

## ОПЫТ РАЗВИТИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В САМАРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Г.П. Котельников, А.В. Колсанов, Б.И. Яремин, С.С. Чаплыгин, Р.Р. Юнусов, А.Ю. Дмитриев

Самарский государственный медицинский университет, Самара  
Контакты: Яремин Борис Иванович, мэйл: vtm@samsmu.net, тел: +7 917 140 08 55

*Сотрудники Самарского государственного медицинского университета одними из первых в России начали делать активные шаги по разработке и внедрению симуляционных и виртуальных технологий в медицинское образование. Первым успешным проектом специалистов СамГМУ стал проект «3D-Виртуальный хирург». Основная идея проекта заключается в создании единой технической платформы, на базе которой реализуются три 3D-симулятора – эндоскопической хирургии, эндоваскулярной хирургии и хирургии с открытым операционным полем. Апробация линейки симуляторов, проведенная в Самарском государственном медицинском университете, успешно завершена, комплекс показал себя успешным и эффективным средством обучения студентов, клинических ординаторов и интернов, практикующих врачей, он имеет ряд существенных преимуществ перед зарубежными аналогами. Ещё одной важной задачей медицинского образования в СамГМУ стало создание высокодостоверного атласа трёхмерной анатомии человеческого тела. Разработанный 3D-атлас является уникальным по анатомическому, топографическому и клиническому наполнению и включает в себя модели более 12 слоев и систем человеческого тела (всего более 2 000 3D объектов), модели связочного аппарата, внутриорганные структуры объектов, включая кровеносные сосуды, иннервацию, пути оттока лимфы, протоки, долевое и сегментарное строение внутренних органов. Ещё одной успешной разработкой коллектива авторов СамГМУ стала учебная программа «2D-Виртуальный хирург», позволяющая освоить этапы выполнения хирургических операций в виде компьютерной игры с системой контроля. Работа над созданием виртуальных образовательных технологий в условиях Российской высшей школы не только возможна, но и может принести реальные плоды, а также стать платформой для дальнейшего становления и развития.*

*Ключевые слова: симулятор эндоскопической хирургии, симулятор эндоваскулярной хирургии, атлас виртуальной анатомии, хирургическая игра.*

Современное медицинское образование сталкивается с происходящей технологической революцией, изменением информационной среды вокруг нас. Высокие современные требования к освоению практических навыков студентами-медиками, к актуализации учебного материала и приближению образовательной среды к новой среде практического здравоохранения делают виртуальные технологии в медицинском образовании ключевым направлением развития высшей медицинской школы.

Коллектив Самарского государственного медицинского университета одним из первых в России начал делать активные шаги по разработке и внедрению симуляционных и виртуальных технологий в медицин-

## EXPERIENCE OF VIRTUAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES DEVELOPMENT IN SAMARA STATE MEDICAL UNIVERSITY

Kotelnikov G.P., Kolsanov A.V., Yaremin B.I., Chaplygin S.S., Yunusov R.R., Dmitriev A.Y.

Samara State Medical University, Samara

*Researchers of the Samara State Medical University, one of the first in Russia began to make active efforts to develop and implement simulation and virtual technologies in medical education. The first successful project was «3D- virtual surgeon» The main idea of the project is to create a common technical platform based on which three 3D-simulators were developed later: endosurgery, endovascular surgery and open approach surgery. Clinical trials were held in Samara State Medical University and are successfully completed now. The complex has proved successful and effective educational tool. It has a number of significant advantages over foreign competitors. Another important task of medical education in Samara State Medical University was the creation of highly reliable three-dimensional human anatomy atlas. The 3D-atlas has unique anatomical, topographic and clinical content and includes models of 12 layers and systems of the human body (more than 2,000 3D objects), models of ligaments, intraorgan object structures, including blood vessels, nerves, lymphatic system, ductus and segmental structures of the internal organs. Another successful development of Samara State Medical University team has become a training program «2D-Virtual Surgeon», allowing to learn surgical procedures step-by-step in the form of a computer game with the monitoring system. Virtual learning technologies developed in Russian Higher School can bring real benefits and become a new platform for further developments and researches.*

*Keywords: simulation of endoscopic surgery, endovascular surgery simulator, virtual atlas of anatomy, surgical game.*

ское образование. Так, в обучении студентов основам эндохирургии на кафедре оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий в течение нескольких лет с успехом применяется хирургический симулятор CAE LapVR (CAE Healthcare, Канада).

