

ВИБРАЦИОННЫЕ СИГНАЛИЗАТОРЫ УРОВНЯ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

М.В.Богуш, А.А.Гарковец, Э.М.Пикалев, А.Е. Панич
НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ, ООО «Пьезоэлектрик» Ростов-на-Дону

На основе метода конечных элементов оптимизирована конструкция вибрационного сигнализатора уровня с учетом требований к информационным параметрам и прочности в условиях эксплуатации, что позволило обеспечить его работу при избыточных давлениях до 10 МПа и использовать в системах управления магистральных газопроводов.

Задача контроля и регулирования уровня жидких энергоносителей достаточно часто встречается в современной технике. Анализ достижений ведущих зарубежных фирм показал, что наиболее перспективным для решения этой задачи являются вибрационные сигнализаторы уровня (СУ) [1,2].

Целью работы является оптимизация конструкции вибрационного СУ для повышения рабочих избыточных давлений, обеспечивающая возможность их применение в системах управления магистральных газопроводов с рабочим давлением 7-8 МПа.

Основным элементом конструкции СУ является колебательная система, состоящая из 2-х ветвей камертона (лопаток), закрепленных на мембране. С внутренней стороны мембраны имеется шпилька, на которой установлены пьезоэлементы (ПЭ) в виде шайб, зафиксированных конусной гайкой. Часть ПЭ используется для раскачки мембраны и ветвей камертона, а другая часть формируют сигнал для управления автогенераторов.

СУ кроме первичного преобразователя содержит также электронный блок, который состоит из автогенератора и микропроцессора. Автогенератор обеспечивает колебания датчика на резонансной частоте. Микропроцессор отслеживает изменение частоты первичного преобразователя по мере погружения в жидкость. Его начальные параметры (частота камертона в воздухе и контролируемой жидкости) заносятся в энергонезависимую память. При изменении частоты до определенного уровня происходит срабатывание твердотельного реле по алгоритмам, учитывающим плотность данной среды и условия работы, включая искусственно устанавливаемый гистерезис и время срабатывания для исключения дребезга реле при прохождении жидкости точки срабатывания. С целом СУ является системой управления уровнем жидкости в резервуарах, защиты емкостей от перелива и насосов от осушения трубы.

Цель расчетов:

- определение резонансных частот камертона;
- определение амплитуды колебаний лопаток в воздухе;
- определение напряжения (или заряда), генерируемого ПЭ в цепь обратной связи;
- оценка механических напряжений и прочности в рабочих условиях.

Геометрическая модель первичного преобразователя СУ показана на рис.1. Ввиду того, что первичный преобразователь имеет две плоскости симметрии, рассматривается только $\frac{1}{4}$ его часть. Модель содержит около 17000 конечных элементов.

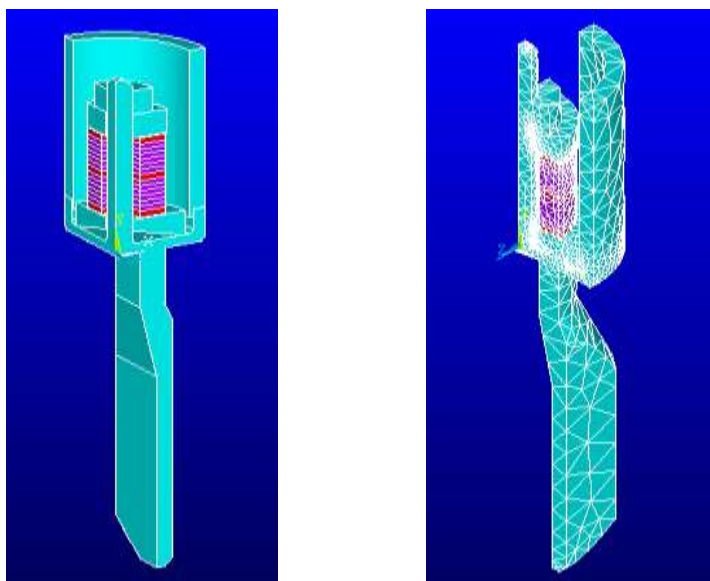


Рис. 1. Геометрическая модель первичного преобразователя СУ.

