

Часть 1. Физико-физиологическая проблема.

Часть 1.1. Понятия и переменные

Одним из ключевых проблем настоящих недостатков статьи и модели Леткова является отсутствие самых основных, ключевых, опорных понятий и определений, а именно - не хватает определения "артериальное давление" и "среднее артериальное давление". В связи с этим непонятна стоящая за ними конкретика, когда эти понятия задействованы в каком-то численном процессе.

Например, в аннотации статьи говорится: "Показано, что в условиях тестирования на полиграфе с **увеличение артериального давления** размах осциллограммы должен уменьшаться"... В теле статьи говорится: "Для давления в манжете 50 мм.рт.стб., АД 120/80... С другой стороны, если при неизменном давлении в манжете, **увеличится АД... Моделирование увеличения АД** в ходе полиграфной проверки... Действительно **с ростом АД** размах осциллограммы уменьшается, **если давление в манжете меньше АД**". (Летков, стр. 14).

Когда говорится об увеличении АД (=артериальное давление), о каком увеличении АД идёт речь? Если изначальное АД = 120/80, то что значит его увеличение? Когда АД было 120/80, а стало 140/100, вроде бы нет проблем. А если АД было 120/80, а стало 130/70? или 110/90? Какой из этих двух вариантов соответствует процессу увеличения АД? или здесь АД во всех трех вариантах одинаково?

Так же и со "средним артериальным давлением". Этот термин начинает использоваться в статье с самого начала, также используется в Заключение. Но что это такое – не определено ни понятийно, ни количественно.

Отсутствие четкости ключевых понятий – возможность для словесных спекуляций, коих хотелось бы избежать. Есть толстые томники, в которых авторы специально пользуются этим приёмом... "Мы не будем давать определение... потому что каждый уважающий себя полиграфолог интуитивно знает, что это такое... а этого вполне достаточно для использования на практике...".

Поскольку всё равно придётся обращаться к этим понятиям, для хоть какой-то привязки к конкретике я в своих замечаниях буду ориентироваться на комментарии автора статьи, которые были им даны на форуме: "**ДАД + 0,5ПД в моделировании осциллограммы выступает как начальное значение, с которого начинается отчёт - вычисления. Но в то же время для этой моделируемой осциллограммы это значение является средним АД.**"

Хотя статья – это статья, а форумные разговоры – это разговоры, буду иметь в виду, что "**ДАД + 0,5ПД**" – это в модели Леткова количественное определение среднего артериального давления через значения Диастолического Артериального Давления и Пульсового Давления. Но при этом еще раз отмечу и обращаю внимание на то, что понятие и определение "среднего артериального давления" в самой статье и в модели отсутствует.

Также в статье используется понятие "давление в манжете", которое по контексту чаще всего похоже на переменную $Pm0$ в итоговой формуле (8) и понятию "давление накачки манжеты", например: "**Для давления в манжете 50 мм.рт.стб... С другой стороны, если при неизменном давлении в манжете...**" (Летков, 14).

Хотя, опять же, надо смотреть по контексту.

Часть 1.2. Проблемная ситуация.

Очерчу контуры проблемной ситуации.

В модель Леткова как условие вычисления постоянной интегрирования для уравнения (4) вводится переменная $Pa0 = ДАД + 0,5ПД$ (без расшифровки физической сущности, просто вводится). Здесь же вводится переменная $Pm0$ - "давление накачки манжеты". Взаимосвязь переменной $Pa0$ и переменной $Pm0$, "давление накачки манжеты" осуществляется через условие неразрывности: "Постоянные интегрирования найдём из условия равенства $Pa = Pa0 = ДАД + 0,5ПД$, а $Pm = Pm0$, где

ПД – пульсовое давление, P_{m0} – давление накачки манжеты. И условия неразрывности решения в точке $P_a = P_m$ " (Летков, стр. 10)

Исходя из этих условий, представленные на стр. 13 и 14 математические формулы позволяют вычислить Δp_{m1} - величину увеличения давления в манжете относительно давления накачки манжеты при положительном увеличении артериального давления относительно величины P_{a0} : "Тут Δp_{m1} – это отклонение давление в манжете от P_{m0} – давления, до которого она накачана, в большую сторону $\Delta P_{m1} \geq 0, \Delta P_{a1} \geq 0$ ". (Летков, стр. 13).

