

# МЕТОДЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ НЕОНАТАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ. ОБЗОР

**Немковский Г.Б.**, ООО «ВЕСТТРЕЙД ЛТД», ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

*Работа посвящена исследованию особенностей хирургических вмешательств у неонатальных пациентов с использованием эндоскопических техник и требований, предъявляемых к оборудованию, предназначенному для регистрации положения хирургического инструмента. В работе рассмотрены существующее оборудование и методы позиционирования, используемые в хирургической навигации, оценивается их применимость в неонатальной хирургии врождённых пороков развития лёгких и мочевыводящих путей.*

*Цель исследования – выбор направления разработки технических средств сбора данных, используемых при разработке информационной системы управления эндоскопическим вмешательством для визуализации на трёхмерной сцене взаимного расположения хирургического инструмента и пациента с учётом особенностей проведения указанных видов вмешательства.*

**Ключевые слова:** неонатальная хирургия, интраоперационная навигация, информационная система управления, контроль положения хирургических инструментов, техническое обеспечение информационных систем, CAS-системы.

**Цитирование:** Немковский Г.Б. Методы позиционирования хирургического инструмента в эндоскопической неонатальной хирургии. Обзор // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 4 (79). С. 55–64.

## ВВЕДЕНИЕ

С развитием вычислительной техники всё большее распространение в мире получают интеллектуальные системы. В здравоохранении разрабатываются разного рода системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР). Этот класс систем находит своё применение в ходе оперативных вмешательств, для чего разрабатываются соответствующие базы данных (БД) для учета протоколов, медицинских изображений, относящихся к разным модальностям и инструментальной диагностики, и лабораторных исследований [1]. Созданию национальной системы интеллектуального анализа научных публикаций доказательной медицины, с целью повышения эффективности принятия информированных врачебных решений и мониторинга приоритетных направлений развития превентивной и персонализированной медицины, в последнее время уделяется особое внимание [2]. К основным инструментам и интеллектуальным технологиям в практике медицинских учреждений можно отнести такие направления, как медицинская диагностика и анализ изображений, прогнозная клиниче-

ская и управленческая аналитика, СППВР, интеллектуальный анализ данных, телемедицина и ряд других [3].

К числу интеллектуальных технологий, применяемых в хирургии, относятся автоматизированное проведение вмешательств (RAS, Robo Assisted Surgery), компьютерная хирургия (CAS, от англ. Computer Assisted Surgery), компьютерная симуляция вмешательства, визуально управляемая хирургия, хирургическая навигация (ХН) и другие. Использование интеллектуальных технологий повышает уровень безопасности пациента, снижает риск интраоперационных осложнений и сокращает период реабилитации [4]. Симуляторы, реализованные на основании знаний, накопленных в ходе контролируемых хирургических вмешательств (ХВ), будут применяться для подготовки молодых специалистов при отработке навыков и действий в эндоскопическом формате [5].

Эффективные методы и технологии обработки визуальной информации [6], а также возможности компьютерной графики могут быть решениями технической задачи авто-

матизированного сопровождения работы хирурга в естественной среде и условиях дополненной реальности [7].

В полостной хирургии все большее место занимают малоинвазивные операции с использованием эндоскопических доступов [8]. Одна из целей эндоскопических малоинвазивных вмешательств – уменьшение хирургической травмы, такие методы позволяют как ограничить размеры операционной раны, так и сохранить невредимыми окружающие ткани [9, 10].

Коррекция врождённых пороков развития, проводимая в неонатальном возрасте по возможности выполняется с использованием эндоскопических техник, доказавших свою эффективность [11], но сопровождающихся повышенными интраоперационными рисками. Реализация CAS-систем для неонатальной хирургии требует, в числе прочего, разработки и применения технических средств сбора информации о положении хирургических инструментов, которые учитывали бы специфику проведения вмешательств у неонатальных пациентов.

Настоящее исследование призвано определить технологии, используемые в создании технических средств обеспечения контроля хирургического инструмента (ХИ) и выявление применимости данных технологий для планирования ХВ, навигации или выполнения хирургических процедур у неонатальных пациентов с врождёнными пороками развития лёгких и мочевыводящих путей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интраоперационное информационное сопровождение хирурга, как субъекта управления (СУ) оперативным вмешательством, осуществляемое соответствующими информационными системами (ИС), особенно важно в сложных анатомических областях и клинических ситуациях. Цель сопровождения состоит в том, чтобы СУ при выполнении вмешательства полагался на объективную и максимально полную информацию, генерируемую на этапе предоперационного планирования. Планирование осуществляется на основе 3D визуализации анатомических структур пациента, получаемых в результате обработки данных лучевой диагностики [12].

