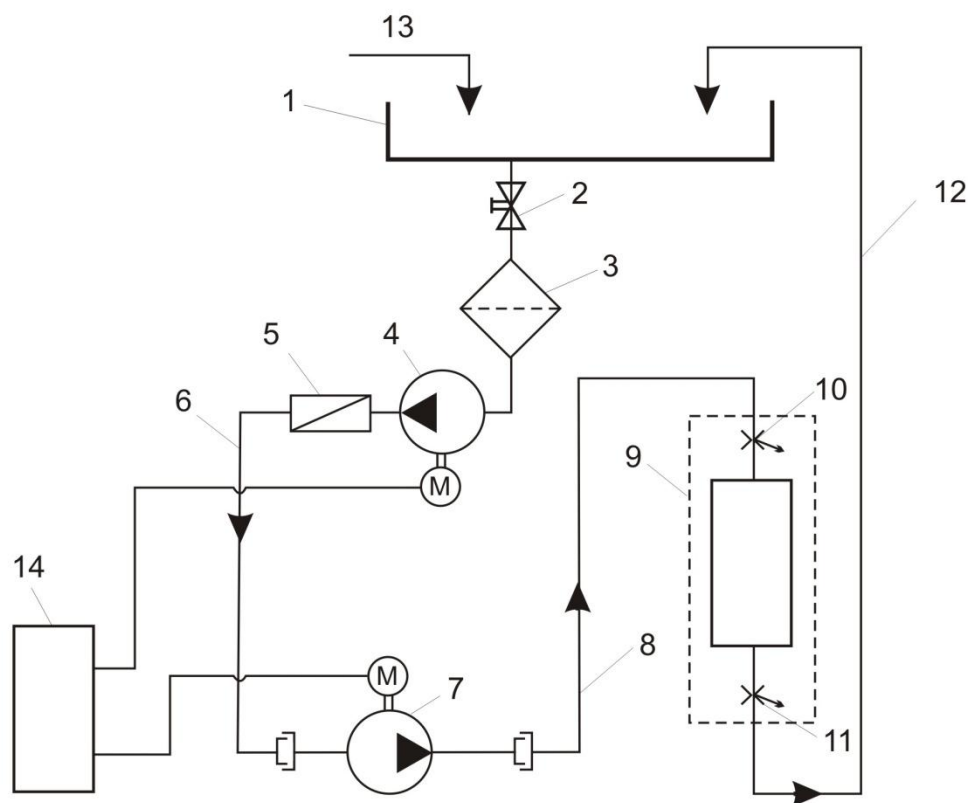


Рис. 1 – Структурная схема гидравлического стенда

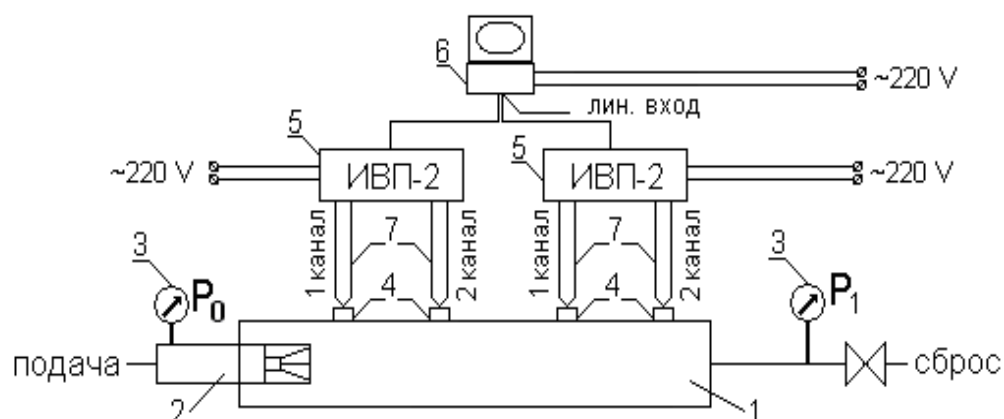
Гидравлический стенд высокого давления должен обеспечить определение гидродинамических характеристик генератора и моделирование условий работы УГИВ в скважине угольного пласта по следующим параметрам:

- давлению нагнетания жидкости, создаваемого насосными установками от 5,0 МПа до 30 МПа;
- расходу жидкости до 120 л/мин;
- давлению подпора (давлению газа в пласте и сопротивлению угля на сдвиг) от 1,0 МПа до 12,0 МПа;

