

УДК 534.22.093.2;631.527.5

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ АНТЕНН ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

© А.И. Гончар, Н.П. Терлецкий, Л.И. Шлычек, 2007

Научно-технический центр панорамных акустических систем НАН Украины, г. Запорожье

АО „НИИ „РИФ”-Аквааппарат”, г. Бэлць, Республика Молдова

Розглянуто вплив зміни температури і швидкості звуку в воді, як основних експлуатаційних параметрів, на основні акустоелектричні параметри антен, що характеризують ефективність їх роботи: резонансну частоту, активну складову повного електричного опору, електричну ємність і чутливість в режимі прийому.

Рассмотрено влияние изменения температуры и скорости звука в воде, как основных эксплуатационных параметров, на основные акустоэлектрические параметры антенн, характеризующие эффективность их работы: резонансную частоту, активную составляющую полного электрического сопротивления, электрическую емкость и чувствительность в режиме приема.

The author analyses the effect of change of temperature and acoustic sound velocity, as basic operating characteristics, on main acoustoelectrical parameters, which characterize their efficiency: resonance frequency, active constituent of complete electrical resistance, capacity and sensitivity during receive condition.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, ПЬЕЗОКЕРАМИКА, РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА, АНТЕННА, ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

При проектировании гидроакустических антенн значительное место занимает вопрос учета условий эксплуатации: температуры и гидростатического давления. Очевидно, что они оказывают влияние на эффективность работы антенн в целом, на преобразователи и их составляющие: элементы герметизации и акустической развязки, в частности.

Основными акустикоэлектрическими параметрами, подвергающимися влиянию условий эксплуатации, являются резонансная частота элементов, активная составляющая полного электрического сопротивления, электрическая емкость и чувствительность в режиме приема, изменение которых и будет характеризовать эффективность работы антенн.

Из анализа формул [1] следует, что для любого типа преобразователя резонансная частота, в первом приближении, пропорциональна скорости звука ($f_p \equiv c_k$), емкость – диэлектрической проницаемости ($c_{эл} \equiv \epsilon$), а чувствительность – множителю $d_{ik} \cdot c_k / \epsilon$, где d_{ik} – пьезомодуль активного элемента.

В ряде источников [1, 2] приводится температурная зависимость параметров преобразователей из пьезокерамики различных составов. На рис. 1–3 приведены эти зависимости для ЦТБС-3 и ЦТСНВ-1. В температурном диапазоне от минус 2 до +35 °С изменение скорости звука c_k и пьезомодуля d_{ik} составляет не более 1%, а диэлектрической проницаемости ϵ – около 7,5 %. Для этих значений отклонений был произведен расчет изменения резонансной частоты, активной составляющей полного электрического сопротивления, электрической емкости, чувствительности в режиме приема и полосы пропускания двух одинаковых антенн с разными рабочими частотами, основные характеристики которых при нормальных климатических условиях и результаты расчета приведены в табл. 1.

При проектуванні глибоководних антенн виникає питання про вплив гідростатического тиску на параметри преобразовачів – складових антен. З ростом гідростатического тиску все більш суттєву роль починають грати пасивні елементи конструкції – вузли герметизації, механічних роз'язок і т.п.

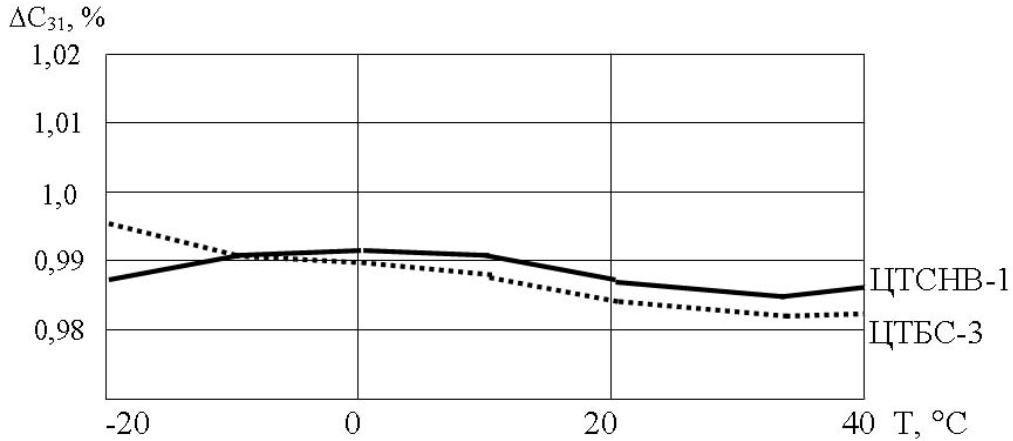


Рис. 1 - Зависимость емкости пьезокерамики составов ЦТБС-3 и ЦТСНВ-1 от температуры