Предоперационная 3D визуализация, передаваемая в ИС управления ХВ, предоставляет СУ объективную информацию, уведомляющую о положении ХИ относительно существенных или критических анатомических структур пациента. От точности информации о положении ХИ в пространстве и соответствия характеристик информационного потока требованиям информационной системы [13, 14] зависит корректность управляющих действий, реализуемых субъектом управления, или успешность проведения ХВ [15]. В настоящее время в системах ХН применяется ряд технологических решений, обеспечивающих

регистрацию положения ХИ в операционном поле, однако их разнородность позволяет сделать вывод, что универсальное решение, позволяющее определять положение ХИ для разных областей хирургии, в настоящее время еще не найдено.

В настоящее время разработаны и применяются различные навигационные системы (табл. 1), применяемые для различных локализаций хирургических вмешательств. Пациенты раннего возраста требуют повышенного внимания ввиду ограниченности объема полостей и малой возможной амплитуды манипуляций, поэтому операция должна быть выполнена за короткое время максимально аккуратно для сохранения функции органов и тканей, не задействованных в патологическом процессе [16, 17, 18].

Технические средства сбора информации о положении хирургического инструмента, входящие в состав технического обеспечения информационных систем хирургической навигации, реализуют различные физических принципы и подходы – радиологические, акустические и ультразвуковые, магнитные и электромагнитные, оптические, радиочастотные, инерциальные и механические. Также наблюдаются и комбинированные (гибридные) подходы, заключающиеся в применении разнотипных средств сбора информации [39]. Каждый из подходов имеет свои сильные и слабые стороны, а также обладает определёнными характеристиками точности и дополнительными факторами, которые необходимо учитывать при принятии решения о возможности использования при реализации технического обеспечения информационных систем объективизации контроля хирургического инструмента.

Для оценки применимости рассматриваемых технических средств сбора информации определим критерии оценки, характерные для рассматриваемой предметной области. В данном случае, к ним можно отнести:

- точность позиционирования: малые размеры операционного поля требуют определения положения инструмента с высокой точностью;
- помехоустойчивость: стационарные учреждения здравоохранения, оказывающие высокотехнологичную медицинскую помощь оснащены оборудованием, создающим сильные электромагнитные помехи, которые могут приводить к значительному снижению точности позиционирования;
- отсутствие дополнительной лучевой нагрузки на пациента;
- безмаркерное использование;
- применимость в условиях перекрытия поля зрения.

В соответствии с требованием к отсутствию лучевой нагрузки, из рассмотрения исключены широко распространённые методы проведения хирургического вмешательства под контролем компьютерной томографии [40]. Несмотря

Таблица 1

## Системы и технологии позиционирования хирургического инструмента

МОДЕЛЬ/МЕТОД	ПРИЛОЖЕНИЕ	ОПИСАНИЕ	ИСТОЧНИК
<b>Системы позиционирования</b>			
Система «Компас»	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Микрохирургия</li> <li>■ Открытые операции</li> <li>■ Гибридные операции</li> </ul>	Мобильный комплекс для оказания высокотехнологичной хирургической помощи. Портативная стереотаксическая система позиционирования, интраоперационной визуализации	[19]
Stryker Navigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Позвоночник</li> <li>■ Голеностоп</li> <li>■ Лор-хирургия</li> </ul>	Предоперационное планирование и интраоперационная ХН. Беспроводная навигация специализированного ХИ со встроенными ИК-излучателями.	[20, 21, 22]
Brainlab VectorVision	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Позвоночник</li> <li>■ Голеностоп</li> <li>■ Лор-хирургия</li> <li>■ Эндопротезирование</li> </ul>	Комплексная трехмерная система навигации для автоматизированных операционных и систем лучевой терапии. Навигация по КТ-сканеру, оптическая, электромагнитная	[23, 24, 25]
Medtronic StealthStation	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Позвоночник</li> <li>■ Голеностоп</li> <li>■ Лор-хирургия</li> <li>■ Эндопротезирование</li> </ul>	Комбинированный (оптический + электромагнитный по выбору СУ) трекинг ХИ. Безмаркерная система для регистрации и позиционирования модели на пациенте	[26, 27]
GE InstaTrak 3500 Plus	<p>Нейрохирургия</p> <p>Лор-хирургия</p>	Комбинированная электромагнитная и оптическая система отслеживания инструмента. Позиционирование данных по одноразовой маске на пациенте	[28–30]
<b>Технологии, использованные при реализации технического обеспечения</b>			
Электромагнитные	<p>Головной мозг</p> <p>Лор-хирургия</p>	Технологии высокой точности. Применяются в комбинированных решениях в сочетании с оптическими методами контроля	[26–33]
Оптические	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Микрохирургия</li> <li>■ Открытые операции</li> <li>■ Позвоночник</li> </ul>	Применимы в эндоскопической хирургии при оценке положения видимой части хирургического инструмента.	[26–30, 34]
Механические	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Микрохирургия</li> <li>■ Открытые операции</li> <li>■ Гибридные операции</li> </ul>	Стереотаксические системы, предназначенные для операций на головном мозге и суставах	[19, 35, 36]
Лучевые	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Позвоночник</li> <li>■ Голеностоп</li> <li>■ Лор-хирургия</li> <li>■ Эндопротезирование</li> </ul>	Высокоточные методы навигации, основанные на использовании интраоперационного КТ	[37, 38]
Инфракрасное излучение	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Головной мозг</li> <li>■ Позвоночник</li> <li>■ Голеностоп</li> <li>■ Лор-хирургия</li> </ul>	Отслеживание ХИ с активной частью (инфракрасными излучателями)	[20, 21, 22]
Акустические и радиочастотные	Навигация объектов в помещении	Методы применяются для навигации объектов в помещении. Низкая точность делает неприменимыми в ХН	[41–45]

на то, что данные методы показывают высокие результаты в смежных областях, риски, связанные с их применением в неонатальной хирургии, неоправданно высоки.

