

УДК 681.1

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766

## МОДЕЛЬ КОНСТРУКЦИИ МУЛЬТИСТРОЧНОГО ДИСПЛЕЯ БРАЙЛЯ

Р.А. Бобко, С.А. Чепинский

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация  
Адрес для переписки: Chepinsky\_S@hotmail.com

### Информация о статье

Поступила в редакцию 31.05.20, принята к печати 20.07.20

Язык статьи — русский

**Ссылка для цитирования:** Бобко Р.А., Чепинский С.А. Модель конструкции мультистрочного дисплея Брайля // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 5. С. 761–766. doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766

### Аннотация

Рассмотрена задача разработки конструкции мультистрочного дисплея Брайля. В качестве актуаторов использованы биполярные двухфазные шаговые двигатели с планетарной передачей и винтовым редуктором. В отличие от известных аналогов в предлагаемой модели конструкции реализована возможность использования меньшего количества актуаторов, чем актулируемых точек Брайля. Это достигается за счет фиксации положения каждой точки механическим элементом (зашелкой). Даже при отключении электроэнергии отображенная информация не исчезает. Актуаторы требуют электропитания только в момент изменения состояния точки, что позволяет сократить расход электроэнергии. Представленная модель дисплея отличается от существующих тем, что позволяет отображать одновременно более одной строки (любое заданное количество строк). Обновление страницы текста происходит построчно. При этом каждая точка фиксируется механически, благодаря использованию многоканальной неполноприводной системы управления. Разработана 3D-модель устройства мультистрочного дисплея Брайля.

### Ключевые слова

мультистрочный дисплей Брайля, шрифт Брайля, методы отображения шрифта Брайля, многоканальная система передачи связи

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках программы «УМНИК — цифровая Россия».

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766

## MULTILINE BRAILLE DISPLAY CONSTRUCTION MODEL

R.A. Bobko, S.A. Chepinskiy

ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation  
Corresponding author: Chepinsky\_S@hotmail.com

### Article info

Received 31.05.20, accepted 20.07.20

Article in Russian

**For citation:** Bobko R.A., Chepinskiy S.A. Multiline Braille display construction model. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2020, vol. 20, no. 5, pp. 761–766 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766

### Abstract

The paper describes the problem of a multiline Braille display construction design. The bipolar two-phase step motors with planetary gear box and helical gear are used as actuators. Unlike widely used analogues, the mechanism model has a remarkable constructive feature, providing the use of a smaller number of actuators than the number of actuated Braille dots. It is achieved by means of fixing each dot in certain position by a mechanical element (fixator). Even if power supply is interrupted, the information displayed does not disappear. The actuators require power supply only when changing the dot state, that gives the possibility to reduce electricity consumption. The proposed display model differs from the existing ones by the ability to display more than one line simultaneously (any given number of lines). The page is updated line by line. At this, each dot is fixed mechanically due to the use of multi-channel communication system. Three-dimensional model of the multi-line Braille display is designed.

### Keywords

multiline Braille display, Braille font, Braille display, multi-channel communication system

### Acknowledgments

This work was supported by the Innovation Promotion Fund in the framework of “UMNIK – digital Russia” program.

### Введение

В современном обществе большое внимание уделяется обеспечению комфортной среды для людей с ограниченными возможностями, в том числе и инвалидам по зрению. Так, например, получение среднего образования слабовидящими и слепыми детьми, в России является обязательным<sup>1</sup>. Однако фонд печатной литературы для слабовидящих весьма мал, и использование печатных изданий шрифтом Брайля во многих учебных заведениях затруднено. Согласно данным информационного портала специальных библиотек для слепых, в России насчитывают всего 72 библиотеки для инвалидов по зрению<sup>2</sup>.

Дисплеи Брайля, представленные на рынке, отображают ограниченное количество символов Брайля (от 24 до 80, наиболее распространены модели на 40 символов) в одну строчку и не подходит для индивидуального использования ввиду высокой (более 100 000 руб.) стоимости<sup>3</sup>. Таким образом, в специализированных школах такие устройства не получили широкого распространения.

