

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Ордена Трудового Красного Знамени  
Научно-исследовательский радиотехнический институт (НИРФИ)

Препринт № 109

**ВЫСОКОЁМКОСТНЫЙ ИЗГИБНЫЙ  
ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК УСКОРЕНИЙ "ПУЛЬС"**

**Н.М.Алипкина,**

**В.А. Антонен,**

**Н.Н.Голованова**

Горький 1977 г.

## А н н о т а ц и я

Описан пьезокерамический датчик ускорений "Пульс", разработанный институтом прикладной физики Академии наук СССР (ИПФ АН СССР) и Горьковским научно-исследовательским радиофизическим институтом (НИРФИ). Применение в конструкции датчика изгибного чувствительного элемента, в отличие от традиционного, работающего на сжатие, обеспечивает высокую чувствительность и большую выходную емкость. Это облегчает согласование датчика с регистраторами и позволяет записывать как низкочастотные кривые, так и высокочастотные (диапазон рабочих частот датчика от 0,3 Гц до 1500 Гц).

Датчик "Пульс" может найти применение в медицине и в технических областях.

Рассматривается вопрос о серийном выпуске датчика "Пульс" на одном из предприятий г.Горького.

В медицинской практике для регистрации механических колебаний, характеризующих работу сердца и других органов человека, используется чрезвычайно большое количество датчиков самых разнообразных конструкций. Это приводит к трудностям при унификации аппаратуры и при сравнении результатов работ различных исследователей.

Институтом прикладной физики Академии наук СССР (ИПФ АН СССР) совместно с Горьковским научно-исследовательским радиофизическим институтом (НИРФИ) разработан пьезокерамический датчик ускорений "Пульс".

Датчик позволяет регистрировать механограммы, вызванные деятельностью сердечно-сосудистой системы человека: баллистокardiограмму (БКГ), кинетокardiограмму (ККГ), сейсмокardiограмму (СКГ), фонокardiограмму (ФКГ), алекскardiограмму (АКГ), тоны Короткова (ТК). Кроме того, датчик, "Пульс" позволяет регистрировать механограммы, связанные с функциями других систем организма, например, треморограмму (ТГ) и ларингограмму (ЛГ). На рис. 1 представлены кривые, зарегистрированные с помощью датчика "Пульс" на полиграфе „Ми-годогаф - 81” (кривые рис. 1 без специального согласования датчика с входным сопротивлением регистрирующего устройства могут быть зарегистрированы электрокардиографами любого типа, частотная полоса которых соответствует полосе регистрируемого сигнала).

Следует отметить, что фонокardiограмма (ФКГ) и кинетокardiограмма (ККГ) записаны с одной и той же точки грудной клетки (верхушка сердца). Однако, сигнал ФКГ подавался через фильтры блока ЕМТ-12 полиграфа

„*Mingogzaf - 81*” (700 Гц), а сигнал ККГ — через фильтры блоков ЕМТ-12 (15 Гц) и ЕМТ-311 (10 Гц).

Сигнал сейсмокардиограммы (СКГ) записан в области мечевидного отростка. На записывающее устройство полиграфа „*Mingogzaf - 81*” он подавался через фильтры блоков ЕМТ-12 (30 Гц) и ЕМТ-311 (40 Гц).

Сигнал баллистокардиограммы (БКГ) подавался на регистрирующее устройство полиграфа „*Mingogzaf - 81*” через те же фильтры, что и сигнал ККГ; сигналы ларингограммы (ЛГ), тонов Короткова (ТК) и треморограммы (ТГ) — через фильтры блока ЕМТ-12 (700 Гц).

На теле пациента датчик „Пульс” закреплялся с помощью клеола. Можно также использовать клей ГИПК или ремни из медицинской резины (применяются для крепления электродов ЭКГ).

На рис. 2 приведены фонокардиограммы больного ребенка (15 лет) с выражением систолическим шумом, записанные на полиграфе „*Mingogzaf - 81*” с помощью различных датчиков: стандартного фонокардиографического микрофона (рис. 2а), пьезокерамического датчика „Пульс” (рис. 2б) и пьезокерамического датчика ЕМТ-25С, прикладываемого к полиграфу „*Mingogzaf - 81*” (рис. 2в).

