

УДК 616.62-008.22-08  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ  
ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ МОЧЕИСПУСКАНИЯ И ВЫБОРА МЕТОДА ТЕРАПИИ

*Н. И. Симченко<sup>1</sup>, Е. Е. Анашкина<sup>1</sup>, Е. А. Каминский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»,  
г. Могилев, Республика Беларусь

**Цель:** создать математическую модель оценки мочеиспускания, используя данные жалоб пациента, параметры мочеиспускания, полученные при выполнении урофлоуметрии.

**Материалы и методы.** Для построения математической модели были использованы данные результатов урофлоуметрии и опроса 100 пациентов с теми или иными расстройствами мочеиспускания. Реализация алгоритма принятия решений выполнена при помощи поочередных условных блоков.

**Результаты.** Использование математической модели мочеиспускания позволяет ускорить постановку диагноза и выбрать эффективную терапию. В результате проверки введения данных урофлоуметрии 100 пациентов в созданную программу было получено совпадение диагнозов в 8 случаях из 10 (80 %), что позволяет предположить, что при дальнейшей разработке программы будет возможным использование этой математической модели для определения типа нарушения мочеиспускания, а при ее усовершенствовании — и для индивидуального подбора лекарственных препаратов в процессе лечения.

**Заключение.** Разработана математическая модель, описывающая параметры мочеиспускания пациента в норме и при различных видах патологии. На ее основе создана компьютерная программа, способная при дальнейшей разработке с высокой точностью определять вид нарушения мочеиспускания, что облегчит объективизацию постановки диагноза пациенту и обеспечит более раннее начало лечения.

**Ключевые слова:** математическая модель мочеиспускания, урофлоуметрия, нарушение мочеиспускания.

USE OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR OBJECTIVIZING DIAGNOSTICS  
OF URGENT DISORDERS AND SELECTING METHOD OF THERAPY

*N. I. Simchenko<sup>1</sup>, K. E. Anashkina<sup>1</sup>, E. A. Kaminsky<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

<sup>2</sup>State Institution of Higher Professional Education  
«Belarusian-Russian University», Mogilev, Republic of Belarus

**Objective.** Creating a mathematical model for assessing urination using patient complaints data, urination parameters obtained by performing uroflowmetry.

**Material and methods.** To construct a mathematical model, data from the results of uroflowmetry and questionnaires of 100 patients with various disorders of urination were used. The implementation of the decision-making algorithm is carried out by means of alternate conditional blocks.

**Results.** Using a mathematical model of urination makes it possible to speed up the diagnosis and choose effective therapy. As a result of testing the introduction of the uroflowmetry data of 100 patients into the created program, we obtained a coincidence of diagnoses in 8 cases out of 10 (80 %), which gives us reason to believe that in the further development of the program, its application is possible, which will allow us to use the developed mathematical model to determine the type of urination disturbance. And with further improvement of the model, it is expected to be used for individual selection of medications during the treatment.

**Conclusion.** A mathematical model describing the parameters of the patient's urination in norm and under various types of pathology has been developed. On the basis of this mathematical model, a computer program has been created that, with further development, can determine with a high degree of accuracy the type of urination disturbance in order to facilitate the objectification of the diagnosis to the patient and a faster onset of early effective individual treatment.

**Key words:** mathematical model of urination, uroflowmetry, urination disturbance.

**Введение**

Развитие методов вычислительной математики и нарастание мощности компьютеров позволяют в наши дни выполнять точные расчеты в области динамики сложнейших живых и неживых систем с целью прогнозирования их поведения. Ре-

альные успехи на этом пути зависят от готовности математиков и программистов к работе с данными, полученными традиционными для естественных и гуманитарных наук способами, таких как наблюдение, описание, опрос, эксперимент. В медицине часто возникают сложные проблемы,

связанные с применением лекарственных препаратов, которые еще находятся на стадии испытания. Морально врач обязан предложить своему пациенту наилучший из существующих препаратов, но только в том случае, если испытание лекарственного средства уже завершено. Сократить время, требуемое для получения окончательных результатов, позволяет применение правильно спланированных последовательных статистических испытаний. Этические проблемы при этом не снимаются, однако такой математический подход несколько облегчает их решение.

Метод моделирования в медицине является средством, позволяющим устанавливать все более глубокие и сложные взаимосвязи между теорией и опытом. В последнее столетие экспериментальный метод в медицине начал наталкиваться на определенные границы: выяснилось, что целый ряд исследований невозможен без моделирования.

