

# КЛАССИФИКАЦИЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Горшков М.Д. (1), Федоров А.В. (2)

- 1) Российское общество симуляционного обучения в медицине (РОСОМЕД), Москва
- 2) МГМСУ, кафедра эндохирургии; Общество хирургов России. Москва

## Реферат

Предлагается новая классификация симуляционного оборудования по 7 уровням реалистичности тренинга: визуализация, гаптика (тактильная чувствительность), моторика и эргономика, видеоизображение, аппаратура, интерактивность, коммуникативность. Формулируется «Правило утроения»: переход на следующий уровень реалистичности увеличивает стоимость оборудования втрое.

**Ключевые слова:** симуляционное оборудование, классификация, уровни реалистичности, правило утроения

## Classification of the Simulation Equipment

Maxim Gorshkov, Andrey Fedorov  
MGMSU University, Chair of Endosurgery, Moscow

Practical classification of simulation equipment is proposed, it is based on 7 fidelity levels: Visualization; Tactility; Ergonomics and Motorics; Video; Equipment; Interactivity; Communication. By development of the classification "TriPLICATION Rule" was observed: upgrade to each next level necessitates triple rise of the equipment cost.

## ВВЕДЕНИЕ

Технологическая революция, свершившаяся в медицине, бросает вызов системе подготовки современного специалиста. На передний план выходят новые учебные методики, требующие взвешенного и осознанного выбора учебной аппаратуры. В России, в отличие от других стран с высоким уровнем медицинской помощи, симуляционные обучающие технологии пока не получили повсеместного распространения. Связано это, в первую очередь, с их высокой стоимостью. Так, если фантомы для отработки практических навыков стоят десятки тысяч рублей, то робот симулятор пациента с комплектом компьютерных симуляционных сценариев уже оценивается в 10 и более миллионов рублей. Однако излишняя экономия при выборе изделий может привести к негативным последствиям и ухудшить качество подготовки специалистов. Работа на несовершенном симуляторе, искаженно имитирующем реальность, способствует выработке ложного чувства самоуверенности. Курсант полагает, что способен грамотно и умело действовать в клинической ситуации, тогда как это относится лишь к его активности в рамках симуляционного процесса; в реальной обстановке его реакция и действия могут оказаться ошибочными, непредсказуемыми и неадекватными.

Стоимость оснащения современного мультидисциплинарного симуляционного центра составляет несколько миллионов долларов. Точный и сбалансированный выбор обучающего оборудования является ключевым мо-

ментом еще на стадии разработки концепции и проектирования центра. Каждая учебная задача имеет наиболее эффективный вариант решения. Излишняя экономия ведет к падению качества подготовки, а чрезмерное расточительство – к неоправданному увеличению бюджета. Ранее нами уже была предложена новая классификация хирургических симуляционных устройств (1). Рассматривая вопрос более широко, в данной работе формулируются общая **Классификация** симуляционных изделий и **Правило утроения**, отражающее тенденцию роста их стоимости. Планирование закупок с учетом предложенных Классификации и Правила позволяет сформулировать **принципы** эффективного подбора и эксплуатации симуляционного центра.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Одна из первых классификаций медицинских симуляционных изделий была предложена в 1987 году М. Миллером. По мере прогресса технологий появлялись все новые типы устройств, что отражалось во внедрении новых классификаций (Меллер 1997, Иссенберг 2001). В настоящее время широко известна типология 6 уровней симуляционных методик, предложенная в 2007 году Г. Алинье (Великобритания). Она основана на сравнении функций симуляторов, степени вовлеченности инструкторов в обучение и реалистичности опыта, который можно получить с их помощью.

