



УДК 622.276

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНСТРУКЦИИ С ЖИДКОСТЬЮ

INVESTIGATION CO-OPERATION DESIGN WITH LIQUID

Галлямов Ильгиз Ихсанович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры Информационных технологий,
математики и естественных наук,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет,
филиал в г. Октябрьском
ilgiz.gallyamov@inbox.ru

Юсупова Лилия Фановна

специалист по учебно-методической работе
кафедры Информационных технологий,
математики и естественных наук,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет,
филиал в г. Октябрьском
shalilya@yandex.ru

Аннотация. Обсуждается современное состояние взаимодействия конструкции с жидкостью транспортируемой по ней. Показано, что результаты технической диагностики могут быть использованы как априорная информация для более глубокой оценки технического состояния такого объекта.

Ключевые слова: динамические взаимодействия, концентрация напряжений, дополнительное намагничение ферромагнитного материала.

Gallyamov Ilgiz Ikhsanovich

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor Department of Information
Technologies, Mathematics
and Natural Sciences,
Ufa State Petroleum Technological University,
Branch of the University
in the City of Oktyabrsky
ilgiz.gallyamov@inbox.ru

Yusupova Lilya Fanovna

Specialist in educational and methodical work
of Information Technologies, Mathematics
and Natural Sciences,
Ufa State Petroleum Technological University,
Branch of the University
in the City of Oktyabrsky
shalilya@yandex.ru

Annotation. Discussed modern state interaction construction with liquid which transported on her. Demonstrate that technical diagnostics results may be as a priori information for more deep estimation technical state this object.

Keywords: dynamical interaction, strains concentration, additional magnetization of ferromagnetic material.

Исследование динамического взаимодействия конструкции с жидкостью сводится обычно к исследованию уравнений движения жидкости и деформируемого твердого тела с соответствующими граничными и начальными условиями. Как отмечается в литературе [1] в общем случае решение такой системы уравнений связано со значительными математическими трудностями и с практической точки зрения вряд ли целесообразно. Поэтому обширные классы задач, в частности, изучение колебаний конструкций, взаимодействующих с жидкостью, часто сводят к исследованию прочности и надежности конструкции, не рассматривая влияние конструкции на характеристики потока и пренебрегая обратной связью – влиянием динамики потока на колебания конструкции. Знание последнего могло бы быть полезным в технической диагностике сосудов, трубопроводов, систем технического водоснабжения.

Наиболее распространенной системой исходных допущений, принимаемой при решении задач гидроупругости является:

- рассматриваются малые колебания системы инструкция-жидкость, в связи с чем используются линеаризованные уравнения механики жидкости и колебаний конструкций;
- жидкость считалась идеальной, часто несжимаемой, поверхностные волны при определении гидродинамического давления (и присоединенных масс жидкости) не учитываются;
- при определении давления воды на массивные и жесткие сооружения последние рассматриваются как недеформируемые (с учетом последовательности оснований, опорных закреплений и т.п.);
- при исследовании колебаний упругих конструкций часто принимается гипотеза об идентичности собственных форм в пустоте и в жидкости, что сводит задачу гидроупругости к существенно более простой задаче гидродинамики;
- конструкции обычно рассматриваются в рамках каких-либо приближенных одномерных или двумерных моделей (стержни, пластины, оболочки).

Колебания осциллятора в пустоте описываются уравнением [1, 2]:

$$m\ddot{y} + ry = mY_0. \quad (1)$$



При взаимодействии с жидкостью уравнение (1) принимает вид:

$$m\ddot{y} + ry = m\ddot{Y}_0 + P_0 + P_e, \tag{2}$$

где P_0, P_e – величины гидродинамического давления, связанные с движением (основания Y_0) и упругим смещением соответственно, которые при учете только инерционной составляющей давления приобретают вид:

$$P_0 = -\mu_0\ddot{Y}_0; P_e = -\mu_0\ddot{y}_0, \tag{3}$$

где μ_0 присоединенная масса жидкости.

С учетом (3) уравнение приобретает вид:

$$(m + \mu_0)\ddot{y} + ry = -(m + \mu_0)\ddot{Y}. \tag{4}$$

Частота собственных колебаний системы равна:

$$\tilde{\omega}_0 = \left(\frac{r}{m + \mu_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \omega_0 \left(1 + \frac{\mu_0}{m} \right)^{\frac{1}{2}}, \tag{5}$$

где $\omega_0 \left(\frac{r}{m} \right)^{\frac{1}{2}}$.

