

Работа 198. Измерение артериального давления с помощью ультразвука

Цель:

- Измерение давления с помощью ультразвука
- Исследование непрерывных и пульсирующих потоков

Замечания по технике безопасности

1. Прибор питается от сети 220 В
2. Не закрывать отверстия и щели на приборе, служащие для вентиляции
3. Не засовывать предметы во внутрь прибора, что может привести к короткому замыканию.
4. Перед использованием ультразвукового датчика убедиться в его целостности. Заменить поврежденные датчики.
5. Отключать датчики только за разъем. Не тянуть за провод!
6. Пиковое напряжение на разъеме датчика может достигать 300 В. Не прикасаться к разъемам во время работы!
7. Не использовать приборы на людях и других предметах, кроме тестовых образцов.

Экспериментальная установка (рис. 1):

1. Ультразвуковой доплеровский сканер «FlowDop» (рис. 3)
2. Доплеровский датчик с фиксированным доплеровским углом
3. Центробежный насос помпа MultiFlow (рис. 2)
4. Макет руки
5. Манжета для измерения кровяного давления
6. Гель для ультразвука
7. Компьютер



Рисунок. 1: Экспериментальная установка

Эксплуатация центробежного насоса.

Насос (см. рисунок 2) включается с помощью кнопки питания на задней панели. Чтобы начать сам процесс откачки, вы должны нажать кнопку START. Процесс откачки может быть прерван нажатием кнопки STOP. Отдельные режимы насоса M0 и M4 устанавливаются с помощью нажатия кнопки MODE. Другие режимы подробно описаны в инструкции по применению центробежного насоса.

***Примечание:** Для измерения давления число оборотов насоса должно находиться в пределах от 3000 до 5000 оборотов в минуту.*

***Внимание!** Насос не подходит для постоянного использования на максимальной скорости. Время работы на максимальной скорости должно быть ограничено до 30 минут максимум.*

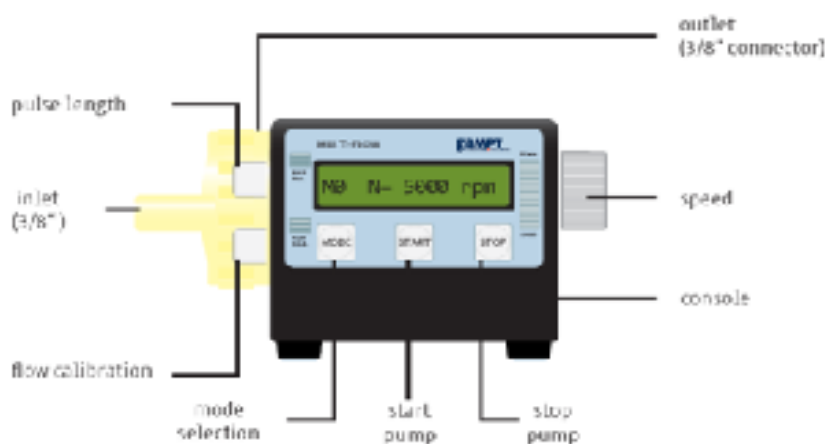


Рисунок 2. Схема насоса Multiflow

Ультразвуковой доплеровский сканер «FlowDop».

Ультразвуковой импульсный доплеровский прибор FlowDop (см. рисунок 3) подключается через USB к ПК. Подключенный и включённый доплеровский прибор автоматически определяется при запуске соответствующим программным обеспечением, FlowView.

Примечание: Прежде чем включить Доплеровский прибор и начать им пользоваться, включите сначала программное обеспечение FlowView. Если устройство не включается, когда вы запускаете программу или она не отвечает, программное обеспечение переходит в режим Demo.

Ультразвуковой зонд.

Для измерений на модели зонд с частотой 2 МГц подключаются к прибору Доплера в разъем 5 (см. рис 3). Соответствующая частота передачи 2 МГц устанавливается переключателем 9 частоты непосредственно над розеткой. Ультразвуковой зонд снабжен наконечником с доплеровским углом 30° к поверхности. Таким образом, можно поддерживать относительно постоянный угол Доплера (угол между направлением звуковой волны и потока) и получить максимальный сдвиг частоты.