На начальный «Нулевой уровень» помещены «письменные симуляции» - клинические ситуационные задачи. На 1-м уровне размещена группа объемных моделей: низкореалистичные манекены, фантомы, тренажеры навыков. В группу 2-го уровня отнесены изделия, «имеющие экран». На основе данного признака в этой группе объединены компьютерные ситуационные задачи, тестовые программы, видеофильмы и симуляторы виртуальной реальности, в том числе и виртуальные хирургические тренажеры. Уровнем выше располагаются стандартизированные пациенты и ролевые игры. Уровень 4 представлен манекенами среднего класса с электронным или компьютерным управлением. Наконец, на высший, 5-й уровень отнесены компьютерные манекены-симуляторы пациента высшего класса реалистичности.

На наш взгляд, недостатком данной классификации является условное, искусственное принятие за ее основу отдельных признаков. Это привело к тому, что в одну группу попали разнородные изделия, например, виртуальные тренажеры и видеофильмы. Видеофильмы оказались «выше» манекенов, а ролевые игры отнесены на более высокий уровень, чем тренинг на виртуальном симуляторе. Некоторые изделия не могут быть отнесены ни к одной группе, например, базовые хирургические и коробочные лапароскопические тренажеры. Кроме того, появились принципиально новые обучающие системы, которых просто не существовало пять лет назад, когда предлагалась данная классификация.

Помимо классификации Алинье, в повседневной практике широко применяется еще ряд практических типологий. Так, в лапароскопическом тренинге выделяют «коробочные» тренажеры, видеотренажеры и виртуальные симуляторы. В отработке терапии неотложных состояний используется деление устройств практического тренинга на 2 группы: фантомы/тренажеры отдельных практических навыков (Task-Trainers, Skill-Trainers) и манекены-имитаторы пациента.

**Гибридная симуляционная система:**  
*Система с комбинированием различных симуляционных технологий, например, муляжами и фантомами дополняется обучение на стандартизированных пациентах.*

**Интегрированная система:**  
*комплексная симуляционная система, в которой обеспечено взаимодействие нескольких виртуальных симуляторов для максимально реалистичного и многообразного воспроизведения клинической ситуации. Взаимодействие происходит между разнородными симуляторами: роботом-симулятором пациента, виртуальными хирургическими и диагностическими тренажерами, реальным и имитированным медоборудованием.*

Последние, в свою очередь, подразделяются на три уровня: низкореалистичные манекены (Low-Fidelity); имитаторы пациента среднего класса (Mid-Class); высокореалистичные роботы (Hi-Fidelity).

Данные практические классификации изделий актуальны для специализированных областей и основаны на их устройстве и уровне примененных технологий изготовления. При этом они лишь отчасти отражают учебные задачи, которые решаются с их помощью.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время для отработки практических навыков, помимо медицинского оборудования, используются следующие современные виды учебных пособий: электронные учебники; интерактивные электронные пособия; анатомические модели; фантомы-тренажеры практических навыков и гибридные системы с их использованием; низкореалистичные манекены; электронные манекены; роботы-симуляторы пациента, виртуальные палаты интенсивной терапии и интегрированные симуляционные системы.

Для полноценного освоения практического мастерства учебные пособия должны максимально реалистично имитировать патологическое состояние пациента и клиническую обстановку. Практический опыт может приобретаться в учебной среде, воспроизведенной с различной степенью реализма (fidelity) – степенью подобия между свойствами модели и моделируемым объектом. Симуляционный процесс может быть представлен в виде отдельных уровней, которые, наслаиваясь друг на друга, повышают достоверность имитации, ее реализм.

Мы предлагаем выделить **семь уровней реалистичности** симуляционного оборудования, где каждый последующий уровень технически сложнее воплотить. В соответствии с данными семью уровнями реалистичности предлагается приведенная ниже классификация учебных пособий.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТРЕНАЖЕРОВ

### Семь уровней реалистичности учебного процесса и обучающих изделий

#### 1. Визуальный

Воспроизводятся	Внешний вид человека, его органов; демонстрация техники выполнения манипуляции.
Технологии	Используются традиционные образовательные технологии – печатные плакаты, схемы, анатомические модели. Относительно простые компьютерные программы применяются в электронных учебниках и интерактивных учебных пособиях.
Отрабатывается	Понимание последовательности действий при выполнении манипуляции. Однако никакой собственно практической отработки не производится.
Учебная задача	Визуализация – базовая неотъемлемая часть любого практического навыка, позволяющая перейти к следующему этапу собственно практического тренинга. Визуальный ряд знакомит с практическими действиями, их последовательностью, техникой исполнения манипуляции.
Пример	Классические учебные пособия, электронные учебники, обучающие компьютерные игры, например, «Виртуальный госпиталь».