Процесс позиционирования при использовании радиочастотных и акустических средств контроля условно можно разделить на два этапа: определение расстояния между источником и приёмником и определение местоположения приёмника относительно источника [41]. Расстояние может быть определено за счёт уровня принимаемого сигнала, угла падения сигнала на поверхность приёмника [42], времени прохождения сигнала от передатчика к приёмнику или разницей во времени прибытия сигнала на разные приёмники.

Для определения положения могут быть использованы различные алгоритмы, такие как триангуляция, трилатерация, дактилоскопическая идентификация, приближение, а также применены дополнительные средства повышения качества позиционирования [43–45]. Устройства и датчики этого класса достаточно просты в эксплуатации и в развёртывании, однако погрешность позиционирования даже в помещении малого объёма для этих методов будет исчисляться десятками миллиметров.

Магнитные методы определения положения объектов основаны на измерении интенсивности переменного или постоянного магнитного поля, создаваемого специально подобранным и настроенным генератором. Изменение интенсивности поля с изменением расстояния между генератором поля и приёмником позволяет говорить о возможности определения их взаимного расположения.

В настоящее время реализованы магнитные системы позиционирования, имеющие погрешность менее 1 мм, однако такая точность достижима только при условии исключения помех в виде сторонних магнитных полей, проводников электрического тока. Ещё одна сильная сторона метода состоит в том, что для реализации нет нужды в прямой видимости между источником поля и приёмником. Вместе с потенциально высокой точностью метода эта особенность позволяет говорить о применимости метода магнитной регистрации в хирургии: точное положение инвазивного инструмента в объёмном пространстве – необходимое условие многих современных хирургических процедур, например – введение катетера в сердце, предъявляющее высокие требования к точности и надёжности позиционирования [31].

Электромагнитные системы, применяемые в хирургической практике в настоящий момент, имеют небольшую зону охвата – как правило, не более 2 метров. В последние годы появилось новое решение для электромагнитного позиционирования: в тело пациента внедряется пассивный приёмник (маркер), генерирующий сигнал, на основе которого определяется присутствие и месторасположе-

ние данного маркера. Чаще всего используют одноосные индукционные приёмники [32]. Электрическая пассивность такого приёмника является дополнительным преимуществом для инвазивного применения. Генераторы электромагнитного поля, как правило, размещают стационарно, с минимальной симметрией. Типичная конфигурация системы детекции содержит одну или несколько групп 2D-излучателей и 1 приёмник.

В настоящее время именно методы электромагнитной детекции положения инструментов являются наиболее распространёнными в хирургической практике [33]. Тем не менее, внедрение магнитных и электромагнитных методов будет затруднено в имеющихся помещениях, поскольку они предъявляют высокие требования к отсутствию помех.

Оптические методы определения положения в пространстве представляют собой совокупность устройств видеорегистрации разного класса (видеокамеры различных диапазонов, стереокамер и прочих) и алгоритмов компьютерного зрения. Оптические методы определения положения могут быть реализованы с помощью следующих подходов: определение положения движущегося объекта, экспонируемого неподвижной камерой и отслеживание движения объекта оптическим сенсором, расположенном на движущемся объекте, относительно неподвижных точек [34].

Также, в зависимости от наличия маркеров, отслеживание может быть маркерным и безмаркерным, реализуемым посредством большого количества камер и специальных программных алгоритмов обработки получаемого видеосигнала.

Примером реализации такой технологии в хирургии является работа [46], где рассматривается решение задачи, связанной с обеспечением оптимальной области визуализации хирургического вмешательства при проведении малоинвазивных операций и предлагается метод позиционирования и слежения за хирургическими инструментами при проведении лапароскопических операций.

Точность и скорость оптических методов вполне достаточна для применения в предметной области. Тем не менее, у метода имеется естественное ограничение, связанное с нахождением отслеживаемого объекта в зоне прямой видимости оптического сенсора.

Инерциальные методы построения технических средств сбора информации основаны на получении показаний микроэлектромеханических (MEMS) датчиков (гироскопов или акселерометров), расположенных на контролируемом объекте [35]. При этом информационная система получает не только данные о положении сенсора, но и угле его наклона. Системы этого класса обладают высокой точностью и устойчивостью к помехам и позволяют осуществлять навигацию в пространстве с большой точностью и малыми

задержками. Применение данного метода требует дополнительных корректировок, поскольку MEMS датчики, применяемые в инерциальных системах, подвержены накоплению ошибок в результате различных шумовых воздействий, влияющих на выходной сигнал датчика [36].

