

# ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ЛИНЕЙНОГО ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОГО НАСОСА ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ И ДЛИНЫ СЖИМАЕМЫХ УЧАСТКОВ

Гришин А.И.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», Москва, Россия  
foxmcloud@rambler.ru

*В обзорной части работы кратко представлены наиболее распространенные существующие конструкции насосов перистальтического принципа действия, а также основные области их применения. Основная часть исследования посвящена изучению влияния на работу перистальтического насоса с линейно расположенной трубкой формы поперечного сечения трубки в области сжимаемых участков, а также соотношения размеров выжимных элементов, периодически сжимающих трубку насоса в поперечном направлении. Исследования проводились посредством численных экспериментов в программе STAR-CCM+, которая основана на методе контрольного объема. В результате проведенных вычислений было установлено, что применение выступов на внутренней поверхности трубки дает положительный эффект, если выступы имеют особую криволинейную форму с плавным переходом около внутренней поверхности трубки, причем увеличение создаваемого давления и подачи больше в том случае, когда выступы присутствуют только в области сжатия трубки первым выжимным элементом. При этом угол наклона характеристики насоса меняется так, что положительный эффект не наблюдается в области малых значений создаваемого давления. Изучение влияния различных соотношений длин сжимаемых участков трубки на создаваемые насосом подачу и давление показало, что для исследуемого в работе неполного сжатия трубки насоса наиболее благоприятным является использование выжимных элементов одинаковой длины. Как для трубки без выступов, так и для трубки с выступами применение второго выжимного элемента большей или меньшей длины, чем длина остальных выжимных элементов при одной и той же суммарной длине всех трех сжимаемых участков, приводит к увеличению утечек при неполном сжатии трубки и таким образом снижает подачу насоса.*

**Ключевые слова:** перистальтический насос, взаимодействие жидкости и твердого тела, вычислительная гидродинамика.

**Для цитирования:** Гришин А.И. Влияние на характеристику линейного перистальтического насоса формы сечения и длины сжимаемых участков // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. № 2 (48). С. 9–17. DOI: 10.31992/2074-0530-2021-48-2-9-17.

## Введение

Перистальтический насос представляет собой гидравлическую машину объемного принципа действия, в которой рабочая камера образуется вследствие сжатия упругого рабочего органа одним или несколькими выжимными элементами [1]. Перекачка жидкости в перистальтическом насосе осуществляется за счет движения выжимных элементов: жидкость вытесняется в напорный трубопровод во время сжатия упругого рабочего органа, а также поступает в насос из всасывающего трубопровода во время принятия упругим рабочим органом своей первоначальной формы. Чаще всего встречаются конструкции перистальтических насосов, в которых используется расположен-

ная U-образно трубка (или шланг), а в качестве выжимных элементов используются ролики [2]. Перистальтические насосы такой конструкции способны создавать давления до 12 бар и обеспечивать подачу до 22 л/с. Реже в такой конструкции вместо роликов применяют башмаки. Это позволяет повысить создаваемое давление до 16 бар, но, в отличие от роликов, эксплуатация насоса с башмаками сопровождается значительным выделением тепла, что приводит к необходимости дополнительных затрат на смазочную охлаждающую жидкость [3]. Крупногабаритные насосы такой конструкции, диаметр упругой трубки (или шланга, выполненного из нескольких слоев) которых составляет 10...125 мм, применяют в химической про-

мышленности для транспортировки щелочей и других агрессивных сред, в пищевой отрасли для транспортировки соков, отходов производства продуктов, кремов, теста. Благодаря герметичности и возможности перекачивать эмульсии, перистальтические насосы применяются в горнодобывающей промышленности и для отвода сточных вод.

Отдельного упоминания заслуживают компактные перистальтические насосы, у которых диаметр упругой рабочей трубки составляет не более 10 мм, создаваемое давление не более 2 бар, а подача – до 2 мл/мин [4]. Перистальтические насосы таких компактных размеров нашли применение в технике для струйной печати по тканям, в бытовых принтерах. Их также применяют в лабораторном оборудовании и в медицине, например, для транспортировки биологических жидкостей и в системах очистки крови. Точность дозирования в таких насосах может составлять до 0,5 % [5, 6]. В отличие от крупногабаритных насосов конструкции компактных перистальтических машин отличаются большим разнообразием. В некоторых экспериментальных конструкциях вместо трубки используется мембрана [7], а в качестве выжимных элементов вместо роликов могут быть использованы толкатели, пьезоэлементы, электромагниты и др. Тем не менее, чаще всего в конструкциях компактных перистальтических насосов трубка также расположена *U*-образно, а в качестве выжимных элементов используются ролики. Конструкция насоса с линейно расположенной трубкой и с выжимными элементами, которые сжимают ее в поперечном направлении, имеет не только меньший коэффициент полезного действия, но и свои преимущества: такой насос более компактен, а из-за отсутствия продольного трения трубка насоса меньше изнашивается. Кроме того, как показывают имеющиеся исследования, в перистальтическом насосе линейного типа перекачиваемая среда меньше подвергается повреждениям. В работе [8], в которой при помощи разработанной авторами специальной модели напряжений сдвига проведено исследование разрушения протеинов в зависимости от используемой для дозирования гидравлической машины, приходят к выводу, что по получающемуся уровню сдвига перистальтический насос с линейно расположенным рабочим органом имеет преимущество по сравнению с поршневым насосом и с пери-

