



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-2-80-88>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 615.473:620.174.21

МЕТОДИКА И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ШТОК-ПОРШНЯ ШПРИЦА ОДНОКРАТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

КИСЕЛЁВ М.Г., ГАБЕЦ В.Л., МОНИЧ С.Г., ПЕТРОВ В.А.

Белорусский национальный технический университет (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 12 февраля 2020

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2020

Аннотация. Целью статьи является описание методики и аппаратных средств определения усилия, необходимого для движения шток-поршня шприца однократного применения. Для получения новых экспериментальных данных используется метод измерения. Впервые получены осциллограммы изменения усилия, необходимого для движения шток-поршня испытуемых шприцев, и установлено, что по сравнению с двухкомпонентным, трехкомпонентный шприц характеризуется значительно меньшими значениями усилий, необходимых для шток-поршня. Так, при его движении без применения воды значение F в начале стадии всасывания в 1,5 раз меньше, чем у двухкомпонентного шприца, и в 2,4 раза меньше на стадии выдавливания. Использование воды приводит к увеличению усилия, необходимого для движения шток-поршня испытуемых шприцев. Так, для двухкомпонентного шприца усилие на стадии всасывания без применения воды составило 4,5 Н, на стадии выдавливания – 5,5 Н, а с применением воды значения этих усилий увеличились соответственно до 6,5 и 6 Н. Для трехкомпонентного шприца без применения воды усилие перемещения шток-поршня на стадии всасывания составило 2,9 Н и на стадии выдавливания – 2,3 Н, а с применением воды значения этих усилий выросли до 3,7 и 2,9 Н соответственно. Созданное устройство дает возможность провести комплексные исследования влияния вида шприца, его емкости, скорости перемещения шток-поршня, продолжительности остановки между стадиями всасывания и выдавливания жидкости и других параметров на величину сил, необходимых для перемещения шток-поршня шприца. Это позволит обосновать условия и нормируемое значение усилия (или усилий), необходимых для движения шток-поршня при проведении испытаний шприцев по данному показателю.

Ключевые слова: инъекционный шприц, шток-поршень, усилие движения, стадия выдавливания, стадия всасывания, устройство, методика проведения испытаний

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Киселёв М.Г., Габец В.Л., Монич С.Г., Петров В.А. Методика и аппаратные средства определения усилия, необходимого для движения шток-поршня шприца однократного применения. Доклады БГУИР. 2020; 18(2): 80-88.

METHODOLOGY AND HARDWARE FOR DETERMINING THE FORCE REQUIRED TO MOVE THE PLUNGER ROD OF A DISPOSABLE SYRINGE

MIKHAIL G. KISELEV, VYACHESLAV L. GABETS, SIARHEI G. MONICH,
VLADIMIR A. PETROV

Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 12 February 2020

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020

Abstract. The purpose of the article is to describe the methodology and hardware for determining the force required for the movement of the plunger rod of a single-use syringe. The measurement method is used to obtain new experimental data. We first-ever obtained the oscillograms of force variation required to move the plunger rod of test syringes and found that, compared to a two-component, three-component syringe is characterized by significantly smaller values of the effort required for the plunger rod to move. So, when it moves without using water, the F value at the beginning of the suction stage is 1.5 times less than that of a two-component syringe and 2.4 times less at the extrusion stage. The use of water increases the force required to move the rod-piston of the test syringes. Thus, for a two-component syringe the force at the suction stage without using water was 4.5 N and 5.5 N – at the extrusion stage, and with the use of water, the values of these forces, respectively, increased to 6.5 and 6 N. For a three-component syringe without water, the plunger rod displacement force at the suction stage was 2.9 N and at the extrusion stage – 2.3 N, and with water the values of these forces increased to 3.7 and 2.9 N, respectively. The device developed makes it possible to conduct comprehensive studies of the effect of the type of syringe, its capacity, the speed of movement of the plunger rod, the duration of the stop between liquid suction and extrusion stages and other parameters on the amount of forces required to move the plunger rod of the syringe. This will allow you to justify the conditions and the normalized value of the force (or forces) required for the movement of the plunger rod when testing syringes by this indicator.