Медицинские решения, реализованные на основании метода инерциального трекинга, могут быть использованы в медицинских роботах-манипуляторах с большим числом степеней свободы, поскольку обладают субмиллиметровой точностью [37].

Механические методы основаны на определении углов отклонения подвижных частей каркаса, к которому привязан объект слежения. Точность и скорость обработки данных такого рода систем зависит от точности датчиков, использованных в конструкции [38], она не подвержена накоплению ошибок, но при этом может отслеживать положение только жёстко связанных с системой объектов, в противном случае перемещение объекта в пространстве не может быть проконтролировано такого рода системой.

Комбинированные методы предусматривают взаимодополняющее или взаимокорректирующее применение вышеперечисленных подходов в каких-либо сочетаниях.

Сводная информация о рассмотренных методах реализации технических средств контроля хирургического инструмента приведена в табл. 2.

## ВЫВОДЫ

Рассмотренные в данном исследовании методы и комплексы позволяют говорить о развитых подходах, приме-

няемых в эндоскопической хирургии. Проведение хирургических вмешательств у неонатальных пациентов возрастом не более 1 месяца существенно отличается от хирургических манипуляций, проводимых с пациентами прочих возрастных групп [11]. Анализ представленных возможностей современных технологий в хирургическом сопровождении операций приводит к выводу о невозможности их рутинного применения в неонатальной хирургии пациентов с врожденными пороками развития внутренних органов по отдельности.

Техническое обеспечение информационных систем и процессов, в части новых технических средства сбора, хранения, передачи и представления информации, а также комплексов технических средств, обеспечивающих функционирование информационных систем и процессов при решении задач навигации в эндоскопической хирургии у неонатальных пациентов, требует создания новых специализированных технических средств, в которых будут применяться комбинированные методы позиционирования. Учитывая предметную область, перспективным направлением развития будет комбинация механических или инерциальных методов контроля с оптическими или электромагнитными. В следующего шага в развитии методики подготовки и проведения хирургического вмешательства рассматривается построение моделирующих комплексов на основе цифровых двойников [47], обеспечивающих виртуальное воспроизведение операционного процесса при подготовке операции, а также в ходе обучения студентов-медиков [48].

Таблица 2

Оценка методов реализации технических средств контроля хирургического инструмента

ГРУППА МЕТОДОВ	АКУСТИЧЕСКИЕ И УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ	РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ	МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ	ОПТИЧЕСКИЕ	РАДИОЧАСТОТНЫЕ	ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ	МЕХАНИЧЕСКИЕ
Погрешность	>10мм	< 1 мм	1 мм	< 1 мм	>10 мм	< 1 мм	< 1 мм
ЭМ помехозащищённость	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да
Ограничения	Низкая точность	Лучевая нагрузка	Подвержена помехам	Прямая видимость	Низкая точность	Дрифт датчиков	Жесткая связь объекта с каркасом
Используется приёмник или маркер	Да	Нет	Да	Опционально	Да	Нет	Нет



