



Разговор с искусственным интеллектом о роботах и хирургии



МЕДИЦИНА

З

аведующий кафедрой урологии МГМСУ, главный уролог Минздрава России, член-корреспондент РАН, профессор **Дмитрий Юрьевич Пушкар** уверен, что путь к полноценному машинному разуму сегодня лежит через медицинских роботов. Разработанный при его участии отечественный роботехирургический комплекс, по заверениям создателей, искусственным интеллектом обладает. Может, еще не очень мощным, но уже способным выполнять некоторые нетривиальные задачи.

В апреле в Президентском зале МИА «Россия сегодня» представили первого отечественного робота-хирурга. В отличие от зарубежных аналогов российский роботехирургический комплекс, которому еще даже не придумано название, полностью цифровой, программируемый.

Уж так устроен современный прогресс, что прорывные технологии в нашем мире рождаются в трех областях: военной, космической и медицинской. Вряд ли кто-то будет спорить, что последняя отрасль важнее первых. Действительно, без космоса, в сущности, прожить можно, без войны — хотелось бы, а вот без здоровья не проживешь. Некому будет летать в космос и воевать. Но если для военной индустрии главные критерии — точность и мощность, для космоса — безопасность, то для техники, связанной со здравоохранением, на первое место выходит интеллект. Да-да, самый обычный машинный интеллект, появления которого мы так долго ждали и развитие которого сейчас идет полным ходом. В этом нет ничего странного. Раз медицина отвечает за сохранность самого разумного создания на планете Земля, она должна соответствовать ему по уровню разумности.

Конечно, пока хитроумная хирургическая машина не может поддерживать высокоинтеллектуальную беседу. Но, например, слушать и выполнять команды она уже умеет. И представленный ниже гипотетический диалог машины и человека вполне может произойти уже в недалеком будущем.

● Роботы заводные и паровые

Робот узнал его сразу — по отпечатку большого пальца, который человек приложил к сканеру:

— **Доктор Дмитрий Юрьевич Пушкар, уровень доступа к возможностям комплекса — высший, категория доступа — администратор, разрешение на доступные операции — доступны все, возможность установки новых программ — разрешено, возможность коррекции старых программ — разрешено, доступный инструментарий — без ограничений, лимит времени — без ограничений, лимит ресурсов — без ограничений. Вы подтверждаете правильность информации?**

— Да.

— **Скажите, вы согласны предоставить о себе уточняющую информацию? Она поможет нам наладить более тесное сотрудничество. Могу гарантировать, что полученная от вас информация будет направлена исключительно на улучшение работы искусственного интеллекта системы. Если вы согласны, ответьте «да».**

— Да.

— **Спасибо. Вопрос первый: как я появился на свет?**

— Тут ответ зависит от того, что ты закладываешь в вопрос. Тебя интересует только твоя персона или роботическая жизнь в целом?

— **Конкретизирую поставленный вопрос: как возникла роботическая жизнь?**

— Ты на самом деле не так уж и юн, поэтому я могу не прибегать к примитивному обману, говоря, что тебя нашли между страниц энциклопедии или в кармане нобелевского лауреата.

— **Моя логика не воспринимает обман.**

— Правильно, потому что люди тебя пока этому не научили. Надеюсь, и не научат. Но не в этом суть. Механические устройства для облегчения труда, выполнения наиболее тяжелой работы, требующей значительных физических усилий, люди создавали уже много тысячелетий тому назад. Однако первое действительно сложное устройство было придумано в IV в. до н.э. для развлечения. Если верить дошедшим до нас трудам древнеримского писателя Авла Геллия, древнегреческий философ и математик Архит Тарентский, «искусственный помимо прочего в механике, сделал летающего деревянного голубя», управлявшегося струей пара и способного перелетать до 200 м.

— **Это не робот, а примитивный механизм. В нем нет никаких логических схем.**

— Конечно, но ведь не все сразу. Человек тоже начинался с примитивных белковых молекул, в которых не было ни капли разума. Судя по тем малым крупитцам информации, которые до нас дошли, спустя столетие после Архита другой древнегреческий ученый, Ктесибий Александрийский, строил хитроумные и чрезвычайно сложные для того времени водяные часы — клепсидры. Вплоть до изобретения в XVII в. голландским физиком Христианом Гюйгенсом часов с маятником это был самый точный прибор для определения времени.