Решение уравнения имеет вид:

$$y(t) = -\frac{1}{\tilde{\omega}_0} \int_0^t \ddot{Y}_0(\tau) \sin \tilde{\omega}_0(t - \tau) \cdot d\tau, \tag{6}$$

$$\frac{dy(t)}{d\tau} = -\frac{1}{\omega_0} \ddot{Y}_0(\tau) \sin \omega_0(t - \tau), \tag{7}$$

$$\ddot{Y}_0(\tau) = \frac{\tilde{\omega}_0}{\sin \omega_0(t - \tau)} \cdot \frac{dy(t)}{d\tau}, \tag{8}$$

смысл величины $\ddot{Y}_0(\tau)$ – ускорение, с которым вибрирует основание, оно может быть измерено. Эта величина есть не что иное как виброускорение основания; $\frac{dy(t)}{d\tau}$ – виброскорость основания.

Для рассматриваемой конструкции в случае малых колебаний эта величина-константа. Следовательно:

$$\ddot{Y}_0(\tau) \approx \frac{\tilde{\omega}_0}{\sin \omega_0(t - \tau)} = \frac{\omega_0 \left(1 + \frac{\mu_0}{m} \right)^{\frac{1}{2}}}{\sin \left[\omega_0 \left(1 + \frac{\mu_0}{m} \right)^{\frac{1}{2}} (t - \tau) \right]}. \tag{9}$$

Таким образом, решение задачи, обратной (6) позволяет оценить действие сторонних источников на основание конструкции.

Взаимодействие конструкции с жидкостью приводит к дополнительным напряжениям. Концентраторами таких напряжений являются дефекты, чаще всего коррозионного происхождения [2]. Для ферромагнитного материала, каковыми являются в частности трубопроводы. Этот процесс сопровождается дополнительным намагничиванием [3–5], исследование которого позволяет определить критические дефекты. Превентивные мероприятия осуществленные по результатам такого обследования дают возможность обеспечить надежную эксплуатацию в частности внутривидеоскопических трубопроводов. Такковы современные тенденции в неразрушающем контроле трубопроводов и оборудования.

**Литература:**

1. Галлямов И.И. Повышение надежности нефтепромыслового оборудования на стадии эксплуатации. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 1999. – 206 с.
2. Галлямов И.И. Теоретические основы и некоторые приложения механики сплошных электромагнитных сред : монография / И.И. Галлямов, Л.Ф. Юсупова. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. – 128 с.
3. Пат. RUS 2301941. Валеев М.Х., Лаптев А.А., Галлямов И.И., Гапллямов А.И., Надыршин Р.Ф. Способ обнаружения дефектов внутрипромысловых трубопроводов. – 12.01.2006.
4. Галлямов И.И., Гимазетдинова Н.В., Савочкин В.И. Намагничивание металла трубы полосовым постоянным магнитом // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2015. – № 12. – С. 49–51.
5. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Нелинейное намагничивание упругого ферромагнетика // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – № 4. – С. 43–46.

References:

1. Gallyamov I.I. Increase in reliability of the oil-field equipment at an operation stage. – Ufa : UGNTU publishing house, 1999. – 206 p.
2. Gallyamov I.I. Theoretical bases and some applications of mechanics of continuous electromagnetic environments : monograph(s) / Gallyamov, L.F. Yusupova. – Ufa : UGNTU publishing house, 2017. – 128 p.
3. Pat. RUS 2301941. Valeev M.H., Laptev A.A., Gallyamov I.I., Gaplyamov A.I., Nadyrshin R.F. Sposob of detection of defects of intra-field pipelines. – 1/12/2006.
4. Gallyamov I.I., Gimazetdinova N.V., Savochkin V.I. Pipe metal magnetization by a strip permanent magnet // Automation, telemechanization and communication in oil industry. – М. : JSC VNIIOENG, 2015. – No. 12. – P. 49–51.
5. Gallyamov I. And, Yusupova L.F. Nonlinear magnetization of an elastic ferromagnetic // Automation, telemechanization and communication in oil industry. – М. : JSC VNIIOENG, 2016. – No. 4. – P. 43–46.