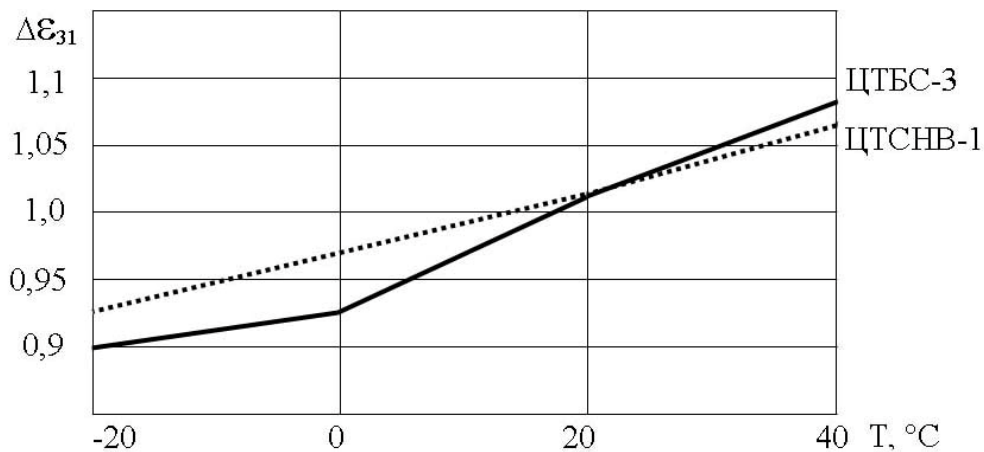


Рис. 2 - Зависимость диэлектрической проницаемости пьезокерамики составов ЦТБС-3 и ЦТСНВ-1 от температуры

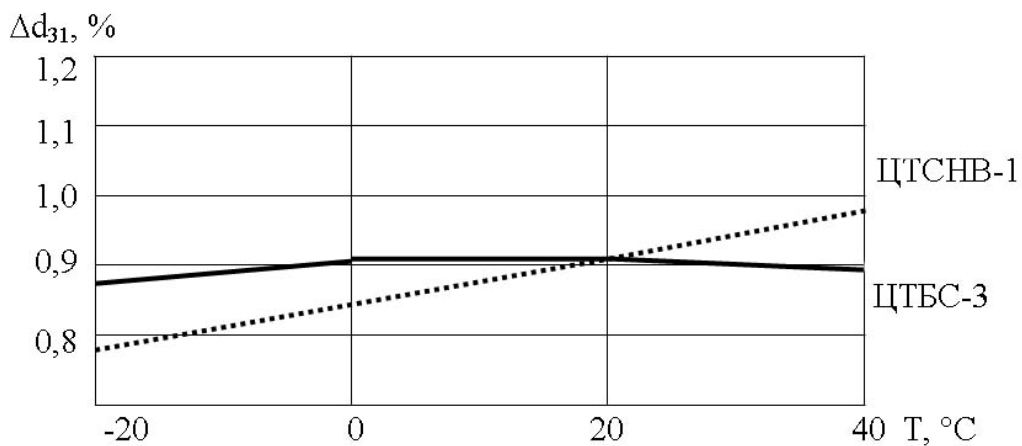


Рис. 3 - Зависимость пьезомодуля пьезокерамики составов ЦТБС-3 и ЦТСНВ-1 от температуры

Таблиця 1.

Параметры	Номинальное значение		Отклонение при $t = (-2) \div (+35)^\circ$	
	Антенна 1	Антенна 2	Антенна 1	Антенна 2
Резонансная частота, кГц	90	104	0,9	1,0
Активная составляющая полного электрического сопротивления, Ом – на рабочей частоте	35	32	± 3	$\pm 2,78$
Электрическая емкость, пФ	21800	19500	± 1526	± 1365
Чувствительность в режиме приема, мкВ/Па	1000	1000		
Полоса пропускания, кГц	9	10,4	0,36	0,41
Ширина ХН в азимутальной плоскости, град	$1,25 \pm 0,15$	$1,25 \pm 0,15$		

Эта проблема осложняется необходимостью специального оборудования – гидробаков высокого давления, оборудованных специальными выводами.