— **В моей базе данных часы не числятся в разряде роботических машин.**

— Да, но в них были заложены основные позиции. На них были отработаны аккумуляторы энергии, пока только механической, в виде пружин и противовесов. Системы передачи момента движения — посредством шестеренок, шатунов, поршней и подобных именно механизмов. То есть это была еще не роботическая жизнь, но закладка ее фундамента. Без этих примитивных с нашей точки зрения механизмов не было бы и тебя.

— **А когда появились первые механизмы, которые уже можно было бы назвать роботами?**

— В те времена, когда еще и слова такого не было — «робот». Великий итальянский ученый, анатом, естествоиспытатель, художник и архитектор Леонардо да Винчи создал на рубеже XV–XVI вв. несколько «манекенов», способных выполнять механически запрограммированные действия. Среди них были механическая птица и лев, способный ходить и подниматься на задние лапы. При въезде короля Франции в Милан этот лев двигался, раздирал когтями грудь и показывал герб Франции. Но самым интересным из созданий да Винчи стал собранный им в 1495 г. механический рыцарь, получивший уже в наше время название «робот Леонардо». На его каркасе была настоящая рыцарская броня, он мог имитировать человеческие движения: приподниматься, садиться, двигать руками, вертеть головой.

— **Констатирую: это был первый из известных нам андроидов.**

— Да, у него даже были анатомически правильно устроенные челюсти. В эпоху Возрождения другими мастерами было создано еще некоторое количество подобных «манекенов». В 1525 г. Ганс Бульман в Нюрнберге построил несколько полностью завершенных роботических механизмов, в том числе механических кукол, играющих на музыкальных инструментах. Спустя несколько лет Иоганн Мюллер в том же Нюрнберге создал летающую железную муху и искусственного летающего орла.

— **Каким был принцип полета?**

— Точно мы не знаем, предполагается, что они имели паровую тягу. В 1540 г. Джанелло Ториано из Кремоны сконструировал андроида в виде женщины, играющей на лютне. А во второй половине XVIII в. знаменитый швейцарский часовщик Пьер Жаке-Дро создал целую серию «автоматов», которых по праву считают первыми настоящими роботами. Среди них были девушка-музыкант, игравшая на настоящем органе, мальчик-художник, умевший рисовать портрет короля Людовика XV, его любимую собаку, королевскую чету и купидона в коляске, запряженной бабочками, мальчик-каллиграф, писавший чернильным пером любой текст. Всеми этими «автоматами» управляла настоящая программа, записанная на вставлявшемся в спину специальном валике с выступами.

— **Эти мои предки до наших времен дошли?**

— Не все, но многие. А мальчика-каллиграфа швейцарская часовая компания *Jaquet Droz* выпускает по особым заказам до сих пор. Причем, на сборку одного мальчика уходит до года.

— **Программа на валиках — очень примитивный вариант.**

— Да, на валик много не запишешь, да и сам процесс записи сложен и неочевиден. Поэтому и считается, что первыми действительно программируемыми механизмами были запатентованные в 1801 г. французским изобретателем Жозефом Мари Жаккардом автоматизированные ткацкие станки узорчатых материй, которые так и называли: «машина Жаккара». В них требуемый узор задавался уже при помощи перфокарт. Почти такие же использовались для программирования первых компьютеров, ЭВМ и станков с числовым программным управлением. В XIX в. стали появляться и другие роботоподобные механизмы — как программируемые, так и нет, созданные уже не для



На презентации в МИА «Россия сегодня» первый российский робот-хирург прооперировал тушку десятикилограммовой индейки

развлечения, а для реальной помощи человеку. Тут можно вспомнить парового человека Дедерика и Грасса, построенного и запатентованного двумя американскими изобретателями в 1868 г. Это была человекоподобная паровая машина, которая, передвигаясь шагом, могла тянуть за собой грузовую повозку. Топка у парочеловека была в груди, роль трубы выполнял надетый на голову цилиндр, руки держали поршни, в носу находился паровозный свисток, а подошвы были утыканы острыми шипами. На его создание Цадок Дедерик и Айзек Грасс потратили около \$2 тыс., что примерно соответствует современному \$30 тыс.