Любые формы нарушений мочеиспускания резко снижают качество жизни, создают психологические проблемы, что может привести к социальной изоляции человека. Нарушение функции нижних мочевых путей предрасполагают к появлению у пациентов других проблем со здоровьем, служат причиной существенного сокращения активности пациента [1]. Для практической медицины чрезвычайно важна разработка объективных способов оценки мочеиспускания, алгоритма обследования и оценки эффективности лечения на амбулаторном этапе. В связи с этим возникает необходимость создания условий, при которых пациент с жалобами

на нарушение мочеиспускания сможет получить квалифицированную помощь в медицинских учреждениях различного уровня [2]. Консультация уролога в нашей стране доступна в областных и крупных межрайонных центрах оказания помощи. Потому возникает проблема своевременной диагностики причин нарушения мочеиспускания и возможности коррекции этих нарушений врачами других специальностей. В связи с этим актуальным становится создание условий для автоматизированной оценки жалоб пациента и параметров мочеиспускания. И здесь на помощь специалистам может прийти математическая модель, благодаря которой можно будет оценить жалобы пациента, выявить параметры мочеиспускания, что даст возможность определить диагноз и рекомендации по ведению пациента.

Математическая модель — приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики. Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этой задачи. Процесс создания математической модели отражен рядом важных и последовательных задач (рисунок 1) [5].



Рисунок 1 — Процесс создания математической модели

Требования к математической модели: адекватность — способность отображать заданные свойства объекта с погрешностью не выше заданной; точность - оценивается степенью совпадения значений параметров действительного объекта и рассчитанных на математических моделях; универсальность — характеризует полноту отображения в модели свойств реального объекта; экономичность — обычно характеризуется необходимыми затратами машинной памяти и времени. Иногда оценивается по количеству операций, необходимых при одном обращении к модели [3, 4].

**Цель исследования**



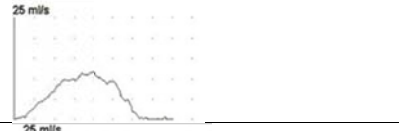

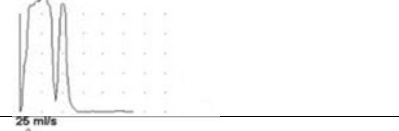


Создание математической модели оценки мочеиспускания, используя данные жалоб пациента, параметры мочеиспускания, полученные при выполнении урофлоуметрии.

**Материалы и методы**

Для построения математической модели были использованы данные результатов урофлоуметрии и опроса 100 пациентов с различными расстройствами мочеиспускания. Данные были разделены на 5 групп, в каждую включены показатели 20 пациентов, у которых ранее были установлены причины нарушения мочеиспускания: инфравезикальная обструкция, склероз шейки мочевого пузыря, стриктура уретры, детрузорно-сфинктерная диссинергия, гиперактивность детрузора. Контрольную группу составили данные 20 пациентов, не предъявлявших жалоб на расстройство мочеиспускания, с нормальными показателями урофлоуметрии. Параметры, учитываемые при анализе анамнеза пациентов включают: пол; возраст; количество мочеиспусканий за сутки; наличие/отсутствие императивных позывов к мочеиспусканию; наличие/отсутствие недержания мочи; наличие/отсутствие в анамнезе и в настоящее время острых воспалительных процессов нижних мочевых путей (острый цистит, острый уретрит, острый простатит и др.); наличие/отсутствие изменений в общем анализе мочи; предшествующие оперативные вмешательства на органах мочевыводящих путей; наличие/отсутствие сопутствующей гинекологической патологии. При оценке результатов урофлоуметрии учитывались следующие параметры: максимальная скорость мочеиспускания ( $Q_{max}$ ), средняя скорость мочеиспускания ( $Q_{ave}$ ), время достижения максимальной скорости ( $TQ_{max}$ ), общее время мочеиспускания ( $T_{mict}$ ), объем выделенной мочи ( $V_{tot}$ ). При создании математической модели также оценивалось графическое отображение результатов урофлоуметрии (таблица 1).

ра уретры, детрузорно-сфинктерная диссинергия, гиперактивность детрузора. Контрольную группу составили данные 20 пациентов, не предъявлявших жалоб на расстройство мочеиспускания, с нормальными показателями урофлоуметрии. Параметры, учитываемые при анализе анамнеза пациентов включают: пол; возраст; количество мочеиспусканий за сутки; наличие/отсутствие императивных позывов к мочеиспусканию; наличие/отсутствие недержания мочи; наличие/отсутствие в анамнезе и в настоящее время острых воспалительных процессов нижних мочевых путей (острый цистит, острый уретрит, острый простатит и др.); наличие/отсутствие изменений в общем анализе мочи; предшествующие оперативные вмешательства на органах мочевыводящих путей; наличие/отсутствие сопутствующей гинекологической патологии. При оценке результатов урофлоуметрии учитывались следующие параметры: максимальная скорость мочеиспускания ( $Q_{max}$ ), средняя скорость мочеиспускания ( $Q_{ave}$ ), время достижения максимальной скорости ( $TQ_{max}$ ), общее время мочеиспускания ( $T_{mict}$ ), объем выделенной мочи ( $V_{tot}$ ). При создании математической модели также оценивалось графическое отображение результатов урофлоуметрии (таблица 1).