Для изучения влияния гидростатического давления на параметры антенн были проведены исследования по изучению влияния одностороннего поперечного и продольного давления до 15 МПа и до 70 МПа на параметры пьезоэлементов. Однако, эти воздействия нельзя считать равнозначными объемному действию гидростатического давления.

Результаты измерения параметров преобразователей в режиме излучения, не требующих больших расстояний для проведения измерений: частотной характеристики потребляемой мощности $Wэ$, резонансной частоты f , активной составляющей полного электрического сопротивления Rw и полосы пропускания Δf - представлены на рис. 4.

Анализ приведенных результатов показывает, что с ростом гидростатического давления наблюдается небольшое изменение резонансной частоты – на 1...1,5% по отношению к резонансной частоте при нормальном давлении, а разброс потребляемой мощности лежит в пределах погрешности измерений. При этом следует отметить, что измерение вышеупомянутых нагрузочных характеристик в незаглушенном гидробаке связано с большими затруднениями ввиду неоднозначности полученных результатов, обусловленных наличием воздушных пузырьков и их схлопыванием при высоких гидростатических давлениях, а также отражений от стенок гидробака.

Еще большие затруднения возникают при измерении чувствительности преобразователей. Известные методы измерения чувствительности применимы лишь для низких частот и при давлениях, не превышающих 5 МПа. При этом необходимы также излучатели, рассчитанные на заданные гидростатические давления. Была сделана попытка измерения параметров стержневых преобразователей с цилиндрическими элементами из пьезокерамики ЦТС-24 при давлениях до 60 МПа [3].

Полученные результаты дают основание полагать, что отклонение резонансной частоты антенных модулей на больших глубинах не превышает 5-7%, а чувствительность снижается на 25-30%.

Изменение характеристики направленности (ХН) от условий эксплуатации можно оценить по изменению скорости звука в заданном диапазоне температур и гидростатического давления. Проведенный расчет ХН антенны в угломестной плоскости при изменении скорости звука от 1400 м/с до 1600 м/с показал (рис. 5), что отклонение ХН от расчетной

