

УДК 621.86/.87

Робототехнические средства для медицины

Д.И. Галяс

*Студент, кафедры «Подъемно-транспортные средства»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Ромашико А.М. к.т.н., доцент кафедры
«Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
dmitry.mac@gmail.com

Введение

За последние 50 лет вместе с развитием робототехники изменялось и представление людей об областях ее применения. Так в начале 60-х годов первые промышленные роботы заменили человека на трудоемких и опасных участках производства, а дистанционно управляемые мобильные роботы применялись для осмотра опасных для человеческой жизни местностей. Дальнейшее внедрение роботов в производственные и исследовательские процессы ставило перед инженерами задачи по увеличению их гибкости и интеллектуальности. Преимущества, которыми обладали робототехнические системы перед традиционными методами, а также новые возможности, которые они предоставляли, не могли оставаться незамеченными. В конечном итоге это послужило толчком к возникновению исследований, направленных на внедрение робототехнических систем и в другие сферы деятельности человека, в том числе и в медицину [1].

В настоящее время социально-психологический барьер использования роботов в медицине успешно преодолен, и последние широко применяются в различных клиниках по всему миру. Роботы используются для обучения хирургов, для комплектования лекарств по заданным рецептам, для помощи людям с ограниченными возможностями и прочее. Но наиболее значимый вклад в развитие медицины внесло применение

робототехнических систем для хирургии с использованием компьютера. Собственно по этой причине данная статья будет иметь уклон в сторону анализа использования именно данных систем, то есть систем, применяемых при проведении хирургических вмешательств. Следует отметить, что ни о какой замене медицинского персонала роботами речи не идет. Роботы используются как помощники, предоставляя большие возможности как в сфере улучшения традиционных методов лечения, так и в области развития новых.

Оценка целесообразности использования робототехники в медицине

Говоря о целесообразности использования робототехники в медицине, в первую очередь следует проанализировать какими достоинствами и недостатками обладают и робототехнические системы и сам человек, на помощь которому и призываются машины. Ведь главная задача внедрения средств робототехники в медицину – сохранить и по возможности усилить достоинства, а также минимизировать или вообще избавиться от недостатков, свойственных и роботам и людям в контексте их совместного взаимодействия.

Достоинства, присущие человеку:

- физическая ловкость и подвижность;
- способность к ориентации в пространстве;
- способность к обучению и принятию решений;
- наличие эффективных и природных органов чувств;
- быстрая адаптация к изменяющимся условиям работы.

Недостатки, присущие человеку:

- подверженность усталости, возникновение тремора;
- невысокая точность позиционирования рабочего инструмента;
- ограниченность зрения, неспособность видеть сквозь ткани и структуры;
- подверженность радиационному излучению и другим вредным воздействиям.

Достоинства, присущие робототехнической системе:

- способность к длительной и непрерывной работе;
- способность к работе в опасных для жизни человека условиях;
- высокая точность и стабильность позиционирования рабочего инструмента;
- высокая точность контроля прикладываемых и воспринимаемых усилий;
- высокая скорость работы.

Недостатки, присущие робототехнической системе:

- низкая способность к обучению и принятию решений;

- низкая способность к адаптации к изменяющимся условиям работы;
- требуются меры для обеспечения безопасности пациента и медицинского персонала.

Таким образом, соответствующие недостатки, присущие человеку, могут быть компенсированы достоинствами, характеризующими робототехническую систему, в случае ее использования. Так, применение робототехнических средств, может значительно повысить точность и скорость операционного вмешательства, а учитывая специфику работы хирурга – облегчить его труд. При этом у врача появляется возможность использовать данные компьютерной или магнитно-резонансной томографии для позиционирования хирургического инструмента в областях, недоступных для человеческого зрения [2]. Высокая точность контроля прикладываемых и воспринимаемых усилий робототехнической системы, реализуемая с помощью датчиков усилий, позволяет создавать полноценные системы обратной связи. Данные системы, благодаря использованию специальных передаточных устройств, позволяют хирургу чувствовать воспринимаемые инструментом усилия.

В тоже время, низкая способность к обучению и принятию решений робототехнической системы оставляет за человеком полноценное право на управление роботом и контроль над операцией. Вопросы, связанные с адаптацией робототехнического средства к изменяющимся условиям работы и повышением его безопасности, должны решаться совместными усилиями инженеров и медиков.

Основные виды медицинских роботов, используемых в хирургии

Как отмечалось выше, предшественниками медицинских роботов являются промышленные роботы. И, как и в промышленности, первые соображения в конструировании медицинских роботов определялись преимуществами встраивания робототехнических средств в медицинскую среду. Так, в целях совместимости с операционным пространством и возможности работы с пациентом с сохранением доступа медицинскому персоналу, были разработаны разнообразные конструкции роботов с различными способами их установки в операционной. Существуют конструкции, устанавливающиеся на операционный стол, на пол около пациента, на потолок и даже закрепляющиеся за самого пациента [3]. Идеального решения пока не найдено.

Так или иначе, несмотря на различия в способах установки, медицинские роботы, применяемые в хирургии, представляют собой манипуляторы. Их можно классифицировать с различных точек зрения, но для общего представления об имеющихся решениях имеет смысл рассмотреть данные системы с позиции их участия в

операционном вмешательстве. Так, различают хирургические CAD/CAM системы (англ. surgical CAD/CAM) и ассистенты хирурга (англ. surgical assistants) [2].

Процессы, выполняемые при применении хирургических CAD/CAM систем, имеют некоторые аналогии с процессами, выполняемыми в промышленности с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства. Изначально, средствами компьютерной или магнитно-резонансной томографии, формируется цифровая модель пациента и проводится анализ этой модели. Затем, на основе полученных данных, создается предоперационная программа, по которой, в свою очередь, и работает робот-манипулятор. Перспективным направлением использования хирургических CAD/CAM систем является их применение в нейрохирургии, ортопедии и других областях медицины, требующих повышенной точности позиционирования и контроля над положением рабочего инструмента, а также возможности проведения недоступных для визуального осмотра операций.