#### 2. Тактильный

Воспроизводятся	Тактильные характеристики, появляется сопротивление тканей в ответ на приложенное усилие – <i>пассивная</i> реакция фантома.
Технологии	Механика, химия полимеров. Традиционные технологии изготовления фантомов.
Отрабатываются	Мануальные навыки, их моторика – последовательность скоординированных движений в ходе выполнения той или иной манипуляции. В результате обучения приобретает практический навык. При этом, на данном уровне пока очень низка реалистичность, нет оценки качества выполнения навыка.
Учебные задачи	Довести до автоматизма моторику отдельных манипуляций, приобрести технические навыки их выполнения.
Пример	Тренажеры практических навыков, реалистичные фантомы органов, манекены СЛР, например, фантом для отработки интубации трахеи <i>Larry</i> фирмы <i>Nasco</i> .



#### 3. Реактивный

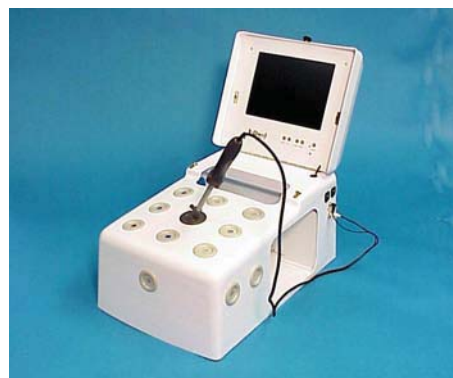
Воспроизводятся	Простейшие <i>активные</i> реакции фантома или манекена на типовые действия курсанта (например, при правильно выполненном непрямом массаже сердца загорается лампочка). На базовом уровне осуществляется оценка точности действий обучаемого. В хирургическом тренинге здесь воспроизводится <i>моторика</i> отдельного базового навыка.
-----------------	--

Технологии	Электроника. Пластиковые манекены и фантомы дополняются электронными контроллерами. В хирургическом тренинге: дополнение фантомов надлежащим инструментарием
Отрабатываются	Мануальные (технические) навыки, как и на предыдущем уровне.
Учебная задача	Совпадает с задачей предыдущего уровня, но за счет наличия в системе элементов обратной связи облегчаются действия инструктора, не требуется его постоянного присутствия в ходе учебного процесса, в связи с чем могут отрабатываться более сложные практические навыки и умения.
Пример	Манекены низшего класса (Low-Fidelity), например, <i>Resusci Anne</i> фирмы <i>Laerdal</i> . В хирургии: учебный комплекс «тренажер+инструменты+муляж»



#### 4. Автоматизированный

Воспроизводятся	Автоматизированные сложные реакции манекена на разнообразные внешние воздействия. В хирургии: применение эндовидеотехнологий в ходе тренинга – более достоверный контроль за учебными манипуляциями.
Технологии	Компьютерные программы на основе <i>скриптов</i> . На определенный тип действий дается стандартный ответ, запрограммированная реакция, иногда достаточно сложная. Однако за счет особенности компьютерных программ, внимание инструктора в значительной степени смещено от наблюдения за действиями курсантов в сторону управления функциями манекена. Часто используется <i>видеотехнологии</i> для проведения дебрифинга. В хирургическом тренинге: использование <i>видеотехнологий</i> , что позволяет реалистично воспроизводить среду эндовидеооперационной.
Отрабатываются	Когнитивные и сенсомоторные умения – комбинация и взаимосвязь сенсорных и моторных навыков. Адаптация к фулькрум-эффекту (зеркально противоположным движениям инструмента и руки за счет опорной точки инструмента). Двухмерное восприятие манипуляции на экране монитора.
Учебная задача	Полноценный сбор информации (сенсорные умения), анализ полученной информации и выводы в виде постановки диагноза (когнитивные); выполнение лечебных мероприятий, соответствующих данному диагнозу (моторика); вторичный сбор информации и анализ эффективности лечения; его корректировка.
Пример	Манекены среднего класса, например, <i>HAL</i> фирмы <i>Gaumard</i> ; Манипуляционный видеотренажер, например, <i>СМИТ</i> фирмы <i>3-Dmed</i>



