

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА В МЕДИЦИНЕ

Титов А.Д., Хитров И.С.

Научный руководитель — Маркова Л.В., д.т.н., профессор

Ультразвуковые (УЗ) методы исследования широко применяются в медицинской диагностике благодаря способности УЗ волн без существенного поглощения проникать в мягкие ткани организма (кожу, мышцы, жир, кровь) и отражаться от уплотнений и неоднородностей [1]. УЗ методы диагностики отличаются относительной безопасностью (отсутствие лучевой нагрузки) для организма по сравнению с рентгеновскими лучами и простотой использования по сравнению с магнитно-резонансной томографией. Особый метод УЗ исследования – доплерометрия – основан на эффекте Доплера, который заключается в изменении частоты УЗ сигнала при отражении от движущихся предметов относительно первоначальной частоты посланного сигнала, то есть в возникновении доплеровского сдвига частоты. Доплерометрия применяется в кардиологии и сосудистой диагностике для оценки характера и скорости кровотока в сосудах.

На рис.1 представлен доплеровский измеритель скорости кровотока.

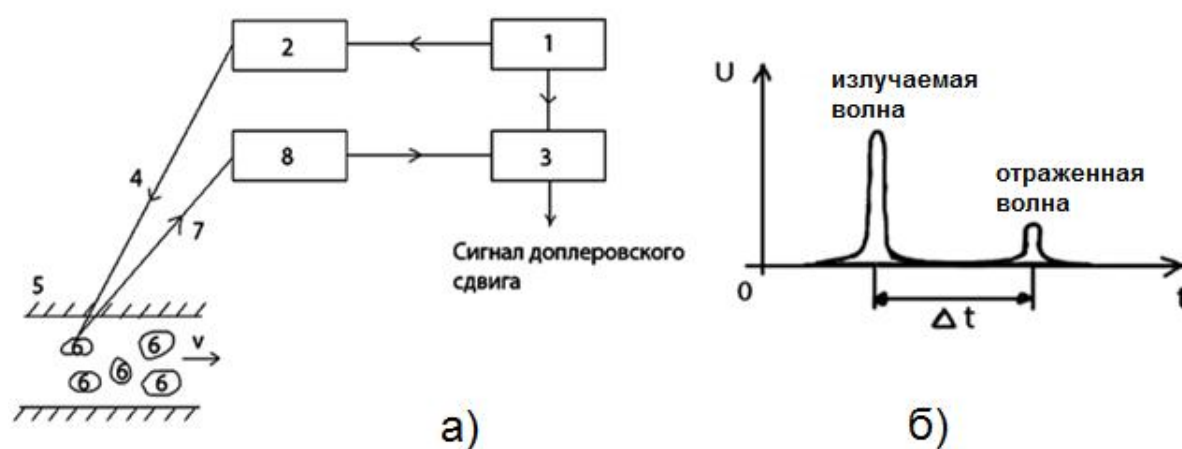


Рисунок 1. Схема доплеровского измерителя скорости кровотока (а); регистрируемые электрические сигналы (б): 1 – генератор электрических колебаний УЗ-частоты, 2 – излучатель УЗ колебаний, 3 – устройство сравнения частот, 4 – падающая УЗ волна, 5 – кровеносный сосуд, 6 – движущиеся эритроциты, 7 – отраженная УЗ волна, 8 – приёмник

Принцип работы измерителя состоит в следующем. На пьезоэлектрический излучатель УЗ колебаний 2 поступает синусоидальный электрический сигнал от генератора 1 с УЗ частотой  $f_0$  (рис.1,а). В излучателе 2 электрический сигнал преобразуется в синусоидальный УЗ сигнал с той же частотой  $f_0$ . Излучаемая ультразвуковая волна 4 распространяется со скоростью  $V_0$  вглубь кровеносного сосуда 5, где претерпевает отражения от

акустических неоднородностей – эритроцитов 6, движущихся со скоростью  $V$  (рис.2). Отраженные волны 7 в виде эхо-сигналов поступают в приёмник 8, где преобразуются в электрические сигналы (рис.1,б), которые подаются в устройство сравнения частот 3 для определения частотного доплеровского сдвига. Отраженная от эритроцитов УЗ волна несет информацию о скорости эритроцитов – их скорость пропорциональна измеряемому доплеровскому сдвигу частоты  $\Delta f$  [2].

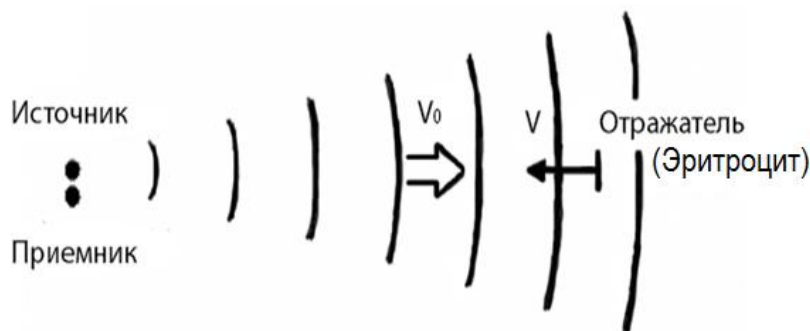


Рисунок 2. Отражение ультразвуковой волны от движущихся эритроцитов:  $V_0$  – скорость УЗ волны в крови,  $V$  – скорость эритроцита

С использованием зарегистрированного сдвига частоты  $\Delta f$  определяется скорость кровотока  $V$  по формуле  $V = \frac{\Delta f \cdot V_0}{f_0}$ , где  $V_0$  – скорость ультразвуковой волны в крови.

На сегодняшний день разработан ряд новых методик доплерометрии, основанных на использовании импульсного доплеровского режима (позволяет дифференцировать сигнал по глубине сканирования), «цветового доплеровского кодирования» (получение цветных картограмм, в которых значение скорости кровотока в разных точках сосуда кодируется определенным цветом) и др. В настоящее время ведутся работы, направленные на повышение разрешения и чувствительности приборов за счет снижения влияния помех, которые вызваны неоднородностями внутренней среды организма [3].

## 1. Литература

1. Применение ультразвука в медицине. Под редакцией К. Хилла. – М.: Мир, 1989. – 568 с.
2. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы. Режимы, методы и технологии. – М.: Изомед, 2011. – 316 с.
3. Хилл К., Бэмбер Дж., Тер Хаар Г. Ультразвук в медицине. Физические основы применения. – М.: Физматлит, 2008. – 544 с.