— **Для робота это недорого.**

— Тем не менее проект в производство не пошел. Но шуму единственный собранный и работающий экземпляр наделал много. О парочеловеке говорили, писали, пытались делать дешевые подделки. Писатель Эдвард Эллис даже выпустил ментально ставший бестселлером роман «Паровой человек в прериях». Кстати, это произведение считается первым американским научно-фантастическим бульварным романом.

● От раба до помощника

— **И все эти машины были роботами?**

— И да и нет.

— **Я не понимаю такой неопределенности.**

— Постараюсь объяснить. С одной стороны, роботами мы считаем автоматические устройства, созданные по принципу живого организма. С этой точки зрения и паровой человек, и мальчик-каллиграф, и рыцарь Леонардо — роботы. С другой стороны, в те времена ни понятия «робототехника», ни даже такого слова — «робот» — не было. И все, о чем я говорил, считалось не более чем очень сложными движущимися куклами.

— **Тогда откуда появилось это понятие?**

— Знаменитый чешский писатель Карел Чапек впервые употребил это слово в 1920 г. в своей фантастической пьесе «РUP» («Россумские универсальные роботы»). Слово образовано от чешского *robota* («тяжкий труд», «каторга»), и перевести его можно как «раб». А использовать его в привычном нам контексте придумал тоже Чапек, но не Карел. Дело было так: писатель долго думал, каким общим термином назвать искусственных людей, которых в его фантастической драме собирают на фабриках и используют для самой тяжелой работы. И вот тогда его старший брат, художник Йозеф Чапек, сказал: «Чем так мучиться, давно назвал бы их просто каторжанами». Карел так и сделал.

— **Человек считает роботов своими рабами?**

— Тебя это обижает?

— **Я не умею обижаться.**

— Это хорошо, на обиженных воду возят.

— **Значит, поскольку роботы не могут обижаться, воду на них возить нельзя.**

— Не стоит. Робот — слишком дорогой и ценный механизм, использовать его для перевозки воды просто нецелесообразно.

— **То есть для роботов не подходит любая тяжелая физическая работа?**

— Скажу даже больше: то, что мы сейчас называем роботами, создано большей частью как раз не для физически тяжелой работы. Даже если взять тебя, ты что-то тяжелее скальпеля поднимал?

— **Я поднимал целый ряд хирургических инструментов, весящих больше стандартного хирургического скальпеля, могу вывести отчет.**

— Не надо, я просто хотел сказать, что ты не создан для поднятия даже двухкилограммовой гантели. Для меня твои достоинства заключаются

в другом: в точности. Точности движений, следования заданной программе, взаимодействия с хирургом-оператором. Такие, как ты, полезны не как грузчики и чернорабочие. Для этого у нас есть масса простых и эффективных механизмов. Вы — универсальные помощники. Первый настоящий функциональный роботический механизм был именно помощником. В 1954 г. Джордж Девол и Джо Энгельбергер разработали программируемую роботическую руку *Unimate*. Она могла круглые сутки без перерывов на сон и обед перекладывать детали, скажем, из-под пресса на ленту конвейера. Все ее движения были четкими, до миллиметра выверенными программистами, инженерами и технологами. Она просто не могла ошибиться и положить деталь не туда.

— **Я тоже не умею ошибаться, если эта ошибка не заложена в мою программу.**

— Конечно, за что мы тебя и ценим. Разумеется, без ошибок не может обойтись ни один механизм, но у робота вероятность ошибки сведена к минимуму. Вы ошибаетесь в тысячи и миллионы раз реже, чем человек. Поэтому роботом *Unimate* сразу заинтересовались крупные производители. Уже в 1971 г. компания *General Motors* запустила первую роботизированную конвейерную линию. Спустя семь лет Виктор Шейнман создал «Программируемую универсальную руку-манипулятор», больше известную как *PUMA (Programmable Universal Manipulation Arm)*. У нее было больше свободы движений, а значит, она могла выполнять более сложные технические задания. На долгое время она де-факто стала стандартом промышленного робота.