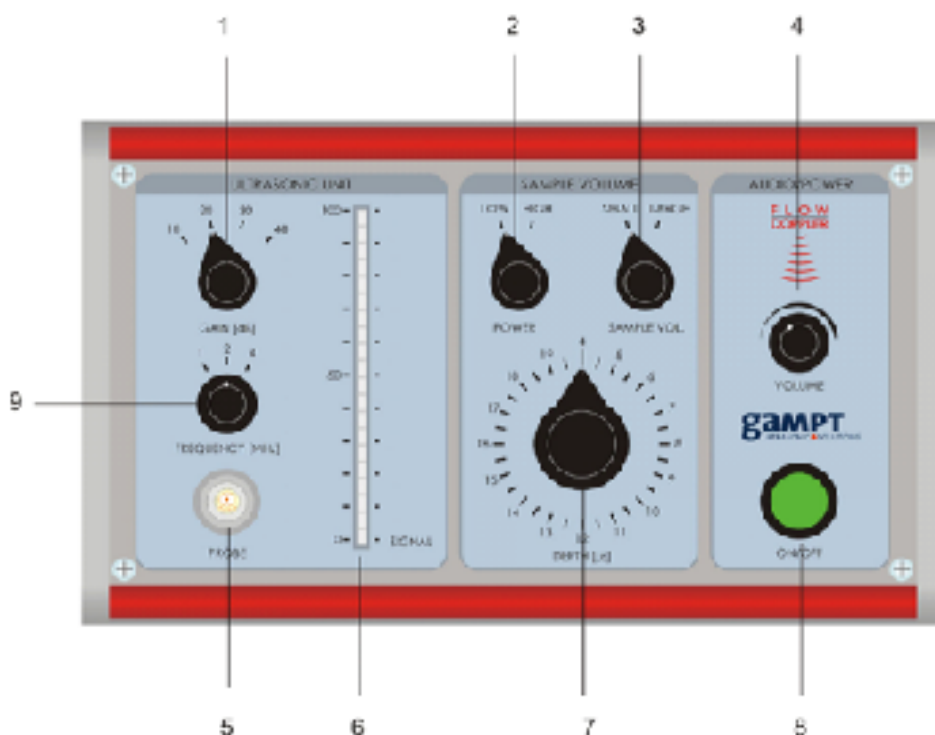


Рисунок 3. Передняя панель ультразвукового сканера Flow-Dop

1. Переключатель усиления сигнала
2. Переключатель времени пакета или мощности передатчика
3. Переключатель временного окна приемника или объема образца
4. Уровень громкости
5. Разъем для датчика
6. Индикатор входного сигнала
7. Переключатель временного окна приемника
8. Включение питания сканера

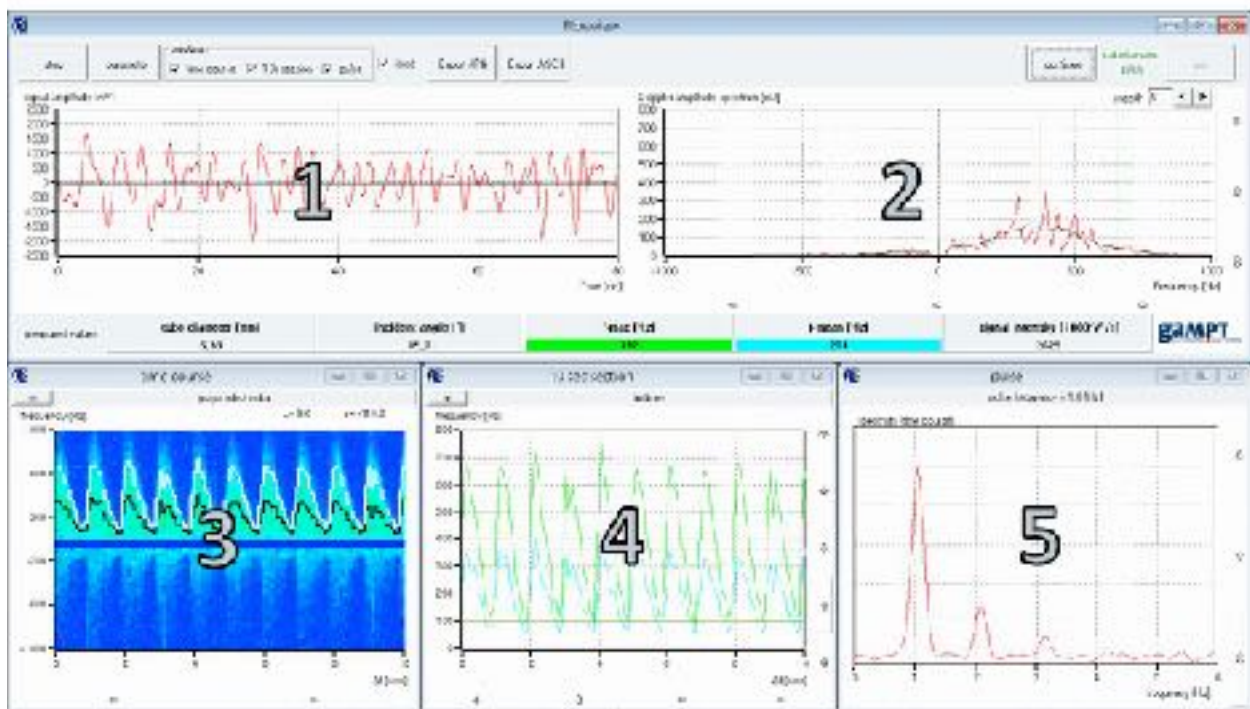
Программное обеспечение.