стальтическим насосом, трубка которого расположена *U*-образно.

Среди существующих конструктивных решений имеются разработки, связанные непосредственно с рабочим органом насоса. Так, для уменьшения величины возникающих в трубке напряжений были разработаны трубка особой формы с двумя клиновидными утолщениями по бокам [9], а также трубка с продольными складками [10]. Применение подобного рода или похожих утолщений (или выступов), вероятно, может повлиять не только на возникающие напряжения, но и на создаваемые подачу и давление.

Другим фактором, влияющим на работу насоса, очевидно, будет пропорциональность длин сжимаемых участков – сжимаемые участки могут быть равными по длине либо иметь разную величину при одной и той же длине сжимаемой трубки. Например, в работе [11] имеется всего один выжимной элемент, но особой формы, за счет чего у трубки имеется три сжимаемых участка, причем два из них имеют минимальную длину и функции клапанов, исключающих обратный ток жидкости во время работы насоса.

Целью данной работы является продолжение исследований, проведенных в работе [12], где было изучено влияние на характеристику перистальтического насоса с линейно расположенной трубкой различных алгоритмов срабатывания выжимных элементов, наличия неровностей внутренней поверхности трубки до и после сжимаемых участков, а также используемого материала рабочего органа.

### **Методика исследования**

Течение жидкости в перистальтическом насосе представляет собой задачу взаимодействия жидкости с твердым деформируемым телом, поэтому для проведения численных экспериментов необходимо моделирование как собственно течения жидкости, так и деформации упругой рабочей трубки. Для численного решения данной задачи было использовано программное обеспечение *STAR-CCM+*, основанное на методе контрольного объема.

Так как задача симметрична относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей, то для численных экспериментов необходимо моделирование только четверти трубки. Сгенерированная сеточная модель показана на рис. 1. Внутренний диаметр трубки состав-

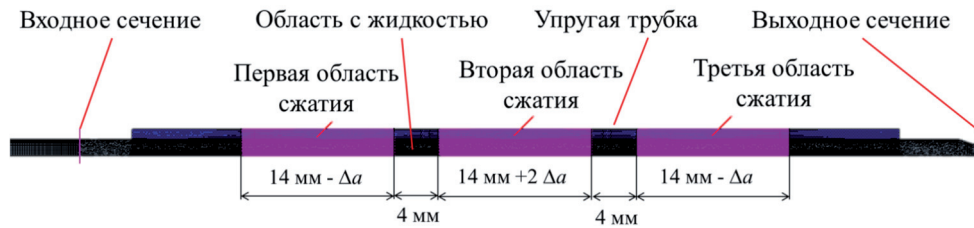


Рис. 1. Трехмерная модель перистальтического насоса

Fig. 1. 3D model of a peristaltic pump

ляет 3 мм, внешний диаметр – 4,8 мм. После выходного сечения строился дополнительный участок переменной длины, имитирующий нагрузку, на которую работает насос. Выходное сечение было сделано меньшего диаметра (2 мм), чтобы увеличить сопротивление этого дополнительного участка. Плотность жидкости была задана равной 855 кг/м<sup>3</sup>, а динамическая вязкость – 88 · 10<sup>-3</sup> Па·с.

Чтобы выполнить серию численных экспериментов для различных длин сжимаемых участков была введена величина Δa так, что длина первого и последнего сжимаемых участков задавалась как 14 мм – Δa, а второго сжимаемого участка 14 мм + 2 · Δa. Таким образом, при Δa = 0 длины сжимаемых участков равны, с увеличением Δa длины первого и третьего участков уменьшаются, а длина второго – увеличивается.