Результаты расчета

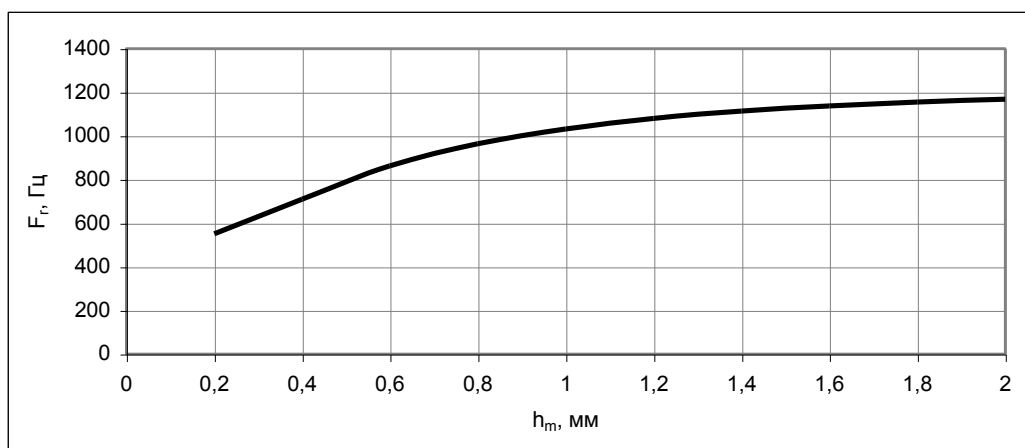
В качестве примера **оптимизации** приведем зависимости резонансной частоты (а), КП (б) и амплитуды колебаний камертона (с) от диаметра конусной шайбы, передающей колебания ПЭ на мембрану, и от толщины мембраны, показанные на рис. 2 [202].

Под КП понимается отношение заряда, появляющийся на электродах ПЭ в цепи обратной связи генератора к напряжению генератора, питающего второй ПЭ, раскачивающий камертон.

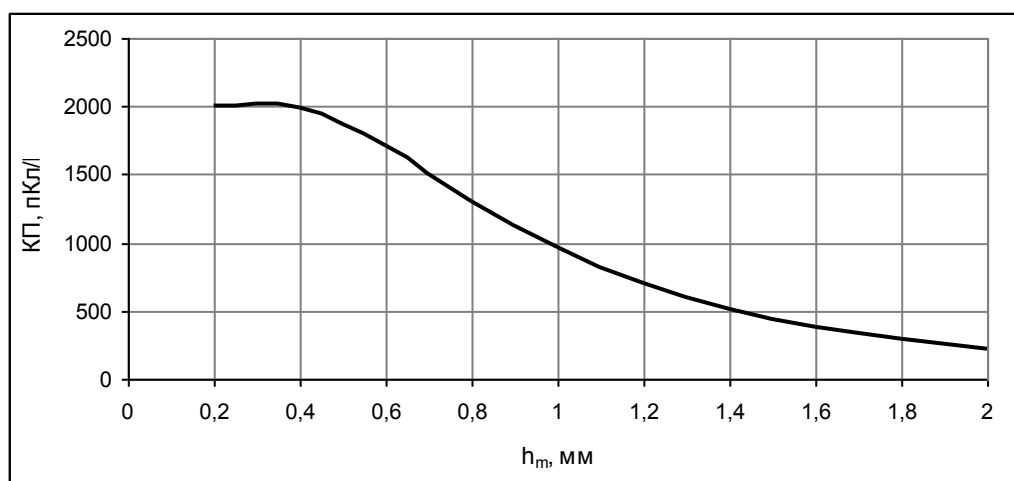
Как следует из рис.2 по мере уменьшения толщины мембраны от 2 до 0,2 мм наблюдается снижение собственной частоты вдвое и заметное повышение КП и амплитуды колебаний лопаток

Очевидно, что увеличение чувствительности происходит за счет повышения механических напряжений в деталях. Исследование распределения интенсивности механических напряжений в деталях первичного преобразователя СУ при действии избыточного давления показало, что наиболее опасными местами изделия являются соединения лопатки камертона с мембраной и мембраны с конусной шайбой.

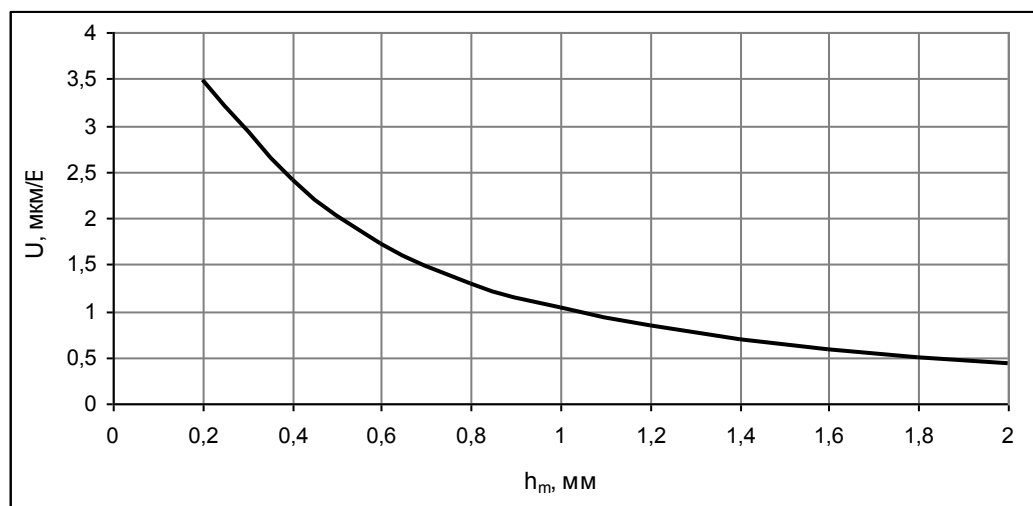
Максимальная интенсивность механических напряжений при давлении 6,3 МПа в зависимости от толщины мембраны при различных радиусах округления между лопаткой камертона и мембраной показана на рис.3., которая увеличивается по мере уменьшения толщины мембраны, и это происходит тем заметнее, чем меньше радиус в углах сопряжения деталей.