Keywords: injection syringe, the plunger rod, the force of the movement, the stage of extrusion, the stage of the suction device, methods of testing.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Kiselev M.G., Gabets V.L., Monich S.G., Petrov V.A. Methodology and hardware for determining the force required to move the plunger rod of a disposable syringe. Doklady BGUIR. 2020; 18(2): 80-88.

Введение

В настоящее время наибольшее распространение получили одноразовые шприцы (ШОП – шприц одноразового применения). Различают два основных вида одноразовых шприцев: двухкомпонентные и трехкомпонентные. Первые состоят из цилиндра и поршня со штоком, выполненных в виде одной детали. В трехкомпонентных шприцах дополнительно используется уплотнитель, который расположен на конце поршня. Наличие этого элемента обеспечивает по сравнению с двухкомпонентным шприцем большую плавность перемещения шток-поршня при меньшем прикладывании к нему усилия [1–3].

Требования, предъявляемые к медицинским шприцам однократного применения, и методы их испытаний установлены стандартом по испытанию шприцев (ГОСТ ISO 7886-1-2011). Данный стандарт устанавливает требования к стерильным инъекционным шприцам однократного применения, изготовленным из полимерных материалов и предназначенным для использования сразу после заполнения. Стандарт не распространяется на инсулиновые шприцы, шприцы из стекла, шприцы со встроенными иглами и шприцы, предварительно заполненные инъекционным раствором [4, 5].

Одним из важных эксплуатационных показателей одноразовых шприцов является усилие, необходимое для движения шток-поршня [6]. В вышеуказанном стандарте приведена методика испытания шприцев по этому показателю. Для ее реализации необходимо

располагать соответствующими аппаратными средствами. В этой связи цель данной работы заключалась в создании устройства, позволяющего фиксировать и измерять усилие, необходимое для движения штока-поршня испытуемого шприца, в экспериментальном подтверждении работоспособности и возможности использования для проведения соответствующего испытания шприцев.

Методика проведения эксперимента

На рис. 1 представлена принципиальная схема устройства определения усилия, необходимого для движения штока-поршня одноразовых шприцев.

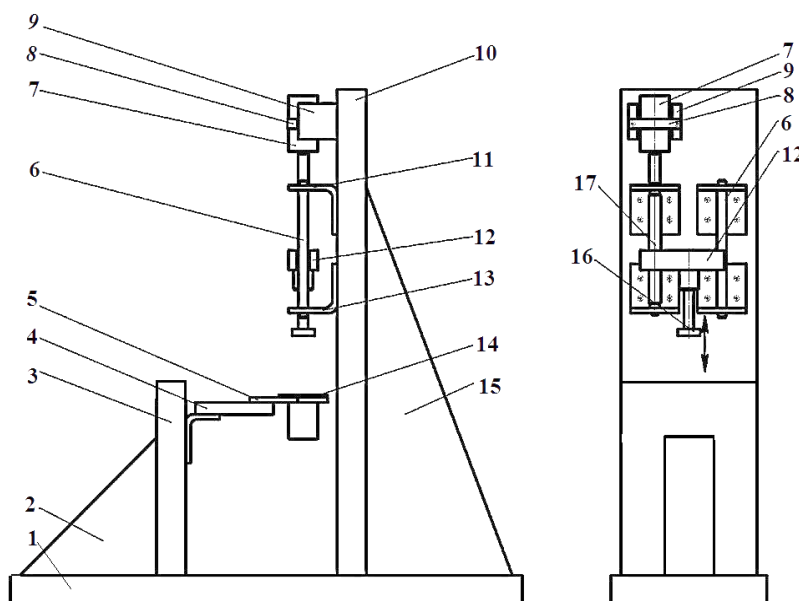


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторного устройства определения усилия, необходимого для движения штока-поршня одноразовых шприцев
Fig. 1. Schematic diagram of a laboratory device for determining the force required to move the plunger rod of disposable syringes