Сжатие трубки моделировалось заданием областей, на которые действует распределенная по поверхности сила. Изменение силы по времени для каждого сжимаемого участка показано на рис. 2. Используемое программное обеспечение позволяет моделировать только неполное сжатие трубки, так как при полном сжатии неизбежно возникают деформации расчетной сетки, при которых часть ячеек имеет нулевой или отрицательный объем и дальнейшие вычисления становятся невозможными. Поэтому максимальное значение сжимающей силы задается так, что площадь поперечного сечения сжатого участка трубки составляет 35 % от изначальной площади поперечного сечения. При этом максимальные величины прилагаемых к сжимаемым участкам сил корректируются пропорционально изменению длин участков при Δa ≠ 0.

На самом деле, на практике при работе перистальтического насоса есть смысл использовать именно неполное сжатие трубки. Дело в том, что для полного сжатия необходимо приложить намного большее значение сжи-

мающей силы. Моделирование только упругих деформаций трубки без учета взаимодействия жидкости с твердым телом показывает, что для полного сжатия трубки приложенная сила должна быть более чем в 3 раза больше, чем для сжатия трубки на 65 % от изначальной площади поперечного сечения. График изменения площади сечения от величины приложенной силы показан на рис. 3, где A – площадь се-

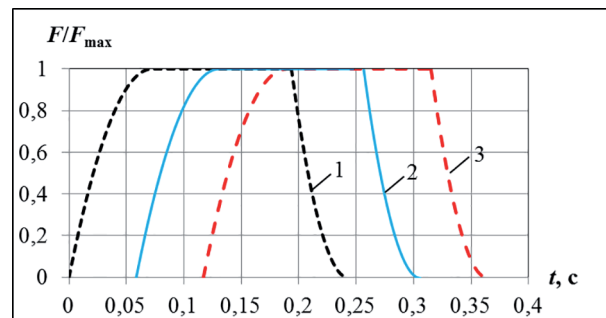


Рис. 2. Сила, прилагаемая к соответственной области сжатия:

1 – первый сжимаемый участок; 2 – второй сжимаемый участок; 3 – третий сжимаемый участок

Fig. 2. Force applied to the respective compression area: 1 – first compressible area; 2 – second compressible area; 3 – third compressible area

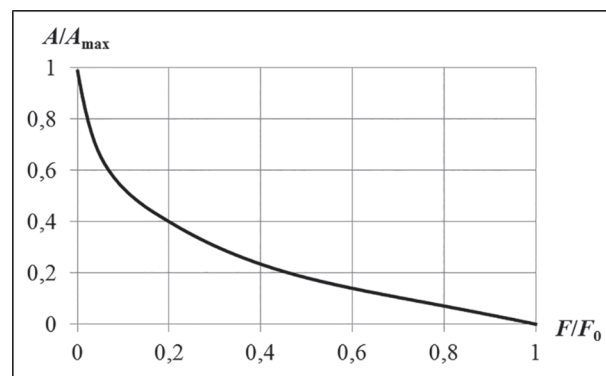


Рис. 3. Зависимость площади поперечного сечения трубки от приложенной силы

Fig. 3. Dependence of the cross-sectional area of the tube on the applied force

чения трубки при величине сжимающей силы  $F$ ,  $A_{\max}$  – площадь сечения несжатой трубки,  $F_0$  – сила, необходимая для полного сжатия.

Применение выступов на внутренней поверхности трубки может повысить степень сжатия трубки при той же величине сжимающей силы (если пренебречь влиянием давления жидкости на степень сжатия), но, очевидно, увеличит гидравлическое сопротивление трубки.

В свою очередь, от величины сопротивления участков трубки будет зависеть доля объема жидкости, вытесняемого выжимными элементами по направлению к трубопроводу нагнетания. Влияние на создаваемую подачу и давление наличия выступов на внутренней поверхности упругого рабочего органа насоса изучалось с использованием форм поперечных сечений трубки, показанных на рис. 4. При проведении численных экспериментов были рассмотрены следующие варианты расположения выступов: 1) выступы есть на протяжении всей сжимаемой области трубки; 2) выступы есть только в области первого сжимаемого участка.

### Результаты исследований и их обсуждение

Форма сжатой трубки и величины средних напряжений показаны на рис. 5. Наибольшее значение напряжений наблюдается для трубки с плоскими выступами, в то время как в случае криволинейных выступов величина напряжений сопоставима с результатами, полученными для трубки без выступов. Повышенное значение

напряжений в случае плоских выступов объясняется резким переходом между поверхностью выступа и поверхностью трубки. Кроме того, можно заметить, что из-за этого трубка с плоскими выступами сжимается несколько меньше.