## Список использованных источников и литературы

1. Карпов О.Э., Субботин С.А., Шишканов Д.В. Использование медицинских данных для создания систем поддержки принятия врачебных решений // *Врач и информационные технологии*. 2019. № 2. С. 11–18.
2. Лебедев Г.С., Фартушный Э.Н., Шадеркин И.А. Создание информационной системы поддержки принятия врачебных решений на основе // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2019. Т. 5, № 1. С. 8–16.
3. Гусев А.В., Шарова Д.Е. Этические проблемы развития технологий искусственного интеллекта в здравоохранении // *Общественное здоровье*. 2023. Т. 3, № 1. С. 42–50. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2023-3-1-42-50>.
4. Жук Д.М., Перфильев С.А. CAS системы – системы автоматизированного проектирования в хирургии // *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2011. № 3. С. 6.
5. Дубровин В.Н., Егошин А.В., Фурман Я.А., Роженцов А.А., Ерусланов Р.И. Первый опыт применения технологии дополненной реальности на основе 3d-моделирования для интраоперационной навигации при лапароскопической резекции почки // *Медицинский альманах*. 2015. № 2 (37). С. 45–47.
6. Qin F., et al Towards better surgical instrument segmentation in endoscopic vision: Multi-angle feature aggregation and contour supervision // *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2020. Т. 5, № 4. С. 6639–6646.
7. Зубков А.В., Донская А.Р., Бушенева С.Н. и др. Разработка метода определения доминирующего типа дыхания человека на базе технологий компьютерного зрения, системы захвата движения и машинного обучения // *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022. Т. 10, № 4 (39). С. 15–16.
8. Maestre-Maderuelo M., et al. Laparoscopic adrenalectomy: the best surgical option // *Cirugía y Cirujanos*. 2013. Т. 81 (3). С. 196–201.
9. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Tumanova U.N., et al. Features of the diagnostic information processing for congenital lung malformations in newborns for the automated analysis and surgical navigation systems // *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 126. С. 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.058>
10. Nemkovskiy G.B., Podurovskaya Yu.L., Balashov I.S., et al. The original technique of the collection and adaptation different types of diagnostic information for congenital urinary malformations in newborns for the systems of automated analysis of three-dimensional images and surgical navigation // *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 126. С. 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.063>
11. Исаков Ю.Ф., Володин Н.Н., Гераськин А.В. Неонатальная хирургия. – М.: Династия, 2011. – 680 с.
12. Губарев А.Д., Татьянанин А.В. Автоматизированная диагностика патологий на изображениях органов грудного отдела // *Современные проблемы физики, биофизики и инфокоммуникационных технологий*. 2023. №13. С. 139–148.
13. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложными техническими комплексами в автоматизированном информационном пространстве // *Автоматика и телемеханика*. 2003. № 8. С. 145–162.
14. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2000. № 4. С. 111–120.
15. Немковский Г.Б., Дорофеева Е.И., Лосев А.Ю. Оптимизация информационных процессов при подготовке и проведении хирургического вмешательства // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 2 (77). С. 51–58.
16. Ieiri S., [et al.]. Augmented reality navigation system for laparoscopic splenectomy in children based on preoperative CT image using optical tracking device // *Pediatric Surgery International*. 2012. Т. 28 (4). С. 341–346.
17. Dagnino G., et al. Navigation system for robot-assisted intra-articular lower-limb fracture surgery. // *International journal of computer assisted radiology and surgery*. 2016. Т. 11. С. 1831–1843.
18. Souzaki R., et al. An augmented reality navigation system for pediatric oncologic surgery based on preoperative CT and MRI images // *Journal of Pediatric Surgery*. 2013. Т. 48 (12). С. 2479–2483.
19. Гармашов Ю.А. Медицинская навигация (основы, возможности и перспективы). – СПб.: Изд-во СПбМАПО, 2009. – 16 с.
20. Austin R.E., Antonyshyn O.M. Current applications of 3-D intraoperative navigation in craniomaxillofacial surgery: A retrospective clinical review // *Annal of Plastic Surgery*. 2012. Т. 69, No. 3. С. 271–278.
21. Bergeron M, Leclerc JE. Is image guidance accurate in children sinus surgery? // *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2015. Т. 79, № 4. С. 469–473.
22. Gui H, et al. Image-Guided Surgical Navigation for Removal of Foreign Bodies in the Deep Maxillofacial Region // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013. Т. 71 (9). С. 1563–1571.
23. Gumprecht H.K., Widenka D.C., Lumenta C.B. First Experience with the BrainLab VectorVision Neuronavigation System // *Minimally Invasive Techniques for Neurosurgery: Current Status and Future Perspectives*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 1998. С. 207–213.
24. Gumprecht H.K. [et al.]. BrainLab VectorVision Neuronavigation System: technology and clinical experiences in 131 cases // *Neurosurgery*. 1999. Т. 44. № 1. С. 97–104.