По тому же принципу вычисляется Δp_{m2} - величина уменьшения давления в манжете относительно давления накачки манжеты при уменьшении артериального давления относительно величины P_{a0} .

Объединяя изменения давления в манжете в положительную и отрицательную сторону относительно давления накачки манжеты P_{m0} , получается общее уравнение (8), описывающее размах изменения давления в манжете (Летков, стр. 14).

Пользуясь тем, что P_{a0} – это такти более всего похоже на среднее артериальное давление, воспользуемся рисунком 7 статьи (Летков, стр. 12) и представим наглядно соответствующие графики изменений артериального давления и давления в манжете.

Рисунок 1.



Таким образом, представленные на стр. 13 и 14 математические формулы моделируют следующие физические и физиологические процессы.

Давление в манжете пульсирует относительно давления накачки манжеты P_{m0} в большую или в меньшую сторону в соответствии с пульсацией артериального давления в большую или меньшую сторону относительно артериального давления P_{a0} , которое можно принять за Среднее Артериальное Давление.

Часть 1.3. Проблематика.

Если контуры проблемной ситуация мной обозначены корректно, то сама проблема заключается в следующем (выделю жирным шрифтом... типо для значимости):

Под действием пульсации давления в артерии пульсирующее давление в манжете физически не может опускаться ниже давления накачки манжеты P_{m0} .

Для манжеты давление накачки в 50 мм.рт.ст. (например, в данном случае, представленном на рисунке выше) – это низшее давление для данных условий. Ниже уже быть не может. Указанное на графике значение диастолы не может опуститься ниже 50 мм.рт.ст. до 49.51 мм.рт.ст.

Часть 1.4. Объяснение на пальцах.

Почему пульсирующее давление в манжете не может опуститься ниже давления накачки манжеты, можно объяснить несколькими способами.

Сначала на пальцах. Причём буквально, хоть и в воображении.

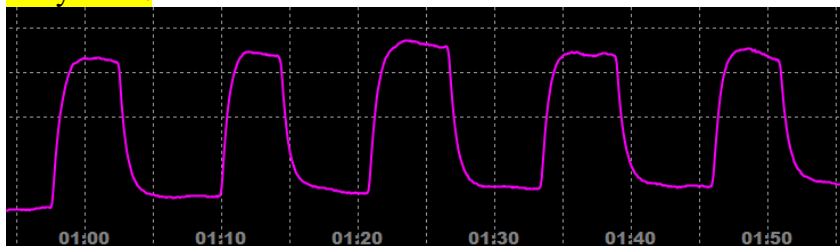
Представьте себе надетую на что угодно манжету и накачанную до, например, 50 мм.рт.ст. Теперь представьте себе, что Вы начали оказывать на манжету ритмичное пульсирующее воздействие пальцем руки с частотой 1 раз в секунду, продавливая поверхность манжеты пальцем внутрь и затем убирая палец с поверхности манжеты.

Когда Вы продавливаете поверхность манжеты пальцем, её поверхность проминается внутрь, вследствие чего её объём уменьшается, а давление в манжете увеличивается, например, до 50,5 мм.рт.ст.

Когда Вы убираете палец с поверхности манжеты, её поверхность не тянется вслед за пальцем выше поверхности накачки, никакой выпуклости на поверхности манжеты не образуется. После того, как Вы мысленно уберёте палец с поверхности манжеты, её поверхность выравнивается, объём восстанавливается до первоначального объёма накачки и, соответственно, давление в манжете опускается с достигнутых ранее 50,5 мм.рт.ст. до изначального давления накачки в 50 мм.рт.ст.

Если манжета в это время подключена к полиграфу, то на полиграфе с нефильтрованным каналом "манжета" можно будет увидеть только "всплески" вверх, соответствующие нажатию пальцем на поверхность манжеты и возвращение характеристики "на базу" после того, как палец с поверхности манжеты убран.