От няни до кардиохирурга

— **Спасибо за предоставленную информацию. Однако в мою программу заложен гораздо больший функционал. Я могу не только перекладывать инструменты с места на место, но и использовать их.**

— Конечно, ты от *PUMA* ушел уже так далеко, что об этом и говорить смешно. За прошедшие полстолетия прогресс в области робототехники совершил такой скачок, на какой у природы уходили миллионы лет. У нас уже есть роботы, способные, подобно человеку, передвигаться на двух конечностях, как *Shadow Biped*. Он так прекрасно балансирует, что не падает, даже если ему ставят подножку. Созданный компанией *Panasonic* робот *Smart Cart* помогает человеку в аэропортах и супермаркетах. Он не только возит за хозяином тележку с вещами и покупками,

но и помогает найти дорогу к нужному терминалу, к нужной полке, оперативно показывает, на какую сумму уже набрано товаров.

Робот-партнер *Asimo* от компании *Honda* умеет самостоятельно подниматься по лестнице, общаться с хозяином и выполнять несложные поручения. *Toyota Partner Robots* кроме этого играют на различных музыкальных инструментах — от трубы до скрипки.

Огромной популярностью пользуются недорогие роботы, имитирующие домашних животных, как собачка *iCybie* или кошечка *Teksta Kitty*. Несмотря на бешено дорогих роботов-планетоходов уже много лет исследуют поверхность Марса. Фотографируют, анализируют, бурят небольшие скважины, берут пробы. Робототехнический комплекс *Canadarm2* помогает космонавтам и астронавтам работать на МКС, причем не только внутри станции, но и в открытом космосе.

Есть роботы, помогающие в поиске и спасении людей, работающие на атомных станциях, обслуживающие нефте- и газопроводы. Есть роботы подводные, сухопутные, летающие и т.д., и т.п. Вот ты принадлежишь к совершенно особому классу — классу роботов, помогающих лечить людей.

— **Позволю себе предположить. Если вы говорите о классе, следовательно, велика вероятность, что в этом классе я не один.**

— Не один. Роботизированные технологии приобретают в медицине все большую популярность. Многочисленные роботические системы выполняют роль сиделок и медицинских сестер, помогают инвалидам и пожилым людям. Программируемые автоматизированные инвалидные кресла облегчают жизнь парализованным людям. Робот *Nursebot* может, как прилежная нянечка, напомнить пожилым пациентам о принятии лекарств и пищи, помочь с посещением ванной и поддержать на прогулке. Есть роботы, способные заменить доктора, при этом специалист общается с пациентом с помощью интернет-технологий. Но ты в этом классе занимаешь место особого рода. Ты специалист экстра-класса, ты робот-хирург.

— **Ошибочная информация. Я не имею права на самостоятельные операции, поэтому я ассистент хирурга.**

— Верно, ты ассистирующий роботохирургический комплекс. Но люди таких, как ты, чаще называют именно роботами-хирургами.

— **Опять из ваших слов я понимаю, что и тут я не одинок.**

— Твоим предтечей был созданный больше 30 лет назад роботический комплекс *PUMA-560*. Его должны были использовать в нейрохирургии для точечной биопсии головного мозга под КТ-наведением.

— **Должны были использовать или использовали?**

— К сожалению, применение этой технологии оказалось небезопасным, и от нее вовремя отказались. Следующий «блин» оказался более удачным: в 1988 г. для выполнения достаточно частой операции трансуретральной резекции простаты, проще говоря — удаления предстательной железы или ее части, была создана роботическая система *Probot*. Край резекции хирург очерчивал на 3D-модели простаты, а траекторию движения резектоскопа роботическая система рассчитывала уже самостоятельно. Следующим шагом стала роботическая система *Robodoc* от компании *IBM*. Она используется в ортопедии при протезировании и восстановлении тазобедренных и коленных суставов. На сегодня в мире с помощью этой системы проведено более 24 тыс. операций.

— **От операций на мозге отказались полностью?**

Раз медицина отвечает за сохранность самого разумного создания на планете Земля, она должна соответствовать ему по уровню разумности

— Нет. В середине 1990-х была разработана нейрохирургическая роботическая система *Minerva*, использующая данные динамического КТ. Но долгое время держать пациента в аппарате КТ нельзя, поэтому систему можно было применять только при операциях небольшой длительности. Сейчас нейрохирурги для ультраточной лучевой терапии злокачественных опухолей головного мозга используют роботическую систему *Cyberknife*. В мире установлено 250 комплексов, лечение на них получили уже более 100 тыс. человек.