Допплеровский прибор поставляется с программным обеспечением FlowView. Используя программное обеспечение, измерительные данные могут передаваться и анализироваться Допплеровским прибором на компьютер. Программные функции и параметры подробно описаны в руководстве пользователя по импульсному прибору FlowDop Доплера.

Рисунок 4. Интерфейс программы FlowView

Рабочая область программы FlowView

1. Амплитуда ультразвукового доплеровского сигнала



2. Спектр доплеровского сигнала (через преобразование Фурье) с указанием средней доплеровской частоты смещения $f\text{-mean}$ и максимального доплеровского сдвига частоты $f\text{-max}$. Настройка масштаба осуществляется стрелками снизу окна.

Переключение окон обработки (галочки всверху под «шапкой»):

3. «Time course» - временной ход доплеровского спектра, цветное кодирование

4. «10 s section» - История $f\text{-mean}$ и $f\text{-max}$ в последние 10 секунд измерения

5. «Pulse» – частотный спектр пульса с усреднением за 10 с

Краткая теория

Кровяное давление

Под кровяным давлением, как правило, понимается давление,

которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов. В различных областях системы кровообращения встречаются различные условия и градиенты давления. Уровень кровяного давления зависит от сердечного выброса (минутный объем сердца), общего объема крови и сопротивления потока крови в кровеносных сосудах.

Кровяное давление (в частности артериальное) является важным показателем в медицинской диагностике. В ходе сердечного цикла кровяное давление периодически колеблется между максимальным и минимальным значениями. Во время систолы кровь с давлением около 120 мм рт.ст. выбрасывается в аорту и артерию около сердца. Во время диастолы кровяное давление падает примерно до 80 мм ртутного столба.

Измерение кровяного давления по Рива-Роччи и Короткову

Измерение кровяного давления может быть выполнено непосредственно (инвазивно) или косвенно (неинвазивно). Как правило, кровяное давление измеряют с помощью манжеты.

Измерение давления по методу Рива-Роччи

При измерении кровяного давления по методу Рива-Роччи надувная манжета закрепляется на уровне сердца вокруг плеча и надувается до исчезновения пульса на лучевой артерии. Сильное сжатие кровеносных сосудов под манжетой приводит к остановке кровотока. После этого давление в манжете медленно снижается до появления пульсовых тонов. Давление в манжете, зафиксированное при возобновлении пульса, соответствует систолическому кровяному давлению.