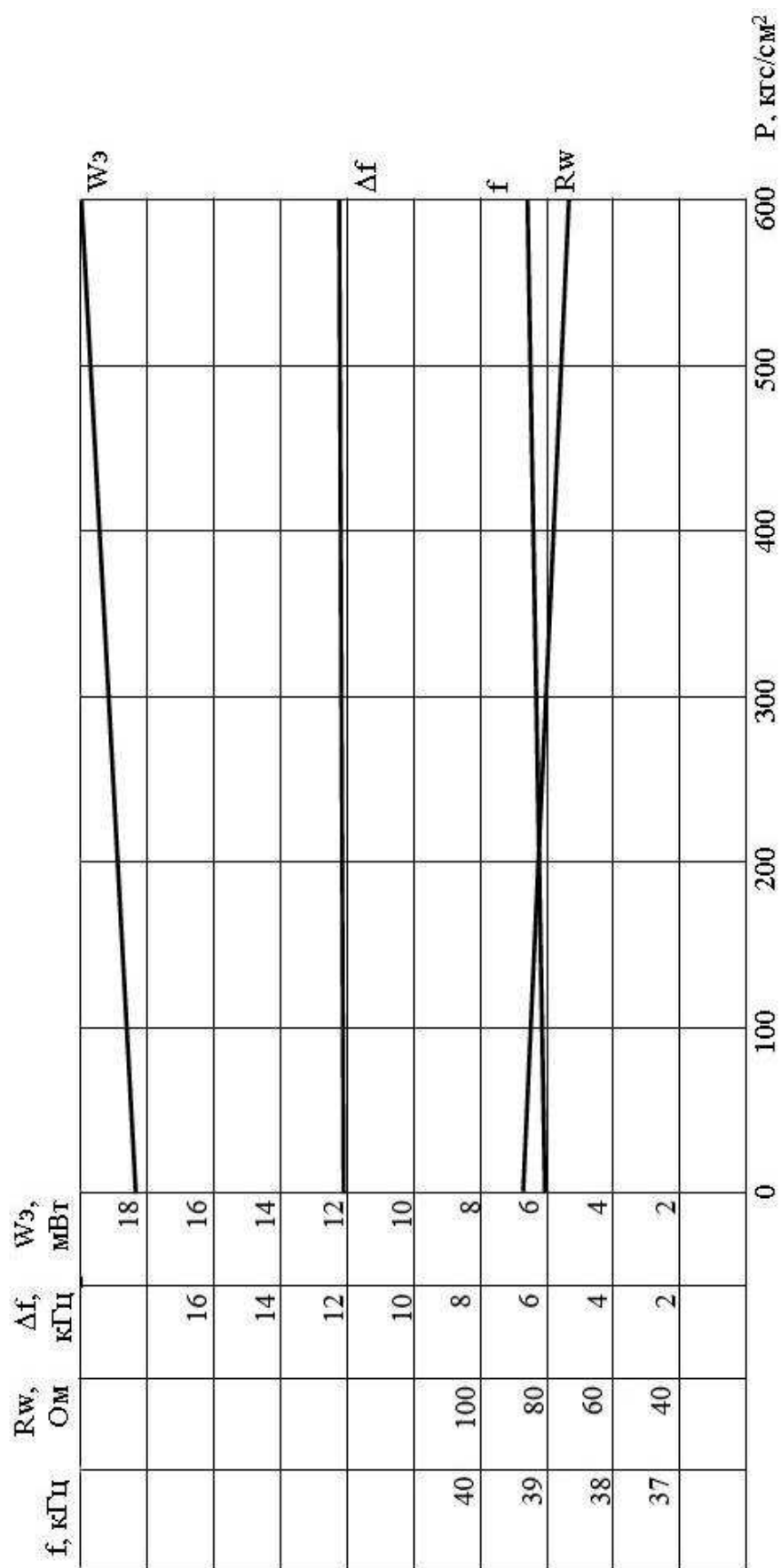


Рис. 4 - Зависимость изменения параметров преобразователей (частотной характеристики потребляемой мощности $W_{э}$, резонансной частоты f , активной составляющей полного электрического сопротивления $R_{в}$, полосы пропускания Δf) в режиме излучения от гидростатического давления