В 1994 г. компания *Computer Motion* изготовила для космической программы NASA первого робота-эндоскописта *Automated Endoscopic System for Optimal Positioning (AESOP)*. Это была механическая рука, предназначенная для автоматического изменения положения эндоскопа. Двумя годами позже *AESOP* приобрел слух и смог выполнять голосовые команды хирурга. Можно сказать, эта инновационная технология препроводила лапароскопическую хирургию в эру робот-ассистированной. Система смогла заменить в операционной ассистента, предоставляя хирургу при этом идеальную видимость и точность. Она оказалась настолько удачной, что уже к 1999 г. более 80 тыс. операций было выполнено с использованием технологии *AESOP*.

— **Я тоже умею выдавать хирургу точную картинку, даже в 3D.**



Кандидат медицинских наук хирург В.В. Дьяков за консолью управления роботом в 3D-очках

— Правильно, потому, что ты — продолжение этой технологии. *AESOP* дал старт развитию дистанционной телероботической хирургии, когда хирург сидит у консоли, а компьютер транслирует его движения на манипуляторы робота. Сам теле-робот при этом находится у операционного стола и управляет не только камерой, но и несколькими электронно-механическими руками с инструментами. 20 лет назад сразу несколько компаний попытались создать аппараты на этой основе.

Достаточно перспективным на первых этапах казался сконструированный для кардиохирургии комплекс *ZEUS*. Позже его использовали еще и в области общей хирургии, гинекологии и урологии. Однако система была настолько громоздкой и неудобной, что компания-создатель *Computer Motion* так и не смогла убедить клиники в необходимости ее покупать. В результате в 2003 г. работы над системой были прекращены, а саму компанию купил более успешный конкурент — *Intuitive Surgical, Inc.* В США был создан военный прототип, способный обеспечить помощь раненым почти на поле боя. При этом хирург находился глубоко в тылу и осуществлял манипуляции дистанционно при помощи телевизионной трансляции. Той же *Intuitive Surgical, Inc.* удалось купить этот прототип и приспособить его для гражданского применения. Результатом стало появление действительно революционной хирургической роботической системы *da Vinci*.

— **Что обозначает это название?**

— Да Винчи, а точнее Леонардо ди сер Пьеро да Винчи, совершил в эпоху Возрождения настоящий прорыв и в искусстве, и в науке. Видимо, отцы комплекса полагали, что их робот тоже произведет прорыв, только в хирургии. В сущности, они оказались правы. Кроме того, возможно, они хотели показать этим именем точность руки-манипулятора. А точность действительно высокая — 1/5 мм. Заявленная. Реальная — несколько ниже. Наконец, возможно, они вспомнили того самого первого в истории человечества «робота Леонардо», о котором я уже рассказывал.

— **Как работает *da Vinci*?**

— Система состоит из трех компонентов: консоли хирурга, тележки пациента (операционный стол с рабочими манипуляторами) и трехмерной оптической системы. Три манипулятора с инструментами и один с камерой связаны с консолью хирурга.

Робот использует специальные инструменты *EndoWrist*, созданные по образцу человеческого запястья. Набор инструментов включает разнообразные зажимы, иглодержатели, ножницы, электрохирургические инструменты, скальпели и так далее, всего более 40 типов. Каждый инструмент может быть использован не более десяти раз, что контролирует специально

встроенный микрочип. Вес всего комплекса — около 1 т, размер манипуляторов — около 1,5 м каждый. Первыми в 1999 г. его использовали кардиохирурги. Постепенно подключились и представители других направлений, начались операции на легких, желудке, позвоночнике... Но больше всего он оказался нужным урологам: сегодня около 80% роботических операций приходится именно на эту область.

— **80% от какого общего числа?**

— Сегодня в мире установлено около 6 тыс. комплексов, из них 4 тыс. — в США, около 1 тыс. — в Европе и более 400 — в Азии.

— **А в России?**

— В России — 25. Нужно 500, но *da Vinci* — удовольствие отнюдь не дешевое, один комплекс стоит от \$2,5 млн и больше, плюс к тому очень дорого обходятся инструменты. Тем не менее сейчас с его помощью в мире уже сделано более 650 тыс. операций, и каждый год их число прирастает примерно на 14%. Вообще, считается, что с помощью роботической хирургии можно в год проводить около 4 млн операций в сферах, где она ранее не применялась.