Тоны Короткова

При помощи синхронизированного с пульсом детонационного стука, открытого Коротковым, стало возможным расширение косвенных методов измерений, а также измерение диастолического давления. Причиной появления тонов Короткова является турбулентный кровяной поток, возникающий из-за пережатия кровеносного сосуда. Тоны можно дистально прослушать стетоскопом через манжету сфигмоманометра (на локтевом сгибе). Первый тон Короткова слышится, когда давление внутри манжеты падает до систолического давления. Далее кровь будет проходить по плечу только во время

скачка давления. При дальнейшем падении давления в манжете время, когда артерия не будет пережатой, будет увеличиваться до тех пор, пока в артерии не восстановится нормальный пульс. Если артерия далее не пережимается, вследствие чего кровяной поток теряет турбулентность и становится плавным, то детонационные шумы исчезают. Давление в манжете после исчезновения тонов Короткова отмечается как диастолическое давление.

Измерение кровяного давления при помощи ультразвука

Одним из возможных методов неинвазивного измерения кровяного давления является комбинация из ультразвукового исследования на основе эффекта Доплера и манжеты сфигмоманометра. В этом случае вместо стетоскопа применяется ультразвуковая доплерография, которая позволяет не только услышать, но и увидеть кровотоки в кровеносном сосуде.

Метод ультразвуковой доплерографии

Метод ультразвуковой доплерографии заключается в использовании эффекта изменения частоты ультразвукового сигнала, который распространяется и, следовательно, отражается на клеточных кровяных тельцах, движущихся в кровяном потоке. Изменение частоты ультразвукового сигнала Δf , измеренное при помощи эффекта Доплера, прямо пропорционально скорости движения кровяного тельца, а также – приблизительно – скорости кровяного потока. Эта зависимость может быть выражена следующим уравнением:

$$\Delta f = 2f_0 \frac{V}{c} \cos \alpha \quad (1),$$

где f_0 : Частота посылаемого ультразвука

α : Угол падения относительно направления кровяного потока (Допплеровский угол)

v . Средняя скорость кровяного потока на поперечном сечении сосуда

c . Скорость ультразвука в крови

Аналогично непосредственному измерению кровяного давления

методом Рива-Роччи и Короткова, исследуемый кровяной сосуд перекрывается манжетой сфигмоманометра, и кровоток прекращается ($\Delta f = 0$). Измерения ультразвуковым методом осуществляются при помощи ультразвукового зонда продолговатой формы дистально через манжету. Давление внутри манжеты, при котором кровоток вновь восстанавливается ($\Delta f > 0$), является систолическим давлением. Так как давление внутри манжеты свидетельствует о максимальной величине колебания пульсационного давления, диастолическое давление, таким образом, не поддаётся измерению.

Изменения частоты Δf , характерные для кровотока, лежат в зоне слышимости. Поэтому они с лёгкостью могут быть дополнительно представлены в виде акустических сигналов (через динамики), причём высота тона акустических сигналов будет зависеть от скорости кровяного потока.

Более подробно смотрите в пособии «11111» и списка литературы

Задачи работы

1. Исследование непрерывного потока кровяного русла при помощи цветовой кодировки доплеровского спектра в зависимости от давления в манжете
2. Определение зависимости среднего и максимального сдвига частоты и показателей давления для двух различных скоростей кровяного потока (сердечный выброс)
3. Исследование пульсирующего потока кровяного русла при помощи цветовой кодировки доплеровского спектра в зависимости от давления в манжете и скорости насоса
4. Определите давление пульсирующего кровяного потока при различных скоростях насоса и давления в манжете

Ход работы:

Подготовительные работы:

1. Сбор и настройка установки;
2. Проверить отсутствие пузырьков воздуха в трубках установки;
3. Наденьте манжету на руку в области плечевой артерии (см. рисунок 5)

Для проведения технического измерения давления с помощью ультразвука (непрямого метода измерения артериального давления) на часть силиконовой трубки, которая имитирует плечевую артерию и находится примерно в 8-10 см от конца модели руки, должна быть крепко надета манжета для измерения артериального давления.

Рис. 5: Место сжатия манжетой модели руки

Само измерение артериального давления по доплеровской методике осуществляется ниже манжеты (в области между манжетой для измерения артериального давления и локтевым сгибом). Измерение давления, которое показано на примере модели руки, сильно зависит от положения манжеты и при ее



наложении на руку может быть изменено мощностью (количеством оборотов) насоса.