Тем не менее, существующие на рынке фантомы, симуляторы полностью не могут удовлетворить стоящие перед современной Российской медицинской школой потребности. Дальнейшее развитие медицинского образования в России невозможно без развития собственных виртуальных технологий медицинского образования, основанных на специфике и традициях Российской медицинской школы.



**ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММНЫЕ И  
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ НУЖД  
МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**



**Аппаратно-программный комплекс "Виртуальный хирург"** включает три 3D - симулятора высокой степени достоверности: эндоскопической хирургии, эндоваскулярной хирургии, хирургии с открытым операционным полем. Используется для обучения медицинских студентов и врачей практическим и клиническим навыкам различной степени сложности



**Трёхмерный анатомический атлас "InBody Anatomy"** - интерактивный обучающий программный продукт, предназначенный для построения полного цикла обучения студентов и врачей нормальной, топографической и патологической анатомии человека от знакомства с обучающими материалами и визуального сопровождения текста до проверки полученных знаний.



**Аппаратно-программный комплекс "Флоуриск"** предназначен для ранней диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Позволяет проводить дистанционный сбор, передачу и анализ параметров крови человека. Позволяет сократить время, затраченное на консультацию, выявляет пациентов с высоким риском развития сердечно-сосудистой патологии

**Разработано**



Самарский государственный  
медицинский университет



ООО «Вебзавод»



ООО «Мажента Технолоджи»

**При поддержке**



ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННЫЙ  
ФОНД САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



Министерство образования и науки  
Российской Федерации

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ  
малых форм предприятий в научно-технической сфере

ООО НПО «Лидер», 8-800-333-63-11, [www.npo-leader.com](http://www.npo-leader.com), e-mail: [sales@npo-leader.com](mailto:sales@npo-leader.com)

Именно поэтому развитие виртуальных технологий в медицине выбрано одним из приоритетных направлений развития Самарского государственного медицинского университета. В 2012 году на базе университета организован научно-образовательный центр «Виртуальные технологии в медицине» (НОЦ ВТМ), укомплектованный медицинскими и инженерными кадрами, работающими на стыке этих специальностей. Целью создания НОЦ ВТМ является координация, обеспечение и выполнение научно-исследовательских, учебно-методических, инновационно-внедренческих работ по проблемам изучения и внедрения виртуальных технологий в медицинской науке и практике. Для решения смежных задач к работе широко привлекаются компании IT-индустрии. Первым успешным проектом специалистов СамГМУ стала разработка аппаратно-программного комплекса «3D-Виртуальный хирург». Реализованный аппаратно-программный комплекс был выполнен на средства гранта Министерства образования Российской Федерации РФ в рамках мероприятия 2.7. ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» при поддержке Инновационного фонда Самарской области. Техническими партнёрами в разработке комплекса выступили самарские IT-компании Magenta Technology и Вебзавод.



Илл. 1  
Лапароскопический симулятор RuSim Laparoscopy

Основная идея проекта заключается в создании единой технической платформы, на базе которой реализуются три 3D-симулятора – эндоскопической хирургии, эндоваскулярной хирургии и хирургии с открытым операционным полем.

С учётом высокой стоимости 3D-разработки и рабочего времени медицинских специалистов за рубежом известны проблемы с созданием 3D-анатомических моделей. Это заставляет некоторых крупных производителей симуляторов отказываться от совершенствования достоверности моделей. Напротив, благодаря сотрудничеству 3D-разработчиков и клинических анатомов в НОЦ «Виртуальные технологии в медицине» СамГМУ удалось создать абсолютно оригинальную высокодостоверную высокополигональную трёхмерную модель анатомии человеческого тела. Для её построения использованы многочисленные данные КТ, МРТ, 3D-сканирования реального анатомического и операционного материала человеческого тела. Для моделирования ряда объектов изготавливались отдельные анатомические препараты. Патологические ситуации, отражённые в симуляторе, смоделированы с реальных патологических случаев. Это позволило построить 3D-модель человеческого тела, не имеющую современных аналогов по полноте и достоверности.

