



АПМ 51 ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
МЕХАНИКИ

19–21 июня 2024 | В Великий Новгород



При поддержке



51 школа-конференция «Актуальные проблемы механики»,
Великий Новгород, 19-21 июня 2024 года

УДК 531/534
ББК 22.2
В85

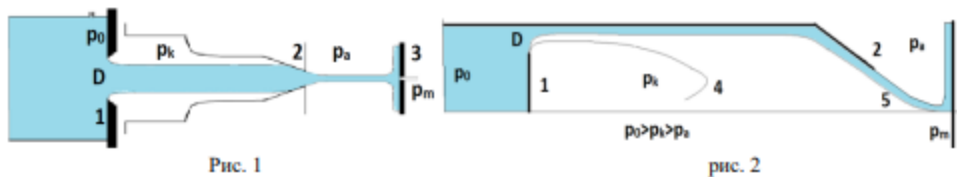


Рис. 1

рис. 2

На рис. 1 показана простейшая схема исследуемого течения – кавитатор 1 (пластина, диск) находится в канале (или трубе) постоянного сечения. Канал заканчивается сужением, через которое жидкость в виде струи истекает в атмосферу с давлением p_a и взаимодействует с жестким экраном 3. За кавитатор осуществляется, поддув газа (образуется вентилируемая каверна), при умеренных поддувах образуется обычная каверна 4, замыкающаяся внутри тубы (на рис. 1 по схеме Эфроса с возвратной струйкой). С ростом поддува число кавитации приближается к предельному, зависящему от загромождения канала, длина каверны растет – хвостовая часть каверны приближается к выходу из канала. Заметим, что давление в каверне p_k больше p_a и по отношению к внешнему давлению это есть каверна с отрицательным числом кавитации – знак кривизны границы каверны меняется, поверхность раздела фаз становится неустойчивой в смысле Релея-Тейлора. На рис.1 (позиция 5) схематически показан предельный случай замкнутой каверны. Исследования показали, что в этом режиме течения реализуется высокочастотная генерация импульсных струй за счет развития Релей-Тейлоровских двухфазных структур, в результате на экране 3 генерируются довольно интенсивные импульсы давления. При этом давление в каверне остается примерно постоянным и струйное течение выше хвостовой части каверны также стационарно. При дальнейшем увеличении поддува газа стационарная каверна становится разомкнутой, в реальности течение становится нестационарной (периодическое смыкание-размыкание каверны), возникает низкочастотный автоколебательный режим течения во всей системе (частоты на порядок ниже Релеевских). Показано, что в этом режиме может быть реализован дискретный (помпажный) режим генерации струй. При дальнейшем увеличении поддува реализуется режим с периодическим выбросом газа в область перед кавитатором, при этом частота автоколебаний заметно падает, а интенсивность ударного воздействия на экран 3 может даже возрасти. Показано, что путем изменения формы кавитатора (клин, конус) можно значительно увеличить эффект ударного воздействия на экран 3 в этом режиме. Схема, показанная на рис. 1 была экспериментально реализована в плоской постановке, на рис. 2 показана схема течения, реализованная в осесимметричной постановке. Здесь изменена топология течения – струя, истекающая из отверстия в диафрагме 1 находится в центре воздушной каверны. Показано, что и в этом случае возникают качественно те же режимы генерации низкочастотных импульсных струй, что и в случае течения с центральной каверной. Несмотря на принципиальное отличие течения в области взаимодействия струи с конической выходной насадкой сопла, при малых поддувах газа здесь также реализуется высокочастотный режим генерации импульсных струй.

Итак, показана возможность использования режима автоколебаний для создания генератора периодических импульсных струй. В отличие от известных импульсных установок, периодический режим прерывистого истечения жидкости реализуется здесь при постоянных параметрах, подаваемых в систему жидкости и газа, без применения каких-либо механических устройств. Исследовано влияние параметров генератора на эффективность его работы. Нужно сказать, что по сравнению со стационарным режимом в нестационарном случае количество параметров течения существенно увеличивается – существенно влияют объем каверны и даже акустические свойства подводящего воду трубопровода. Диапазон существования различных режимов и эффективность работы генератора зависят также от соотношения сопротивлений кавитатора и выходного сопла. Кроме того, при одинаковых условиях наблюдается существование различных частотных мод автоколебаний, от которых также существенно зависит эффективность генератора.