Проведение эксперимента:

Упражнение 1 Измерение артериального давления при непрерывном потоке

1. на передней панели сканера выставите переключатель Gain на 40 дБ
2. Выставить ручки «power» и «sample vol.» на «high» и «large» соответственно (рис. 3).
3. С помощью кнопки «Mode» выставить режим насоса на «M0» (при этом число оборотов должно быть в диапазоне 3000-5000 об/мин)
4. В программе Flow view во вкладке «Parameter» выберите соответствующий диаметр трубки (1/4") и угол (30 °) (рис. 5).

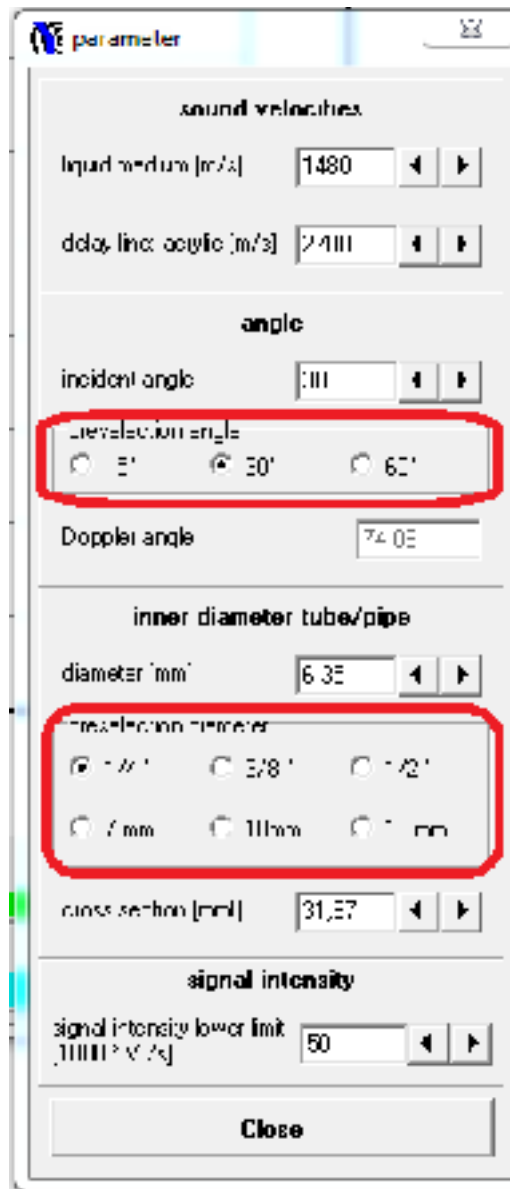


Рисунок 6. Вкладка «Parameter»

5. Нанесите гель и поместите датчик на проступающий под кожей макета руки сосуд как показано на рисунке 5. Изменением положения датчика добейтесь максимально интенсивности сигнала (по звуку и по спектру)
6. Проверьте влияние давления в манжете путем накачки манжеты с помощью резиновой помпы. При этом сдвиг частот и звук должны исчезнуть (так как манжет перекрыла поток). После плавного выпуска воздуха из манжеты в окне «time course» наблюдается изменение изображения (рисунок 7) с появлением звуковых сигналов, соответствующих появлению потока. При этом появляется промежуточный сдвиг частоты (f_{\max} - белая линия графика и f_{mean} - черная линия графика) при уменьшении давления в манжете.

