

УЧЕБНЫЙ РУСИФИЦИРОВАННЫЙ СИМУЛЯТОР ПРОГРАММАТОРА BOSTON SCIENTIFIC ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВРАЧЕЙ-КАРДИОЛОГОВ

Михмель Андрей Вячеславович

Кущёвская центральная районная больница, станция Кущёвская,
Краснодарский край, Российская Федерация

ORCID: 0009-0004-9635-2648

andrey@mikhmel.ru

DOI: 10.46594/2687-0037_2026_2_2178

Аннотация. Цель: разработка учебного симулятора программатора Boston Scientific для подготовки кардиологов при ограниченной доступности учебных программ производителя в Российской Федерации. Методы: разработано браузерное приложение с двуязычным (RU/EN) интерфейсом и 13 клиническими сценариями. С сентября 2025 г. по май 2026 г. на базе ГБУЗ «Кущёвская ЦРБ» обучены 25 человек (80% — ординаторы, 10% — стажеры, 10% — студенты) на трех-четырёх занятиях по 1,5 часа. Результаты: все освоили базовые функции; тестирование показало положительную динамику. Заключение: симулятор применим для подготовки кардиологов при ограниченном доступе к оборудованию.

Ключевые слова: симуляционное обучение, кардиостимулятор, программатор, Boston Scientific, обучение врачей-кардиологов, виртуальный тренажер, ординатура, дистанционное обучение, имплантируемые антиаритмические устройства, медицинская информатика.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Автор не имеет финансовых, договорных, консультационных или иных отношений с компанией Boston Scientific Corporation (производителем имплантируемых антиаритмических устройств, интерфейс программатора которых воспроизведен в описываемом симуляторе), а также с любыми другими производителями имплантируемых медицинских устройств. Разработка симулятора и проведение пилотного обучения не финансировались компанией Boston Scientific или иными внешними организациями; работа выполнена автором самостоятельно как личная инициатива в рамках профессиональной деятельности врача-кардиолога.

Финансирование: исследование выполнено без внешнего финансирования.

Для цитирования: Михмель А. В. Учебный русифицированный симулятор программатора Boston Scientific для подготовки врачей-кардиологов // Виртуальные технологии в медицине. 2026. № 2. С. 77–81. DOI: 10.46594/2687-0037_2026_2_2178

Научная специальность. 3.2.3 Общественное здоровье и организация здравоохранения, социология и история медицины.

Поступила в редакцию 8 июня 2026 г.

Поступила после рецензирования 29 июня 2026 г.

Принята к публикации 1 июля 2026 г.

Введение

Имплантируемые антиаритмические устройства — электрокардиостимуляторы (ЭКС), кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД) и устройства сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) — занимают значительную долю в общей структуре пациентов кардиологических отделений Российской Федерации [5; 6]. Программирование и регулярная проверка таких устройств выполняются с помощью программаторов — специализированных приборов производителя, обеспечивающих телеметрическую связь с имплантированным устройством, анализ данных и изменение параметров стимуляции. Каждый производитель имплантируемых устройств использует собственный программатор с уникальным интерфейсом, и подготовка врача к работе с конкретным устройством традиционно осуществляется на курсах, организуемых производителем.

После 2022 г. доступность образовательных программ и учебных материалов крупнейших зарубежных производителей имплантируемых антиаритмических устройств — Boston Scientific, Medtronic, Abbott, Biotronik — на территории Российской Федерации существенно ограничена. Тем не менее в России сохраняется значительное число пациентов с уже имплантированными устройствами Boston Scientific,

нуждающихся в регулярной плановой проверке и оптимизации параметров стимуляции на протяжении всего срока службы аппарата.

Дополнительный барьер при подготовке российских специалистов связан с тем, что интерфейс программаторов Boston Scientific реализован исключительно на английском языке. Это затрудняет освоение работы с прибором ординаторами и врачами без углубленного знания английской медицинской терминологии. Возможности отработки навыков на реальном программаторе вне рабочего времени также ограничены — клинический прибор используется в плановом приеме пациентов и недоступен для длительной самостоятельной тренировки.