В данной работе предложена модель конструкции мультистрочного дисплея Брайля и его преимущества по сравнению с классическими дисплеями Брайля, использующими пьезоактуаторы. Использование пьезокристаллов в конструкции дисплеев Брайля ведет к значительному увеличению габаритов имеющихся устройств. Так как расширения кристаллов кремния крайне мало (около 1 %) [1] в ячейках Брайля используется рычажный механизм для увеличения рабочего хода точки. Таким образом, ячейка дисплея Брайля по длине превышает отображаемый символ в 7–8 раз и имеет толщину порядка 30 мм и длину около 80 мм. Внутреннее устройство ячейки Брайля представлено на рис. 1.

Габариты устройства не позволяют решить задачу конструирования мультистрочного дисплея: согласно<sup>4</sup>, размеры отображаемого символа для комфортного считывания должны быть в соответствии с рис. 2.

### Существующие направления разработки

Ввиду недостатков использования пьезоактуаторов в настоящее время активно разрабатываются различные способы отображения шрифта Брайля в электромеханических устройствах. Их можно разделить на четыре группы (не считая пьезоактуаторов): электромагнитные, пневматические, механические, с памятью формы. Все технологии отображения достаточно подробно рассмотрены в научных работах, но имеют ряд существенных

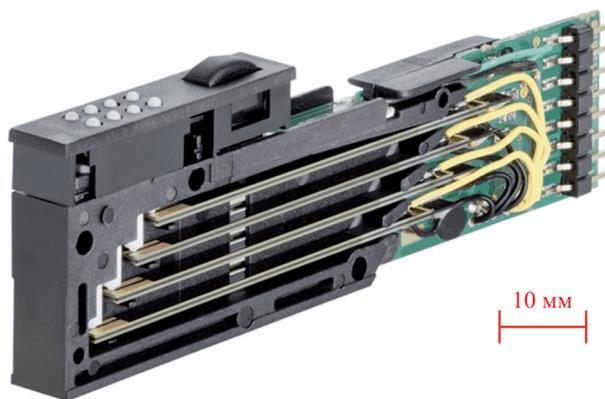


Рис. 1. Устройство ячейки Брайля

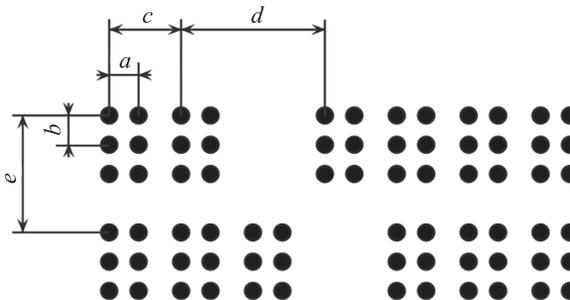


Рис. 2. Нормирующие размеры для шрифта Брайля, где  $a$  — расстояние между точками в горизонтальном направлении от центра одной точки до центра другой точки (2,7 мм);  $b$  — расстояние между точками в вертикальном направлении от центра точки до центра точки (2,7 мм);  $c$  — ширина знака от центра 1-й точки до центра 1-й точки соседнего знака (6,6 мм);  $d$  — расстояние от центра 1-й точки последнего знака слова до центра 1-й точки первого знака следующего слова (13,2 мм);  $e$  — высота строчки — расстояние от центра 1-й точки до центра 1-й точки знака в следующей строчке (10,8 мм)

недостатков, или же трудно реализуемы на данный момент.

Принцип работы прототипа планшета для навигации Федеральной политехнической школы Лозанны (EPFL) основан на электромагнитах<sup>5</sup>. Однако расстояние между точками такого планшета превышает 1 см, что исключает применение этой технологии для отображения шрифта Брайля.

Еще одним примером работы с использованием электромагнитов является модель Stanislava Simeonova, в которой предложено использовать двухпозиционный соленоид компании BRICON SC0323L в качестве актуатора [2]. Однако, даже при таком подходе, невозможно обеспечить мультистрочность ввиду значительных габаритов соленоида:  $7 \times 8,4 \times 23$  мм, весом 6 г. При размещении соленоидов (рис. 3) не удастся достичь требуемого размера символа.