## 5. Аппаратный

Воспроизводятся	Обстановка медицинского подразделения – операционной, приемного покоя, реанимации, палаты и пр. В имитационной среде используется медтехника или ее точная имитация, а также воссоздаются другие составляющие окружающей обстановки – мебель, материал стен, газовая разводка, внутрибольничный интерком и т.п.
Технологии	Медицинские технологии, применяемые в клинической практике.
Отрабатываются	Сенсомоторика и когнитивность – как и на предыдущей ступени, но по сравнению с ней на более высоком, реалистичном уровне. Реальная эргономика позволяет отработать более точную последовательность действий, ручную моторику и перемещения по палате (операционной) в ходе диагностики и лечения.
Учебная задача	Уверенная способность действовать в реалистичной среде. Выявление и отработка нюансов эксплуатации тех или иных приборов, выработка автоматизма в работе на конкретном медицинском оборудовании.
Пример	Симулятор среднего класса в палате, оснащенной медицинской мебелью и аппаратурой.



## 6. Интерактивный

Воспроизводятся	Сложное <i>интерактивное</i> взаимодействие робота-симулятора пациента с медоборудованием и курсантом. Автоматическое изменение физиологического состояния (изменение ЭКГ, пульса, концентрации кислорода в выдыхаемой смеси, дыхательных шумов и т.п.) в ответ на введение лекарственных веществ, искусственную вентиляцию легких, дефибрилляцию и иные воздействия медицинской аппаратуры и действия обучаемых. На этом уровне идет прямая оценка обучаемого, не требующая дополнительной интерпретации, как на предыдущих уровнях. Действия курсантов направлены на практически значимый результат: исходом лечения робота является стабилизация/декомпенсация/смерть. Экспертная оценка действий курсанта, например, просмотр и анализ видеозаписи, может использоваться в процессе сертификации дополнительно. В хирургическом тренинге реалистичность симуляции (зрительные образы, тактильные ощущения) и объективность оценки действий обучаемого обеспечиваются виртуальным симулятором.
Технологии	Высокопроизводительные цифровые технологии – математическая модель физиологии человека, что позволяет роботу-симулятору давать автоматический индивидуальный ответ на действия курсантов. Инструктор сконцентрирован не на управлении манекеном, а на оценке действий курсантов. В хирургическом тренинге: компьютерные технологии, компьютерная графика, сенсорные технологии.
Отрабатываются	Психомоторика и сенсомоторика клинического поведения, отдельные технические навыки и умения, широкий спектр нетехнических навыков.



Учебные задачи	Используются так называемые «клинические сценарии», в ходе которых курсанты отрабатывают клиническое мышление в сочетании со сложными практическими действиями. Индивидуальность и дозозависимость реакции роботов-пациентов, наряду с ее точностью и достоверностью, позволяют широко использовать интерактивных роботов высшего класса в сертификационных целях. В хирургическом тренинге отрабатываются клинические навыки, отдельные этапы вмешательств и операции целиком.
Пример	Роботы-симуляторы пациента высшего класса реалистичности (High Fidelity) и виртуальные симуляторы с обратной тактильной связью, например, <i>iSTAN</i> фирмы <i>CAE Healthcare</i> ; ЛОР-симулятор <i>ТЕМПО ВокселМан</i> .