На массивном основании 1 устройства вертикально закреплены две плоских стойки 3 и 10. Для придания им большей жесткости они соединены с основанием с помощью плит 2 и 15, изготовленных в виде прямоугольных треугольников, выполняющих роль ребер жесткости. На стойке 10 смонтирован узел перемещения штока-поршня шприца. Он состоит из электродвигателя постоянного тока (МН-250Б) 7, закрепленного с помощью хомута 8 в призме 9, которая неподвижна прикреплена к стойке 10. Питание электродвигателя 7 осуществляется от источника питания постоянного тока, что позволяет бесступенчато регулировать частоту вращения его вала. Посредством муфты вал электродвигателя соединен с ходовым винтом 17, установленным в подшипниках скольжения 11, 13. С винтом связана подвижная каретка 12, в одной стороне которой предусмотрено соответствующее резьбовое отверстие, а в другой выполнен V-образный паз, контактирующий с цилиндрической направляющей 6, неподвижно закрепленной на стойке 10. К нижней поверхности каретки прикрепляется толкатель 16. Фотография общего вида узла перемещения штока-поршня шприца с указанием его основных элементов приведена на рис. 2.

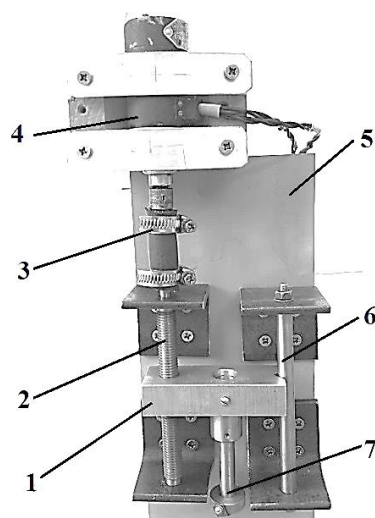


Рис. 2. Фотография общего вида узла перемещения штока-поршня шприца: 1 – подвижная каретка; 2 – ходовой винт; 3 – муфта; 4 – электродвигатель; 5 – плоская стойка; 6 – цилиндрическая направляющая; 7 – толкатель

Fig. 2. Photo of the General view of the plunger rod movement unit of the syringe: 1 – movable carriage; 2 – running screw; 3 – coupling; 4 – electric motor; 5 – flat rack; 6 – cylindrical guide; 7 – pusher

Узел закрепления испытуемого шприца и измерения усилия, действующего на шток-поршень в процессе его движения, смонтирован на стойке 3 (см. рис. 1). Испытуемый шприц устанавливается в отверстие сменной оправки 14 соответствующего диаметра до контакта упоров шприца с торцевой поверхностью оправки. Сменная оправка по скользящей посадке устанавливается в отверстие несущей планки 5. Сверху на поверхность упоров шприца устанавливается стопорное кольцо, которое с помощью прижимных зажимов фиксирует цилиндр шприца на несущей планке. Последняя консольно присоединена к тензOMETрическому датчику усилия 4, который с помощью стального уголка неподвижно прикреплен к стойке 3. На нижней части толкателя закреплены две планки, которые прижимаются к упору штока, обеспечивая тем самым его перемещение при движении толкателя вверх (на всасывание). Его движение вниз (на выпуск) обеспечивается силовым воздействием торцевой поверхности толкателя с поверхностью штока-поршня шприца. Фотография положения шток-поршня шприца, прикрепленного к толкателю, приведена на рис. 3.

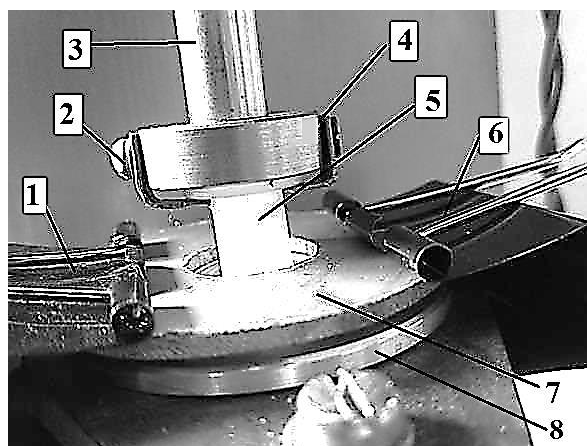


Рис. 3. Фотография положения штока-поршня шприца, прикрепленного к толкателю: 1 и 6 – пружинные зажимы; 2 и 4 – зажимные планки; 3 – толкатель; 5 – шток шприца; 7 – стопорное кольцо; 8 – сменная оправка