Более того, подобная компоновка приводит к существенному увеличению толщины (более 70 мм),

<sup>1</sup> Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 08.06.2020). Об образовании в Российской Федерации.

<sup>2</sup> Информационный портал специальных библиотек для слепых [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rusblind.ru/> (дата обращения: 13.07.2020).

<sup>3</sup> [dostupsreda.ru](https://dostupsreda.ru) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dostupsreda.ru/products/taktilnyj-displej-brajlya-seikamini-24> (дата обращения: 13.07.2020).

<sup>4</sup> ГОСТ 56832-2015 Р Шрифт Брайля. Требования и размеры. Введен 01.01.2017. М.: Стандартинформ, 2016. 7 с.

<sup>5</sup> [actu.epfl.ch](https://actu.epfl.ch) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://actu.epfl.ch/news/a-touchable-tablet-to-guide-the-visually-impaired/> (дата обращения: 13.07.2020).

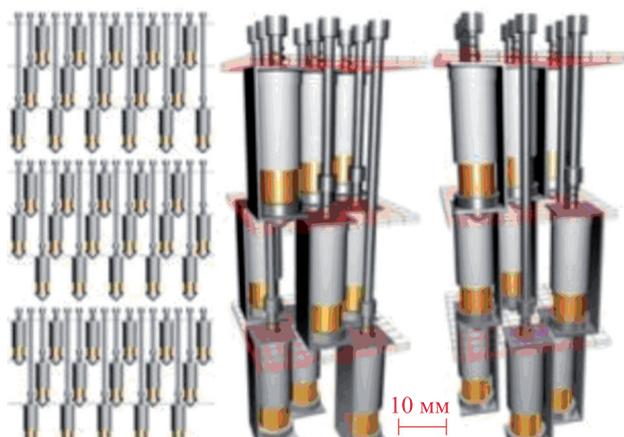


Рис. 3. Компоновка двухпозиционных соленоидов

а большое количество соленоидов создает различного рода наводки и помехи, что сказывается на работоспособности устройства [3].

Особенности использования пневматических актуаторов для решения поставленной задачи видны из опыта учеными университета Мичигана, которые в 2016 г. представили прототип пневматического дисплея Брайля<sup>1</sup> (рис. 4). Самым большим недостатком такой технологии являются габариты получаемого устройства.

Применение материалов с памятью формы (например, сплав никель-титан) помимо производственных сложностей и цены приводит к существенному потреблению тока (300 мА на каждую точку Брайля) и увеличивает время актуации (более 3 с) [4].

В качестве механических актуаторов можно выделить шаговые двигатели с винтовой передачей как, например, в патенте российского исследователя Беломоева [5]. Однако предложенная конструктивная идея тяжело осуществима ввиду габаритов моторов и не исключает проблемы с необходимостью большого количества актуаторов (так как каждая точка предполагает использование независимого шагового двигателя).

В настоящей работе предложено использовать механический способ отображения шрифта Брайля, так как

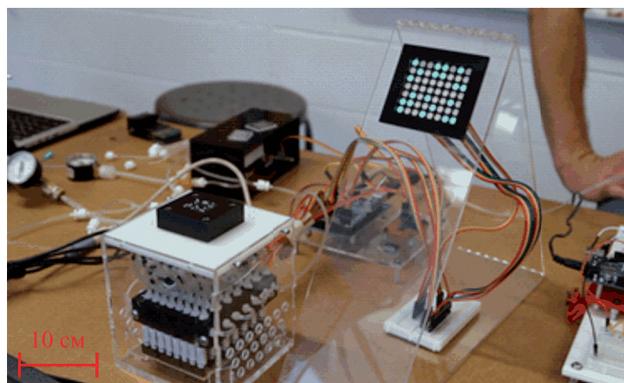


Рис. 4. Пневматический дисплей Брайля

<sup>1</sup> MIT Technology Review [В Интернете]. Available: <https://www.technologyreview.com/s/545301/in-pursuit-of-an-affordable-tablet-for-the-blind/> (дата обращения: 13.07.2020).

такой подход позволяет фиксировать положение точки и, как следствие, уменьшить количество используемых актуаторов.