25. Tomakin F. [et al.]. Impact of BrainLab VectorVision InfraredBased Neuronavigation on Surgical Outcomes in Intracranial Meningioma Patients: A Retrospective Study // *Medical Science Monitor*. 2024. Т. 30. С. e944724.
26. Miyazaki R. [et al.]. Surgical navigation system for temporomandibular joint ankylosis in a child: a case report // *Journal of Medical Case Reports*. 2021. Т. 15. С. 1–5.
27. Bertalanffy A., et al. Intraventricular meningiomas: A report of 16 cases // *Neurosurgical review*. 2006. Т. 29. С. 30–35.
28. Irugu D. [et al.]. Establishing a temporal bone laboratory in teaching institutes to train future otorhinolaryngologists and fundamentals of temporal bone laboratory: considerations and requirements // *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. 2016. № 68. С. 451–455.
29. Soteriou E. [et al.]. Prospects and limitations of different registration modalities in electromagnetic ENT navigation // *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2016. № 273. С. 3979–3986.
30. Manarey C.R., Anand V.K. Radiation dosimetry of the fluoroCAT scan for real-time endoscopic sinus surgery // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2006. Т. 135. № 3. С. 409–412.
31. Osadchy D., Govary A. Detection of metal disturbance // Патент № 6147480, США, G01R 19/00, Biosense, 2000.
32. Souzaki R. et al. Preoperative surgical simulation of laparoscopic adrenalectomy for neuroblastoma using a three-dimensional printed model based on preoperative CT images // *Journal of pediatric surgery*. 2015. Т. 50. № 12. С. 2112–2115.
33. Давыдов Д.В., Левченко О.В., Дробышев А.Ю., Михайлюков В.М. Безрамная навигация в хирургическом лечении посттравматических деформаций и дефектов глазницы // *Практическая медицина*. 2012. № 4–2 (59). С. 187–191.
34. Захаров А.А., Тужилкин А.Ю., Веденин А.С. Алгоритм определения положения и ориентации трехмерных объектов по видеоизображениям на основе вероятностного подхода // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11–8. С. 1683–1687.
35. Кармадонов В.Ю. Методы отслеживания положения в виртуальной реальности // *Academy*. 2019. №12 (51). С. 19 – 22.
36. Литвин М.А. [и др.]. Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации // *Информационные процессы*. 2014. Т. 14, № 4. С. 326–339.
37. Богданова Ю.В., Гуськов А.М. Численное моделирование задачи позиционирования инструмента хирургического Робота-Манипулятора при движении по заданной траектории // *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2013. № 6. С. 181–210.
38. Немковский Г.Б., Дорофеева Е.И., Кузнецов А.Б., Беляков В.К. Информационное обеспечение задач позиционирования хирургического инструмента при эндоскопических вмешательствах // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2023. № 5 (74). С. 10–19.
39. Welch G., Foxlin E. Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal // *Computer Graphics and Applications*. 2002. Т. 22, № 6. С. 24–38.
40. Буровик И.А. и др. Робот-ассистированные чрескожные вмешательства под КТ-контролем: первый опыт // *Медицинская визуализация*. 2019. Т. 23, № 2. С. 27–35.
41. Брагин Д.С., Поспелова И.В., Черепанова И.В., Серебрякова В.Н. Радиочастотные технологии локального позиционирования в здравоохранении // *Изв. вузов России. Радиоэлектроника*. 2020. Т. 23, № 3. С. 62–79.
42. Вахрушева А. А. Технологии позиционирования в режиме реального времени // *Вестн. СГУГиТ*. 2017. Т. 22, № 1. С. 170–177.
43. Brena R. F. [et al.]. Evolution of indoor positioning technologies: A survey // *Journal of Sensors*. 2017. № 1. С. 2630413.
44. Davidson P., Piché R. A survey of selected indoor positioning methods for smartphones // *IEEE Communications surveys & tutorials*. 2016. Т. 19, № 2. С. 1347–1370.
45. Satan A., Toth Z. Development of Bluetooth based indoor positioning application // *2018 IEEE International conference on future IoT technologies (Future IoT)*. 2018. С. 1–6.
46. Шестова Е.А, Синявская Е.Д., Финаев В.И. и др. Разработка метода позиционирования и слежения за хирургическими инструментами при проведении лапароскопических операций // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2016. № 5 (178). С. 30–40.
47. Бурый А.С. Цифровые двойники как основа парадигмы развития прикладных информационных систем // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2022. № 6 (70). С. 24–32.
48. Козлов Ю.А. Метавселенная – новая реальность в хирургии. Обзор литературы // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2024. Т. 14, № 1. С. 69–81.

# METHODS OF POSITIONING A SURGICAL INSTRUMENT IN ENDOSCOPIC NEONATAL SURGERY. REVIEW

**Nemkovskiy G.B.**, Head of R&D, WESTTRADE LTD, Assistant professor of Department of Informational and Internet Technologies I. M. Sechenov First Moscow State Medical University Ministry of Healthcare of the Russian Federation

*The work is devoted to the study of the features of neonatal surgery using endoscopic techniques and the requirements imposed in connection with these features for equipment intended for recording the position of the surgical instrument. The paper reviews positioning methods used in surgical navigation and evaluates their applicability in neonatal surgery for congenital malformations of the lungs and urinary tract.*

*The purpose of the work is to select the direction for the development of technical means for collecting, storing, transmitting and presenting information used in the development of an information system for managing endoscopic intervention in terms of visualization on a three-dimensional scene of the relative position of the surgical instrument used in neonatal surgery and the patient, considering the peculiarities of the procedure specified types of intervention.*

**Keywords:** neonatal surgery, intraoperative navigation, management information system, surgery instrument position control, technical support of information systems, CAS-systems.

**For citation:** Nemkovskiy G.B. Methods of positioning a surgical instrument in endoscopic neonatal surgery. Review. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024; 4 (79): 55–64. (In Russ.).