На рис. 3 показаны внешний вид датчика и виды его со снятыми крышками.

В конструкции датчика применен чувствительный элемент, работающий на изгиб. Благодаря этому при сохранении высокой чувствительности датчика „Пульс” имеет большую выходную емкость, и поэтому он хорошо согласуется со стандартной регистрирующей кардиологической аппаратурой не только в звуковом, но и в инфразвуковом диапазонах частот. Именно поэтому датчик „Пульс” может использоваться для регистрации механокардиограмм различного типа.

Схематическая конструкция датчика показана на рис. 4. Она достаточно традиционна. Датчик состоит из титанового корпуса (2), в который вкладывается тонкая жесткая мембрана, спаянная с пьезокерамической пластиной ЦТС-19 (1), — чувствительным элементом датчика.

Для создания инертной массы к нижней стороне жесткой мембраны прикрепляется груз (4) посредством винта, припаянного к мембране. Мембрана с пьезокерамической пластиной и грузом ложится на специальный уступ в корпусе.

К пьезокерамической пластине припаявается тонкий кабель или многожильный экранированный провод (10), который выводится наружу через втулку (5) в корпусе датчика. Экранная оболочка провода или кабеля припаявается к втулке. На экранированный провод надевается хлорвиниловая трубка (9).

Датчик имеет две крышки: верхнюю (6) и нижнюю (3). Через верхнюю крышку ("часовую") обеспечивается доступ к пьезокерамической пластине и концу многожильного провода (или кабеля), припаянного к ЦТС, через нижнюю — к грузу. На верхней крышке гравировается порядковый номер датчика.

Датчик работает следующим образом. При наличии ускорения (при ускоренном движении корпуса) груз действует на пьезопластину с деформирующей силой, пропорциональной ускорению. Пластина изгибается — и на ее поперечных торцах (обкладках) появляется напряжение, пропорциональное изгибу.

При работе в области низких частот, достаточно далеких от резонансной частоты датчика, изгиб пропорционален ускорению его корпуса. Чувствительность и частота собственного механического резонанса датчика зависят от модулей упругости пьезокерамической пластины и жесткой подложки, пьезомодуля пластины ЦТС, а также от массы груза.

На рис. 5 приведена амплитудно-частотная характеристика датчика "Пульс", снятая экспериментально (масса груза 12,4 г), на рис. 6 — график зависимости параметров датчика "Пульс" (чувствительности и частоты собственного механического резонанса) от величины инертной массы, также полученный экспериментально.

Равномерность частотной характеристики датчика облегчает анализ кривых.

## Технические характеристики датчика "Пульс".

1. Диапазон рабочих частот — 0,3 — 1500 Гц.
2. Чувствительность — не хуже  $30 \text{ мВ} \cdot \text{с}^2 / \text{М}$   
(300 мВ/г в диапазоне ускорений до 30g).
3. Выходная ёмкость — не менее  $10^4$  пф.
4. Диаметр — 26 мм.
5. Высота — 10,9 мм.
6. Масса — 30 г.

Высокая выходная ёмкость датчика обеспечивает его хорошее согласование с входными устройствами регистраторов во всем диапазоне рабочих частот датчика, а также позволяет пользоваться соединительными кабелями достаточно большой длины (до 10 + 20 м) без внесения искажений в частотную характеристику датчика.

Датчик достаточно миниатюрен, чтобы использовать его при обследовании и взрослых, и детей. Это существенно, например, при записи фонокардиограмм. Кроме того, большое значение при записи ФКГ имеет тот факт, что качество информации, регистрируемой с помощью датчика на клею, не зависит от субъективных факторов оператора.

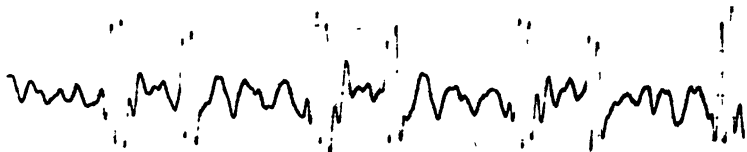
Датчик "Пульс" прост в изготовлении и имеет достаточно механическую прочность.