Командой программистов разработан модифицированный физический движок симулятора. Его основные модули (например, алгоритмы вытекания жидкости, смешивания жидкостей) аналогов не имеют и получили абсолютно оригинальную реализацию. Большое внимание уделяется визуальной и фактической достоверности виртуальной среды реальной картине. Для рендеринга трёхмерных моделей используются реальные текстуры, снятые с реальных тканей во время выполнения операций.

При создании конструктивной части симулятора было принято принципиальное решение отказаться от копирования зарубежных прототипов. Наоборот, накопленный опыт проблем в эксплуатации зарубежных симуляторов позволил определить технические решения, которые позволяют увеличить срок службы симулятора и значительно уменьшить его ремонтотребность. В технической реализации симулятора сочетается использование принципиальных узлов, используемых ведущими мировыми производителями, и компонентов, изготавливаемых на предприятиях Самарской области. Это позволяет значительно снижать себестоимость и сроки изготовления симулятора.

Принципиально новым стал и педагогический подход к созданию симулятора. По мнению нашего авторского коллектива, целью симуляционного обучения не должно стать только овладение мануальными техническими навыками. Обучаемый должен осознавать своё наличие в лечебной среде, свою неразрывную связь с оперируемым пациентом, с его патологическим состоянием. Для этого лечебные кейсы реализуются в виде задач. Обучаемому предлагается не только выполнить технические действия, но и оце-



нить клиническую ситуацию, принять верное тактическое решение. Действия оператора не просто изменяют виртуальные ткани и ухудшают его оценку за работу, они ухудшают состояние виртуального пациента, провоцируют развитие у него осложнений, с которыми далее придётся бороться. Это, несомненно, повышает реализм симуляции и значимость такого обучения в целом.

Симулятор лапароскопической хирургии реализован в виде стойки с эндоскопической камерой и двумя манипуляторами (илл. 1). Это позволяет работать на симуляторе вдвоем. Ручки реальных манипуляторов благодаря системе обратной связи позволяют оператору ощущать реальное взаимодействие с органами и тканями, оценивать свои усилия, прикладываемые к ним. Для повышения степени реализма был разработан специальный тензометрический стенд, при помощи которого были изучены усилия, необходимые для смещения, деформации, повреждения различных тканей брюшной полости человека, что позволило запрограммировать систему обратной тактильной связи с высокой степенью достоверности.

Для управления процессом симуляции применяется многофункциональный сенсорный дисплей, что повышает удобство работы и снимает нагрузку с манипуляторов. Трёхмерная сцена, реализованная в симуляторе, включает весь отдел брюшной полости,

благодаря чему возможно взаимодействие не с одним оперируемым органом, а с несколькими.

Игровой процесс реализован не в аркадном режиме, оператор свободен в выборе инструментов, своих действиях, а результативность выполнения операции оценивается по изменениям в виртуальных тканях и органах, которые он выполняет. В настоящее время в симуляторе реализованы базовые эндоскопические навыки (задания на координацию «рука-глаз», разъединение и соединение, фиксацию и экспозицию тканей, завязывание узлов, гемостаз), лапароскопическая ревизия брюшной полости, лапароскопическая холецистэктомия, лапароскопическая герниопластика. Наличие полноценной анатомической модели позволяет в кратчайшие сроки дополнить эти операции требуемыми. Модуль базовых эндоскопических навыков не имеет аналогов и содержит оригинальные методики совершенствования практических умений в эндоскопии, разработанных авторами Самарского государственного медицинского университета.