Таблица 1 — Примеры результатов урофлоуметрии

График	Результат
	Норма
	Незначительная (субклиническая) инфравезикальная обструкция
	Склероз шейки мочевого пузыря
	Стриктура уретры
	Сфинктерно-детрузорная диссинергия
	Нарушение иннервации детрузора мочевого пузыря. Пики скорости связаны с напряжением передней брюшной стенки
	Сфинктерное недержание мочи

### Результаты и обсуждение

Модель принятия решений основывается на наборе логических условий, истинность или ложность которых свидетельствует о наличии или отсутствии того или иного отклонения в мочеиспускании.

Исходя из того, что отклонений может быть несколько, при нахождении одного поиск остальных не заканчивается. Также возможно нахождение отклонений неизвестных программе. Это связано с разнообразием заболеваний, отражающихся на мочеиспускании, которых крайне много, и учесть все является сложной задачей.

В целом происходит поочередная проверка наличия отклонения по следующим тенденциям в графике:

- 1) отклонение пикового значения от значений слева и справа;
- 2) наличие пикового значения в самом начале мочеиспускания;
- 3) наличие большого числа значений, слабо отклоняющихся от пикового (поддержание пикового уровня на всем протяжении мочеиспускания);
- 4) наличие нескольких резких падений скорости (практически до нуля) и резких подъемов (с достижением значения, близкого к пиковому);
- 5) определенная величина пикового значения и времени ожидания.

Все эти тенденции в графике в той или иной мере соответствуют отклонениям в мочеиспускании. Также отмечаются показатели ниже нормальных в пиковой и средней скорости мочеиспускания. На основе всего этого и выносится решение, носящее рекомендательный характер для врача. Реализация алгоритма принятия решений выполнена при помощи поочередных условных блоков. Большинство условий основано на поиске пикового значения и определения отношения пикового значения к значению слева и справа. Поэтому первым шагом алгоритма является непосредственный поиск максимального значения, выделение в отдельные переменные значений слева и справа от пика. После этого вычисляются некоторые статистические параметры: средняя скорость мочеиспускания ( $Q_{ave}$ ) и объем мочи ( $V_{tot}$ ). Следующим шагом является непосредственная проверка условий, дающих отклонения:

- 1) значения справа от пикового отклоняются на 20 %;
- 2) значения справа от пикового имеют значения, близкие к 0 и к пиковому, число пиков более 2, число падений к нулевой отметке больше 1 раза;
- 3) пиковое значение находится в первой четверти графика;
- 4) пиковое значение скорости превышает 40 мл/с, а время ожидания превышает 8 с;

5) максимальная скорость не превышает 20 мл/с;

6) средняя скорость не превышает 10 мл/с.

Данные цифры были установлены на основании анализа графиков, представленных в таблице 1. Если диагноз представляет собой пустую строку, это означает, что программа столкнулась с неизвестным случаем, о чем и будет сообщено врачу.

В качестве языка разработки был выбран объектно-ориентированный язык C#. Он был разработан в 2001 году инженерами компании «Microsoft» и может быть интегрирована с другими продуктами Microsoft. Данный язык в рамках решаемой задачи предоставляет ряд преимуществ:

1. Возможность использования технологии WPF (Windows Presentation foundation), позволяющей при помощи языка разметки XAML (англ. eXtensible Application Markup Language) создавать клиентские приложения с расширенными возможностями взаимодействия с пользователем.

2. WPF поддерживает графический аппарат, в том числе и других технологий языка C# (например, Windows Forms), что делает возможным создание и построение графиков.

3. WPF не страдает от проблемы расширения экрана, и кнопка шириной 1 дюйм на обычном мониторе останется той же ширины и на мониторе с более высоким расширением, но будет более детализирована.

4. WPF использует графический ускоритель DirectX, оперирующей высокоуровневыми конструкциями (текстуры и градиенты), что позволяет отрисовывать элементы графики быстрее [6].