Системы стенда должны поддерживать установившееся давление на входе в устройство  $P_0 = 5...30$  МПа при расходе жидкости до  $Q = 120$  л/мин. При установившемся давлении  $P_0$ , давление на выходе из него  $P_1$  должно плавно изменяться в диапазоне  $(0,05...0,9)P_0$ . Приборы и аппаратура стенда должны быть поверены и соответствовать диапазону измерения параметров. Исследование гидродинамических характеристик ГК-2,5 (зависимостей двойной амплитуды колебаний давления  $\Delta P$  и частоты их следования  $f$  от давления подпора  $P_1$ ) и определение его АЧХ проводятся следующим образом. Генератор ГК-2,5 присоединяется к последиффузорному каналу, который монтируется к гидравлическому стенду. При открытых вентиле 2 и регулируемых дросселях 10 и 11 (рис. 1) система заполняется водой. После чего производится запуск подкачивающего насоса 4 и основного насоса УНР. Входным дросселем 10, расположенным перед объектом испытаний, задается давление на входе гене-

ратора  $P_0 \approx 5; 10; 20; 30$  МПа. При каждом установившемся давлении на входе  $P_0$  выходным дросселем 11 дискретно изменяется давление на выходе  $P_1$  с шагом  $\approx 0,1-2$  МПа в зависимости от давлений нагнетания и подпора.

Запись гидродинамических параметров, таких как двойная амплитуда и частота, осуществляется при помощи контрольно-измерительной аппаратуры. Контрольно-измерительная аппаратура состоит из следующих основных узлов: поверенный манометр, датчик индуктивный ДДИ-20, вторичный преобразователь ИВП-2, ПЭВМ, соединительные кабели. Схема монтажа контрольно-измерительной аппаратуры приведена на рис. 2.



1 – объект исследования; 2 – ГК-2,5; 3 - манометр; 4 - индуктивный датчик ДДИ-20; 5 – двухканальный преобразователь ИВП-2; 6 - ПЭВМ; 7 - соединительные кабели типа КМВ

Рис. 2 – Схема монтажа контрольно-измерительной аппаратуры

Двухканальный преобразователь типа ИВП-2 является вторичным преобразователем в системе измерения быстропеременных давлений. Он предназначен для преобразования изменений комплексного сопротивления датчика в электрическое напряжение. В комплекте с прибором ИВП-2 используются регистраторы с входным сопротивлением не менее 10 кОм и первичные преобразователи – датчики давления ДД-10, ДДИ-20 или ДДИ-21.

В качестве регистратора можно использовать шлейфовый осциллограф или любую измерительную плату, поддерживающую, соединение с ИВП-2 при помощи кабеля марки КМВ.

Для измерения быстропеременных давлений на объекте исследований используются датчики избыточного давления типа: ДД-10, ДДИ-20 и ДДИ-21. Основной характеристикой индуктивного датчика, определяющей рабочий диапазон измеряемых давлений и его градуировочную кривую, является контрольное давление  $P_k$ , которое указывается на его корпусе.