Рисунок 2.



Если палец не приклеен к поверхности манжеты, то под пульсирующим воздействием пальца давление в манжете никогда не опустится ниже 50 мм.рт.ст.

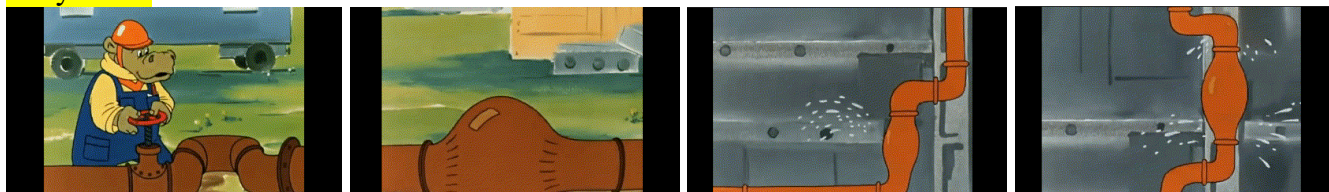
Разумеется, если вдруг Вы оказались в самолёте, стремительно набирающем высоту, то вследствие уменьшения атмосферного давления сам объём накачки манжеты увеличится, а давление накачки в манжете в целом уменьшится. Но это уменьшение давления будет не по причине оказания пульсирующего воздействия на манжету. Это уменьшение давления будет выступать как "другие данные условия".

Часть 1.5. Объяснение научное.

Сердечно-сосудистая система в интересующем нас разрезе работает следующим образом.

Если метафорически, то пульсовые колебания объема артерии и распространение пульсовой волны метафорически можно представить известной сценкой из мультфильма "Ну, погоди!". Просто вдруг вспомнилось.

Рисунок 3.



Если научно, то представленный метафорически механизм распространения пульсовой волны по артериям называется "компрессионная камера". Работа "компрессионной камеры" проиллюстрирована на рисунке 20.13 (Шмидт, стр. 513) и описана в разделе "Функции компрессионной камеры" (Шмидт, стр. 512.).

Рисунок 4.

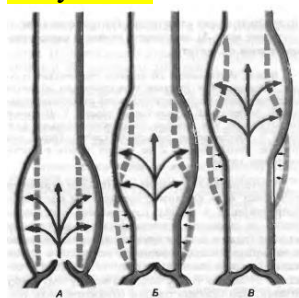
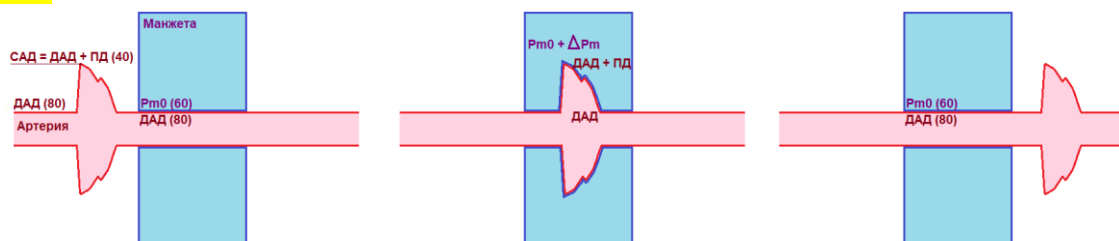


Рис. 20.13. Схема функции «компрессионной камеры» и механизма распространения пульсовой волны. В период систолы сначала растягивается ближайший к сердцу участок артерии, и в нем накапливается кровь (А). Затем этот участок возвращается к исходному состоянию, при этом растягивается и накапливает кровь другой участок (Б). Далее этот процесс повторяется, распространяясь вдоль эластических артерий (В).

К сожалению, я не нашёл данных о самих размерах компрессионной камеры. Может, её размеры сопоставимы с самой манжетой, возможно, что компрессионная камера больше манжеты, а, может, она совсем маленькая, как 5 рублей.