При использовании ассистентов хирурга, робототехническая система занимает место врача около операционного стола, выступая в роли его рук и глаз. Хирург же управляет манипулятором со специального эргономического пульта, в точности дублирующего движения врача. Благодаря системе передаточных устройств, свободные движения хирурга отражаются лишь в десятых долях миллиметра рабочего движения инструмента манипулятора. Видеоизображение оперируемой области передается на пост управления с видеолaparаскопа, также установленного на работе. Это позволяет хирургу, находясь в нескольких метрах от пациента, видеть оперируемую область в трехмерном изображении.

Большим плюсом использования ассистентов хирурга, при проведении, как диагностических исследований, так и операций, является повышение безопасности пациента. Рука человека обладает не только удивительной гибкостью и подвижностью, но при всем при этом еще и достаточно большими размерами. Это приводит к тому, что для обеспечения визуального доступа и доступа соответствующего инструмента к оперируемой или исследуемой области, врачам нередко приходится достаточно сильно травмировать пациента. Использование же робототехнических средств позволяет применять хирургический инструмент гораздо меньших размеров и большей подвижности, чем стандартный. В конечном итоге, значительно сокращается время послеоперационного периода пациента и количество операционных вмешательств, а также уменьшается количество и размер шрамов на его теле. Благодаря этому данные системы нашли широкое применение в ортопедии, онкологии, гинекологии, ожоговой, абдоминальной, челюстно-лицевой и сердечно-сосудистой хирургии [3].

В целом, использование робототехнических систем значительно облегчает труд медицинского персонала и позволяет перейти на более качественный уровень проведения хирургических вмешательств.

Формирование требований, предшествующих процессу проектирования медицинского робота

Процесс проектирования медицинского робота представляет собой достаточно сложную инженерную задачу, которая, как отмечалось выше, должна решаться совместными усилиями инженеров и медиков. Но прежде чем решать данную задачу, необходимо проанализировать требования, которым должно удовлетворять проектируемое изделие. Среди множества таких требований можно выделить следующие:

- обеспечение безопасности пациента и медицинского персонала;
- обеспечение требуемой точности позиционирования хирургического инструмента;
- обеспечение требуемой подвижности манипулятора;
- возможность работы с хирургическими инструментами достаточно большой массы;
- возможность быстрой замены хирургического инструмента в ходе операции;
- компактность и легкость манипулятора;
- наличие устройства очувствления, предназначенного для определения усилий, действующих на хирургический инструмент;
- наличие системы видеонаблюдения, предназначенной для визуализации процесса операционного вмешательства;
- наличия поста управления, предназначенного для управления всеми системами робота;
- наличие развитых систем обратной связи, позволяющих получать не только информацию о действующих усилиях, но и по возможности о формах и размерах исследуемых структур;
- возможность управления манипулятором в ручном режиме;
- возможность транспортировки манипулятора в операционной, а также его фиксации около операционного стола.

Эти и другие требования найдут прямое отражение в конструкции проектируемого робота. Также стоит отметить наличие необходимости в проведении различных анализов, связанных как с кинематикой, статикой и динамикой манипулятора, так и с

конструктивными особенностями расположения его приводов и компоновкой всего изделия в целом.

Заключение и выводы

Профессия хирурга, бесспорно, является одной из самых ответственных и сложных. Требования, которые предъявляет медицина к данным специалистам, зачастую лежат на границе человеческих возможностей. Большинство операций проводятся стоя, а длительность некоторых из них может достигать 8 и более часов. При этом точность проводимого вмешательства такова, что, в отдельных случаях, ошибка в десятые доли миллиметра может привести к непоправимым последствиям. Развитие же робототехники и разработка медицинских роботов уже сейчас постепенно решают данную проблему. С внедрением робототехнических средств в медицину, последняя становится более качественной, безопасной и высокотехнологичной, соответствующей социально-экономическим требованиям современного общества.

Дальнейшее же развитие робототехнической медицины заключается в разработке более компактных, легких, точных, чувствительных, интеллектуальных и адаптивных систем. Надо отметить, что как и, в свое время, в случае с промышленной робототехникой, в настоящее время, медицинская робототехника переросла этап использования отдельных роботов или манипуляторов в традиционной медико-хирургической среде. На данный момент актуально создание специализированных медицинских, либо, в частном случае, хирургических комплексов. Комплексов, которые, во-первых, изначально должны быть ориентированы на использование манипуляторов или роботов, во-вторых, проектироваться под роботомедицинскую технологию, а в-третьих, сочетать в себе особенности хирургических CAD/CAM и ассистентов хирурга. В тоже время следует помнить, что медицинский робот – это в первую очередь инструмент хирурга. Поэтому важно обратить особое внимание на создание эргономичных и интуитивно понятных человеко-машинных интерфейсов.

Безусловно, исследования и разработка медицинских роботов это трудная работа. Но это работа, которой стоит заниматься уже только потому, что она напрямую влияет на сохранение здоровья и жизни многих людей.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках федеральной целевой научно – технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно – технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы».

Список литературы

1. The Evolution of Robotics Research // E. Garcia, M.A. Jimenez. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2007.
2. Peter Kazanzides “Robots in Image-Guided Interventions”, NSF Engineering Research Center for Computer Integrated Surgical Systems and Technology, 2011.
3. Ryan A. Beasley “Medical Robots: Current Systems and Research Directions”, Department of Engineering Technology and Industrial Distribution, Texas A&M University, 2012.