### Принцип работы предлагаемого устройства

В качестве решения поставленной задачи предложено использовать принцип, схожий со счетными механизмами: актуатор (пластина с закрепленными шаговыми моторами) поочередно фиксирует положение точек, тем самым формируя рельеф книги и обновляя страницу построчно, символ за символом. Такой подход позволяет обеспечить комфортное чтение при скорости 120 слов в минуту (скорость чтения шрифта Брайля уверенного пользователя [6]), так как последующие строки будут обновляться во время чтения предыдущих строк.

Рассмотрим принцип фиксирования точки (рис. 5).

На рис. 5 изображен схематический процесс перехода точки из выпуклого (активного) состояния в неактивное положение. Под действием латексной мембраны 3 прижатой внешней пластиной 4 точка 5 давит на защелку 1 и упирается в ее верхнюю часть, если защелка находится в крайнем левом положении. При переводе защелки в крайнее правое положение точка теряет опору в виде защелки и под действием мембраны опускается, т. е. переходит в неактивное положение. В качестве направляющей для точки выступает пластина 2. Таким образом, точка находится в фиксированном положении вне зависимости от положения актуатора, и ее положение определяется только положением защелки.

Однако при такой конструкции возможен только односторонний переход из активного состояния в неактивное, т. е. при начальном положении всех точек Брайля в активном состоянии возможно обновление страницы путем перевода соответствующих точек в неактивное положение. Для сброса (перевода обратно в активное положение) всех точек страницы необходимо поднять все точки Брайля, после чего перевести защелки в крайнее левое положение. Для этого предусмотрен еще один эластичный элемент, представляющий из себя полиуретановую нить без оплетки «Спандекс», зависимость растяжения от приложенной силы близка к линейной, при этом допустимые растяжения достигают 300 % [7], которая воздействует на каждую защелку независимо, переводя ее в крайнее левое положение (при условии, что соответствующая точка поднята).

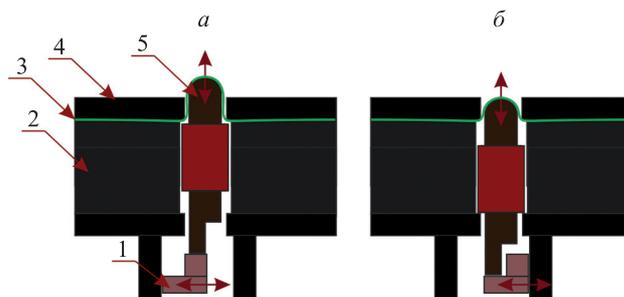


Рис. 5. Активное (а) и неактивное (б) состояния (положения) точек

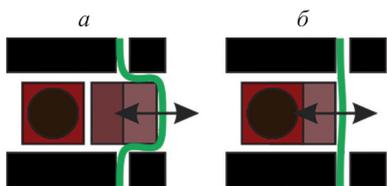


Рис. 6. Схема действия эластичного элемента на защелку: активное (а) и неактивное (б) состояния

На рис. 6 показан переход из неактивного состояния точки в активное (вид сверху).

Из рис. 6, а видно, что защелка переходит в крайнее левое положение при поднятой точке, в противном же случае, она упирается в саму точку (рис. 6, б). Таким образом исключается самопроизвольный переход из неактивного состояния в активное. Более того, данный переход можно осуществить одновременно для всех точек за счет одновременного их поднятия, например, пластиной (рис. 7).

Два эксцентрика (выделены зеленым цветом) находятся в постоянном контакте с пластиной, обновляющей страницу (выделена синим цветом). Таким образом, вращательное движение вала на котором закреплен эксцентрик передается в возвратно-поступательное движение пластины, которая, в свою очередь, поднимает все точки и тем самым дает возможность защелкам занять крайние левые положения. После полного оборота эксцентрика пластина возвращается в исходное