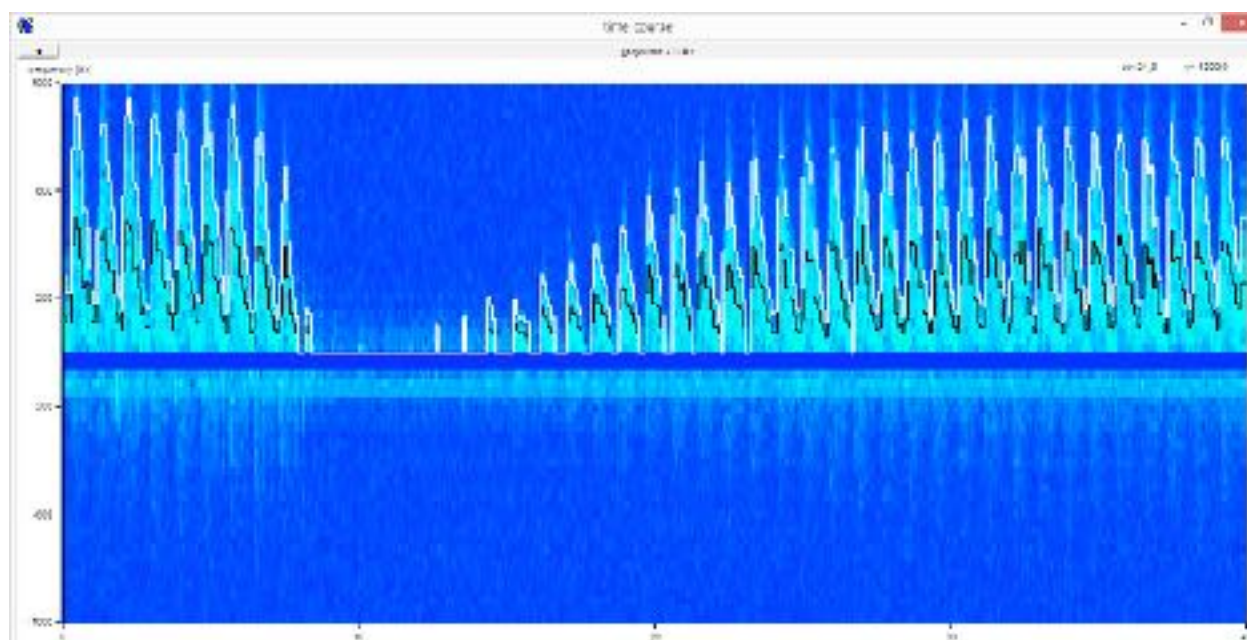
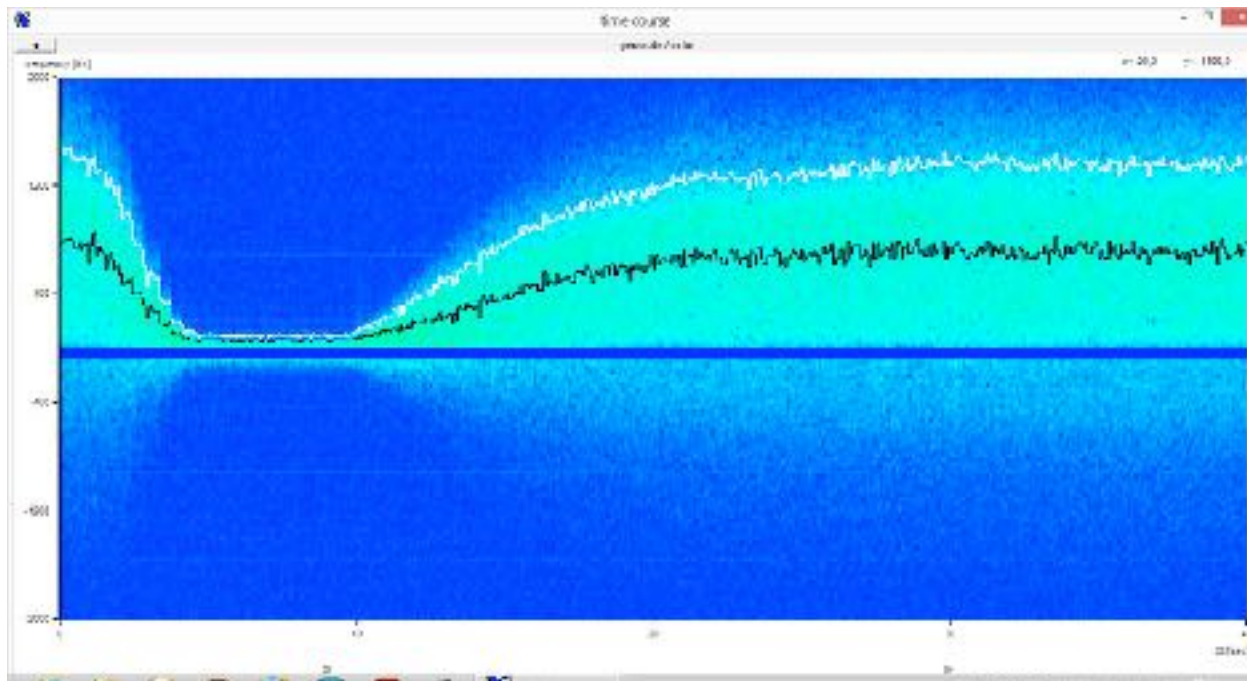