## 7. Интегрированный

Воспроизводится	Интеграция взаимодействующих друг с другом симуляторов и медицинских аппаратов. В ходе операции единая система (робот-симулятор пациента + виртуальный тренажер + реальная медицинская аппаратура или ее имитация) демонстрирует не только изменения жизненных параметров на виртуальном следящем мониторе, но и показатели виртуальных диагностических и хирургических систем. На действия курсанта в ходе вмешательства или диагностики возникает индивидуальная физиологическая реакция.
Технологии	Взаимодействие нескольких виртуальных моделей друг с другом, с медаппаратурой, лекарственными веществами и внешней средой.
Отрабатываются	Психомоторика и сенсомоторика технических и нетехнических навыков: коммуникация, лидерство, управление ресурсами команды (CRM), работа в сложной реалистичной обстановке – гибридной операционной, экстренном приемном покое, медицинском вертолете и т.п.
Учебная задача	Выработать сложные поведенческие реакции, командное взаимодействие с другими членами медицинской бригады и иные нетехнические навыки с учетом специфики окружающей обстановки или ситуации (радиационная безопасность при выполнении ангиографии; ограниченное пространство, тряска и вибрация в вертолете, пожар в операционной и пр.).
Пример	<p>Комплексные интегрированные симуляционные системы, например, виртуальная гибридная операционная на основе <i>ORCamp</i> фирмы <i>ORZone</i>, дополненная роботом-симулятором пациента и виртуальным тренажером ангиографии.</p> 

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Несложно заметить, что по мере увеличения реалистичности учебного устройства возрастает его цена. Этот рост подчиняется определенной закономерности, которая прослеживается в приведенной ниже таблице 1.

Наблюдая за удорожанием аппаратуры, мы сформулировали «Правило утروения»:

**Переход на последующий уровень реалистичности увеличивает стоимость учебного оборудования в три раза.**

Так, на первом визуальном уровне, цена анатомической модели или интерактивной обучающей компьютерной программы составляет несколько сотен долларов.

Придание модели реалистичных тактильных характеристик, позволяющих отрабатывать базовые практические навыки, ведет к ее удорожанию до 1-1,5 тысяч долларов.

На следующем уровне реалистичная модель оснащается несложными электронными устройствами, с помощью которых оценивается точность выполнения навыка, что вновь удорожает изделия примерно втрое.

Таблица 1. Цена изделий различных классов реалистичности.

Учебное изделие	Цена	Уровень реалистичности
Электронная учебная программа	\$500-1.000	Визуальный (1)
Тренажер мануального навыка	\$1.500-3.000	Тактильный (2)
Электронный манекен	\$5.000-10.000	Реактивный (3)
Компьютерный манекен	\$15.000-30.000	Автоматизированный (4)
Компьютерный манекен + медаппаратура	\$50.000-100.000	Аппаратный (5)
Робот-симулятор пациента высшего класса	\$150.000-300.000	Интерактивный (6)
Интегрированная симуляционная система	\$500.000-1.000.000	Интегрированный (7)

Затем, снабженный компьютером манекен приобретает новые свойства, среди которых принципиальной новой является функция реалистичного ответа на разнообразные действия курсантов. Эти реакции, хоть иногда и довольно сложные, программируются компьютерными скриптами, и потому имеют ограниченное количество вариантов. Цена за подобное устройство уже исчисляется десятками тысяч долларов.

Воссоздание клинической ситуации требует реалистичного воспроизведения рабочей среды, что достигается имитацией приемного покоя, палаты интенсивной терапии или иного больничного подразделения, оснащенного медицинской аппаратурой. В зависимости от ее класса и назначения, стоимость такого симуляционного обучающего комплекса достигает ста тысяч долларов.

Замена в этом комплексе компьютеризированного манекена на робота позволяет индивидуализировать ответ на действия курсанта. Реакция зависит от заданных роботу параметров: возраста, пола, физиологического состояния и особенностей фармакокинетики, дозы введенного лекарственного вещества. Комплекс может использоваться не только в учебных и сертификационных, но и в научных целях. Однако при этом вновь наблюдается утрата стоимости.