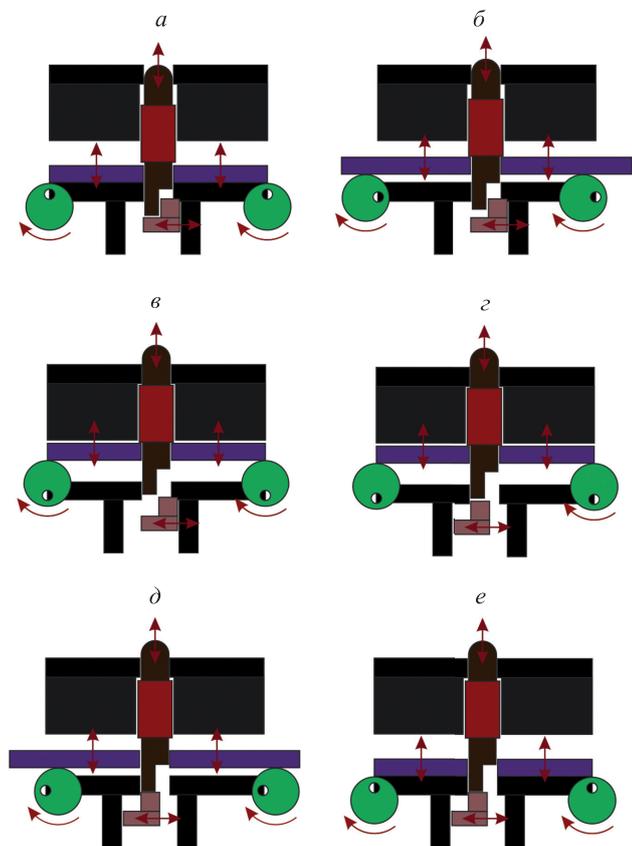


Рис. 7. Процесс обновления страницы Брайля

нижнее положение, и система принимает первоначальное состояние.

Общий вид системы представлен на рис. 8.

По ходу движения пластины с моторами ползун шаговых моторов упирается в соответствующую защелку или проходит свободно между строчками. Таким образом, можно актуировать только необходимые точки и использовать любое необходимое количество моторов (минимальное количество равно количеству отображаемых строчек). На рис. 9 показан процесс перевода точки с активного состояния в неактивное.

Такое расположение актуаторов позволяет существенно сократить габариты устройства: размеры книги с отображением 448 символа (16 строк по 28 символов) и составляет  $40 \times 208 \times 291$  мм. При этом размеры отображаемого текста  $169 \times 183$  мм.

При таком подходе существенно упрощаются производственные процессы изготовления составляющих дисплея: большая часть деталей представляет из себя пластины, которые изготавливаются из листов полиметилметакрилата (органического стекла) с помощью лазерной резки, остальные же компоненты можно изготавливать путем литья двухкомпонентного полиуретанового пластика, что позволяет создать прототип, не прибегая к услугам специализированных заводов. Модель точек и защелок можно изготовить с помощью лазерной стереолитографии (SLA 3D-печать).