Симуляционное обучение в медицине признано эффективным инструментом приобретения и закрепления клинических навыков, особенно для ситуаций, в которых обучение «на пациенте» сопряжено с риском или ограничено по доступу к оборудованию [7; 9]. Применительно к подготовке специалистов по электрокардиостимуляции имеется ограниченный собственный российский опыт создания учебных программных решений [3; 4], однако к моменту начала настоящей работы ни одного отечественного откры-

того симулятора программатора Boston Scientific в доступных источниках не было выявлено.

Цель исследования — разработка учебного русифицированного симулятора программатора имплантируемых антиаритмических устройств Boston Scientific и оценка возможности его применения в подготовке врачей-кардиологов, ординаторов и студентов медицинских вузов в условиях ограниченного доступа к оригинальному клиническому оборудованию.

Материалы и методы

Разработка симулятора. Программа разработана автором в июне 2025 г. в виде автономного браузерного приложения, не требующего установки и работающего в любом современном веб-браузере (Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari) на персональных компьютерах под управлением Windows, macOS и Linux, а также на мобильных устройствах с операционными системами Android и iOS. Объем программного кода — около 9700 строк на языке JavaScript (стандарт ECMAScript 2020) без использования сторонних библиотек и фреймворков; общий объем приложения — около 2 МБ. Реализация выполнена в виде единственного HTML-файла, размещаемого на веб-сайте автора (URL: <https://babab.ru/demo-programmator.html>). После загрузки страницы все вычисления выполняются локально в браузере без передачи данных в сеть.

Принципиальной особенностью разработки является двуязычный интерфейс — русский и английский. Это позволяет обучающемуся осваивать параметры и функции на родном языке, одновременно усваивая англоязычные обозначения, с которыми он встретится при работе с реальным программатором.

Реализованные функциональные блоки симулятора:

- воспроизведение интерфейса программатора Boston Scientific Latitude с панелями параметров устройства, отображением электрограмм, меню настроек, журнала эпизодов аритмий и отчетов;
- Live-рендеринг электрограмм на четырех каналах (Lead-I, предсердный канал, желудочковый канал, левожелудочковый канал) с непрерывным интегрированным расчетом фазы — без скачков при изменении нижней частотной границы (LRL), верхней частотной границы синхронизации (MTR) и режима нагрузки Exercise;
- корректная атриовентрикулярная диссоциация на поверхностной ЭКГ при режиме VVI с сохраненным синусовым ритмом; реалистичные осцилляции фибрилляции предсердий с детерминированным шумом;
- мастер режима MPT-совместимости (MRI Mode) с переключением на режимы DOO, VOO, AOO и автоматическим возвратом к исходным параметрам через 6 часов;
- реализация ответов устройства на магнит (Magnet Response) и помехи (Noise Response);
- режим временной брадикардальной стимуляции (Temp Brady) с возможностью отката параметров;
- электрофизиологические тесты (EP Tests): программированная стимуляция Burst, индукция

желудочковой тахикардии и предсердной тахикардии;

- тесты электродов (Lead Tests) с автоматической проверкой запаса чувствительности (правило ≥ 2 -кратного превышения порога) и запаса стимуляции (соотношение программируемой амплитуды и порога);
- прогноз остаточного ресурса источника питания (Battery Prediction) в зависимости от доли стимуляции желудочков;
- полная функция Undo/Redo (Ctrl+Z) для всех изменений параметров;
- формирование печатного отчета о визите (Visit Summary) в формате PDF.

Клинические демо-сценарии. В симулятор включены 13 детально проработанных демо-пациентов, охватывающих основные категории имплантируемых антиаритмических устройств и типовые клинические ситуации:

Однокамерные электрокардиостимуляторы:

1. VVIR ESSENTIO MRI L110 — постоянная фибрилляция предсердий с бради-формой.

Двухкамерные электрокардиостимуляторы:

2. DDDR ESSENTIO MRI L111 — полная атриовентрикулярная блокада III степени, эпизоды пейсмекеропосредованной тахикардии (PMT), низкий запас атриальной чувствительности.
3. DDDR ESSENTIO MRI L111 — синдром слабости синусового узла, нарушение целостности желудочкового электрода с многократным ростом импеданса и 47 эпизодами ложно зарегистрированной неустойчивой желудочковой тахикардии вследствие oversensing.
4. DDDR ESSENTIO MRI L111 — рецидивирующие эпизоды PMT (endless-loop tachycardia) на фоне короткого PVARP.
5. DDDR ESSENTIO MRI L111 — синдром слабости синусового узла с пароксизмальной фибрилляцией предсердий, частые срабатывания Atrial Tachy Response (ATR) и нарастающий AF-burden.
6. DDDR ESSENTIO MRI L111 — классическая пейсмекер-индуцированная кардиомиопатия (PICM) при долгосрочной правожелудочковой стимуляции, прогрессивное снижение фракции выброса.
7. DDDR ESSENTIO MRI L111 — exit block с прогрессивным ростом порога стимуляции желудочка при стабильном импедансе электрода.
8. ALTRUA 2 DR S702 — состояние Elective Replacement Indicator (ERI) на индикаторе плановой замены источника питания.

Имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы:

9. Однокамерный ИКД RESONATE D424 — ишемическая кардиомиопатия, первичная профилактика внезапной сердечной смерти.
10. Двухкамерный ИКД INOGEN D040 — идиопатическая дилатационная кардиомиопатия, вторичная профилактика после реанимации, пароксизмальная фибрилляция предсердий.

Устройства сердечной ресинхронизирующей терапии:

11. CRT-P VALITUDE X4 U125 — пациент-респондер: рост фракции выброса с 25 до 40% на фоне бивентрикулярной стимуляции.
12. CRT-D AUTOGEN X4 G177 — ишемическая кардиомиопатия с персистирующей фибрилляцией предсердий, BiV-pacing 98%, эпизоды устойчивой желудочковой тахикардии с успешной антитахикардической стимуляцией и одним разрядом дефибриллятора, квадриполярный левожелудочковый электрод.
13. CRT-D DYNAGEN X4 G172 — пациент-не-респондер: отсутствие прироста фракции выброса за два года, неоптимальный процент бивентрикулярной стимуляции (88%) из-за конкуренции с собственной AV-проводимостью.

Контроль качества и валидация. На этапе разработки реализовано 762 автоматизированных теста, охватывающих клиническую валидацию параметров (контроль допустимых диапазонов с учетом возрастных правил), корректность отображения электрограмм, поведение режима MPT и режима временной брадикардии (взаимоисключение этих режимов с режимом ответа на магнит/помехи), а также рендеринг на дисплеях высокой плотности пикселей (Hi-DPI Canvas).

Применение симулятора в учебном процессе. С сентября 2025 г. по май 2026 г. на базе ГБУЗ «Кущёвская центральная районная больница» Министерства здравоохранения Краснодарского края, а также в формате внеаудиторных занятий и удаленно через сайт автора, проведено обучение 25 человек. Среди обучающихся преобладали ординаторы (около 80%), также участвовали врачи-стажеры (около 10%) и студенты старших курсов медицинских вузов (около 10%).

Обучение организовывалось в индивидуальной и групповой формах (группы по два-четыре человека). Цикл занятий с одним обучающимся состоял из трех-четырех сессий длительностью 1,5 часа каждая. На занятиях последовательно осваивались интерфейс программатора, базовые манипуляции (изменение режима, частотных границ, амплитуды стимуляции), интерпретация электрограмм и журнала аритмических эпизодов, отработка алгоритмов диагностики типовых проблем — нарушения целостности электрода, истощения источника питания, эпизодов PMT.

Оценка эффективности. Для каждого обучающегося проводилось предварительное тестирование исходного уровня знаний по работе с программатором, итоговое тестирование после завершения цикла занятий, а также анонимный опрос для оценки удобства интерфейса, реалистичности клинических сценариев и субъективной полезности симулятора.

Результаты

За период с сентября 2025 г. по май 2026 г. цикл обучения с использованием симулятора прошли 25 человек (20 ординаторов, 3 врача-стажера, 2 студента старших курсов медицинских вузов). Все обучающиеся завер-

шили запланированный цикл занятий и приняли участие в итоговом тестировании.

Освоение базовых функций программатора. По результатам предварительного тестирования исходный уровень знаний обучающихся по интерфейсу программатора Boston Scientific был низким: большинство участников не имели опыта самостоятельной работы с программатором и не были знакомы с англоязычной терминологией параметров устройства. После завершения цикла занятий все обучающиеся были способны самостоятельно выполнить базовые манипуляции с симулятором: запустить опрос устройства, изменить режим стимуляции, скорректировать частотные границы и параметры стимуляции, интерпретировать журнал аритмических эпизодов и сформировать печатный отчет о визите.