Наконец, оснащение учебного центра набором виртуальных систем, взаимодействующих друг с другом и с медицинской аппаратурой, не только расширяет спектр отрабатываемых умений и нетехнических навыков, но и выводит эффективность обучения на очередной, качественно новый уровень. При этом бюджет такого интегрированного симуляционного класса переваливает далеко за полмиллиона долларов.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Дорогостоящая аппаратура не способна решить все 100% имеющихся учебных задач. Простейшие навыки на начальном этапе могут отрабатываться без сложных приспособлений, например, завязывание хирургических узлов можно отрабатывать с помощью шнурков, а внутримышечные инъекции – на куске поролона с приклеенной винилискожей. Более того, ряд навыков целесообразнее отрабатывать на простых устройствах в силу финансовых причин – нет смысла практиковаться в интубации трахеи на роботе-симуляторе пациента, хоть это в принципе и возможно. Отдельные манипуляции воспроизводятся с большим реализмом на специализированных тренажерах, например, вагинальное обследование или люмбарная пункция. Таким образом, оснащение учебного центра исключительно симуляторами высших уровней реалистичности непрактично, неэффективно и неэкономично.

Любое усложнение конструкции влечет не только к удорожанию тренажера, но и снижению его надежности и долговечности. Опыт эксплуатации показывает, что многие высокотехнологические симуляторы довольно хрупки и требуют умелой эксплуатации под контролем инструктора. К обучению на них желательнее до-

пускать курсантов, уже усвоивших основы манипуляции на простых устройствах, более устойчивых к механическим нагрузкам.

**Математическая модель**  
– описание математическими средствами важнейших свойств объекта, для замещения его в обучении и научных исследованиях столь адекватно и достоверно, что информация, полученная на модели, не будет отличаться от той, что была бы получена в сходных условиях на реальном объекте.

**Компьютерный скрипт** – (от англ. "script" – сценарий) обычно небольшая по размеру программа, после запуска автоматически выполняющая заданный сценарий - пошаговый переход от одного состояния к другому.

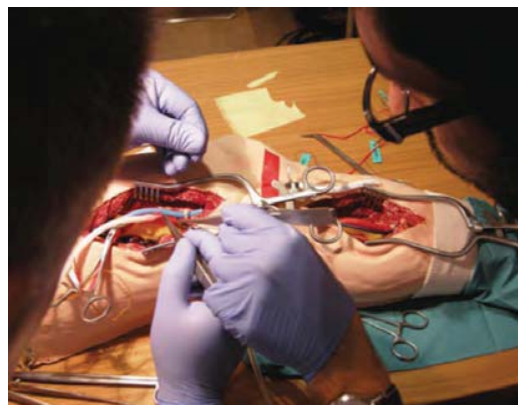
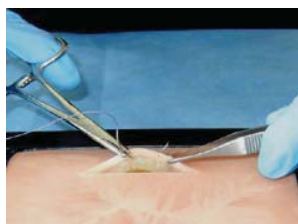
# Биоподобные ткани ВиртуЛайф

Вершиной мастерства хирурга является хирургический шов. Именно от качества наложенного межкишечного или сосудистого анастомоза во многом зависит итог операции.

Для отработки мастерства наложения швов требуется особый материал, идеально имитирующий биологические структуры. Представляем новую обучающую продукцию для сердечнососудистой, пластической, абдоминальной хирургии и гинекологии – исключительно реалистичные, биоподобные изделия серии ВиртуЛайф.