Симулятор эндоваскулярной хирургии создан как симулятор высокого реализма для врачей-эндоваскулярных хирургов (илл. 2). Он также позволяет не только приобрести навыки в практической деятельности, но и развить тактическое и клиническое мышление. Каждый лечебно-диагностический кейс представляет собой клиническую задачу, которую необходимо решить. Оператор должен не только выполнить в

правильной последовательности технические действия, он должен дать верное заключение и ответить на вопросы в дискуссии. Ход симуляции сопровождается оценкой ряда показателей. Излишне введённый объём контраста, излишнее переоблучение виртуального пациента и многие другие показатели негативно влияют на «карму» оператора и учитываются при дискуссии после виртуальной операции.

Симулятор реализован как в стоечном, так и настольном исполнении. Стоечное исполнение позволяет располагать все компоненты симулятора (главный экран, сенсорный монитор управления, операционный стол, блок приёма инструментов, блок управления виртуальным столом) в правильном расположении, соответствующем реальному, настраивать симулятор под рост и особенности конкретного оператора, как и в реальных условиях. Для работы используются реальные инструменты (проводники, катетеры, шприцы, индифляторы), что позволяет оператору приобретать максимально приближенные к необходимым тактильные ощущения. Благодаря наличию системы

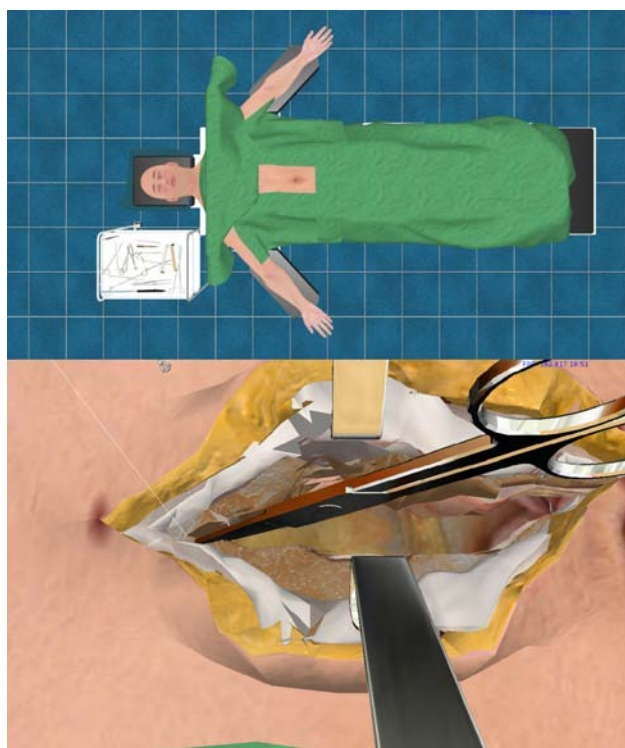
Илл. 2  
Эндоваскулярный симулятор  
RuSim Vascular



датчиков симулятор воспринимает взаимное перемещение трёх инструментов, введённых один в другой через одно приёмное отверстие-интродьюсер.

В настоящее время в симуляторе разработаны 9 кейсов – различные варианты аортографии, ренографии, коронарной ангиографии, а также стентирования правой коронарной артерии, почечной и общей подвздошной артерии, реализованы 15 эндоваскулярных инструментов, 22 рентгеноконтрастных вещества. Виртуальные С-дуга и операционный стол по объёму вращения и особенностям управления полностью соответствуют используемым в реальных машинах. Работая с ними, оператор получает и совершенствует также базовые рентгентехнические навыки, необходимые для работы в рентгеноперационной. Симулятор хирургии с открытым операционным полем служит для развития базовых хирургических навыков (илл. 3), а также отработки техники выполнения различных хирургических доступов. Данный симулятор опередил время – в настоящее время подобные комплексы только создаются ведущими производителями США. Симулятор позволяет обучаемому, удерживая ручки реальных инструментов и ощущая реальное усилие обратной связи, производить разъединение тканей, гемостаз, фиксацию и экспозицию. При этом он также осваивает правильную последовательность применения хирургических инструментов.

Развитие данного симулятора позволит выполнять хирургические операции в виртуальной среде. Интеграция с эндохирургическим симулятором позволяет отрабатывать конверсию с лапароскопических операций на открытые.