а



б



с

Рис. 2. Зависимость резонансной частоты (а), КП (б) и амплитуды колебаний камертона (с) от толщины мембраны.

Из рис. 3 следует, что для камертона из стали 12Х18Н10Т с пределом пропорциональности 300 МПа, если в конструкции не предусмотрены радиусы более 0,1 мм, то при внешнем избыточном давлении 6,3 МПа опасные напряжения могут возникать в мембране толщиной 1-1,2 мм. Введение радиуса округле-

ния 2-3 мм позволяет либо уменьшить толщину мембраны, и тем самым повысить амплитуду перемещений лопаток, либо увеличить максимальное рабочее давление.

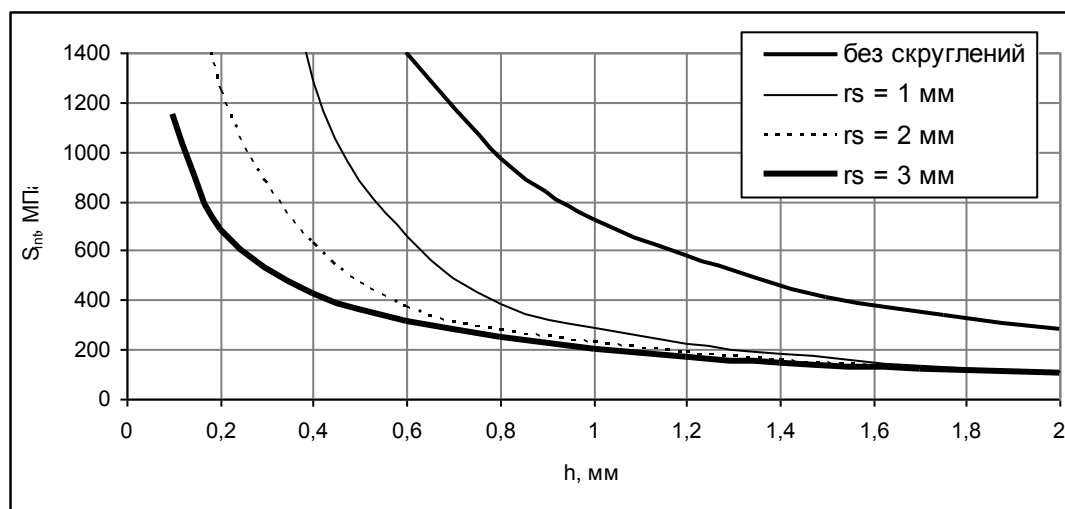


Рис 3. Максимальная интенсивность механических напряжений при давлении 6,3 МПа в зависимости от толщины мембраны при различных величинах радиуса округления между лопаткой камертона и мембраной СУ.

Испытания литых камертонов давлением 7,0 МПа показали, что около 30% заготовок не являются герметичными, по-видимому, из-за наличия микропор в отливках. Испытания базового исполнения камертона, показало, что при давлении 10 МПа наблюдается прогиб мембраны так, что ветви камертона смыкаются и изделие становится неработоспособным. Усиленное исполнение камертонов выдерживает давление до 20 МПа без видимых изменений формы и характеристик.

Таким образом, обеспечена работа вибрационных СУ при избыточных давлениях до 10 МПа, что не имеет аналогов в отечественной практике. Это позволило использовать СУ-802 в системах обеспечения магистральных газопроводов с рабочим давлением 7-8 МПа, в том числе «Голубой поток», проложенному по дну Черного моря между Россией и Турцией (ЗАО «Ставгазсервис»).

Внешний вид различных моделей СУ-802, показан на рис.4. СУ-802 могут быть выполнены как в обычном, так и взрывозащищенном исполнении и имеют следующие технические характеристики [184, 201, 202]:

- погрешность срабатывания в нормальных условиях не более ± 1 мм ;
- плотность среды от 0,7 до 1,45 г/см³ ;
- вязкость среды до 10000 сСт (10^{-2} м²/с);
- диапазон рабочих температур от минус 40 до 85 °С (-40...200 °С)
- максимальное рабочее давление до 6,3; усиленное исполнение - 10 МПа;
- инерционность срабатывания не более 0,5 сек.;
- напряжение питания 12-24 В
- потребляемая мощность, не более 1 ВА.



Рис. 7.21. Внешний вид различных моделей СУ-802

- Наиболее очевидными преимуществами вибрационных СУ являются:
- нейтральность к электрическим свойствам среды;
 - работоспособность при высоких и низких температурах, больших статических давлениях;
 - устойчивость показаний при наличии в объеме и на поверхности жидкости пены, газообразных и твердых примесей;
 - малые масса и габариты, компактность;
 - низкое энергопотребление;
 - простой контроль и управление.