## Абдоминальная и общая хирургия

Кишки и кожа



## Акушерство и гинекология

Вагинальная манжетка



## Сердечнососудистая и микрохирургия

Микрососуды, артерии, вены, аорта, клапаны; вспомогательные устройства: фантомы



головы, беда, грудной клетки; перистальтический насос для имитации пульсирующего кровотока



**Интермедика**

Тел. (831) 419-6238, факс (831) 419-6224. Эл. почта: [office@intermedica.nnov.ru](mailto:office@intermedica.nnov.ru)



Для более эффективного использования симуляторов высокого класса курсант должен предварительно освоить теорию, пройти предварительный инструктаж и тестирование. Для этого вполне достаточно традиционных обучающих методик в сочетании с издателями первого уровня реалистичности. Учебные материалы и интерактивные программы тестирования желательно переносить в интернет, например, на сайт учебного центра. Возможность дистанционно получить теоретическую подготовку в удобное для курсанта время не только повышает комфорт учебного процесса, но и позволяет эффективнее использовать площади, финансовые и преподавательские ресурсы центра.

Каждый тип изделия обладает минусами и плюсами, поэтому смена тренажеров в ходе практической подготовки позволит сгладить неизбежное привыкание к «неправильной» модели реальности, что облегчит дальнейший переход к работе с пациентами. Для этого необходимо организовать ротацию по тренажерным рабочим местам, снабженным симуляторами различного уровня реалистичности.

Также, подготовка «по конвейеру», с последовательной ротацией тренажеров, способствует смене рабочей обстановки, переключению внимания, повышению работоспособности. Она позволяет проводить тренинг на дорогостоящих симуляторах многократно повторяемыми короткими подходами. Известно, что такая форма более эффективна, чем длительные и редкие занятия.

Кроме того, ротация курсантов позволяет при той же их численности обходиться меньшим количеством дорогостоящей аппаратуры, использующейся одновременно. Оснащение симуляционного центра большим количеством однотипных тренажеров является распространенной ошибкой – при отсутствии большого потока оборудование будет простаивать.

При отработке сложных умений или командных действий на одном устройстве проходит тренинг сразу несколько человек. В этом случае целесообразен обмен ролями в сочетании с незначительной модификацией учебного задания. Если в центре имеются функционально сходные симуляторы различных моделей и/или производителей, то при смене ролей производится также переход на другое оборудование. Поскольку дебрифинг является неотъемлемой частью практического обучения высокой степени реалистичности, то во

время дебрифинга у первой группы курсантов, на освобожденном оборудовании, возможно проведение симуляционного обучения для второй.

Выбор класса реалистичности должен отталкиваться от поставленных учебных задач. Массовое обучение студентов младших курсов экономически предопределяет выбор устройств из трех низших уровней реалистичности. Подготовка старшекурсников и ординаторов требует обязательного наличия симуляторов более высокого, не ниже 4-го класса. Усовершенствование врачей помимо клинического тренинга ставит задачи отработки командного взаимодействия и иных нетехнических навыков, обеспечиваемых лишь на аппаратуре 5-7 уровней.

В ряде случаев повышение класса реалистичности возможно с помощью гибридных методик, например, использование в работе со стандартизированным пациентом симуляционных систем первых двух-трех классов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования нами предлагается практическая классификация медицинского симуляционного оборудования, формулируется правило утробения его стоимости и определяется ряд принципов его подбора и эффективной эксплуатации.

Симуляционное оборудование **классифицируется по семи уровням реалистичности:**

1. Визуальный (анатомическая модель, компьютерный учебник)
2. Тактильный (фантом, тренажер мануального навыка)
3. Реактивный (фантом, манекен с электронным контроллером, эргономический тренажер)
4. Автоматизированный (манекен с компьютерным контроллером, видеосистема хирургического тренинга)
5. Аппаратный (дополнение манекена или тренажера медицинской аппаратурой)
6. Интерактивный (робот-симулятор пациента высшего класса, виртуальный симулятор с обратной связью)
7. Интегрированный (система взаимодействующих симуляторов и роботов)

**Правило утробения:** Переход на последующий уровень реалистичности увеличивает стоимость симуляционного оборудования в три раза.