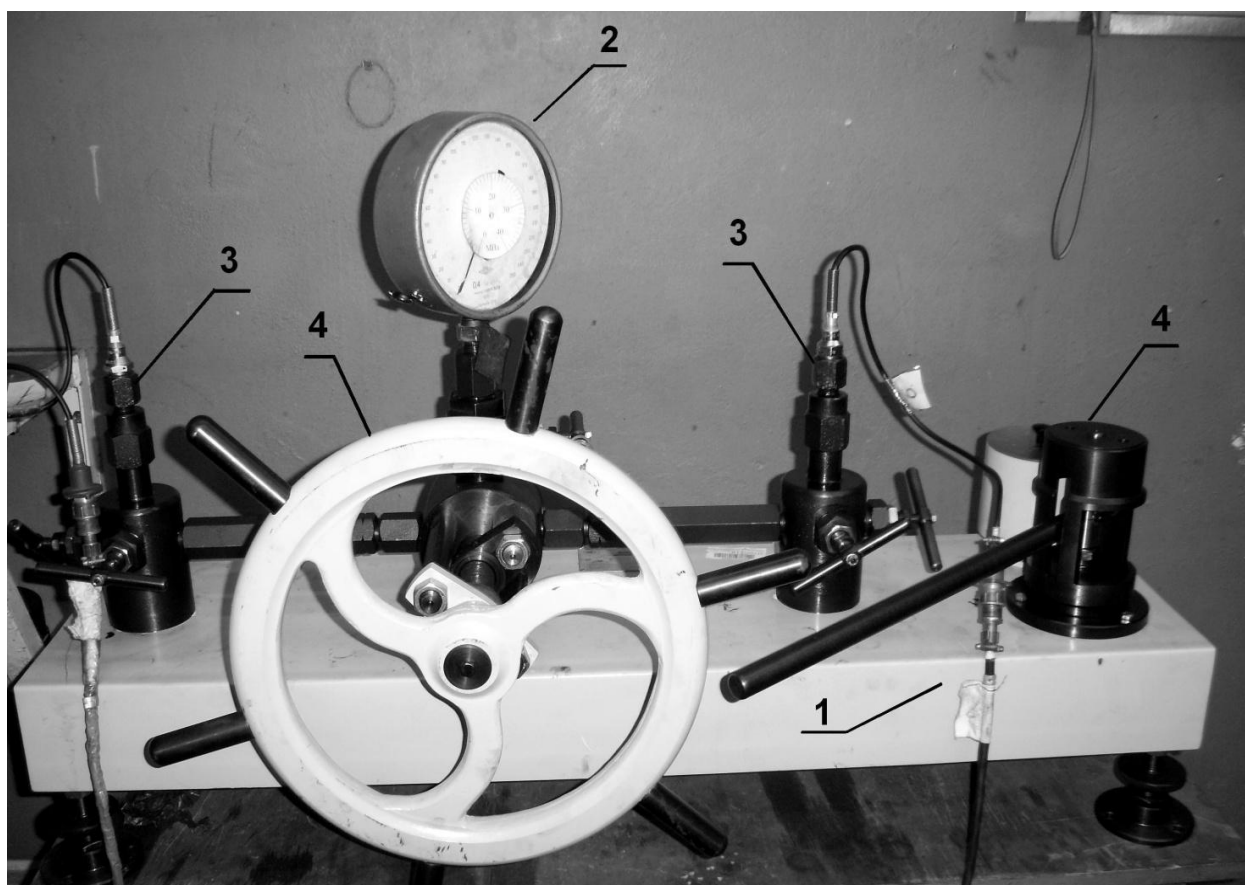
Исследование параметров УГИВ при моделировании его работы в трубопроводе имитатора скважины проводится в аналогичной последовательности. Перед исследованием УГИВ последиффузорный канал демонтируется, а ге-

нератор ГК-2,5 устанавливается непосредственно перед объектом исследований.

Измерения гидродинамических характеристик и параметров проводятся в следующей последовательности, более подробно описанной в [1].

1. По схеме (рис. 1) монтируется высоконапорная система, после чего проверяется работоспособность узлов и механизмов. Согласно последовательности проведения исследований на стенде устанавливается объект исследований.

2. На манометрическом прессе МП600 (рис. 3) производится тарирование датчиков ДДИ-20. Для этого пресс, подготовленный к исследованиям, устанавливается на прочном столе, исключающим удары и вибрацию. Открывается запорный клапан, поршень отводится в крайнее положение, вращая маховик прессы по часовой стрелке; с помощью плунжерного насоса гидросистема заполняется. После чего запорный клапан закрывается. Вращая маховик прессы против часовой стрелки на несколько оборотов, создать в гидросистеме некоторое давление, затем открыть запорный клапан и если в сливаемом в бачок масле обнаружится пена или отдельные воздушные пузырьки, повторно заполнить гидросистему и пресс маслом и повторить операцию.



1 – станина; 2 – поверенный манометр; 3 – датчики ДДИ-20;  
4 – насос ручной плунжерный

Рис. 3 – Пресс манометрический МП600

С помощью переходных штуцеров подключить к центральной стойке образцовый манометр, а к левой и правой стойкам тарируемые датчики ДДИ-20. С помощью соединительных кабелей подключить датчики ДДИ-20 к сигнальному входу ИВП-2. Сигнальный выход ИВП-2 подключить к измерительной плате, например Е14-140, которая подключается к ПЭВМ.

При вращении маховика по часовой стрелке, давление в гидросистеме плавно повышается, а при вращении против часовой стрелки – понижается.

