проходке не более 21,4 $м^2$ возможно производить гидродинамическим воздействием через одну скважину диаметром 150 *мм*, пробуренную в центре выработки, с параметрами: давление нагнетания воды ≥ 10 *МПа*, остаточное давление при сбросе 4 – 5 *МПа*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ 10.1.00174088.011- 2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям – К.: Минуглепром Украины, 2005. – 224 с.

2. Руководство по вскрытию выбросоопасных угольных пластов способом гидродинамического воздействия через скважины в условиях шахт Центрального района Донбасса. – Минуглепром СССР, 1988. – 21 с.

3. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / [А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Д.П. Силин и др.]. – Днепропетровск: «Поліграфіст», 2003 – 220 с

УДК 622.245:532.538

Ю.А. Жулай, вед. науч. сотр.,
А.С. Ворошилов, м. н. с.
(ИТСТ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИБРОПЕРЕГРУЗКИ НА ИНСТРУМЕНТЕ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ТРУБ

Наведено результати експериментального дослідження динамічних характеристик гідродинамічного вібратора, у тому числі й вібронавантаження на інструменті для розширення діаметра бурових труб. Зіставлення результатів при випробуваннях на стенді й у промислових умовах дає задовільну збіжність, що підтверджує працездатність пристрою. Це обґрунтовує перспективність використання гідродинамічної кавітації в технологічних процесах по розширенню труб шляхом накладення вібронавантаження до 4000g із частотою f=3-12 кГц на інструмент для розширення.

THE EXPERIMENTAL DEFINITION OF THE VIBRATION OVERLOAD ON THE TUBE EXPANDING TOOL

The results of an experimental investigation of some dynamical characteristics of hydrodynamic vibrator, including the vibration loads on the tool for drill pipes expanding, are given. The comparison of the vibration loads from tests on stand and in industrial environment gives satisfactory convergence of the results and thereby confirms the working capability of the tool. That proves the use prospectiveness of the hydrodynamical cavitation in some technological processes of tube expanding by applying the vibration load up to 4000g with frequency f=3-12kHz on expanding tool.

При разработке нефтяных и газовых месторождений используются различные способы расширения диаметра буровых труб. Так фирма «Weatherfopd» традиционно использует гидравлический способ, путем подачи высоконапорного потока жидкости под расширительный конус. Из практики известно, что при таком способе расширения труб » 50% энергии жидкости расходуется на преодоление сопротивления трения, а » 50% – на саму операцию расширения. При этом оптимизация технологического процесса расширения осуществляется путем уменьшения трения с применением дорогостоящей

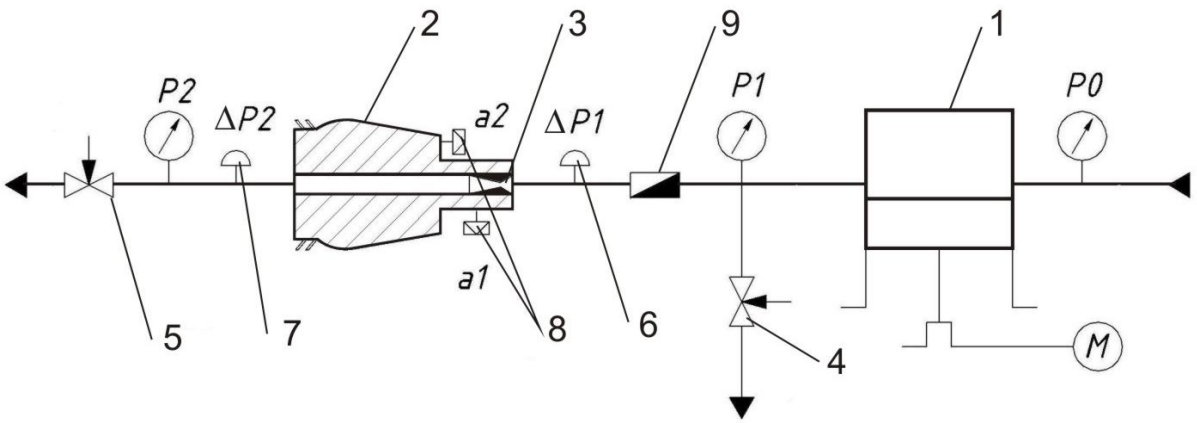
специальной смазки MSDS с молибденовыми присадками, что приводит к значительным экономическим затратам.