Fig. 3. Photo of the position of the syringe plunger rod attached to the pusher: 1 and 6 – spring clips; 2 and 4 – clamping bars; 3 – pusher; 5 – syringe rod; 7 – locking ring; 8 – replaceable mandrel

При включении электродвигателя вращение его вала с помощью передачи «винт-гайка» преобразуется в поступательное движение каретки, которое через толкатель сообщается

штоку-поршню. Направление его движения (вверх или вниз относительно цилиндра шприца) изменяется за счет реверсирования направления вращения вала электродвигателя. Возникающее между штоком-поршнем и поверхностью цилиндра усилие вызывает упругую деформацию тензометрического датчика, сигнал с которого поступает на усилитель и далее на цифровой запоминающий осциллограф ALEX2102CEX [10]. На его экране фиксируется изменение усилия F , необходимого для перемещения штока-поршня за время его движения относительно поверхности цилиндра шприца.

Тарировка измерительной системы осуществляется следующим образом. В отверстие несущей планки устанавливается стальной цилиндр с буртиком, в центре нижней торцевой поверхности которого закреплен конец тонкой стальной проволоки. На ее втором конце подвешиваются аттестованные грузы, с помощью которых устанавливается количественная зависимость между их массой и показанием осциллографа.

Результаты и их обсуждение

С целью подтверждения работоспособности созданного устройства и возможности его использования для проведения соответствующих испытаний была выполнена серия экспериментов по измерению усилия, необходимого для движения шток-поршня одноразовых инъекционных шприцев. Использовались шприцы двух видов: трехкомпонентные и двухкомпонентные одинаковой емкости, равной 3 мм. Скорость перемещения шток-поршня во всех направлениях была постоянной и составляла 95 мм/мин. Предварительно на кончик шприца устанавливалась инъекционная игла диаметром 0,6 мм. В одной серии экспериментов перемещение шток-поршня осуществлялась без использования жидкости (воды), а во второй – с ее применением, для чего конец иглы помещали в стакан с дистиллированной водой.

На рис. 4 приведены осциллограммы изменения усилия, необходимого для перемещения шток-поршня трехкомпонентного шприца.

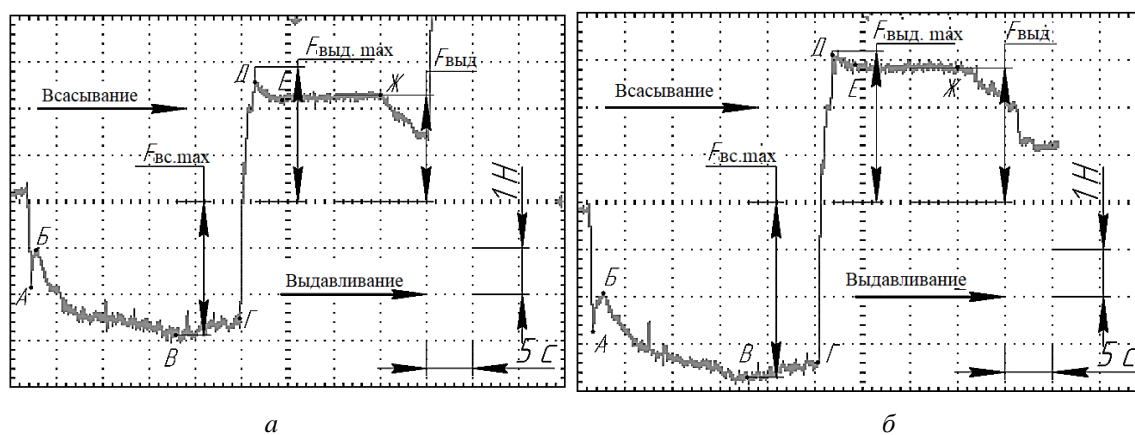


Рис. 4. Осциллограммы изменения усилия, необходимого для перемещения шток-поршня испытуемого трехкомпонентного шприца: *a* – без применения воды; *б* – с применением воды

Fig. 4. Oscillograms of changes in the force required to move the plunger rod of the three-component syringe under test: *a* – without water; *b* – with water