Диагностика клинических сценариев повышенной сложности. На итоговом тестировании участники самостоятельно идентифицировали следующие клинические ситуации, представленные в демо-пациентах: эпизоды PMT, нарушение целостности электрода с oversensing, состояние ERI на индикаторе плановой замены, неоптимальную долю бивентрикулярной стимуляции у пациента с CRT-D. Большинство обучающихся правильно формулировали тактику в каждом из сценариев и предлагали корректные изменения параметров.

Субъективная оценка обучающимися. По данным анонимного опроса участники отметили в качестве сильных сторон симулятора реалистичное воспроизведение интерфейса оригинального программатора, наличие русифицированных подсказок, возможность работы без подключения к сети, отсутствие риска для пациента при отработке нестандартных решений, а также возможность самостоятельной практики вне клинического приема. В качестве пожеланий обучающиеся указывали расширение набора клинических демо-сценариев и добавление поддержки устройств других производителей.

Применимость в условиях периферийного лечебно-профилактического учреждения. Использование симулятора в условиях центральной районной больницы первичного уровня оказания медицинской помощи продемонстрировало возможность организации подготовки врачей-кардиологов и ординаторов без необходимости дополнительного оборудования, специализированных симуляционных центров и зависимости от внешних учебных программ производителя.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают возможность эффективного использования браузерного симулятора программатора в качестве учебного инструмента для подготовки врачей-кардиологов и ординаторов в условиях ограниченной доступности оригинальных учебных программ производителя. Опыт обучения 25 человек на базе центральной районной больницы первичного звена показал, что симуляционная подготовка может быть реализована с использованием

только персонального компьютера или мобильного устройства, без специализированного симуляционного оборудования.

Принципиальной методической особенностью представленной разработки является двуязычный интерфейс — русский и английский. Такой подход решает одновременно две задачи: снижает первоначальный языковой барьер для русскоязычных обучающихся и одновременно постепенно формирует у них узнавание англоязычной терминологии, с которой они встретятся при работе с реальным программатором. На наш взгляд, для отечественной системы подготовки кардиологов это особенно актуально, поскольку альтернативное обучение исключительно по англоязычному оригинальному интерфейсу для значительной части обучающихся существенно увеличивает время освоения базовых функций.

Применение клинически достоверных демо-сценариев — в том числе таких сложных, как пейсмекеропосредованная тахикардия, нарушение целостности электрода с эпизодами ложно зарегистрированной желудочковой тахикардии, ситуация плановой замены источника питания, — соответствует современным принципам высокореалистичной симуляции в медицинском образовании [9]. Отработка диагностических решений в подобных ситуациях на реальном пациенте невозможна без существенного риска (или их редкость не позволяет рассчитывать на встречу с каждым из них в плановом обучении), что делает симуляционный подход особенно ценным.

Метаанализы технологически-усиленного симуляционного обучения в медицине продемонстрировали положительное влияние такого формата на приобретение клинических знаний и навыков [7]. Полученные нами данные по результатам пилотного применения симулятора в учебном процессе согласуются с этим выводом и поддерживают возможность включения подобных решений в программы дополнительного профессионального образования по специальности «кардиология».

Ограничения работы. Представленный пилотный опыт ограничен выборкой одного лечебно-профилактического учреждения первичного уровня и одного автора-преподавателя; число обучающихся (25 человек) недостаточно для строгой статистической оценки эффективности обучения по сравнению с контрольной группой без использования симулятора. Оценка успешности освоения навыков ограничена тестированием в среде симулятора и опросом обучающихся и не включала отдаленную оценку переноса навыков на работу с реальным программатором. Кроме того, симулятор охватывает программатор только одного производителя (Boston Scientific), что не отражает полную номенклатуру имплантируемых устройств, с которыми может столкнуться врач в клинической практике.

Перспективы развития. Расширение набора клинических демо-сценариев; разработка модулей, имитирующих программаторы других производителей

(Medtronic, Abbott, Biotronik); проведение многоцентрового исследования эффективности симулятора с привлечением нескольких симуляционных центров и образовательных учреждений; разработка автономной сборки программы для использования без подключения к сети Интернет; проработка вопроса о государственной регистрации программы для ЭВМ в Роспатенте.