В связи с вышеизложенным, поиск новых способов и средств, применяемых при расширении труб, продолжает оставаться **актуальной задачей.**

Одним из направлений решения этой задачи является уменьшение сопротивления трения наложением вибронагрузки на расширяющий кон. Это определяет **цель работы**: исследование возможности применения кавитационного гидродинамического вибратора (ГДВ) в технологии расширения диаметра буровых труб для уменьшения трения за счет высокочастотной вибронагрузки на инструменте и возможности отказа от применяемой смазки. Для достижения поставленной цели **решалась задача** экспериментального определения динамических характеристик ГДВ, в том числе величины вибронагрузки на расширяющем элементе (коне).

Для создания вибронагрузки на расширительном коне предложено использовать оригинальный кавитационный генератор высокоамплитудных и высокочастотных колебаний давления жидкости [1]. В нем реализуется режим периодически-срывной кавитации, который преобразует стационарное течение в дискретно-импульсное с частотой следования импульсов от 1 до 19 кГц. Исходными данными для расчета геометрических параметров гидравлического канала, являлись давление питания и расход через генератор. В результате расчета по стандартным методикам [2] был выбран кавитационный генератор с критическим сечением $d_{кр}$ = 1,4 мм.

Для экспериментального определения значений «размаха» и частот автоколебаний, а также вибронагрузок, создающих генератором на коне в осевом и поперечном направлении, были проведены испытания на гидравлическом стенде по схеме, которая представлена на рис.1.



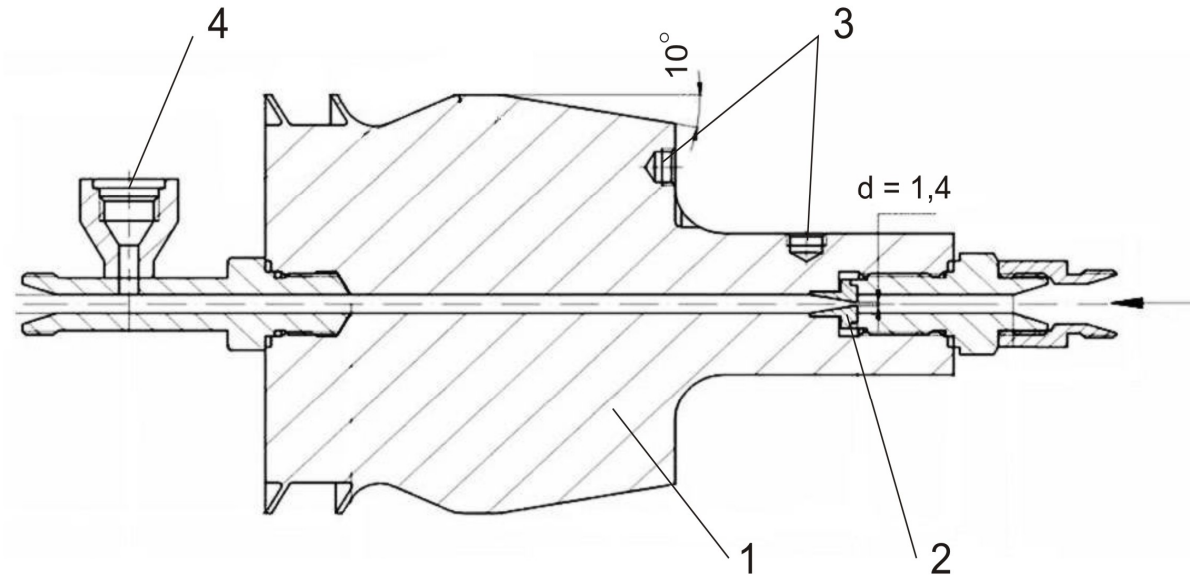
1 – насос; 2 – кон; 3 – кавитационный генератор; 4 – дроссель;
5 – подпорный дроссель; 6,7 – датчики пульсаций; 8 – датчик виброускорений;
9 – расходомер

Рис.1 – Схема гидравлическая для проведения испытаний по определению характеристик гидродинамического вибратора.