Сравнение полученных численными расчетами графиков изменения скорости течения жидкости в выходном сечении насоса  $v_{\text{вых}}$  от времени для трубки с плоскими выступами показано на рис. 6, а для трубки с криволинейными выступами – на рис. 7.

Как видно из полученных результатов, применение плоских выступов вдоль всей трубки приводит к уменьшению вытесняемого вторым и третьим выжимными элементами объема жидкости по направлению к выходному сечению насоса. Применение плоских выступов вдоль только первого сжимаемого участка обеспечивает вытеснение практически такого же объема, как у трубки без таких участков,

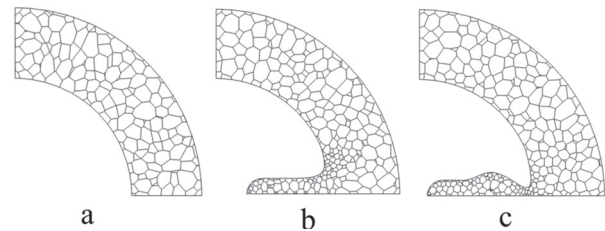


Рис. 4. Исследуемые поперечные сечения трубки: *a* – трубка без выступов; *b* – трубка с плоским выступом, *c* – трубка с криволинейным выступом

Fig. 4. Test tube cross-sections: *a* – tube without protrusions; *b* – flat-ribbed tube; *c* – curved-ribbed tube

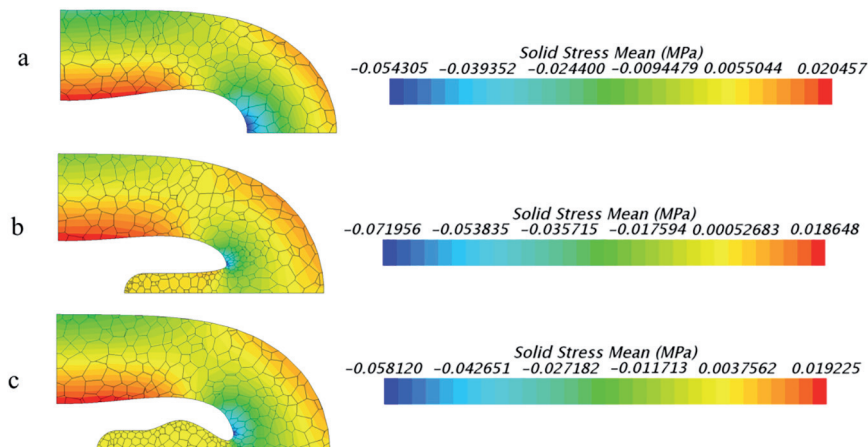
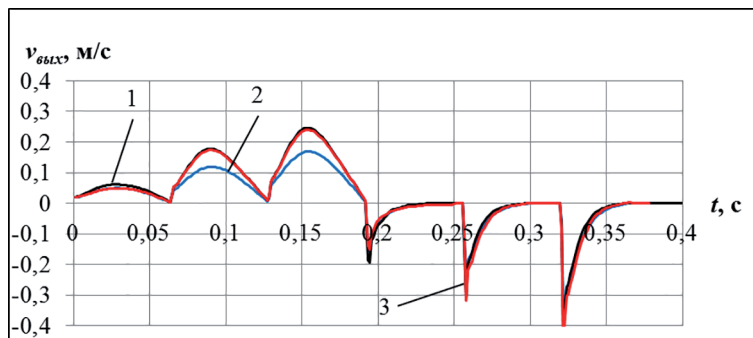


Рис. 5. Средние напряжения в области сжатой трубки:

*a* – трубка без выступов; *b* – трубка с плоским выступом; *c* – трубка с криволинейным выступом

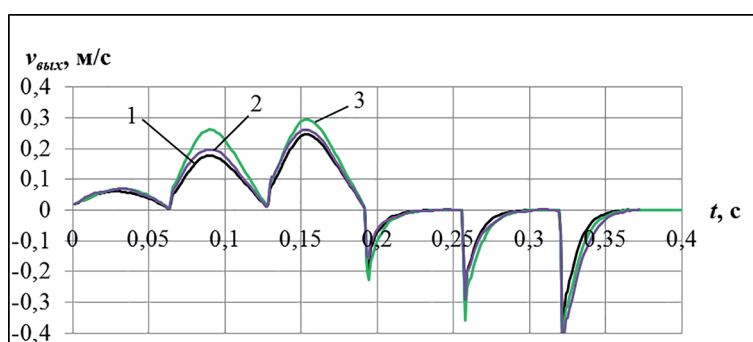
Fig. 5. Average stresses in the area of the compressed tube: *a* – tube without protrusions; *b* – flat-ribbed tube; *c* – curved-ribbed tube