В данном случае имеется в виду система управления базами данных Microsoft SQL Server, позволяющая создавать базы данных и запросы к ним при помощи специального языка Transact-SQL (или же T-SQL). Так как оба продукта являются продуктами одной компании, в языке C# существует ряд инструментов для работы с базами данных в SQL Server, что заметно упрощает создание приложения.

Основным элементом программы является форма MainWindow, информация о которой хранится в двух файлах. XAML-файл будет содержать в себе разметку формы, расположение элементов управления (контролов), их размеры и свойства. CS-файл будет хранить логику формы, события контролов и формы и действия, связанные с этими событиями (рисунок 2).

На форме содержится 2 переключателя типа RadioButton для выбора пола, 6 полей типа TextBox для ввода значений, 5 элементов типа Label пояснительных записей о необходимом для введения наименовании, 2 кнопки типа Button для принятия введенных данных и запуска соответствующих событий, таблица типа DataGridView для просмотра введенных данных.

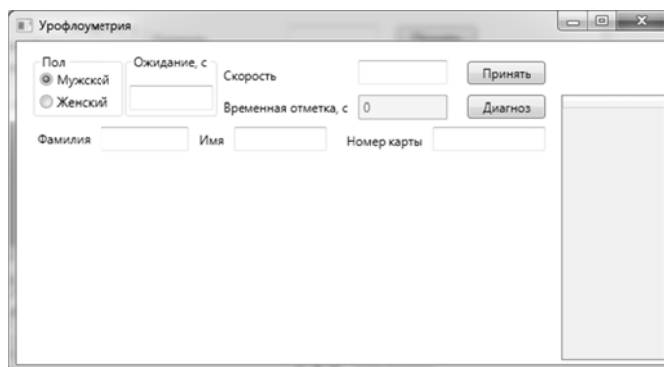


Рисунок 2 — Интерфейс программы

Для построения графика на форме используется инструмент Chart. Он позволяет создавать графики из массива значений по осям x и y, имеет широкие возможности по настройке поля построения графика, легенды и самих графиков.

CS-файл содержит следующие методы и обработчики событий формы MainWindow:

- `MainWindow1_Loaded`. Это событие загрузки формы. В нём происходит установление связи с базой данных, создание области построения и легенды графика.

- `Button_Click_1`. Обработка события при нажатии на кнопку считывания данных. Происходит считывание из полей для ввода времени ожидания, имени, фамилии и номера карты пациента, пола пациента, значения временной отметки и скорости мочеиспускания пациента. Данные о временной отметке и скорости вносятся в таблицу в правой части формы.

- `Button_Click_2`. Обработка события при нажатии на кнопку, подтверждающую полное введение данных. В зависимости от надписи на кнопке происходит либо очистка полей для ввода и таблицы на форме, либо построение графика дискретных значений и аппроксимирующих кривых Безье. Для построения кривых Безье происходит обращение к классу `Bezier`. Также в этом методе происходит обращение к хранимой процедуре в базе данных для добавления новой записи в таблицу БД.

- `Conclusion`. Этот метод делает анализ данных и на их основе вывод о возможности тех или иных отклонений в мочеиспускании, после чего выводит результат в диалоговом окне.

Кроме формы в программе еще существуют два класса, которые участвуют в функционировании программы: классы `Bezier` и `DataClass`.

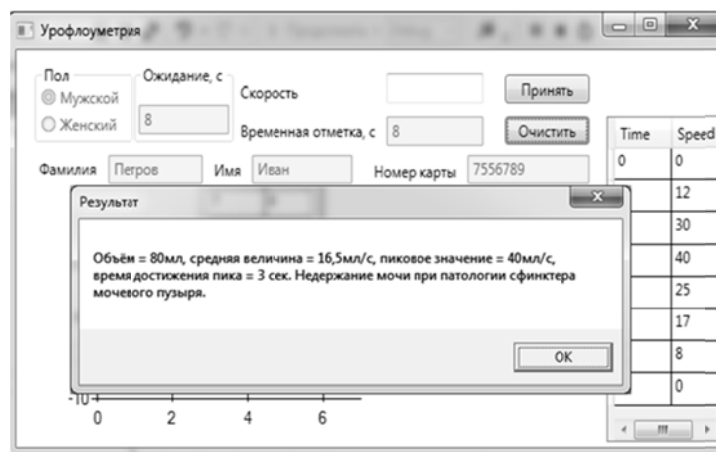


Рисунок 3 — Результаты обработки программой данных урофлоуметрии пациента

Использование математической модели мочеиспускания позволяет ускорить постановку диагноза и выбрать эффективную терапию.