Илл. 3. Симулятор хирургии с открытым операционным полем RuSim OpenSurgery

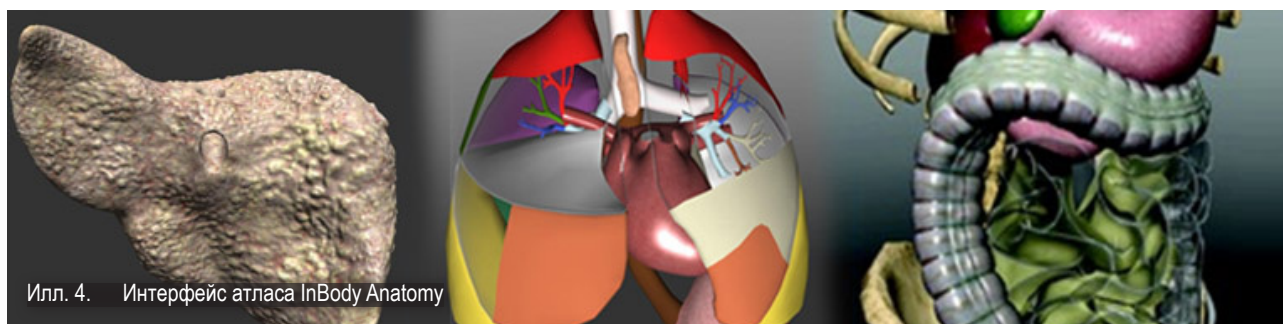
Линейка симуляторов была с успехом представлена на VI межрегиональном экономическом форуме «Самарская инициатива: кластерная политика – основа инновационного развития национальной экономики», 44-й международной выставке медицинской промышленности - MEDICA 2012, (г. Дюссельдорф, Германия), 28-й международной выставке в области информационных технологий и телекоммуникаций CeBIT 2013, (г. Ганновер, Германия), специализированной выставке IV Общероссийской конференции с международным участием «Медицинское образование и вузовская наука – 2013», (г. Москва), выставке ФЦП «Исследования и разработки. Итоги и результаты» Министерства образования и науки РФ, 2013, (г. Москва).

Как готовое изделие комплекс «3D-Виртуальный хирург» обладает преимуществами перед известными аналогами на внутреннем и мировом рынках:

- Цена. Себестоимость и стоимость разработки существенно ниже таковой у существующих зарубежных аналогов.
- Надежность. При проектировании симулятора заложены требования к надежности, значительно превышающие импортные аналоги.
- Высокий реализм. Включена возможность моделирования и отработки нештатных ситуаций, возможных патологических ситуаций у пациентов, возможность имитации новых проблем, возникающих в результате ошибочных или неаккуратных действий и в результате случайного фактора.
- Высокая детализация изображения и высокая достоверность анатомической модели, превышающие таковые у зарубежных аналогов.
- Высокая реалистичность обратной связи.
- Многоязычность с возможностью смены языка интерфейса.
- Расширяемость путем добавления новых методических материалов.
- Возможность использовать созданную платформу как основу для иных систем обучения, привлечения других предприятий, учебных заведений к последующему развитию.
- Возможность проведения аттестации врачей. По итогам работы комплекс дает возможность проводить аттестацию врачей и определять уровень их квалификации.

В настоящее время научно-исследовательские и конструкторские работы по проекту «3D-Виртуальный хирург» завершены. Апробация линейки симуляторов, проведённая в Самарском государственном медицинском университете, успешно завершена, комплекс показал себя успешным и эффективным средством обучения студентов, клинических ординаторов и интернов, практикующих врачей. Проект передан научно-производственному объединению «Лидер», г. Самара, начато серийное производство аппаратно-программного комплекса под наименованием «РуСим».