Применение датчика "Пульс" позволяет сократить число типов датчиков, используемых для регистрации механограмм, вызванных работой сердечно-сосудистой и ряда других систем, облегчит сравнение результатов работ различных исследователей, а также будет способствовать унификации аппаратуры, применяемой для регистрации и исследования механических проявлений деятельности сердечно-сосудистой и ряда других систем человека.

Датчик "Пульс" может найти применение в кабинетах функциональной диагностики клинических больниц и поликлиник, кабинетах врачебного контроля, в спортивных диспансерах, в лабораториях отбора и подготовки операторов различного профиля, в технических областях (например, для проведения вибрационных измерений строительных конструк-

ций, машин и механизмов в различных отраслях машиностроения и т.п.).

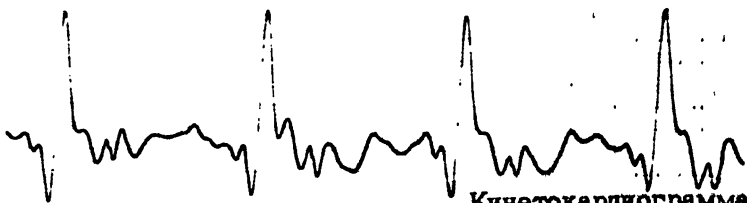
Разрабатываемая НИРФИ техническая документация на датчик позволит быстро организовать выпуск датчиков "Пульс" промышленностью г. Горького.



Сейсмокардиограмма



ЭКГ



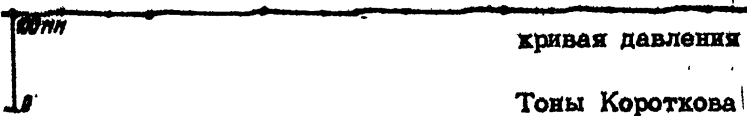
Кинетокардиограмма



ЭКГ



ЭКГ



кривая давления

Тоны Короткова



ЭКГ

Треморограмма

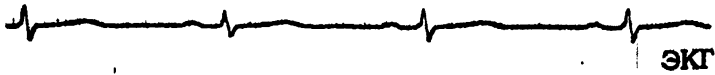


Рис. 1





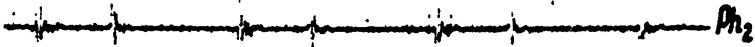
Ларингограмма



ЭКГ



Ph<sub>1</sub>



Ph<sub>2</sub>



Ph<sub>3</sub>



Ph<sub>4</sub>



Ph<sub>5</sub>

Фонокардиограмма

Баллистокардиограмма



Рис. 1 (продолжение)