Поэтому прохождение пульсовой волны по артерии представляю чисто схематически, с ориентиром на принцип, а не на размеры.

Рисунок 5.



Исходя из представленной схемы видно, что в системе "артерия – манжета":

- 1) давление накачки манжеты P_{m0} физически и физиологически всегда соответствует минимальному артериальному давлению, то есть диастолическому артериальному давлению.
- 2) изменение артериального давления относительно диастолического артериального давления имеет положительный знак; поэтому пульсирующее колебание давления в манжете также может быть только положительным относительно давления накачки манжеты.

Часть 1.6. Опять про Бэббса.

Чем мне так нравится этот "пресловутый Бэббс", так тем, что – не устану повторять - он сначала понятно разбирает и описывает физику и физиологию процессов, с которыми имеет дело, а затем уже выражает их в переменных и формулах. И понятно, откуда что взялось и как оно работает.

Из этих описаний Бэббса видно, что в построении своей модели он с самого начала ориентируется на описанное выше представление о физике и физиологии изменения давления в манжете под влиянием пульсирующего изменения давления в артерии. Это отчётливо "произнесено" в его статье несколько раз:

Во первых, "In addition to smooth cuff deflation, small cuff pressure oscillations are caused by pulsatile expansion of the artery and the corresponding compression of the air in the cuff. One can model the cuff as a pressure vessel having nearly fixed volume, $V_0 - \Delta V_a$, where V_0 is cuff volume between heartbeats and ΔV_a is the small incremental volume of blood in the artery beneath the cuff as it expands with the arterial pulse."

"Помимо плавного стравливания воздуха из манжеты, небольшие колебания давления в манжете обуславливаются пульсирующим расширением артерии и соответствующим сжатием воздуха в манжете. Манжету можно смоделировать как сосуд под давлением, имеющий почти постоянный объем $V_0 - \Delta V_a$, где V_0 — это объем манжеты между ударами сердца, а ΔV_a — небольшое увеличение объёма крови в артерии под манжетой, поскольку она расширяется вместе с артериальным пульсом".

Во-вторых, далее применительно к определению податливости манжеты:

Рисунок 6.

$$C_{cuff} = \frac{-\Delta V}{\Delta P} = \frac{\Delta V_a}{\Delta P} \approx \frac{V_0}{P}.$$

"The negative change in cuff volume represents indentation by the expanding arm when the artery inside fills with blood."

"Отрицательное изменение объема манжеты представляет собой углубление, образующееся за счёт расширения плеча, когда плечевая артерия наполняется кровью."

То есть Бэббс тоже исходит из того, что под действием пульсирующего артериального давления давление в манжете может меняться только в положительную сторону.

Часть 1.7. Что в итоге.

Используемое условие равенства P_{a0} , Среднего Артериального Давления и P_{m0} , давления накачки манжеты приводит к тому, что в модели Леткова и в математических вычислениях мгновенные значения давления в манжете в своём колебании уходят ниже давления накачки, что не может быть физически и физиологически.

Отсюда:

1) математические формулы в модели Леткова, представленные в статье на страницах 13 и 14, высчитывающие отклонение давления в манжете в положительную и отрицательную сторону, не корректны, поскольку в них заложено некорректное представление о физике и физиологии сердечно-сосудистых процессов.

2) поскольку некорректные математические вычисления на странице 13 и 14 интегрируются в итоговую формулу (8), описывающей амплитуду размаха давления в манжете, то формула (8) тоже некорректно отражает физические и физиологические процессы, происходящие в сердечно-сосудистой системе в реальности.

Часть 1.8. Почему так?

Потому что в модели Леткова нет физического и физиологического объяснения по поводу главного шага, переводящего ситуацию из универсального подхода к решению специфической задачи.

А именно: а почему поле трансмурального давления поделено по границе, совпадающей со Средним Артериальным Давлением? Какая в этом была физическая и физиологическая необходимость?