С момента начала движения шток-поршня из крайнего нижнего положения вверх (режим всасывания) без применения воды (рис. 4, *a*) усилие F резко возрастает от нуля до точки А, после чего также резко снижается до точки Б, т. е. имеет место скачкообразное изменение F на этой начальной стадии движения шток-поршня. Это объясняется переходом контактирующих поверхностей уплотнения шток-поршня и цилиндра шприца от трения покоя к трению движения, что, как известно [7–8], сопровождается пиковым (скачкообразным) изменением действующих между ними сил трения. По мере дальнейшего перемещения шток-поршня вначале происходит интенсивное, а затем более замедленное возрастание F , которое в точке В достигает своего наибольшего значения $F_{вс.мах}$. На окончательной стадии режима всасывания усилие F на участке ВГ несколько снижается. При движении шток-поршня вниз (режим выдавливания), которое происходит сразу после окончания его движения вверх,

т. е. без временной паузы, усилие F изменяет знак и скачкообразно возрастает до точки Д, которой соответствует значение $F_{\text{выд.мах}}$. После этого величина F на участке ДЕ снижается и далее принимает постоянное значение $F_{\text{выд}}$, которое сохраняется до точки Ж. При наступлении завершающей стадии движения шток-поршня на выдавливание усилие F резко падает. Если пренебречь, в силу его малости, действием воздуха при его всасывании и выдавливании из емкости шприца, то данная осциллограмма $F(t)$, в принципе, отражает характер изменения сил трения скольжения, возникающих между поверхностями уплотнителя шток-поршня и цилиндра шприца.

При использовании воды (рис. 4, б) зависимость $F(t)$ имеет практически такой же характер, как и в предыдущем случае. Отличие состоит только в том, что в данном случае усилие, необходимое для перемещения шток-поршня, имеет большие значения, что объясняется увеличением сил сопротивления, действующих на него при всасывании воды в цилиндр шприца и ее последующем выдавливании из него [9].

На рис. 5 представлены осциллограммы изменения усилия, необходимого для перемещения шток-поршня двухкомпонентного шприца.

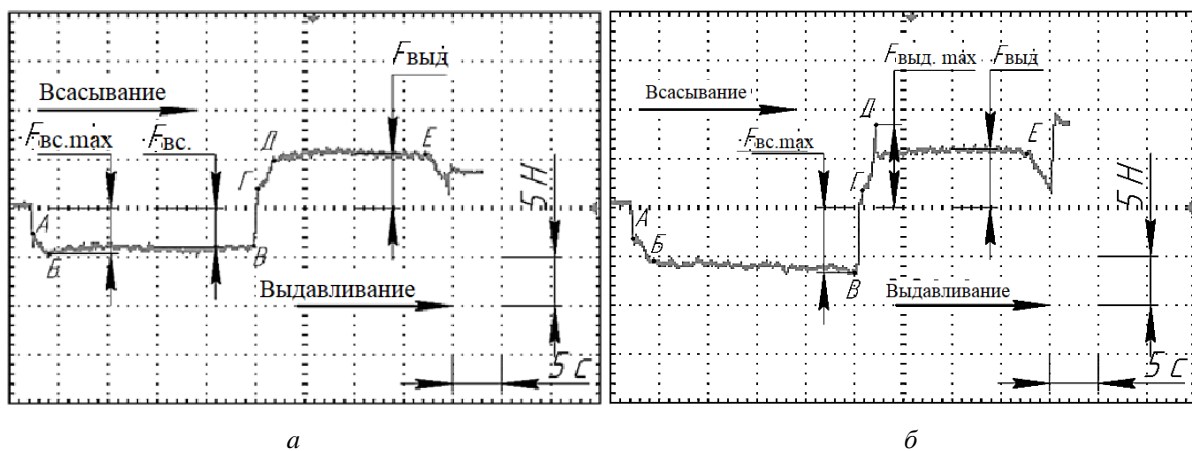


Рис. 5. Осциллограммы изменения усилия, необходимого для перемещения шток-поршня двухкомпонентного шприца: *а* – без применения воды; *б* – с применением воды
Fig. 5. Oscillograms of force variations required to move the plunger rod of a two-component syringe: *a* – without water; *b* – with water