## References

1. Karpov O.E., Subbotin S.A., Shishkanov D.V. Ispol'zovanie medicinskih dannyh dlya sozdaniya sistem podderzhki prinyatiya vrachebnyh reshenij. Vrach i informacionnye tekhnologii, 2019, no. 2, pp. 11–18. (In Russ).
2. Lebedev G.S. Fartushnyj E.N., Shaderkin I.A. Sozdanie informacionnoj sistemy podderzhki prinyatiya vrachebnyh reshenij na osnove. Zhurnal telemeditsiny i elektronnoho zdravoohraneniya, 2019, vol. 5, no. 1, pp. 8–16. (In Russ).
3. Gusev A.V., Sharova D.E. Eticheskie problemy razvitiya tekhnologij iskusstvennogo intellekta v zdravoohraneni. Obshchestvennoe zdorov'e, 2023, vol. 3, no. 1, pp. 42–50. (In Russ).
4. Zhuk D.M., Perfil'ev S.A. CAS sistemy – sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya v hirurgii. Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana, 2011, no. 3, P. 6. (In Russ).
5. Dubrovin V. N., et al. Pervyj opyt primeneniya tekhnologii dopolnnoy real'nosti na osnove 3d-modelirovaniya dlya intraoperacionnoj navigacii pri laparoskopicheskoj rezekcii pochki. Medicinskij al'manah, 2015, no. 2 (37), pp. 45–47. (In Russ).
6. Qin F., et al. Towards better surgical instrument segmentation in endoscopic vision: Multi-angle feature aggregation and contour supervision. IEEE Robotics and Automation Letters, 2020, vol. 5, no. 4, pp. 6639–46.
7. Zubkov A.V., et al. Razrabotka metoda opredeleniya dominiruyushchego tipa dyhaniya cheloveka na baze tekhnologij komp'yuternogo zreniya, sistemy zahvata dvizheniya i mashinnogo obucheniya. Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii, 2022, vol. 10, no. 4 (39). pp. 15–16. (In Russ).
8. Maestre-Maderuelo M., et al. Laparoscopic adrenalectomy: the best surgical option. Cirugía y Cirujanos, 2013, vol. 81, no. 3, pp. 196–201.
9. Nemkovskiy G.B., et al. Features of the diagnostic information processing for congenital lung malformations in newborns for the automated analysis and surgical navigation systems. Procedia Computer Science, 2018, vol. 126, pp. 1178–1186.
10. Nemkovskiy G.B., et al. The original technique of the collection and adaptation different types of diagnostic information for congenital urinary malformations in newborns for the systems of automated analysis of three-dimensional images and surgical navigation. Procedia Computer Science, 2018, vol. 126, pp. 1216–1223.
11. Isakov Yu.F., Volodin N.N., Geras'kin A.V. Neonatal'naya hirurgiya, Moscow: Dinastiya Publ., 2011, 680 p. (In Russ).