В качестве источника высокого давления – 1 использовалась насосная установка «Посейдон 50/26-30» производства ТПХ «Днепровские заводы» с максимальным давлением и расходом 50 Мпа и 26л/мин. и мощностью электропривода 30кВт.

Кон-2, инструмент расширения трубы – представляет собой (см. рис.2) монолитную конструкцию с конической (10^0) поверхностью, которая переходит цилиндрическую. На конце цилиндрической поверхности выполнены тарельчатые проточки для уплотнения полости за коном. Кон снабжен центральным каналом, в который с входной стороны вкручивается ГДВ. На наружной поверхности имеются посадочные места для установки датчиков виброускорений. Материал кона нержавеющая жаропрочная сталь типа ЭП-56. Наружная поверхность кона не упрочнялась. Масса кона составляет 13,3 кг.

Максимальный диаметр кона составляет 137,2 мм. В процессе испытаний использовалась **с**истема измерений (СИ) со стандартными средствами, которые прошли Госпроверку, и обеспечивали необходимый диапазон измерений. Перечень измеряемых параметров приведен в таблице 1.



1 – кон; 2 – кавитационный генератор; 3 – гнезда под установку датчиков виброускорений АВС-034; 4 – гнездо установки датчика ДДИ-20

Рис.2 – Схема проточной части расширительного кона с ГДВ.

В процессе испытаний было установлено, что в гидравлической системе с экспериментальным образцом гидровибратора при каждом значении установившегося давления на входе P_1, в диапазоне изменения значений давления P_2 » 0,05 ¸ 0,7 возникают периодические колебания жидкости.

Таблица 1 – Перечень измеряемых параметров

№ п/п	Параметр	Наименование датчика	Тип датчика	Рабочий диапазон		Основная погрешность, %
				по амплитуде	по частоте, Гц	
1	Q	Турбинный датчик расхода жидкости	ТДР-8	0,05-0,5 л/с	0 ¸ 1	± 0.5
2	ΔP_1	Датчик давления	ДДИ-20	0,05-130,5 МПа	0-20000	± 5.2
3	ΔP_2	Датчик давления	ДДИ-20	0,05-130,5 МПа	0-20000	± 5.2
4	a_1	Датчик виброускорений	АВС-034	100000 м/с^2	20-30000	± 10
5	a_2	Датчик виброускорений	АВС-034	100000 м/с^2	20-30000	± 10
6	P_1	Манометр класса 1,6	РІМА	0-100 МПа	0 – 1	± 1.6
7	P_2	Манометр класса 0,6	МТ160	0-16 МПа	0 – 1	± 0.6
8	P_2	Манометр класса 0,6	МТ400	0-40 МПа	0 – 1	± 0.6

При измерениях и обработке результатов испытаний использовалась многоканальная плата ввода аналоговой информации в ПК с записью результатов испытаний [3]. Значения физических величин и режим работы ГДВ определялись при обработке записей датчиков давления и виброускорения после проведения испытаний. Настройка режимов работы ГДВ на различных испытаниях проводилась оператором вручную по показаниям манометров.

Из рис.3, на котором представлена копия участка осциллограммы при $P_1 = 40$ МПа и $P_2 = 8{,}2$ МПа, видно что на выходе экспериментального образца гидровибратора наблюдаются колебания давления жидкости P_2, которые носят ударный характер. Такой вид колебаний в гидродинамике имеет название пульсаций давления, которые характеризуются частотой и размахом колебательной величины давления жидкости. Это говорит про не акустическую природу этих колебаний и дает основание утверждать, что наблюдаемые колебания обусловлены возникновением в проточной части гидровибратора режима периодически-срывной кавитации.