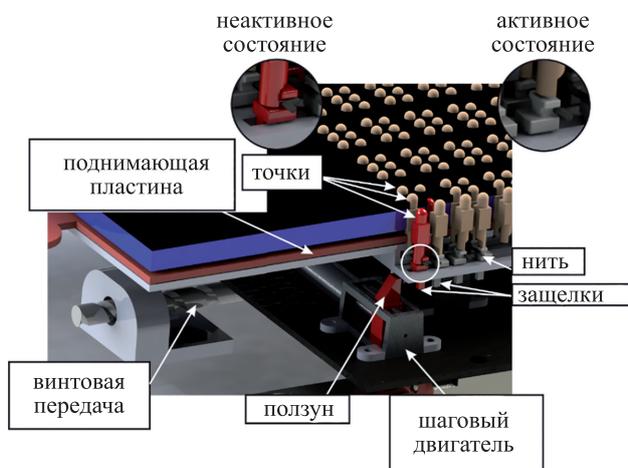


Рис. 8. Общий вид устройства

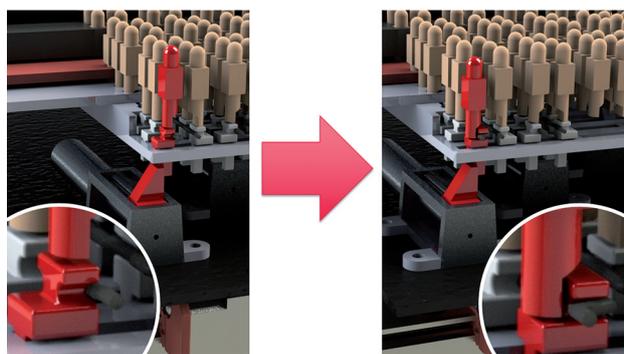


Рис. 9. Актуирование точки

### Электронные компоненты предлагаемого устройства

В качестве актуаторов применены шаговые двигатели. Такой выбор обусловлен несколькими факторами. Во-первых, так как представленная модель устройства представляет собой многоканальную систему, то наличие обратной связи существенно усложнит управление. Обработка информации о положении посредством энкодеров значительно повысит вычислительную нагрузку на микроконтроллер и приведет к увеличению числа используемых выводов микроконтроллера, что в данном случае критично. Во-вторых, система подразумевает достаточно точное позиционирование, поэтому использовать любой электродвигатель без обратной связи нельзя, из-за возможного перерегулирования. Так как шаговые моторы отличаются точным позиционированием и надежностью, использование этого вида моторов удовлетворяет всем выдвинутым требованиям для решения поставленной задачи. Явление проскальзывания шага отсутствует, так как система является ненагруженной. Более того, любые явления накопления ошибки устраняются за счет позиционирования ползуна в крайние положения.

Использование биполярного шагового двигателя (рис. 10) накладывает ряд ограничений. Такие моторы требуют четыре управляющих вывода микроконтроллера по два на каждую фазу.

Таким образом, использование большого количества моторов (больше пяти) приведет к нехватке выводов микроконтроллера.

Решение этой проблемы достигается за счет использования сдвиговых регистров, например, 8-ми битного сдвигового регистра SN74HC5951. Данное устройство удобно в управлении и отличается доступностью. Обновление сдвигового регистра происходит по шине SPI (Serial Peripheral Interface — последовательный периферийный интерфейс) с частотой до 25–29 МГц в зависимости от напряжения питания. Большинство микроконтроллеров имеют встроенный интерфейс SPI,

<sup>1</sup> Instruments T. SNx4HC595 8-Bit Shift Registers datasheet, 2015 (дата обращения: 13.07.2020).

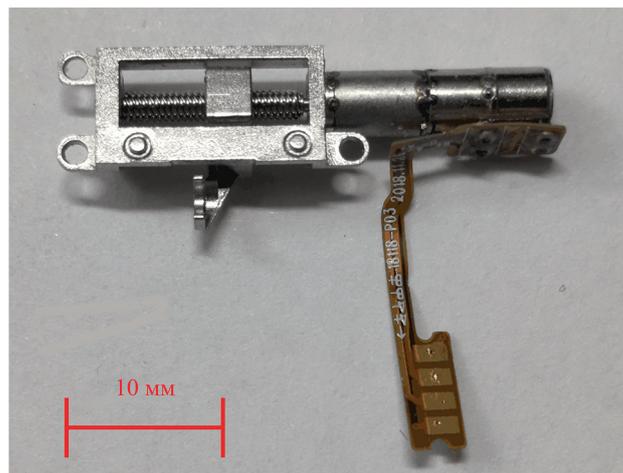


Рис. 10. Шаговый мотор с винтовой передачей

работающий в пределах этих частот. Такой скорости обновления более чем достаточно с учетом того, что используемые электродвигатели поддерживают скорость вращения до 1 500 шагов в секунду [8].

### Заключение

В работе предложена оригинальная конструкция тактильного дисплея Брайля. Особенность данной конструкции заключается в возможности отображать шрифт Брайля в несколько строк без существенного увеличения габаритов устройства. Данная конструкция удовлетворяет всем требованиям ГОСТ 56832-2015 и может применяться для личного использования, как и классические дисплеи с пьезокристаллами. Отказ от использования пьезокристаллов в данной работе был сделан ввиду их дороговизны и невозможности организовать мультистрочное отображение информации. Приоритет дальнейших исследований состоит в создании прототипа устройства и синтезе многоканальной неполноприводной системы управления, а также реализации управляющей программы и уточнении конечной конструкции устройства.