12. Gubarev A.D., Tat'yanin A.V. Avtomatizirovannaya diagnostika patologij na izobrazheniyah organov grudnogo otdela. *Sovremennye problemy fiziki, biofiziki i infokommunikacionnyh tekhnologij*, 2023, no. 13, pp. 139–148. (In Russ).
13. Buryi A.S., Suhov A.V. Optimal'noe upravlenie slozhnymi tekhnicheskimi kompleksami v avtomatizirovannom informacionnom prostranstve. *Avtomatika i telemekhanika*, 2003, no. 8, pp. 145–162. (In Russ).
14. Suhov A.V. Dinamika informacionnyh potokov v sisteme upravleniya slozhnym tekhnicheskim kompleksom. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya*, 2000, no. 4, pp. 111–120. (In Russ).
15. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Losev A.Yu. Optimizaciya informacionnyh processov pri podgotovke i provedenii hirurgicheskogo vmeshatel'stva. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2024, no. 2 (77), pp. 51–58. (In Russ).
16. Ieiri S., et al. Augmented reality navigation system for laparoscopic splenectomy in children based on preoperative CT image using optical tracking device. *Pediatric Surgery International*, 2012, vol. 28 (4), pp. 341–346.
17. Dagnino G., et al. Navigation system for robot-assisted intra-articular lower-limb fracture surgery. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 2016, vol. 11, pp. 1831–1843.
18. Souzaki R., et al. An augmented reality navigation system for pediatric oncologic surgery based on preoperative CT and MRI images. *Journal of Pediatric Surgery*, 2013, vol. 48 (12), pp. 2479–2483.
19. Garmashov Y.A. *Medicinskaya navigaciya (osnovy, vozmozhnosti i perspektivy)*, Saint-Petersburg: SPBMAPO Publ., 2009, 16p. (In Russ).
20. Austin R.E., Antonyshyn O.M. Current applications of 3-D intraoperative navigation in craniomaxillofacial surgery: A retrospective clinical review. *Annal Plastic Surgery*, 2012, vol. 69, no. 3, pp. 271–278.
21. Bergeron M., Leclerc J.E. Is image guidance accurate in children sinus surgery? *Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2015, 79 (4), pp. 469–473.
22. Gui H., et al. Image-Guided Surgical Navigation for Removal of Foreign Bodies in the Deep Maxillofacial Region. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2013, vol. 71 (9), pp. 1563–1571.
23. Gumprecht H.K., Widenka D.C., Lumenta C.B. First Experience with the BrainLab VectorVision Neuronavigation System. *Minimally Invasive Techniques for Neurosurgery: Current Status and Future Perspectives*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1998, pp. 207–213.
24. Gumprecht H.K., et al. BrainLab VectorVision Neuronavigation System: technology and clinical experiences in 131 cases. *Neurosurgery*, 1999, vol. 44, no. 1, pp. 97–104.
25. Tomakin F., et al. Impact of BrainLab VectorVision InfraredBased Neuronavigation on Surgical Outcomes in Intracranial Meningioma Patients: A Retrospective Study. *Medical Science Monitor*, 2024, vol. 30, Art. e944724.
26. Miyazaki R., et al. Surgical navigation system for temporomandibular joint ankylosis in a child: a case report. *Journal of Medical Case Reports*, 2021, vol. 15, pp. 1–5.
27. Bertalanffy A., et al. Intraventricular meningiomas: A report of 16 cases. *Neurosurgical review*, 2006, vol. 29, pp. 30–35.
28. Irugu D., et al. Establishing a temporal bone laboratory in teaching institutes to train future otorhinolaryngologists and fundamentals of temporal bone laboratory: considerations and requirements. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 2016, no. 68, pp. 451–455.
29. Soteriou E., et al. Prospects and limitations of different registration modalities in electromagnetic ENT navigation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2016, no. 273, pp. 3979–86.
30. Manarey C.R., Anand V.K. Radiation dosimetry of the fluoroCAT scan for real-time endoscopic sinus surgery. *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 2006, vol. 135, no. 3, pp. 409–412.
31. Osadchy D., Govary A., to Biosense, Inc. Detection of metal disturbance. Patent 6,147,480. U.S. C1. 324–67.000.
32. Souzaki R., et al. Preoperative surgical simulation of laparoscopic adrenalectomy for neuroblastoma using a three-dimensional printed model based on preoperative CT images. *Journal of Pediatric Surgery*, 2015, vol. 50, no. 12, pp. 2112–2115.
33. Davydov D.V., Levchenko O.V., Drobyshev A.Y., Mihajlyukov V.M. Bezramnaya navigaciya v hirurgicheskom lechenii posttravmaticheskikh deformacij i defektov glaznicy. *Prakticheskaya medicina*, 2012, no. 4–2 (59), pp. 187–191. (In Russ).
34. Zaharov A.A., Tuzhilkin A.Y., Vedenin A.S. Algoritm opredeleniya polozheniya i orientacii trekhmernyh ob"ektov po videoizobrazheniyam na osnove veroyatnostnogo podhoda. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. № 11–8, pp. 1683–1687. (In Russ).
35. Karmadonov V.Y. Metody otslezhivaniya polozheniya v virtual'noj real'nosti. *Academy*, 2019, no.12 (51), pp. 19–22. (In Russ).
36. Litvin M.A., et al. Tipy oshibok v inercial'nyh navigacionnyh sistemah i metody ih approksimacii. *Informacionnye process*, 2014, vol. 14, no. 4, pp. 326–339. (In Russ).
37. Bogdanova Y.V., Gus'kov A.M. CHislennoe modelirovanie zadachi pozicionirovaniya instrumenta hirurgicheskogo Robota-Manipulyatora pri dvizhenii po zadannoj traektorii. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N. E. Baumana*, 2013, no. 6, pp. 181–210. (In Russ).

38. Nemkovskiy G.B., et al. Informacionnoe obespechenie zadach pozicionirovaniya hirurgicheskogo instrumenta pri endoskopicheskikh vmeshatel'stvah. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2023, no. 5 (74), pp. 10–19. (In Russ).
39. Welch G., Foxlin E. Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal. Computer Graphics and Applications, 2002, vol. 22, no. 6. pp. 24–38.
40. Burovik I.A., et al. Robot-assistirovannye chreskozhnnye vmeshatel'stva pod KT-kontrol'em: pervyj opyt. Medicinskaya vizualizaciya, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 27–35. (In Russ).
41. Bragin D. S., et al. Radiochastotnye tekhnologii lokal'nogo pozicionirovaniya v zdavoohranenii. Izv. vuzov Rossii. Radioelektronika, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 62–79. (In Russ).
42. Vahrusheva A.A. Tekhnologii pozicionirovaniya v rezhime real'nogo vremeni. Vestn. SGUGiT, 2017, vol. 22, no 1, pp. 170–177. (In Russ).
43. Brena R. F., et al. Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey. Journal of Sensors, 2017, vol. 1, Art. ID 2630413.
44. Davidson P., Piché R. A survey of selected indoor positioning methods for smartphones. IEEE Communications surveys & tutorials, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 1347–1370.
45. Satan A., Toth Z. Development of Bluetooth based indoor positioning application. 2018 IEEE International conference on future IoT technologies (Future IoT), 2018, pp. 1–6.
46. Shestova E. A., et al. Razrabotka metoda pozicionirovaniya i slezheniya za hirurgicheskimi instrumentami pri provedenii laparoskopicheskikh operacij. Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki, 2016, no. 5(178), pp. 30–40. (In Russ).
47. Buryi A.S. Cifrovye dvojniki kak osnova paradigmy razvitiya prikladnykh informacionnykh sistem. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2022, no. 6 (70), pp. 24–32.
48. Kozlov Y.A. Metavselennaya – novaya real'nost' v hirurgii. Obzor literatury. Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 69–81.