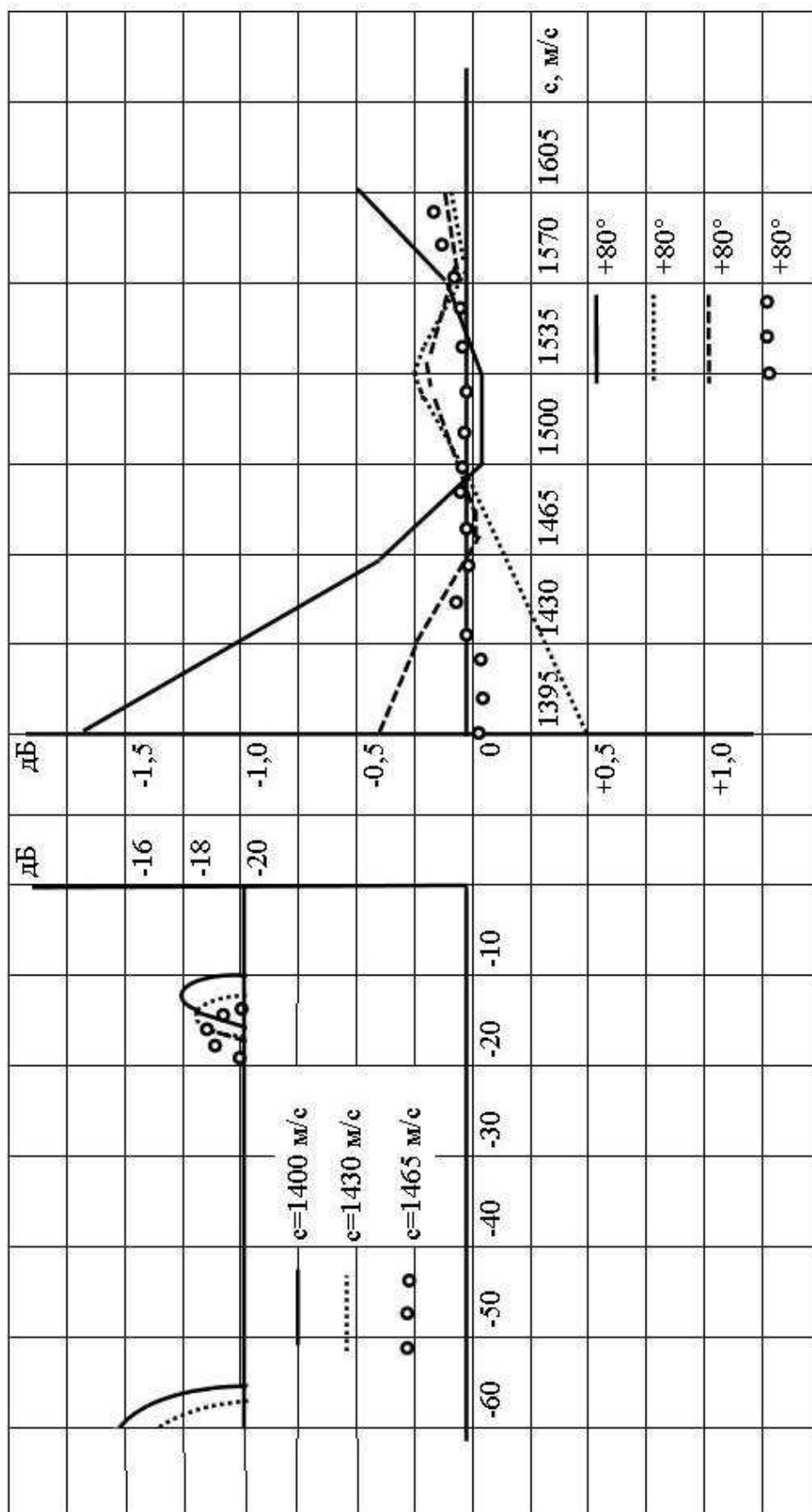


Рис. 5- Зависимость отклонения характеристики направленности антенны в угломестной плоскости от расчетной при изменении скорости звука

составит не более минус 1,7 дБ в рабочем секторе углов до 80°. На меньших углах отклонение уменьшается значительно, например, на угле 30° оно не превышает 0,1 дБ.

В нерабочем секторе углов минус 8° – минус 60° с уменьшением скорости звука не менее 1465 м/с уровень бокового излучения начинает превышать заданную границу минус 20 дБ в области углов минус 60° – минус 53° и минус 16° – минус 11°.

В нерабочем секторе углов минус 8° – минус 60° с уменьшением скорости звука не менее 1465 м/с уровень бокового излучения начинает превышать заданную границу минус 20 дБ в области углов минус 60° – минус 53° и минус 16° – минус 11°.

Так, при скорости звука $c=1400$ м/с уровень бокового излучения достигает минус 16 дБ и минус 18,3 дБ в направлениях минус 60° и минус 14° соответственно. С повышением скорости звука наблюдается небольшое смещение боковых лепестков в сторону увеличения отрицательных углов и, при скорости звука $c=1500$ м/с, они не превышают заданного уровня минус 20 дБ.

Следует также отметить, что изменение скорости звука в этом диапазоне приводит к весьма незначительному расширению ХН на уровне 0,7 – всего около 3'.

Таким образом, при проектировании антенн для работы на больших глубинах следует учитывать, что на больших глубинах отклонение резонансной частоты антенных модулей может составлять 5-7%, а чувствительность в режиме приема снижается на 25...30%. Влияние больших давлений и температуры на ХН антенны такой конструкции скажется не существенно.

Литература

1. Орлов Л.В., Шабров А.А. Расчет и проектирование антенн гидроакустических рыбопоисковых станций. – М.: Пищевая промышленность, 1974.
2. Подводные электроакустические преобразователи. (Расчет и проектирование): справочник, под ред. В.В. Богородского.– Л.: Судостроение, 1983.
3. Кориенбаум В.И., Черненко В.А. О зависимости характеристик антенных модулей от уровня гидростатического давления. – Владивосток: ДВПИ, 1989.
4. Оценка работоспособности антенн ГБО «Съемка - Янтарь» при предельных рабочей температуре и гидростатическом давлении: отчет по испытаниям / НИИ «Риф». – г. Бельцы, 1989, - 30 с.