**Рис. 6. Изменение скорости течения в выходном сечении насоса по времени:**

- 1 – трубка без выступов; 2 – плоские выступы вдоль всей трубки;  
3 – плоские выступы вдоль только первой сжимаемой области

*Fig. 6. Change in the flow rate in the outlet section of the pump over time: 1 – tube without protrusions; 2 – flat projections along the entire tube; 3 – flat protrusions along only the first compressible area*



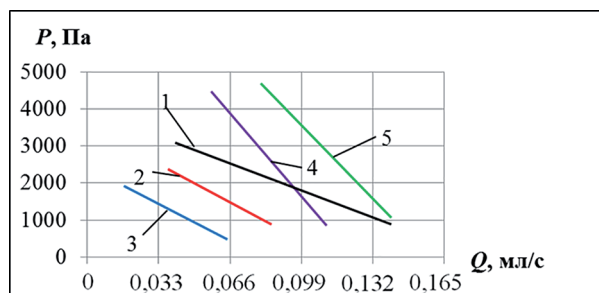
**Рис. 7. Изменение скорости течения в выходном сечении насоса по времени:**

- 1 – трубка без выступов; 2 – криволинейные выступы вдоль всей трубки;  
3 – криволинейные выступы вдоль только первой сжимаемой области

*Fig. 7. Change in the flow rate in the outlet section of the pump over time: 1 – tube without protrusions; 2 – flat projections along the entire tube; 3 – flat protrusions along only the first compressible area*

но во время возвращения выжимных элементов в исходное положение имеет место больший обратный ток.

Применение криволинейных выступов, напротив, увеличивает вытесняемый к выходу объем жидкости. Причем в том случае, когда выступы есть только на первом сжимаемом участке, вытесняемый к выходу объем больше, а обратный ток получается меньше, чем когда выступы расположены вдоль всей трубки. Сравнение характеристик насоса для всех изученных вариантов расположения выступов (рис. 8) также показывает, что использование криволинейных выступов на первом сжимаемом участке дает значительное преимущество по сравнению с трубкой без выступов, за исключением участков характеристик с подачей более 0,14 мл/с. Так, насос, трубка которого имеет криволинейные выступы на первом сжимаемом участке при величине подачи 0,1 мл/с, создает давление вдвое больше, чем в случае



**Рис. 8. Характеристика насоса:**

- 1 – трубка без выступов; 2 – плоские выступы только вдоль только первой сжимаемой области;  
3 – плоские выступы вдоль всей трубки;  
4 – криволинейные выступы вдоль всей трубки;  
5 – криволинейные выступы вдоль только первой сжимаемой области

*Fig. 8. Pump characteristic: 1 – tube without protrusions; 2 – flat projections only along only the first compressible area; 3 – flat projections along the entire tube; 4 – curved projections along the entire tube; 5 – curved projections along only the first compressible area*

отсутствия выступов. Заметим также, что исследуемые в данной работе криволинейные выступы занимают большее значение площади сечения, чем плоские выступы.

Другой угол наклона характеристики по сравнению с трубкой без выступов можно объяснить следующим образом. Наличие выступов на первом сжимаемом участке увеличивает количество жидкости, вытесняемой вторым и третьим выжимными элементами по направлению к выходному сечению, но также увеличивает обратный ток во время возвращения этих выжимных элементов в исходное положение.

В области малых давлений, когда сопротивление напорного трубопровода мало, преобладающим эффектом от выступов на первом сжимаемом участке является увеличение обратного тока, поэтому характеристика лежит ниже, чем график изменения создаваемого давления от подачи для трубки без выступов. В области больших давлений, когда гидравлическое сопротивление напорного трубопровода больше, напротив, преобладающим эффектом от использования криволинейных выступов поверхности трубки на первом сжимаемом участке становится увеличение подачи насоса.

В случае полного сжатия трубки, вероятно, наибольшая подача должна получаться в том случае, когда первый и третий сжимаемые участки имеют минимальную длину

и при работе насоса выполняют функции клапанов. В реальных условиях полное сжатие недостижимо, так как будут оставаться зазоры, через которые будут иметь место утечки жидкости. В этом случае от длины сжимаемых участков будет зависеть их сопротивление, которое будет оказывать влияние на величину утечек и, таким образом, на величину подачи насоса.