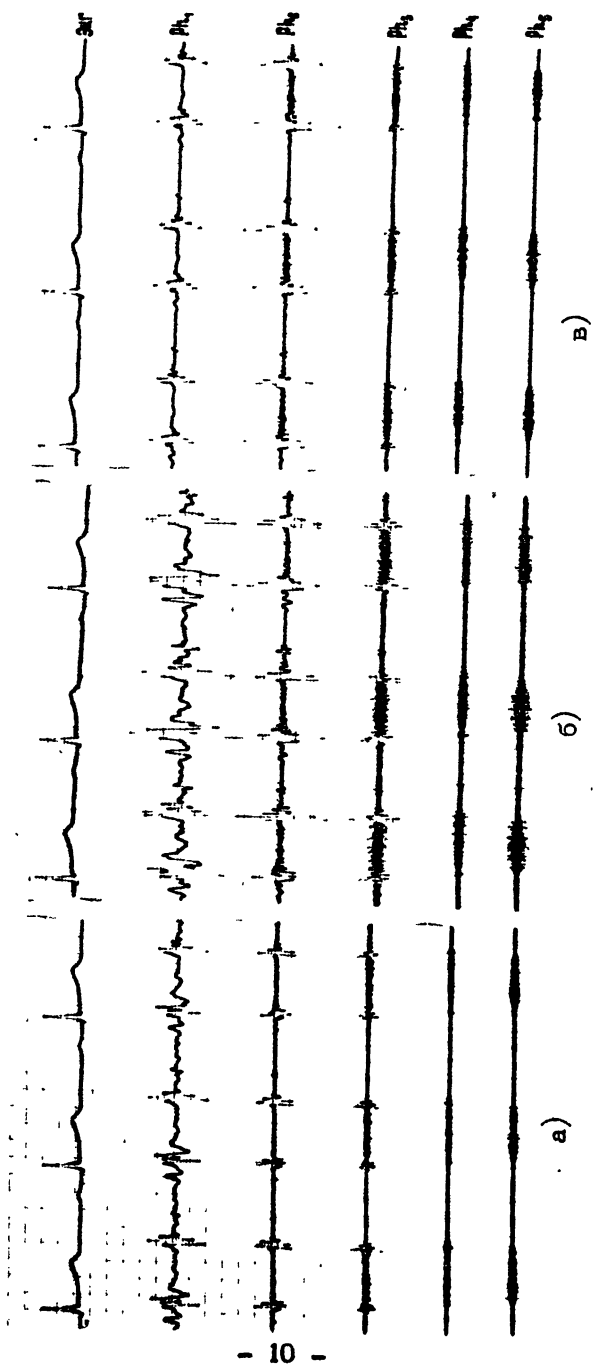


Рис. 2

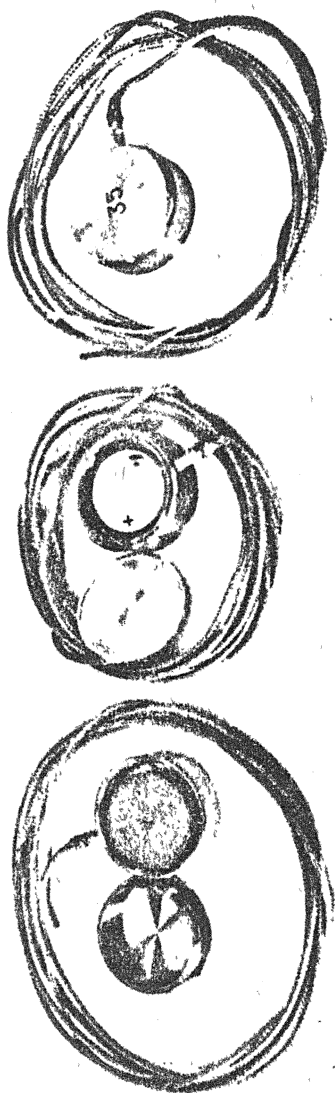


Рис. 3

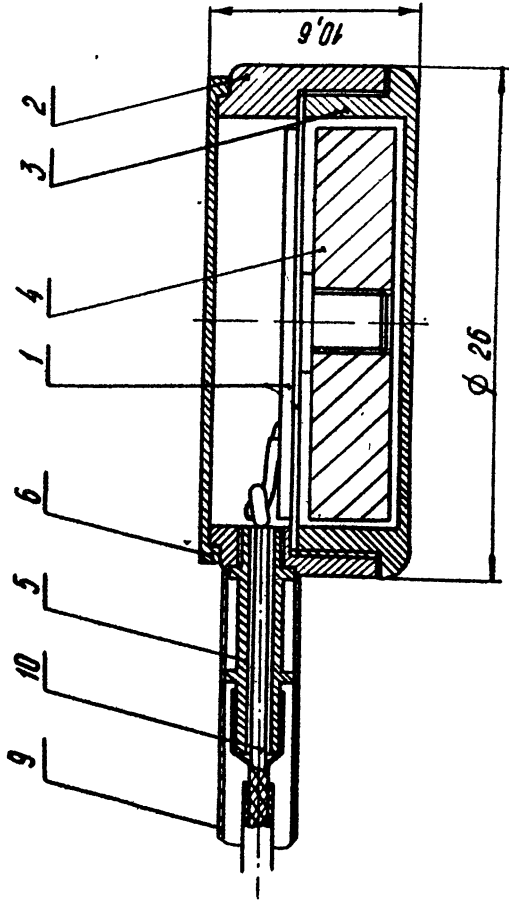


FIG. 4

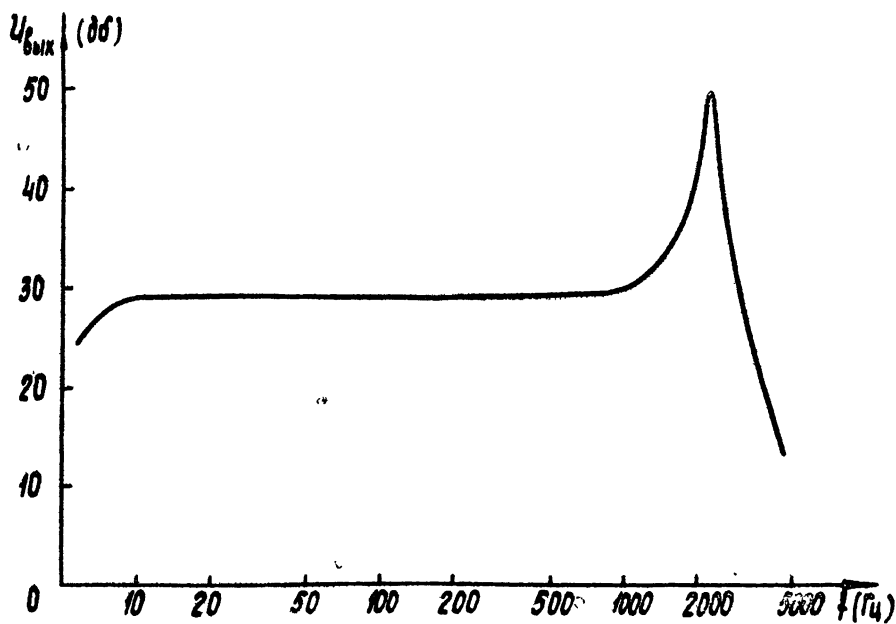


Рис. 5

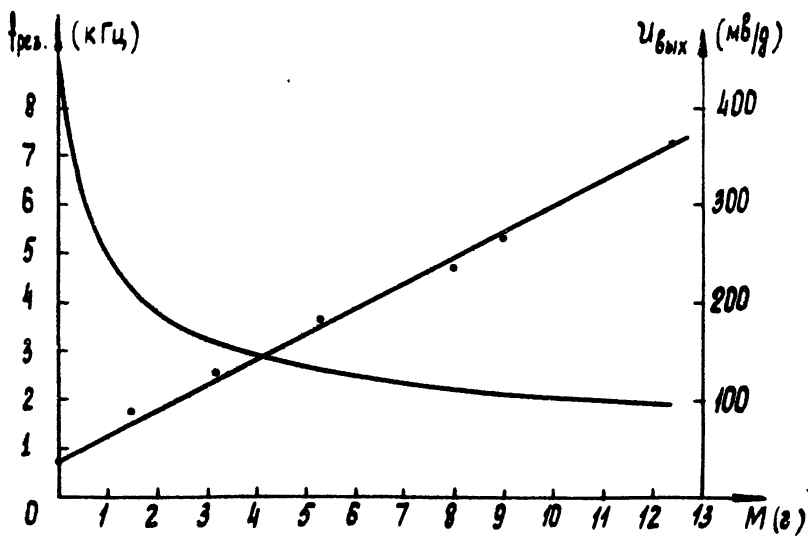


Рис. 6

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

- Рис. 1. Кривые, зарегистрированные с помощью датчика "Пульс" на полиграфе „Mingograf - 81“.
- Рис. 2. Фонокардиограммы большого ребенка (15 лет), с выраженным систолическим шумом, записанные на полиграфе „Mingograf - 81“ с помощью различных датчиков:
- стандартного фонокардиографического микрофона;
  - пьезокерамического датчика "Пульс";
  - пьезокерамического датчика ЕМТ - 25С.
- Рис. 3. Внешний вид датчика и виды его со снятыми крышками:
- датчик в сборе (общий вид датчика);
  - датчик со снятой верхней ("часовой") крышкой;
  - датчик со снятой нижней крышкой.
- Рис. 4. Схематическая конструкция датчика.
- пьезокерамическая пластина ЦТС-18;
  - титановый корпус; 3 - нижняя крышка;
  - груз (инертная масса); 5 - втулка; 6 - верхняя ("часовая") крышка; 7 - хлорвиниловая трубка; 10 - многожильный экранированный провод (или кабель).
- Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика датчика "Пульс" (масса груза 12,4 г).
- Рис. 6. График зависимости параметров датчика "Пульс" от величины инертной массы.