В результате проверки введения данных урофлоуметрии 100 пациентов в созданную программу было получено совпадение диагнозов в 8 случаях из 10 (80%), что позволяет предположить, что при дальнейшей разработке про-

граммы будет возможным использование этой математической модели для определения типа нарушения мочеиспускания, а при ее усовершенствовании — и для индивидуального подбора лекарственных препаратов в процессе лечения.

С помощью метода моделирования, используя одну базу данных, можно разработать множество различных моделей, по-разному

интерпретировать исследуемую патологию и определить наиболее значимую из моделей для теоретического истолкования. Степень математизации научных исследований в медицине служит объективной характеристикой глубины знаний об изучаемой патологии. Превращение медицины из неформализованной науки в точную открывает новые перспективы в объективизации диагноза и выборе оптимальной терапии с первых дней лечения, что также ведет к снижению затрат на лечение и его длительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аляев ЮГ, Григорян ВА, Гаджиева ЗК. Расстройства мочеиспускания. Москва, 2006. 208 с.
2. Пушкарь ДЮ, Раснер ПИ, Щавелева ОБ. Современные возможности диагностики и лечения расстройств мочеиспускания. *Терапевт.* 2006;1:12-15.
3. Самарский АА, Михайлов АП. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры – 2 изд. испр. Москва, 2001. 320 с.
4. Кузнецов ВЛ. Математическое моделирование: учебное пособие. Москва, 2003. 120 с.
5. Попырин ЛС, Светлов КС, Беляева ГМ. Исследование систем теплоснабжения. Москва; 1989. 215 с.
6. Macdonald M. WPF: Windows Presentation Foundation in .NET 4.0 on C# 2010/Williams, 2011. 1024 p.

#### Выводы

1. Разработана математическая модель, описывающая параметры мочеиспускания пациента в норме и при различных видах патологии.
2. На основе разработанной математической модели создана компьютерная программа, способная при дальнейшей разработке с высокой точностью определять вид нарушения мочеиспускания для облегчения объективизации постановки диагноза пациенту и своевременному эффективному индивидуальному лечению.

#### REFERENCES

1. Aljaev JuG, Grigorjan VA., Gadzhieva ZK. Rasstrojstva mocheispuskanija. Moskva, 2006. 208 p.
2. Pushkar' DJu, Rasner PI, Shhaveleva OB. Sovremennye vozmozhnosti diagnostiki i lechenija rasstrojstv mocheispuskanija. *Terapevt.* 2006;1:12-15.
3. Samarskij AA, Mihajlov AP. Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery – 2 izd. ispr. Moskva, 2001. 320 p.
4. Kuznecov VL. Matematicheskoe modelirovanie: uchebnoe posobie. Moskva, 2003. 120 p.
5. Popyrin LC, Svetlov KS, Belyayeva GM. Issledovaniye sistem teplosnabzheniya. Moskva; 1989. 215 p.
6. Macdonald M. WPF: Windows Presentation Foundation in .NET 4.0 on C# 2010/Williams, 2011. 1024 p.

Поступила 26.02.2018

## ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, ГИГИЕНА

УДК 796.012.1(476.2) (отред)

УДК 796.012.1(476.2)

### ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ПОЛА

Л. Г. Соболева<sup>1</sup>, И. А. Атарик<sup>2</sup>, Е. А. Шундикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»,

г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Государственное учреждение

«Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»,

г. Гомель, Республика Беларусь

**Цель:** изучить особенности физической активности населения Гомельской области в зависимости от возраста и пола.

**Материалы и методы.** Методической основой исследования являлось выборочное единовременное наблюдение. В социологическом опросе приняли участие 1050 респондентов в возрасте от 18 до 60 лет и старше (370 мужчин, 680 женщин). На основе выполненного исследования была создана компьютерная база данных SPSS.Statistics.22. Для получения научно обоснованных результатов полученные данные подвергли статистическому анализу.

**Результаты.** Для населения, проживающего в различных районах Гомельской области, характерны определенные виды физических нагрузок: пешие прогулки (58,6 %), катание на велосипеде (22,9 %), бег (17,8 %). У 11,2 % респондентов время физической активности составляет менее 30 минут в день, причем наибольший удельный вес — у мужчин ( $p < 0,01$ ). 69,4 % респондентов не посещают спортивные секции, причем это относится более всего к женщинам ( $p < 0,01$ ).

Установлена обратная корреляционная связь между возрастом и видами аэробных нагрузок (пешие прогулки, катание на велосипеде, бег), ( $r = -0,6$ ,  $p < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** двигательная активность, физическая активность, вид физических нагрузок.