Учет правила утробения стоимости аппаратуры позволяет сформулировать **принципы** рационального подбора и эффективной эксплуатации учебного оборудования:

1. Использовать учебные пособия первого уровня, в частности, интерактивные учебники и онлайн программы для предварительной теоретической подготовки, инструктажа и тестирования.
2. Использовать виртуальные симуляторы для определения начального уровня практического мастерства и формирования однородных групп со сходным уровнем подготовки.
3. В ходе тренинга комбинировать симуляторы различных классов реалистичности для решения поставленных учебных задач с меньшими затратами.
4. Проводить ротацию курсантов между симуляторами разного уровня реалистичности, что предотвращает закрепление ложных навыков, повышает качество учебного процесса и эффективность использования дорогостоящей аппаратуры.
5. При отработке небольшой группой командных действий повторять упражнения с обменом ролями, модификацией задания и переходом на тренажер того же уровня, но другой модели или производителя.
6. Закупать симуляционное оборудование в четком соответствии с количеством обучаемых, степенью их подготовки и поставленными учебными задачами, что позволяет снизить себестоимость учебного процесса.
7. Избегать территориального дробления. Современные тренажеры высокого класса предназначены для тренинга по различным специальностям. Один и тот же робот может использоваться для обучения терапевтов, хирургов, акушеров и т.д. Концентрация оборудования в рамках единой структуры (симуляционного центра) позволяет избежать дублирования и повышает эффективность его эксплуатации.
8. Соблюдать соотношение аппаратуры к количеству обучаемых. Учебные пособия первых трех уровней – с визуальной, тактильной и реактивной реалистичностью – могут использоваться в индивидуальном порядке, что предполагает их закупку в соотношении к числу студентов в группе как 1:1 или 1:2. Автоматизированные, аппаратные и интерактивные системы (4-6 уровней) могут эффективно использоваться в соотношении 1:3 – 1:6. Применение интегрированных симуляционных

систем 7 уровня возможно в соотношении 1 система на несколько учебных групп курсантов.

Составление спецификации, основанное на данных принципах рационального подбора и эффективной эксплуатации учебной аппаратуры, позволяет снизить стоимость оснащения симуляционного центра на 60%.

## ВЫВОДЫ

Начинающий врач должен в максимальной степени овладеть навыками и приобрести свой первый практический опыт еще до того, как приступит к лечению пациентов. Альтернативой обучению на людях или животных является приобретение навыков и умений с помощью технических имитационных устройств – **симуляционный тренинг**. Предложена классификация симуляционного медицинского оборудования по **семи уровням реалистичности**: Визуальный, Тактильный, Реактивный, Автоматизированный, Аппаратный, Интерактивный, Интегрированный. Сформулировано «**Правило утробения**»: переход на следующий уровень реалистичности увеличивает стоимость оборудования учебного места в три раза. Определен ряд **принципов подбора и эффективной эксплуатации** учебного оборудования: проводить предварительную целевую теоретическую подготовку, инструктаж и входное тестирование; комбинировать симуляторы различных классов реалистичности; проводить ротацию между симуляторами разных моделей и разного уровня реалистичности; повтор упражнения с обменом ролями; при закупке учитывать количество и состав обучаемых; избегать территориального дробления симуляционного центра; соблюдать соотношение количества аппаратуры к числу обучаемых. Соблюдение этих принципов позволяет на 60% **снизить затраты** при оснащении симуляционного учебного центра.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация по уровням реалистичности оборудования для обучения эндхирургии // *Виртуальные технологии в медицине* № 1(7), 2012
2. Guillaume Alinier. 2007. A typology of educationally focused medical simulation tools. *Medical Teacher* 29: e243–e250
3. Issenberg SB, Gordon MS, Gordon DL, Safford RE, Hart IR. 2001. Simulation and new learning technologies. *Medical Teacher* 23:16–23.
4. Meller G. 1997. A typology of simulators for medical education. *J. Digital Imaging*. 10:194–196.
5. Miller MD. 1987. Simulations in medical education: a review. *Medical Teacher* 9:35–41.