

## АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК С ПОГРУЖНЫМИ НАСОСАМИ

Оверко В.М., Овсянников В.П., канд-ты техн. наук, доц,  
Донецкий национальный технический университет,  
Папаяни А.Ф., инж., АОЗТ НПО «Хаймек»

*Приведены основные элементы программы и некоторые результаты анализа частотных свойств трубопроводов водоотливных установок с погружными насосами методом конечных элементов в среде комплекса программ ANSYS с целью повышения надежности работы водоотлива этого типа.*

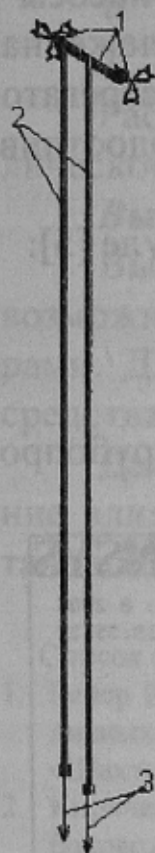
*Basic elements of the program and some results of the analysis of frequency properties of pipelines water-outflow-the of installations with immersing pumps a method of final elements in the environment of a complex of programs ANSYS with the purpose of increase of reliability of work of water-outflow of this type are resulted.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Многие угольные шахты Донбасса в настоящее время выработали свой ресурс и готовятся к закрытию или уже фактически закрыты. При этом требуется эффективная организация водоотлива из подземных выработок. Перспективной в этих условиях считается схема водоотлива с погружными насосами, которая позволяет полностью вывести обслуживающий персонал из-под земли. Проекты подобных водоотливов разработаны институтом «Донгипрошахт» для закрывающихся шахт «Миусская» госпредприятия «Торезантрацит», шахт № 6 «Красная Звезда» и № 9 «Капитальная» госпредприятия «Донецкуголь» - на базе насосов АМПШ севастопольского завода «Молот», а также для шахт «Объединенная» госпредприятия «Торезантрацит» и «Октябрьская» госпредприятия «Донецкуголь» - на базе насосов немецкой фирмы «Pleuger», поставщиком которых на украинский рынок является донецкое предприятие АОЗТ НПО «Хаймек». Аналогичные проекты разрабатываются и институтом «Луганскгипрошахт» для закрывающихся шахт Луганской области.

**Анализ исследований и публикаций.** В настоящее время введен в эксплуатацию водоотлив с погружными насосами на шахте «Чер-

номорка» ГП «Лисичанскуголь». По проекту погружной насос фирмы «Pleuger» PN82-20 расположен на глубине 440 м и качает воду по восьмидюймовым трубам с разной толщиной стенки и поверхностным участком длиной около 120 м. На конце трубопровода установлена задвижка с электроприводом, а в начале - сразу за насосом - обратный клапан. В соответствии с технологией организации рабочего процесса пуск насоса осуществляется на закрытую задвижку, которая



сразу же после включения насоса начинает медленно открываться, а перед отключением насосного агрегата предусматривается плавное закрытие задвижки. Соблюдение данной технологии позволяло вполне удовлетворительно эксплуатировать водоотливный комплекс. Но при аварийном обесточивании двигателя в установке возникли существенные продольные колебания трубопроводного става, приведшие к разрушению опорных подшипников насосного агрегата и другим поломкам. Возможной их причиной может быть гидравлический удар. Однако абсолютные значения сил, возникающих при этом, как правило, находятся в пределах запасов прочности элементов конструкций и указанные разрушения вызывать не должны. Вместе с тем, колебания давления в трубопроводе могут вызвать явление параметрического резонанса, что способно многократно увеличить действующие нагрузки [1,2].

Рис. 1 - Расчетная схема водоотливной установки.

- 1- закрепленная опорная балка,
- 2- напорные трубопроводы
- 3-сосредоточенная нагрузка, создаваемая весом погружных насосов.

**Постановка задачи.**

Целью проведенных исследований является определение частотных свойств трубопроводов водоотливных установок с погружными насосами для

обоснования необходимости применения средств их защиты от гидравлических ударов (на примере шахты «Черноморка» ГП «Лисичанск-уголь»).

**Изложение материала и результаты.** Алгоритм частотного анализа водоотливных трубопроводов и рассолопроводов в стволах глубоких шахт с использованием метода конечных элементов в среде комплекса программ ANSYS [3] и в определении зависимости частот



собственных колебаний участков этих трубопроводов от количества направляющих хомутов рассмотрены в работе [4]. Для анализа частотных свойств трубопроводов водоотливных установок с погружными насосами использована расчетная схема, показана на рисунке 1. При расчетах закрепленная в стволе опорная балка из двутавра и напорные трубопроводы разбивались на блочные конечные элементы BEAM188, соответственно, типа BEAM,1 и BEAM,STUBE [3]. Расположенные в начале напорных трубопроводов погружные насосы могут рассматриваться как сосредоточенная нагрузка, приложенная к последним точкам трубопроводов и равная весу насосных агрегатов.