Результаты вычислений напорной характеристики перистальтического насоса в зависимости от изменения длины сжимаемых участков показано на рис. 9. Сравнение полученных графиков показывает, что для рассматриваемого неполного сжатия трубки наиболее оптимальным является вариант, при котором длины всех трех сжимаемых участков равны. Изменение соотношения длин участков как в случае, когда первый и третий сжимаемые участки меньше второго, так и для случая, когда они больше, приводит к уменьшению создаваемых подачи и давления.

Аналогичный результат был получен для трубки насоса, у которой присутствуют криволинейные выступы поверхности в области сжатия первым выжимным элементом (рис. 10). Наибольшие значения подачи и давления получаются при  $\Delta a = 0$  мм, то есть когда длины всех трех сжимаемых участков равны. При этом из-за наличия выступов площадь поперечного сечения первого сжатого участка трубки составляет 22 % от изначального значения.

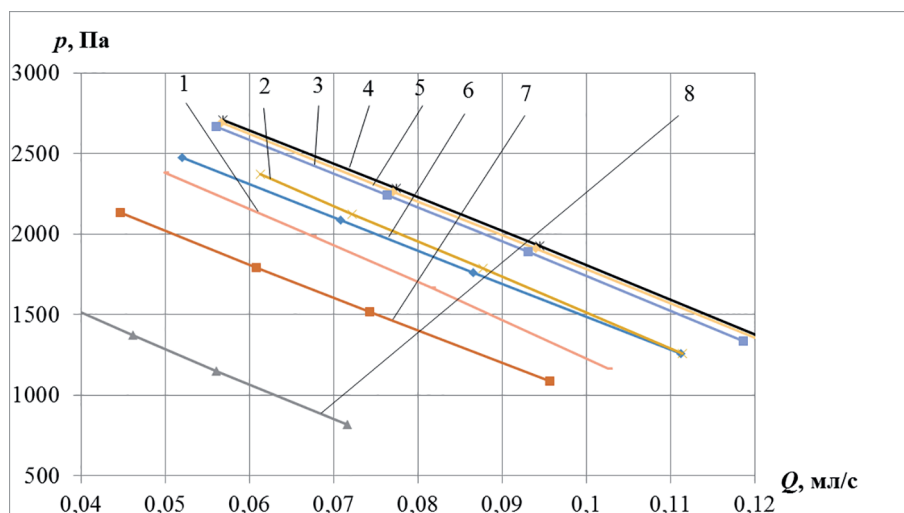


Рис. 9. Характеристика насоса в зависимости от соотношения длины сжимаемых участков:

1 –  $\Delta a = -5$  мм; 2 –  $\Delta a = -3$  мм; 3 –  $\Delta a = -1$  мм; 4 –  $\Delta a = 0$  мм; 5 –  $\Delta a = 1$  мм;  
6 –  $\Delta a = 3$  мм; 7 –  $\Delta a = 5$  мм; 8 –  $\Delta a = 7$  мм

Fig. 9. Pump characteristic depending on the ratio of the length of the compressible sections:

1 –  $\Delta a = -5$  mm; 2 –  $\Delta a = -3$  mm; 3 –  $\Delta a = -1$  mm; 4 –  $\Delta a = 0$  mm; 5 –  $\Delta a = 1$  mm;  
6 –  $\Delta a = 3$  mm; 7 –  $\Delta a = 5$  mm; 8 –  $\Delta a = 7$  mm

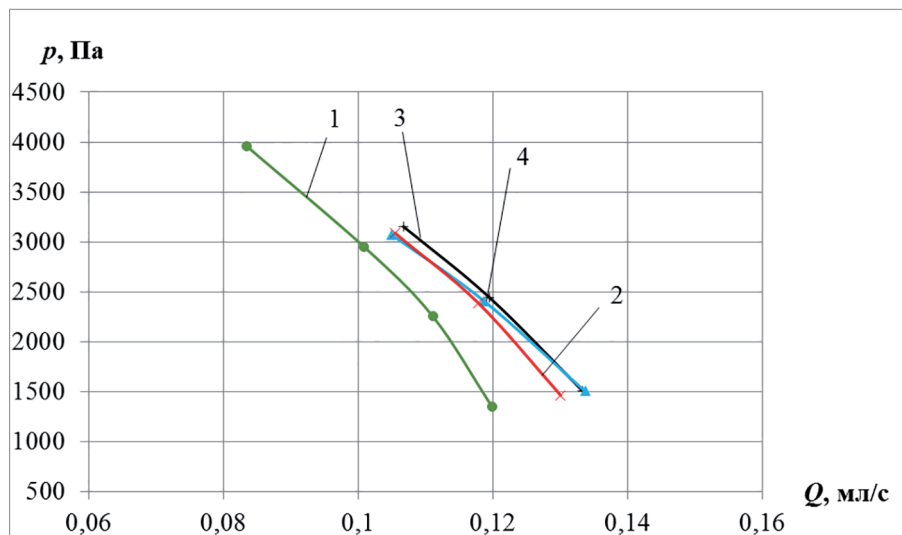


Рис. 10. Характеристика насоса в зависимости от соотношения длины сжимаемых участков в случае использования криволинейных выступов на первом сжимаемом участке трубки:

1 –  $\Delta a = -3$  мм; 2 –  $\Delta a = -1$  мм; 3 –  $\Delta a = 0$  мм; 4 –  $\Delta a = 1$  мм

Fig. 10. Characteristic of the pump depending on the ratio of the length of the compressible sections in the case of using curved protrusions on the first compressible section of the tube: 1 –  $\Delta a = -3$  mm; 2 –  $\Delta a = -1$  mm; 3 –  $\Delta a = 0$  mm; 4 –  $\Delta a = 1$  mm

### Выводы

В результате выполненной серии численных экспериментов было получено, что в перистальтическом насосе с линейно расположенной трубкой и несколькими сжимающими ее в поперечном направлении выжимными элементами создаваемое давление и подачу можно повысить за счет наличия на внутренней поверхности трубки выступов. При этом положительный эффект достигается при выполнении нескольких условий. Во-первых, поверхность выступов должна иметь плавный переход к внутренней поверхности трубки насоса, так как в противном случае имеет место рост величины напряжений, возникающих при сжатии трубки. Во-вторых, наличие выступов только в области сжатия трубки первым выжимным элементом обеспечивает большие величины подачи и давления, чем в случае расположения выступов вдоль всей трубки насоса. Кроме того, положительный эффект у выступов криволинейной формы по сравнению с исследованными в данной работе плоскими выступами, очевидно, достигается также за счет того, что они имеют большую длину и дополнительное утолщение, тем самым перекрывая большую площадь трубки.

Сравнение результатов вычислений для различных соотношений длин выжимных элементов показало, что для рассматриваемого в данной работе неполного сжатия трубки

оптимальным является вариант, при котором длины всех трех выжимных элементов равны. При этом такой результат был получен как для случая трубки насоса без выступов, так и для случая, когда на первом сжимаемом участке трубки присутствуют криволинейные выступы поверхности.

### Литература

1. Latham T. W. Fluid motion in a peristaltic pump. Massachusetts Institute of Technology, 1966. 74 p.
2. Михеев А.Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2004. 168 с.
3. Loudin T. The evolution of peristaltic pump // Pump engineer. Zutphen, Netherlands: KCI Publishing, September 2007. P. 44–47.
4. Левицкий А.А., Левицкая З.В., Ситников А.М. Компоненты микросистемной техники. Лабораторный практикум. Красноярск: СФУ, 2007. 85 с.
5. WG600F Intelligent Industrial Peristaltic Pump [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nanbei-china.com/product/laboratory/pump/type/2014/0108/717.html>.
6. BT300L Intelligent flow peristaltic pump [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nanbei-china.com/product/laboratory/pump/flow/2014/0107/702.html>.
7. Trenkle F., Haerberle S., Zengerle R. Normally-closed peristaltic micropump with re-usable ac-