Как видно, эти осциллограммы изменения $F(t)$ существенно отличаются от характера изменения усилия, необходимого для движения шток-поршня трехкомпонентного шприца. В данном случае при начале движения шток-поршня в режиме всасывания без применения воды (рис. 5, *а*) усилие F резко возрастает от нуля до точки А и затем более плавно увеличивается до точки Б, соответствующей $F_{\text{вс.мах}}$, после чего принимает практически постоянное значение $F_{\text{вс}}$, которое сохраняется до завершения стадии всасывания, т. е. до точки В. В начале стадии выдавливания усилие, необходимое для движения шток-поршня, изменяет знак и увеличивается от точки Г до точки Д и затем принимает постоянное значение $F_{\text{выд}}$ вплоть до точки Е, соответствующей завершению данной стадии движения шток-поршня. Как и в предыдущем случае, данная зависимость $F(t)$ без учета действия воздуха отражает изменение сил трения скольжения, возникающих между поверхностями шток-поршня и цилиндра шприца.

При движении штока-поршня с использованием воды характер зависимости $F(t)$ остается практически таким же, как и в предыдущем случае, за исключением следующих моментов. На стадии всасывания усилие F имеет большое значение, при этом на участке БВ оно не остается постоянным, а несколько увеличивается, достигая максимальной величины $F_{\text{вс.мах}}$ к моменту окончания этой стадии. В начале стадии выдавливания имеет место скачкообразное изменение усилия F на участке ГД, что обусловлено действием сил сопротивления жидкости в начале движения шток-поршня. После этого усилие F , как и в предыдущем случае, остается постоянным на всем участке ДЕ вплоть до окончания этой стадии.

В результате расшифровки осциллограмм получены численные значения усилий, необходимых для движения шток-поршня двух- и трехкомпонентных шприцев, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения усилий, необходимых для движения штока-поршня двух- и трехкомпонентных шприцев емкостью 3 мл

Table 1. Values of the forces required to move the plunger rod of two-and three-component syringes with 3-ml capacity

Вид испытуемого шприца	Значения усилий, необходимых для движения штока-поршня испытуемого шприца							
	без применения воды				с применением воды			
	$F_{\text{тахвс}}, \text{Н}$	$F_{\text{вс}}, \text{Н}$	$F_{\text{тахвыд}}, \text{Н}$	$F_{\text{выд}}, \text{Н}$	$F_{\text{тахвс}}, \text{Н}$	$F_{\text{вс}}, \text{Н}$	$F_{\text{тахвыд}}, \text{Н}$	$F_{\text{выд}}, \text{Н}$
Двухкомпонентный	4,5	4	2,5	5,5	6,5	–	8,5	6
Трехкомпонентный	2,9	–	2,9	2,3	3,7	–	3,2	2,9

Анализ представленных данных позволяет выделить следующие основные положения. По сравнению с двухкомпонентным, трехкомпонентный шприц характеризуется значительно меньшими значениями усилий, необходимых для движения шток-поршня. Так, при его движении без применения воды значение F в начале стадии всасывания в 1,5 раза меньше, чем у двухкомпонентного шприца, и в 2,4 раза меньше на стадии выдавливания. Объясняется это тем, что благодаря применению в трехкомпонентном шприце уплотнения, расположенного на конце штока, силы трения скольжения, действующие между его поверхностью и поверхностью цилиндра, имеют существенно меньшее значение, чем у двухкомпонентного шприца, когда происходит скольжение непосредственно поверхностей штока и цилиндра шприца.

Использование воды приводит к увеличению усилия, необходимого для движения шток-поршня испытуемых шприцев. Так, для двухкомпонентного шприца усилие на стадии всасывания без применения воды составило 4,5 Н и на стадии выдавливания – 5,5 Н, а с применением воды значение этих усилий увеличились соответственно до 6,5 и 6 Н. Для трехкомпонентного шприца без применения воды усилие перемещения шток-поршня на стадии всасывания составило 2,9 Н, на стадии выдавливания – 2,3 Н, а с применением воды значения этих усилий выросли соответственно до 3,7 и 2,9 Н.