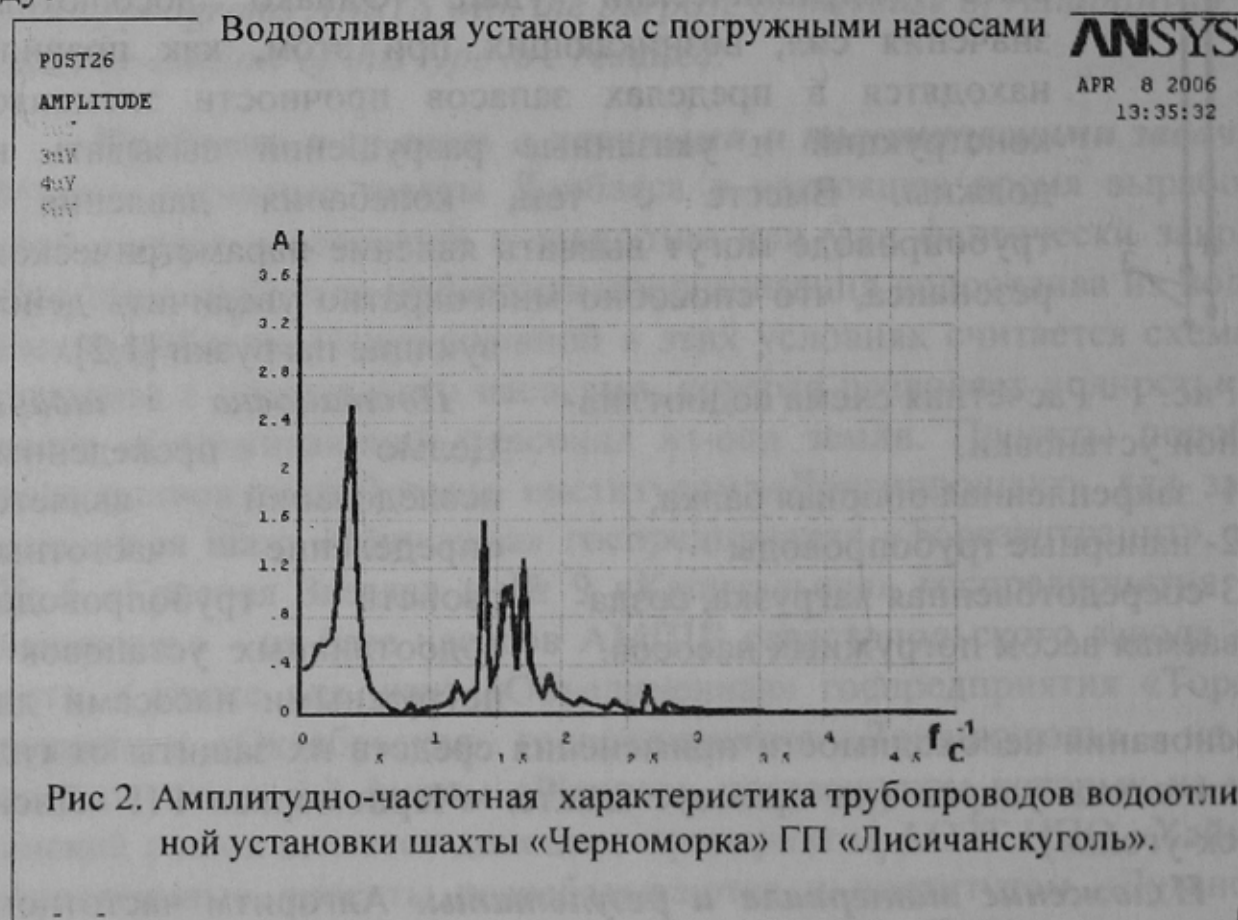
Как видно из рис. 2 собственная расчетная частота водоотливного трубопровода шахты «Черноморка»  $f_m = 0,4 \text{ с}^{-1}$ .

Частоту гидравлического удара легко рассчитать по формуле [5]:

$$f_2 = \frac{c}{4L}, \quad (1)$$

L - общая длина трубопровода;

c - средняя скорость распространения ударной волны по трубопроводу.



Средняя скорость распространения ударной волны определяется из выражения:

$$c = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \cdot \left( 1 + \frac{d^{cp} E_v}{\delta^{cp} E_{ct}} \right)^{-0,5}, \quad (2)$$

где  $E_v$  - объемный модуль упругости жидкости;

$\rho$  - плотность жидкости;

$\delta^{cp}$  - средняя толщина стенок трубопровода;

$d^{cp}$  - средний диаметр трубопровода;

$E_{ct}$  - модуль упругости материала стенок трубопровода.

Расчеты, выполненные по формулам (1,2) дают частоту гидравлического удара для данного водоотлива порядка  $f_c = 0,5 \text{ с}^{-1}$ .

### **Выводы и направления дальнейших исследований.**

Выводы: в водоотливных установках с погружными насосами возможны резонансные явления, вызываемые гидравлическими ударами. Для предотвращения тяжелых аварий необходимо применять средства, предупреждающие появление гидроударов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение влияния параметров напорных трубопроводов водоотливных установок с погружными насосами на их частотные свойства.

#### Список источников:

1. Гейер В.Г., Степанов Е.И. Малыгин С.С. Быков А.И. О повышении надежности водоотливных трубопроводов и рассолопроводов в вертикальных стволах глубоких шахт. «Шахтное строительство» 1971, №3 С.15-17.
2. Кириченко Е.А. Исследование параметров вертикальных колебаний трубного става глубоководного насосного гидроподъема. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 51, серія гірничо-електромеханічна. Донецьк: ДонНТУ, 2002. С. 114-119.
3. ANSYS 6.0, Лицензия № 152780, 13.10.2001.
4. Овсянников В.П. Оверко В.М. Зима П.Ф. Алгоритм построения расчетной модели участка трубопровода при прочностных расчетах в среде ANSYS. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 51, серія гірничо-електромеханічна. Донецьк: ДонНТУ, 2002. С. 175-182
5. Овсянников В.П. Оверко В.М.. Анализ частотных свойств трубопроводов в стволах глубоких шахт. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 51, серія гірничо-електромеханічна. Донецьк: ДонНТУ, 2002. С. 175-182
6. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. - М.: Энергоиздат, 1981. -248 с.

*Рекомендовано к печати докт. техн. наук, проф. Бойко Н.Г..*