Ещё одной важной задачей медицинского образования в СамГМУ стало создание высокодостоверного атласа трёхмерной анатомии человеческого тела (илл. 4). Несмотря на существование и постоянное появление на рынке 3D-анатомических атласов, основным и рас-



Илл. 4. Интерфейс атласа InBody Anatomy

пространственным их недостатком является низкая детализация и несоблюдение топографо-анатомического принципа. Как правило, различные органы расположены в таких атласах без учёта связочного аппарата, клетчаточных пространств, синтопии и скелетотопии органов. Средства демонстрации, являясь стандартными для 3D-моделей, хотя и позволяют выполнять с моделями рутинные действия (вращение, приближение и удаление, т.п.), не реализуют виртуальной препаровки 3D-модели. Отсутствует в подобных атласах и возрастная, вариантная, патологическая анатомия, интеграция с данными визуализационных методов исследования.

Интерактивный атлас разработан коллективами НОЦ «Виртуальные технологии в медицине», кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий СамГМУ совместно со специалистами компании Ай-Ти-Трейдер-Софт.

Разработанный атлас является уникальным по анатомическому, топографическому и клиническому наполнению и включает в себя модели более 12 слоев и систем человеческого тела (всего более 2 000 3D объектов), модели связочного аппарата, внутриорганные структуры объектов, включая кровеносные сосуды, иннервацию, пути оттока лимфы, протоки, долевое и сегментарное строение внутренних органов. В атласе также смоделировано более 100 типичных патологических состояний основных органов, включено около 4 Гб диагностической информации. Все модели в атласе представлены с естественными текстурами, полученными методом фотофиксации биоматериала. Программный интерфейс атласа включает 4 основных режима работы:

1. «Просмотр» для интерактивной работы с 3D объектами;
2. «Сравнение» для сравнения парных органов, нормы и патологии, а также различных патологических состояний между собой;
3. «Диагностика» для получения дополнительной диагностической информации КТ, МРТ, УЗИ;
4. «Проверка знаний» для составления тестов для проверки качества полученных знаний.

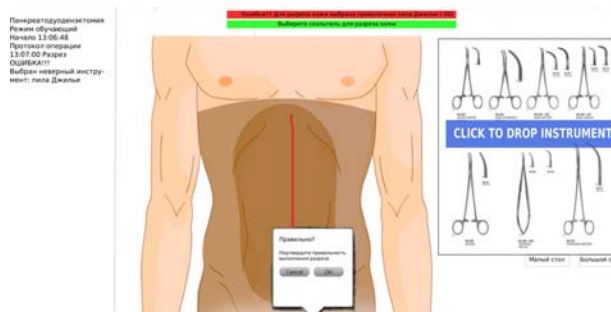
В настоящее время разработанный атлас под наименованием «InBody Anatomy» внедрён в учебный процесс Самарского государственного медицинского университета, а также передан для коммерческой реализации научно-производственному объединению «Лидер» (г. Самара).

Ещё одной успешной разработкой коллектива авторов с участием специалистов Лаборатории электронных учебных пособий СамГМУ стала учебная программа «2D-Виртуальный хирург» (илл. 5), позволяющая освоить этапы выполнения хирургических операций в виде компьютерной игры.

Обучаемому предлагается на экране компьютера выполнить этапы оперативного вмешательства, начиная от подготовки инструментария до обязательных мероприятий послеоперационного периода. Это позволяет усвоить верную хирургическую тактику, запомнить правильную последовательность действий. Реализованы два режима работы компьютерной программы: обучающий и контрольный. В настоящее время созданы учебные двухмерные программы 15 операций, ведётся работа по портированию программы для работы в сети Интернет. Апробация системы в вузах Самары, Москвы, Пензы позволила ей высоко зарекомендовать себя и приобрести поклонников среди студентов и преподавателей.

Выполнение указанных научно-исследовательских работ оказывает большую косвенную помощь развитию виртуальных образовательных технологий в вузе. В связи с привлечением большого количества специалистов вуза к выполнению данных работ повышается общий уровень готовности сотрудников к внедрению виртуальных технологий в педагогический процесс, модернизируется мышление в целом, совершенствуются и обогащаются педагогические подходы преподавателей.

Таким образом, работа над созданием виртуальных образовательных технологий в условиях Российской высшей школы не только возможна, но и может принести реальные плоды, а также стать платформой для дальнейшего становления и развития.



Илл. 5. Интерфейс проекта 2D-виртуальный хирург (web-версия)