При анализе результатов испытаний установлено, что зависимость «размаха» колебаний $\Delta P_2 = P_{2max} - P_{2min}$ от соотношения P_2/P_1 носит нелинейный характер (см. рис.4) с ярко выраженным максимумом в районе $P_2/P_1 \approx 0{,}2$, за исключением режима при $P_1 = 10$МПа, где максимум наблюдается в районе соотношения $P_2/P_1 = 0{,}3$.

Частота f пульсаций давления P_2, обусловленная схлопыванием каверн, наблюдается в диапазоне от 1 до 19 кГц (см. рис.5) и с ростом давлений питания P_1 и подпора P_2 возрастает. Зависимость f (P_2/P_1) носит характер близкий к линейному.

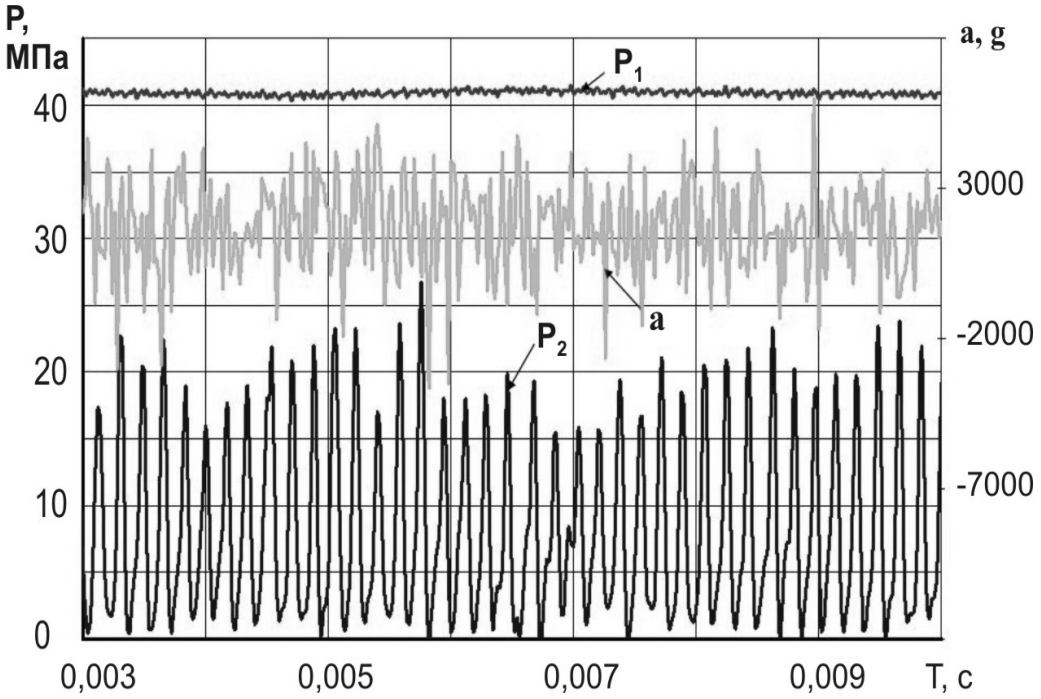


Рис.3 – Копия осциллограмма записи параметров работы ГДВ

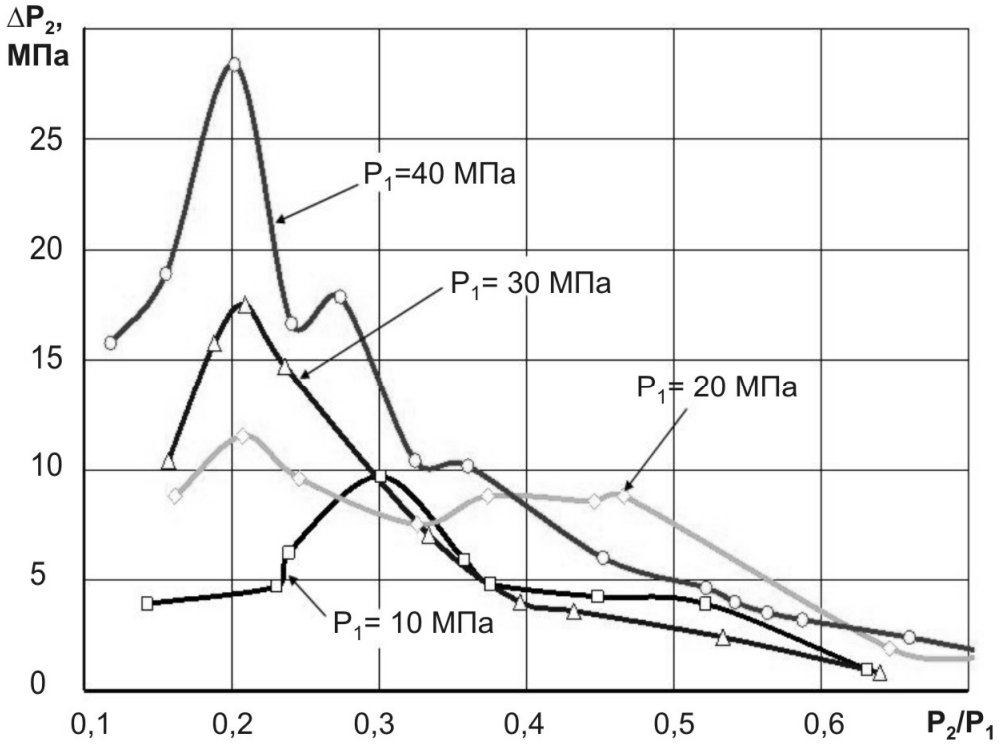


Рис.4 – Зависимость размаха колебаний за ГДВ от режима его работы

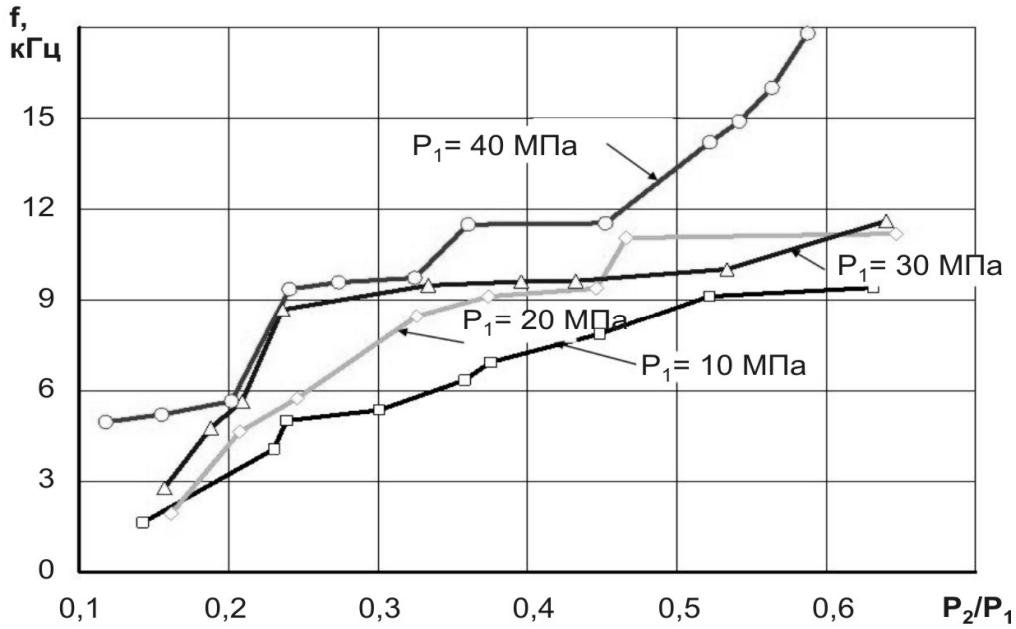


Рис. 5 – Зависимость частоты колебаний давления за ГДВ от режима его работы.