Таким образом, результатами проведенных экспериментов подтверждено, что созданное устройство позволяет фиксировать во времени характер изменения усилия и его величину, необходимую для движения шток-поршня шприца на стадиях всасывания жидкости и ее последующем выдавливании из цилиндра шприца. Это, в свою очередь, дает возможность в дальнейшем провести комплексные исследования по оценке влияния вида шприца, его емкости, скорости перемещения шток-поршня, продолжительности остановки между стадиями всасывания и выдавливания жидкости и других параметров на величину сил, необходимых для перемещения шток-поршня шприца. В перспективе на основе анализа полученных данных предполагается обосновать условия и нормируемые значения усилия (или усилий), необходимого для движения шток-поршня, при проведении испытаний шприцев по данному показателю.

Заключение

Создано устройство, позволяющее регистрировать и измерять усилие, необходимое для перемещения шток-поршня медицинских шприцев при его движении на всасывание жидкости и ее последующее выдавливание.

С использованием данного устройства проведены экспериментальные исследования по определению усилия, необходимого для движения шток-поршня двух- и трехкомпонентного медицинских шприцев однократного применения емкостью 3 мл без использования жидкости (воды) и с ее применением при постоянной скорости перемещения шток-поршня, равной 95 мм/мин.

На основании расшифровки и анализа полученных осциллограмм изменения усилия, необходимого для движения шток-поршня испытуемых шприцев, установлено,

что по сравнению с двухкомпонентным трехкомпонентный шприц характеризуется значительно меньшими значениями усилий, необходимых для шток-поршня. Так, при его движении без применения воды значение F в начале стадии всасывания в 1,5 раз меньше, чем у двухкомпонентного шприца, и в 2,4 раза меньше на стадии выдавливания.

Использование воды приводит к увеличению усилия, необходимого для движения шток-поршня испытуемых шприцев. Так, для двухкомпонентного шприца усилие на стадии всасывания без применения воды составило 4,5 Н, на стадии выдавливания – 5,5 Н, а с применением воды значение этих усилий увеличились соответственно до 6,5 и 6 Н. Для трехкомпонентного шприца без применения воды усилие перемещения шток-поршня на стадии всасывания составило 2,9 Н, на стадии выдавливания – 2,3 Н, а с применением воды значения этих усилий выросли до 3,7 и 2,9 Н соответственно.

Созданное устройство дает возможность провести комплексные исследования влияния вида шприца, его емкости, скорости перемещения шток-поршня, продолжительности остановки между стадиями всасывания и выдавливания жидкости и других параметров на величину сил, необходимых для перемещения шток-поршня шприца. Это позволит обосновать условия и нормируемое значение усилия (или усилий), необходимых для движения шток-поршня при проведении испытаний шприцев по данному показателю.

Список литературы

1. Рабинович С.А., Анисимова Е.Н., Московец О.Н., Бабиков А.С. От птичьего пера до компьютерного шприца. *Клиническая стоматология*. 2001;3:42-45.
2. Сабитов В. Х. *Медицинские инструменты*. Москва: Медицина;1985.
3. Кабатов Ю.Ф. *Медицинский инструментарий, аппаратура и оборудование*. Москва: Медицина; 1977.
4. Коваленко А.Е. Усовершенствованные зубоорудительные инструменты. *Мед. техника*. 1975;5:59-61.
5. Крендаль П.Е. *Медицинское товароведение*. Москва: Медицина; 1974.
6. Рабинович С.А. *Эволюция медицинского шприца: от волюнки до цифровых технологий*. Москва: Поли Медиа Пресс; 2013.
7. Siniawski M.T., Felts J., Kurilich D., Lopez & A., Malik A. Method for testing sliding frictional response of lubricious thin films used in plastic medical syringes, *Tribology – Materials. Surfaces & Interfaces*. 2015;9(3):113-117. DOI: 10.1179/1751584X15Y.0000000011.
8. Batista E., Sousa J.A., Cardoso S., Silvério V. Experimental testing for metrological traceability and accuracy of liquid microflows and microfluidics. *Flow Measurement and Instrumentation*. 2020;71:101691. ISSN 0955-5986.
9. Holzwarth U., Cossío U., Llop J., Kreyling W.G. Unpredictable nanoparticle retention in commonly used plastic syringes introduces dosage uncertainties that may compromise the accuracy of nanomedicine and nanotoxicology studies. *Front Pharmacol*. 2019;10:1293. DOI: 10.3389/fphar.2019.01293.
10. Киселёв М.Г. Методика и аппаратные средства проверки остроты медицинских скальпелей. *Доклады БГУИР*. 2019;5(123).