Заключение

Разработан учебный русифицированный симулятор программатора имплантируемых антиаритмических устройств Boston Scientific, реализованный в виде автономного браузерного приложения, работающего локально без передачи данных в сеть. Симулятор включает реалистичное воспроизведение интерфейса оригинального программатора, 13 клинических демо-сценариев и набор учебных инструментов. Пилотный опыт применения в подготовке 25 ординаторов, врачей-стажеров и студентов медицинских вузов на базе центральной районной больницы первичного уровня показал применимость инструмента для отработки базовых и сложных клинических ситуаций без риска для пациента и без необходимости доступа к реальному программатору. Симулятор может быть рекомендован для использования в программах подготовки врачей-кардиологов в условиях ограниченной доступности учебных программ производителя имплантируемых устройств на территории Российской Федерации.

Вклад автора

Единственный автор — концепция и дизайн программного обеспечения, реализация, организация и проведение обучения, сбор и обработка данных, написание текста рукописи.

Литература

1. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» (с изм.). СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.05.2026).
2. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть: клинические рекомендации / Министерство здравоохранения Российской Федерации. Москва, 2024. URL: <https://cr.minzdrav.gov.ru/> (дата обращения: 15.05.2026).
3. Кузовлев А. Н., Родионова А. Д., Нестеров В. Г., Андреев В. С. Разработка программы для изучения векторэлектрокардиографии // Виртуальные технологии в медицине. 2018. № 2 (20). С. 70–71.
4. Перепелица С. А., Лигатюк П. В., Кузовлев А. Н. Симуляционное обучение базовой реанимации и автоматической наружной дефибрилляции // Виртуальные технологии в медицине. 2014. № 2 (12). С. 38.
5. Ревшвили А. Ш., Глезер М. Г., Артюхина Е. А., Базаев В. А., Баталов Р. Е., Бокерия Л. А., Давтян К. В., Лебедев Д. С., Лебедева В. К., Любимцева Т. А., Михайлов Е. Н., Попов С. В., Романов А. Б., Сергуладзе С. Ю., Сопов О. В., Филатов А. Г. Бради-

- ритмии и нарушения проводимости. Клинические рекомендации 2025 // Российский кардиологический журнал. 2025. Т. 30, № 7. С. 6669. DOI: [10.15829/1560-4071-2025-6669](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2025-6669)
6. Ревишвили А. Ш., Ломидзе Н. Н., Абдрахманов А. С., Нечепуренко А. А., Иваницкий Э. А., Беляев О. В., Попов С. В., Лебедев Д. С., Лебедева В. К., Михайлов С. П., Покушалов Е. А., Мамчур С. Е., Шугаев П. Л., Реквава Р. Р., Васильев С. Н., Купцов В. В., Бердышев В. И., Сунгатов Р. Ш., Хасанов И. Ш. Мобильный телемониторинг для ранней диагностики изменений состояния пациентов с применением технологии Home Monitoring // Вестник аритмологии. 2019. Т. 26, № 2. С. 5–13. DOI: [10.35336/VA-2019-2-5-13](https://doi.org/10.35336/VA-2019-2-5-13)
 7. Cook D.A., Hatala R., Brydges R., Zendejas B., Szostek J. H., Wang A. T., Erwin P. J., Hamstra S. J. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis // JAMA. 2011. Vol. 306, no. 9. P. 978–988. DOI: [10.1001/jama.2011.1234](https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234)
 8. Glikson M., Nielsen J. C., Kronborg M. B., Michowitz Y., Auricchio A., Barbash I. M., Barrabés J. A., Boriani G., Braunschweig F., Brignole M., Burri H., Coats A. J. S., Deharo J.-C., Delgado V., Diller G.-P., Israel C. W., Keren A., Knops R. E., Kotecha D., Leclercq C., Merkely B., Starck C., Thylén I., Tolosana J. M. ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy // European Heart Journal. 2021. Vol. 42, no. 35. P. 3427–3520. DOI: [10.1093/eurheartj/ehab364](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab364)
 9. Issenberg S. B., McGaghie W. C., Petrusa E. R., Gordon D. L., Scalese R. J. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review // Medical Teacher. 2005. Vol. 27, no. 1. P. 10–28. DOI: [10.1080/01421590500046924](https://doi.org/10.1080/01421590500046924)