Проверка и калибровка датчиков ДДИ-20 производится с помощью показаний образцового манометра и обработки электрических сигналов на ПЭВМ с помощью программы «Power Graph 3.3 Professional».

По окончании работы запорный вентиль открывается, давление в гидросистеме пресса сбрасывается, датчики отключаются от стоек пресса и устанавливаются на объект исследования.

3. Включаются подкачивающий и основной насосы и проводится контроль масштаба ИВП-2. Измерения гидродинамических параметров  $\Delta P_{2-5}$  датчиками ДДИ-20 осуществляется контрольно измерительной аппаратурой (рис. 2) при установившемся режиме течения ( $P_0$  и  $P_1 = \text{const}$ ) со временем регистрации не менее 0,5 секунды по команде «Замер». Установившиеся значения давлений на входе  $P_0$  и выходе  $P_1$  по показаниям манометров заносятся в протокол испытаний.

4. На ПЭВМ по значениям измеренных величин производится расшифровка данных и расчет гидродинамических характеристик генератора ГК-2,5 на различных уровнях режима его работы. По установленным уровням режима определяется рациональный диапазон работоспособности генератора по двойной амплитуде  $\Delta P$  с соответствующий ему частотой  $f$  автоколебаний, максимальное давление подпора  $P_1$ , которые отражаются на характеристике генератора.

Таким образом, лабораторный метод, описанный в данной статье, позволяет определить такие важные гидродинамические характеристики ГК-2,5 и УГИВ как двойная амплитуда (размах)  $\Delta P$ , частота автоколебаний  $f$  с точностью, достаточной для перехода от имитатора скважины к использованию УГИВ в условиях проведения подготовительных выработок при разработке угольных пластов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика лабораторных исследований параметров устройства гидроимпульсного воздействия на выбросоопасные угольные пласты : утв. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск: ИГМТ НАН Украины, 2012. – 9 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ  
РАСТЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКЕ УГЛЯ**

Приведена швидкість переміщення деформацій в непорушеному масиві. Встановлено, що швидкість в породах середнього ступеня метаморфізму складає 15 м/добу. Середня швидкість переміщення деформацій в сланцях – 10 м/добу, в піщаниках – 15 м/добу. При повторній підробці швидкість переміщення деформацій складає 17 м/добу.

**THE DETERMINATION OF TENSILE DEFORMATION'S SPEED  
TRAVEL IN MASSIF DURING THE COAL MINING**

Deformation's speed travel in the virgin rock massif is given in this article. It has been determined that deformation's speed in the rocks of medium-scale metamorphism was 15 meters over the entire circadian period. The average speed of deformation's travel in the shale rocks is 10 meters over the entire circadian period and in the sandstone is 15 meters over the entire circadian period. During the recurring undermining the speed travel of deformations is 17 meters over the entire circadian period.

При выемке угля в газонасыщенном углепородном массиве происходят два независимых процесса: перемещается очистной забой и вверх от него развивается зона деформаций растяжений, которая на определенной высоте сменяется зоной сжатий. При этом над очистным пространством образуется разрушенный массив, который проявляет себя как горное давление. В результате разрушения подработанного массива горных пород увеличивается количество метана. Он сосредотачивается в зонах деформаций растяжений. Зоны деформаций растяжений в массиве зависят как от параметров процесса сдвижения, скорости развития деформаций в массиве, так и от параметров очистного забоя. Управляя скоростью подвигания забоя и его параметрами можно достигать разрушения именно тех пластов пород, в которых содержится метан. Изучение параметров зон деформаций растяжений во взаимосвязи с параметрами сдвижения массива горных пород и параметрами очистного забоя позволит целенаправленно осуществить дегазацию массива путем извлечения из него метана.

Процесс сдвижения происходит за определенный период времени, следовательно, деформации в массиве также развиваются с какой то определенной скоростью. Эта скорость была определена ранее для нарушенного и ненарушенного массивов. Результаты исследований, которые изложены в статье, основываются на инструментальных наблюдениях, полученных следующими учеными: в ненарушенном массиве эту скорость определили [1], проф. Кулибаба С.Б. [2]. В нарушенном массиве – польский ученый А. Ковальски [3]. В связи с тем, что скорость развития деформаций в массиве для различных условий (для малых глубин, для больших глубин, подработанный и неподработанный массив) различна, то используем инструментальные наблюдения, по-