Как видно из представленных на рис.6 данных, максимальные значения виброперегрузки, как в осевом так и в радиальном направлении, реализуются в диапазоне изменения соотношения P_2/P_1 = 0,15 ¸ 0,4, в то время как максимум пиковых значений размаха колебаний соответствует соотношению P_2/P_1 » 0,2.

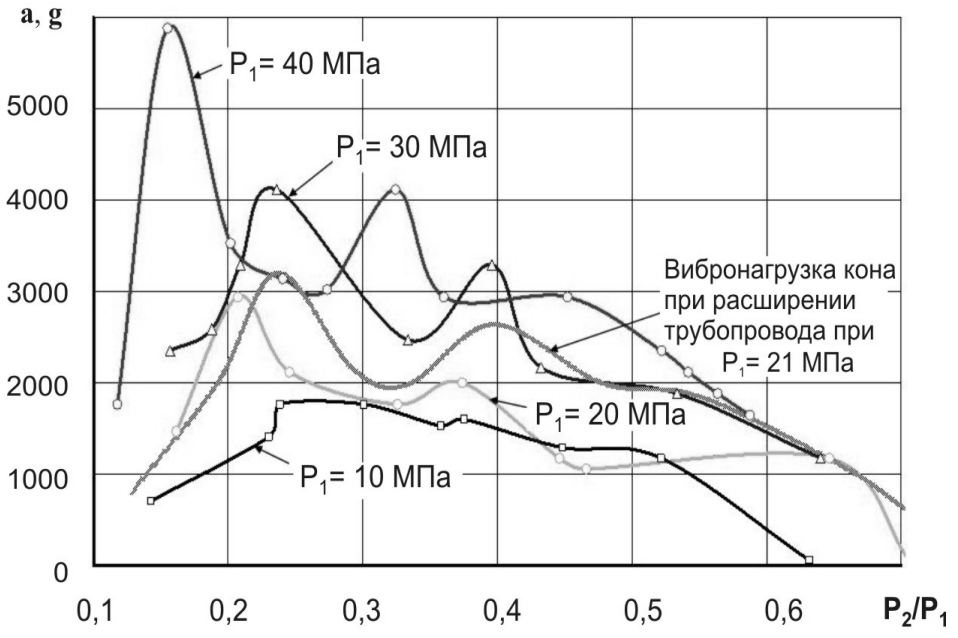


Рис.6 – Зависимость виброперегрузки на корпусе кона от режима работы ГДВ

На этом же рисунке приведена зависимость вибронагрузки кона от соотношения P_2/P_1 в процессе расширения трубопровода при давлении питания P_1 = 21 МПа. Сопоставление вибронагрузок кона при испытании на стенде и в промышленных условиях дает удовлетворительную сходимость результатов,

что подтверждает работоспособность устройства.

На основании выше изложенного сделать следующие **выводы**:

Приведенные результаты экспериментального определения динамических характеристик ГДВ обосновывают целесообразность и перспективность использования гидродинамической кавитации в технологических процессах по расширению труб путем наложения вибронагрузки до 4000g с частотой f = 3-12 кГц на инструмент для расширения.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении заключаются в определении эффективности наложения вибронагрузки на инструмент при проведении опытно-промышленных испытаний и поиске рациональных геометрических и режимных параметров генератора с оптимальными величинами амплитуд и виброускорений, позволяющих максимально интенсифицировать технологический процесс расширения труб с минимальными энергетическими затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1232296 СССР, МКИ В 06 В 1/18. Генератор колебаний давления жидкости / В.В. Пилипенко, В.А. Задонцев, И.К. Манько, Ю.А. Жулай, Н.А. Дзоз. – № 3772504/24-28; заявл. 19.07.84; опубл. 23.05.86, Бюл. № 12 – 2 с.: 1 ил.

2. Пилипенко В.В. Кавитационные автоколебания: монография / В.В. Пилипенко. – К: Наук. думка, 1989. – 316 с

3. Зберовский В.В. Стендовая установка для моделирования работы кавитационного генератора в скважине / Зберовский В.В., Жулай Ю.А., Ангеловский А.А., Чугунков И.Ф. // Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов. Выпуск 82. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – С.190-198.