### Литература

1. Лукьянец В.А., Алмазова З.И., Бурмистрова Н.П. и др. Физические эффекты в машиностроении: справочник. М.: Машиностроение, 1993. 226 с.
2. Simeonov S., Simeonova N. Graphical interface for visually impaired people based on bi-stable solenoids // *International Journal of Soft Computing and Software Engineering (JSCSE)*. 2013. V. 3. N 3. P. 844–847. doi: 10.7321/jscse.v3.n3.128
3. Cho H., Kim B.-S., Park J.-J., Song J.-B. Development of a braille display using piezoelectric linear motors // *Proc. SICE-ICASE International Joint Conference*. Busan, Korea. 2006. P. 1917–1921. doi: 10.1109/SICE.2006.315344
4. Chaves D.R., Peixoto I.L., Lima A.C.O., Vieira M.F., de Araujo C.J. Microactuators of SMA for Braille display system // *Proc. IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications (MeMeA 2009)*. 2009. P. 64–68. doi: 10.1109/memea.2009.5167956
5. Беломоев Ф.В. Устройство и способ приёма и передачи информации посредством шрифта Брайля. Патент RU 2651444. Бюл. 2018. № 11.

### References

1. Lukianec V.A., Almazova Z.I., Burmistrova N.P. et al. *Physical Effects in Mechanical Engineering*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993, 226 p. (in Russian)
2. Simeonov S., Simeonova N. Graphical interface for visually impaired people based on bi-stable solenoids. *International Journal of Soft Computing and Software Engineering (JSCSE)*, 2013, vol. 3, no. 3, pp. 844–847. doi: 10.7321/jscse.v3.n3.128
3. Cho H., Kim B.-S., Park J.-J., Song J.-B. Development of a braille display using piezoelectric linear motors. *Proc. SICE-ICASE International Joint Conference*, Busan, Korea, 2006, pp. 1917–1921. doi: 10.1109/SICE.2006.315344
4. Chaves D.R., Peixoto I.L., Lima A.C.O., Vieira M.F., de Araujo C.J. Microactuators of SMA for Braille display system. *Proc. IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications (MeMeA 2009)*, 2009, pp. 64–68. doi: 10.1109/memea.2009.5167956
5. Belomoev F.V. Device and method for receiving and transmitting information by Braille letters. *Patent RU 2651444*, 2018. (in Russian)

6. Russomanno A., O'Modhrain S., Gillespie R.B., Rodger M.W.M. Refreshing refreshable braille displays // *IEEE Transactions on Haptics*. 2015. V. 8. N 3. P. 287–297. doi: 10.1109/toh.2015.2423492
7. Tezel S., Kavuşturan Y. Experimental investigation of effects of spandex brand and tightness factor on dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics // *Textile Research Journal*. 2008. V. 78. N 11. P. 966–976. doi: 10.1177/0040517507087685
8. Stoychitch M.Y. Generate stepper motor linear speed profile in real time // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. V. 294. P. 012055. doi: 10.1088/1757-899x/294/1/012055
6. Russomanno A., O'Modhrain S., Gillespie R.B., Rodger M.W.M. Refreshing refreshable braille displays. *IEEE Transactions on Haptics*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 287–297. doi: 10.1109/toh.2015.2423492
7. Tezel S., Kavuşturan Y. Experimental investigation of effects of spandex brand and tightness factor on dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics. *Textile Research Journal*, 2008, vol. 78, no. 11, pp. 966–976. doi: 10.1177/0040517507087685
8. Stoychitch M.Y. Generate stepper motor linear speed profile in real time. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 294, pp. 012055. doi: 10.1088/1757-899x/294/1/012055

**Авторы**

**Бобко Руслан Александрович** — программист, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-5585-3137, Ruslanbobko99@gmail.com

**Чепинский Сергей Алексеевич** — кандидат технических наук, доцент, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 47561097600, ORCID ID: 0000-0002-0193-8688, Chepinsky\_S@hotmail.com

**Authors**

**Ruslan A. Bobko** — Software Engineer, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-5585-3137, Ruslanbobko99@gmail.com

**Sergey A. Chepinskiy** — PhD, Associate Professor, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 47561097600, ORCID ID: 0000-0002-0193-8688, Chepinsky\_S@hotmail.com