Вот опять же... пресловутый Бэббс... никуда без него. Я его "не отпускаю" по той причине, что он является примером того, что все ключевые введения или преобразования в его модели объяснены и аргументированы физически и физиологически. По поводу подробности математики он не заморачивается... выкидывает из демонстрации многостраничные математические вычисления. Но когда дело касается важных нововведений или преобразований - он молодец.

Формулы, относящиеся к объемам и давлениям, у Бэббса тоже до определённого момента универсальны: в них универсально присутствует трансмуральное давление P_t , в котором артериальное давление и давление в манжете представлены своими мгновенными значениями и, как бы, вставляй вместо них что хочешь... Но когда доходит до... скажем так, момента спецификации...

то Бэббс долго и нудно... с картинкой... аргументирует, почему он делит всё поле "трансмуральное давление – объем" именно на три домена и связывает границы этих доменов со значениями ДАД, САД и ПД... а не, например, с "ДАД + 0,5ПД". В результате становится понятна логика именно такого деления, становится понятна адекватность такого деления для конечной цели его модели – определения диастолического и систолического артериальных давлений, возрастает доверие к их валидности.

В модели Леткова "водораздел" по Среднему Артериальному Давлению происходит всего двумя фразами: "Постоянные интегрирования найдём из условия равенства $P_a = P_{a0} = \text{ДАД} + 0,5\text{ПД}$ " (Летков, стр. 10) и "Рассмотрим уравнение (4) для условия $P_a - P_m \geq 0$ и обозначим ДАД + 0,5ПД как P_{a0} " (Летков, стр. 13). Всё...

А почему постоянная интегрирования находится из условия $P_{a0} = \text{ДАД} + 0,5\text{ПД}$?

Аргумент "когда манжета накачана до давления меньшего $\text{ДАД} + 0,5\text{ПД} - (P_{a0} - P_{m0}) \geq 0$ – это типичный сценарий полиграфной проверки (Летков, 10)" – не выдерживает никакой критики.

В математике есть базовое правило для принятия того или иного условия: Необходимость и Достаточность. Для того, чтобы "сценарий полиграфной проверки" считался "типичным", Необходимым и Достаточным условием является накачка манжеты до давления ниже Диастолического Артериального Давления. Накачивать манжету до давления выше Диастолы, даже на чуть-чуть, вообще нет никакой Необходимости. Если делить по Среднему Артериальному Давлению, то "цепляется" ненужный сигнал, который вследствие своей ненужности уже является шумом по отношению к "типичному сценарию полиграфной проверки". Поэтому само деление поля значений трансмурального давления по значениям Среднего Артериального Давления, то есть выше Диастолического Артериального Давления, для "сценария полиграфной проверки" не подходит ни разу: никто из полиграфологов не накачивает манжету до давления выше Диастолы.

Лично у меня есть только одно понятное для себя объяснение, зачем поле значений трансмурального давления поделено по Среднему Артериальному Давлению – чтобы "подогнать задачку под ответ", где в качестве "ответа" выступает статья Н.Гордона.

Необходимо сделать так, чтобы в математических формулах с универсальными переменными, ориентированными на мгновенные значения, каким-то образом появилась специфическая для исследования переменная – P_{m0} , Среднее Артериальное Давление. "Введение в строй" такой переменной далее открывает возможность работать именно с ней, обосновывая и подтверждая заявление Гордона о том, что именно повышение Среднего Артериального Давления при постоянном давлении накачки в манжете уменьшает амплитуду размаха "осциллограммы".

Другого объяснения лично у меня нет. Было бы в статье Леткова более четкие обоснования – наверное, сформировалось другое объяснение; а пока так.

К чему это привело – я постарался показать в первой части.

Часть 1.9. Вывод.

В модели Леткова с определенного момента подход к её созданию перестаёт соответствовать физике и физиологии процессов, происходящих системе "сердечно-сосудистая система – манжета". В результате получился ряд некорректных математических расчетов и преобразований, которые, соответственно, привели к некорректности итоговой формулы (8), устанавливающей зависимость размаха амплитуды давления в манжете от Среднего Артериального Давления.

С уважением
Сергей Поповичев

При использовании материала просьба ссылаться на авторство.