ГИДРОМЕХАНИКА КРОВОТОКА ПРИ АНЕВРИЗМЕ АОРТЫ

Простомолотов А.Н., Везуб Н.А.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Россия
aposto@inbox.ru

Кровь представляет собой взвесь клеток в водном растворе, в котором 92% составляет вода [1]. В крови присутствуют клетки нескольких типов, но основные – эритроциты, концентрация которых очень высокая –

примерно $5 \times 10^6 \text{ мм}^{-3}$. Эритроциты – это красные клетки, которые содержат белок – гемоглобин. Вязкость крови меняется так же, как её растворителя – воды. Характерным свойством эритроцитов является тенденция к образованию агрегатов в виде «монетных» столбиков. Механизм образования столбиков до конца не выяснен, но считается, что эритроциты притягиваются друг к другу локализованными на их поверхностях «заряженными» частями. Процесс агрегации протекает при наличии асимметричных макромолекул (фибриногена и глобулинов), с повышением концентрации которых процесс агрегации ускоряется. Таким образом, цельную кровь можно рассматривать как ньютоновскую жидкость, в которой взвешены эритроциты. Процесс оседания эритроцитов имеет важное диагностическое значение. На практике используется процентное соотношение доли эритроцитов в единице объема крови – гематокрит. Существенное изменение гематокрита свидетельствует о заболеваниях.

В данной работе рассматривается течение крови в брюшной части аорты, имеющей нарост в виде аневризмы (Рис. 1). Применяется трехмерная математическая модель для расчета течения и массопереноса. В сечении 1 задается условие втекания крови, в сечениях 2 – 4 кровь вытекает. Кровь рассматривается как водный раствор клеток эритроцитов. Процесс их агломерации на внутреннюю поверхность аневризмы – 6 рассматривается по аналогии с осаждением неорганической примеси на твердую поверхность кристалла [2].

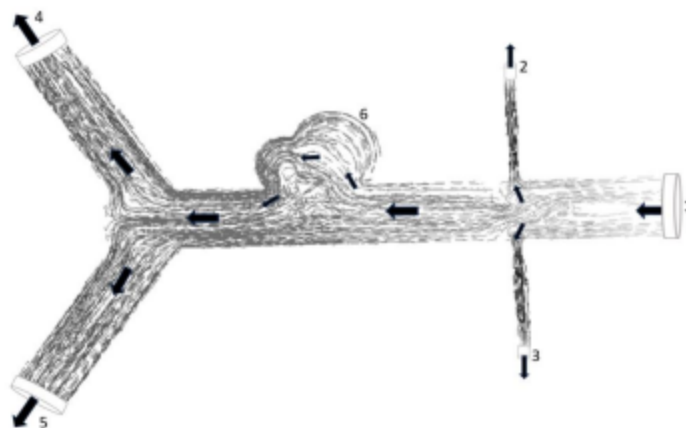


Рис. 1. Течение крови в аорте, в её разветвлениях и в аневризме: 1 – входное отверстие, 2 и 3 – ответвляющиеся мелкие сосуды, 4 и 5 – раздвоение аорты, 6 – аневризма в виде сдвоенных шаров разного диаметра, погруженных в тело аорты.

Работа выполнена по теме государственного задания (№ госрегистрации 124013000674-0).

Литература

1. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. Москва: Мир, 1983. 400 с.
2. Вerezub N.A., Prostomolotov A.I. Гидромеханика при выращивании кристаллов из водно-солевых растворов // Вычислительная механика сплошных сред. 2022. Т. 15, № 1. С. 98-114. <https://doi.org/10.7242/1999-6691/2022.15.1.8>

МЕХАНИКА ДЕФЕКТОВ В БЕЗДИСЛОКАЦИОННЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ

Простомолотов А.И., Вerezub Н.А.

*Институт проблем механики им. А.Ю. Иилинского РАН, Россия
aprosto@inbox.ru*

Рассматривается оптимизация двух технологических процессов: выращивания монокристаллов кремния методом Чохральского (Рис. 1а) и быстрой высокотемпературной обработки (БТО) вырезаемых пластин из этих монокристаллов (Рис. 1б). Для метода Чохральского вопросы влияния различных сборок