- tuator and disposable fluidic chip // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2010. No 154. P. 137–141.
8. Dreckmann T., Boeuf J., Ludwig I., Lymkemann J., Huwylere J. Low volume aseptic filling: Impact of pump systems on shear stress // *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. Elsevier 2020. No 147. P. 10–18. DOI: 10.1016/j.ejpb.2019.12.006.
  9. Порядков Л.Ф. Рабочая трубка для перистальтического насоса // Патент на изобретение № 309294, Российская Федерация. Опубликовано 27.10.2007. Бюл. № 30.
  10. Тарасов Ю.Д. Перистальтический насос // Патент на изобретение № 2290536, Российская Федерация. Опубликовано 27.12.2006. Бюл. № 36.
  11. Shkolnikov V., Ramunas J., Santiago J. A self-priming, roller-free, miniature, peristaltic pump operable with a single, reciprocating actuator // *Sensors and Actuators A: Physical*. Elsevier. 2010. P. 141–146 DOI: 10.1016/j.sna.2010.04.018.
  12. Гришин А.И. Повышение эффективности эксплуатации перистальтического насоса линейного типа // *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2020. № 4. С. 17–26.
- ### References
1. Latham T. W. Fluid motion in a peristaltic pump. Massachusetts Institute of Technology, 1966. 74 p.
  2. Mikheyev A.YU. Issledovaniye kharakteristiki i povysheniye nadezhnosti nasosov peristal'ticheskogo printsipa deystviya: dis. ... kand. tekhn. nauk [Investigation of the characteristics and increasing the reliability of pumps of the peristaltic principle of operation: Dissertation for Degree of PhD in Engineering]. Ufa, 2004. 168 p.
  3. Loudin T. The evolution of peristaltic pump // *Pump engineer*. Zutphen, Netherlands: KCI Publishing, September 2007. P. 44–47.
  4. Levitskiy A.A., Levitskaya Z.V., Sitnikov A.M. Komponenty mikrosistemnoy tekhniki. Laboratornyy praktikum [Components of microsystem technology. Laboratory workshop]. Krasnoyarsk: SFU, 2007. 85 p.
  5. WG600F Intelligent Industrial Peristaltic Pump [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.nanbei-china.com/product/laboratory/pump/type/2014/0108/717.html>.
  6. BT300L Intelligent flow peristaltic pump [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.nanbei-china.com/product/laboratory/pump/flow/2014/0107/702.html>.
  7. Trenkle F., Haeberle S., Zengerle R. Normally-closed peristaltic micropump with reusable actuator and disposable fluidic chip. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2010. No 154. P. 137–141.
  8. Dreckmann T., Boeuf J., Ludwig I., Lymkemann J., Huwylere J. Low volume aseptic filling: Impact of pump systems on shear stress // *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. Elsevier 2020. No 147. P. 10–18. DOI: 10.1016/j.ejpb.2019.12.006.
  9. Poryadkov L.F. Rabochaya trubka dlya peristal'ticheskogo nasosa [Working tube for peristaltic pump]. Patent na izobreteniyе No 309294, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 27.10.2007. Byul. No 30.
  10. Tarasov YU. D. Peristal'ticheskiy nasos [Peristaltic pump]. Patent na izobreteniyе No 2290536, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 27.12.2006. Byul. No 36.
  11. Shkolnikov V., Ramunas J., Santiago J. A self-priming, roller-free, miniature, peristaltic pump operable with a single, reciprocating actuator. *Sensors and Actuators A: Physical*. Elsevier. 2010. P. 141–146. DOI: 10.1016/j.sna.2010.04.018
  12. Grishin A.I. Improving the operational efficiency of the linear type peristaltic pump. *Izvestiya MGTU «МАМИ»*. 2020. No 4, pp. 17–26 (in Russ.).



## INFLUENCE OF THE CROSS-SECTIONAL SHAPE AND LENGTH OF THE COMPRESSIBLE SECTIONS ON THE CHARACTERISTICS OF A LINEAR PERISTALTIC PUMP

A.I. Grishin

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia  
foxmcloud@rambler.ru

*In the overview part of the work, the most common existing designs of pumps of the peristaltic principle of operation, as well as the main areas of their application, are briefly presented. The main part of the work is devoted to the study of the influence on the operation of a peristaltic pump with a linearly arranged tube of the shape of the cross-section of the tube in the region of the compressible sections, as well as the ratio of the sizes of the release elements periodically compressing the pump tube in the transverse direction. The studies were carried out through numerical experiments in the STAR-CCM + program, which is based on the control volume method. As a result of the carried out calculations, it was found that the use of protrusions on the inner surface of the tube gives a positive effect if the protrusions have a special curvilinear shape with a smooth transition near the inner surface of the tube, and the increase in the generated pressure and feed is greater if the protrusions are present only in the compression region tube with the first squeeze element. In this case, the discharge angle of the pump characteristic changes so that a positive effect is not observed in the region of small values of the generated pressure. The study of the influence of different ratios of the lengths of the compressible sections of the tube on the flow and pressure created by the pump showed that for the incomplete compression of the pump tube investigated in the work, the use of squeeze elements of the same length is favorable. Both for a tube without protrusions and for a tube with protrusions, the use of a second squeeze element of greater or lesser length than the length of the remaining squeeze elements with the same total length of all three compressible sections leads to an increase in leakage when the tube is not fully compressed, and thus reduces the pump flow.*

**Keywords:** peristaltic pump, fluid-solid interaction, computational fluid dynamics.

**Cite as:** Grishin A.I. Influence of the cross-sectional shape and length of the compressible sections on the characteristics of a linear peristaltic pump. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2021. No 2 (48), pp. 9–17 (in Russ.). DOI: 10.31992/2074-0530-2021-48-2-9-17.