Рисунок 7. Изменение сигнала в окне цветотогового кодирования спектра при измерении давления: Накачка манжеты –постепенный выпуск воздуха – начало потока – полный выпуск воздуха

7. Установите скорость на насосе 3000 об/мин
8. Накачайте воздух в манжету до исчезновения сдвига частот и звукового сигнала
9. Постепенно выпуская воздух из манжеты фиксируйте (записывайте) значения f_{\max} и f_{mean} через каждые 10 мм. рт. ст. (до

0 мм. рт.ст.)

10. Прodelайте аналогичные измерения для скорости 4000 об/мин.
11. Уменьшите скорость насоса до 0 об/мин.
12. Постройте график зависимости f_{\max} и f_{mean} давления в манжете при двух скоростях насоса (на графике должно быть 4 кривых)
13. Сделайте выводы относительно влияния скорости насоса (объема сердечного выброса) на давление в системе (кровеносной системе)

Упражнение 2. Измерение артериального давления при пульсирующем потоке

1. Измените режим насоса на M2 (режим пульсирующего потока)
2. Установите длительность импульса (с помощью маленькой ручки сбоку) в диапазоне 0,7-1 с
3. Выставьте скорость насоса 3000 об/мин
4. Накачайте манжету на руке до исчезновения сигнала на спектре, а также звуковой индикации, а также и в окне пульса (рис 4, окно 5)
5. Далее путем постепенного стравливания воздуха из манжеты зафиксируйте значение давления в манжете, когда происходит появление изменений по отдельности на спектре, появлении звука и в окне пульса. То есть необходимо записать давление возникновения «пульса» по трем признакам: спектр (рисунок 4, окно 3), звук из прибора, пульс (рисунок 4, окно 5)
6. Прodelайте вышеизложенные пункты увеличивая скорость насоса на 500 об/мин до 5000 об/мин (то есть должно получиться 5 точек по скорости насоса)
7. Постройте график зависимости давления в манжете при котором происходит изменение по трем характеристикам (спектр, звук, пульс) от скорости насоса (3 кривые на графике)
8. Сделайте вывод о влиянии параметра определения давления на точность измерения давления

Контрольные вопросы для подготовки:

1. Артериальное давление. Способы измерения.
2. Ультразвук. Виды ультразвуковых исследований.
3. Эффект Доплера.

Список рекомендуемой литературы:

1. Звук и ультразвук в учебных исследованиях, Майер, Валерий Вильгельмович; Вараксина, Екатерина Ивановна, 2011г.
2. Применение ультразвука в стоматологии, Нестеров, Олег Викторович; Фролова, Лола Бахрамовна, 2013г.
3. Волновые процессы. Основные законы, Иродов, Игорь Евгеньевич, 2013г.
4. Змитрович, О.А. Ультразвуковая диагностика в цифрах [Электронный ресурс] : . Электрон. дан. СПб. : СпецЛит, 2014. 88 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60112
5. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : учебник. Электрон. дан. М. : Физматлит, 2009. ? 664 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2239 7.2.
6. Ультразвуковая диагностика заболеваний мелких домашних животных, Маннион, Пэдди; Фрейм, Майри; Редроб, Шерон, 2008г.
7. Майер, В.В. Физика упругих волн в учебных исследованиях [Электронный ресурс] : / В.В. Майер, Е.И. Вараксина. Электрон. дан. М. : Физматлит, 2007. 326 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59468
8. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 263 с.
9. Савельев И.В. Курс физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – 351 с.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 1. Механика. – М.: Физматлит, 2005. – 560 с.
11. Vowden P, Vowden K, „Doppler assessment and ABPI: Interpretation in the management of leg ulceration“, March 2001
12. Holger Lawell, Curt Diehm, „Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK)“, April 2009