References

1. Rabinovich, S.A., Anisimova E.N., Moskovets O.N., Babikov A.S. [From a bird's feather to a computer syringe]. *Klinicheskaya stomatologiya = Clinical dentistry*. 2001;3:42-45. (In Russ.)
2. Sabitov, V.X. [Medical instruments]. Moscow: Medicine; 1985. (In Russ.)
3. Kabatov, Yu.F. [Medical instruments, equipment and equipment]. Moscow: Medicine; 1977. (In Russ.)
4. Kovalenko A.E. [Improved dental instruments]. *Med. tehnica = Med. technica*. 1975;5:59-61. (In Russ.)
5. Crandall P.E. [Medical commodity]. Moscow: Medicine; 1974. (In Russ.)
6. Rabinovich S.A. [Evolution of the medical syringe: from bagpipes to digital technologies]. Moscow: Poly Media Press.; 2013. (In Russ.)
7. Siniawski M.T., Felts J., Kurilich D., Lopez & A., Malik A. Method for testing sliding frictional response of lubricious thin films used in plastic medical syringes, *Tribology – Materials. Surfaces & Interfaces*. 2015;9(3):113-117. DOI: 10.1179/1751584X15Y.0000000011.
8. Batista E., Sousa J.A., Cardoso S., Silvério V. Experimental testing for metrological traceability and accuracy of liquid microflows and microfluidics. *Flow Measurement and Instrumentation*. 2020;71:101691. ISSN 0955-5986.

9. Holzwarth U., Cossío U., Llop J., Kreyling W.G. Unpredictable nanoparticle retention in commonly used plastic syringes introduces dosage uncertainties that may compromise the accuracy of nanomedicine and nanotoxicology studies. *Front Pharmacol.* 2019;10:1293. DOI: 10.3389/fphar.2019.01293.
10. Kiselev M.G. [Methods and hardware for checking the sharpness of medical scalpels]. *Doklady BGUIR=Doklady BSUIR.* 2019;5(123). (In Russ.)

Вклад авторов

Киселев М.Г. выполнил литературный обзор по теме статьи и анализ экспериментальных данных.

Габец В.Л. принял участие в оформлении иллюстративных материалов.

Монич С.Г. принял участие в создании устройства для испытаний и описании методики.

Петров В.А. принял участие в проведении экспериментальных исследований.

Authors contribution

Kiselev M.G. performed a literary review on the topic of the article and analysis of experimental data.

Gabets V.L. participated in the design of illustrative materials.

Monich S.G. participated in the creation of a device for testing and description of the method.

Petrov V.A. participated in conducting experimental studies.

Сведения об авторах

Киселев М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета.

Габец В.Л., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Конструирование производство приборов» приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета.

Монич С.Г., к.т.н., старший преподаватель кафедры «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета.

Петров В.А., студент приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета.

Information about the authors

Kiselev M.G., D.Sci., Professor, Head of Design and Production of Instruments Department of the Belarusian National Technical University.

Gabets V.L., PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department “Design and Production of Instruments” of the Faculty of Instrument Engineering of the Belarusian National Technical University.

Monich S.G., PhD, Senior Lecturer of Design and Production of Instruments Department of the Belarusian National Technical University.

Petrov V.A., student of the instrument-making faculty of the Faculty of Instrument Engineering of the Belarusian National Technical University.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Независимости, д. 65,
Белорусский национальный
технический университет
тел./факс: +375-17-292-40-81;
e-mail: kiselev.maikl@gmail.com
Киселев Михаил Григорьевич

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, Nezavisimosty ave., 65,
Belarusian National Technical University
tel./fax: +375-17-292-40-81;
e-mail: kiselev.maikl@gmail.com
Kiselev Mikhail Grigorievich