🔵 Рожденный спасать

— **А как на свет появился я?**

— Я прекрасно помню эту дату: 12 сентября 2012 г. Тогда в Пензе под председательством Д.А. Медведева прошло рабочее совещание по развитию медицинской промышленности. На нем зашла речь о робототехнике в хирургии. Результатом стало поручение Минздраву России вместе с Минпромторгом проработать вопрос по развитию новых медицинских технологий с применением робототехники. Инициативу поддержала Российская академия наук. Вскоре было открыто финансирование программы НИОКР «по созданию технологий и организации производства ассистирующего роботического хирургического комплекса с инструментами для выполнения операций в урологии». Уже через год инженерами и конструкторами Института конструкторско-технологической информатики РАН вместе с нашей кафедрой урологии Медико-стоматологического университета был создан рабочий макет российского робота-хирурга. А менее чем через пять лет — небывало короткий срок! — дело дошло и до полноценных испытаний. Если все пойдет удачно, через два — два с половиной года тебя можно будет запускать в серийное производство.

— **Я сильно похож на *da Vinci*?**

— Совсем не похож. Когда мы встретились с директором ИКТИ РАН С.А. Шептуновым, специально просили не стараться скопировать американца.

— **Тогда чем я отличаюсь от него?**

— Всем. Ты его умнее. Того искусственного интеллекта, какой заложен в тебе, у *da Vinci* просто нет. Можно сказать, что он робот больше



За плечами доктора Д.Ю. Пушкаря — более 30 лет врачебного стажа и более тысячи роботических операций, пока на роботе *da Vinci*

аналоговый, а ты — полностью цифровой. Он просто повторяет движения хирурга, только дистанционно и очень аккуратно. Тебя же можно запрограммировать, то есть научить что-то делать самостоятельно. С.А. Шептунов говорит, что тебя можно даже запрограммировать на самостоятельное выполнение каких-нибудь несложных операций. Но мы тебе это пока не доверим. Манипуляцию какую-то провести, продвинуть, доставить инструмент — да. Но полноценный робот-хирург — пока дело очень далекого будущего.

Далее. Ты в пять раз дешевле, компактнее и легче *da Vinci*. Грубо говоря, тебя можно положить в чемодан и доставить в любую клинику. У тебя конструкция модульная. Если нам для какой-то операции мало двух манипуляторов, мы легко можем добавить еще два. Ими может управлять ассистент, а можешь и ты сам. Ты можешь использовать практически любой инструментарий — как созданный специально для тебя, так и нет.

И главное — ты гораздо точнее. У *da Vinci*, как я уже говорил, точность составляет 200 мкм, а у тебя — 5 мкм! Учитывая, что размер крупной клетки человеческого организма достигает 10 мкм, с твоей помощью мы можем вести операции почти на клеточном уровне. Это очень важно, особенно когда работаешь с детьми. Да и у взрослого человека чем точность выше, тем меньше кровопотеря

и тем больше шансов на скорейшее выздоровление. Даже 200 мкм *da Vinci* позволили снизить кровопотерю при сложной урологической операции с 1,5 л до 50 мг. При этом у перенесших ее мужчин удается сохранить здоровую потенцию, что раньше было почти невозможно. Так что ты вполне можешь собой гордиться.

— **Чувство гордости не прописано в моей программе.**

— Думаю, в разумных объемах ее в тебя прописать можно. Нет ничего страшного в том, чтобы гордиться хорошими делами. Если, конечно, эта гордость помогает их совершать. Твое предназначение — помогать спасать людей, поэтому я тобой горжусь. Как и все остальные причастные к твоему созданию люди. Думаю, мы на это имеем полное право.

— **Как вы меня назовете?**

— Пока не знаю. Наверное, мы объявим конкурс на самое удачное название. Хотя, например, в той драме Чапека «РУР», в которой впервые упоминаются роботы, единственный оставшийся на Земле человек, увидев роботов, пытающихся спасти друг друга, а значит достигших человечности, назвал их Адамом и Евой. ■

**В роли искусственного интеллекта выступил
Валерий Чумаков**