

Крутов Андрей Павлович

студент

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России,

г. Волгоград

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АППАРАТОВ ЭКГ И ХОЛТЕРОВСКИХ СИСТЕМ: ИНЖЕНЕРНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Аннотация: В статье проведён сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик стационарных электрокардиографов и холтеровских регистраторов с позиции клинического инженера. Рассмотрены ключевые метрологические параметры, особенности трактов регистрации и обработки сигнала, требования к помехозащищённости, энергопотреблению и интеграции в медицинские информационные системы. Показано, как различия в инженерных решениях определяют специфику технического обслуживания, валидации и клинического применения оборудования. Приведены практические рекомендации для специалистов, отвечающих за эксплуатацию медицинской техники в лечебно-профилактических учреждениях.

Ключевые слова: электрокардиограф, холтеровский регистратор, метрологические характеристики, помехозащищённость, техническое обслуживание, валидация, клиническая инженерия.

Abstract: The article presents a comparative analysis of the technical and operational characteristics of stationary electrocardiographs and Holter recorders from the perspective of a clinical engineer. The key metrological parameters, features of the signal acquisition and processing paths, requirements for noise immunity, power consumption, and integration into medical information systems are considered. It is demonstrated how differences in engineering solutions determine the specifics of equipment maintenance, validation, and clinical

application. Practical recommendations are provided for specialists responsible for the operation of medical equipment in healthcare facilities.

Keywords: electrocardiograph, Holter monitor, metrological characteristics, noise immunity, maintenance, validation, clinical engineering.

Современная функциональная диагностика немыслима без электрокардиографических методов: стандартной ЭКГ и холтеровского мониторирования. С клинической точки зрения эти методы решают разные задачи: ЭКГ даёт «моментальный снимок» электрической активности сердца, а холтер — «видеоряд» на протяжении суток и более. Однако с инженерно-эксплуатационной позиции различия ещё глубже: это разные классы медицинских изделий, отличающиеся архитектурой, режимами работы, требованиями к надёжности и регламентами технического обслуживания.

Для клинического инженера важно понимать, что выбор и эксплуатация такого оборудования — это не только вопрос технических характеристик из паспорта, но и учёт реальных условий эксплуатации: уровня электромагнитных помех в отделении, нагрузки на парк приборов, требований к валидации и интеграции в цифровую инфраструктуру ЛПУ. Цель статьи — систематизировать сравнительные характеристики ЭКГ-аппаратов и холтеров с акцентом на эксплуатационные аспекты, значимые для инженерно-технического персонала.

Оба класса устройств регистрируют биопотенциалы сердца в диапазоне единиц милливольт, но требования к метрологии различаются из-за разной продолжительности и целей записи.

Электрокардиографы ориентированы на высокоточную кратковременную запись. Ключевые параметры:

- Частота дискретизации: 1–2 кГц и выше, чтобы избежать алиасинга и корректно отображать высокочастотные компоненты комплекса QRS.

- Разрядность АЦП: 16–24 бита — обеспечивает высокую разрешающую способность для выявления малых изменений амплитуды и формы зубцов.

- Частотный диапазон: 0,05–150 Гц — охватывает как медленные изменения изолинии, так и быстрые компоненты ЭКГ.

- Коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС): не менее 110 дБ — критично для подавления сетевой наводки 50 Гц в условиях кабинета функциональной диагностики.

Холтеровские регистраторы рассчитаны на длительную автономную запись, где важнее долговременная стабильность параметров:

- Частота дискретизации: обычно 128–250 Гц — этого достаточно для детекции QRS-комплексов и анализа вариабельности ритма.

- Разрядность АЦП: не менее 10–12 бит — обеспечивает приемлемое соотношение сигнал/шум при оптимизации энергопотребления.

- Стабильность коэффициента усиления и минимальный температурный дрейф — критически важны, поскольку дрейф усиления может исказить оценку вариабельности ритма и сегмента ST.

С точки зрения клинического инженера, это означает разные подходы к проверке: для электрокардиографов акцент на точность и линейность в кратковременном режиме, для холтеров — на стабильность параметров во времени и контроль дрейфа.

Помехозащищённость и работа в реальных условиях.

Помехи существенно снижают качество ЭКГ-записи и могут приводить к ложным интерпретациям. Инженерные решения в ЭКГ-аппаратах и холтерах различаются по подходу к подавлению помех:

- Сетевая наводка (50 Гц). В обоих случаях используется дифференциальный вход с высоким КОСС и режекторные фильтры. Для холтеров дополнительно важна стабильность характеристик фильтра на протяжении суток.

– Мышечные артефакты. В электрокардиографах цифровая фильтрация и возможность ручной постобработки позволяют скорректировать запись. В холтерах применяются адаптивные фильтры и алгоритмы детекции артефактов, чтобы не спутать артефакт с экстрасистолой.

– Дрейф изолинии. Для электрокардиографов дрейф компенсируется фильтрами и коррекцией при анализе. В холтеровском мониторинге дрейф критичен: он может имитировать смещение сегмента ST и привести к ложноположительной диагностике ишемии.

– Механические воздействия. Для стационарных электрокардиографов они не критичны. Для холтеров — существенны: движения пациента, трение электродов, изменение контакта влияют на качество записи и должны учитываться при валидации.

Клинический инженер должен проверять оборудование не только в идеальных условиях, но и на тестовых сигналах с имитацией помех и изменения импеданса электродов.

Эксплуатационные требования к энергопотреблению принципиально различаются:

Электрокардиограф — стационарное устройство с питанием от сети и резервным аккумулятором. Энергопотребление относительно высокое из-за дисплея, принтера и мощных фильтров. Регламент обслуживания включает проверку аккумуляторов, калибровку и контроль качества печати.

Холтеровский регистратор — компактное автономное устройство, где энергопотребление — ключевой параметр. Используются экономичные микроконтроллеры, оптимизируется запись данных. Время автономной работы должно превышать длительность исследования (обычно 24–72 часа, иногда до 7 суток). Регламент включает проверку ёмкости батарей, целостности памяти, синхронизации времени и корректности работы дополнительных датчиков (акселерометр, датчик дыхания).

Объём памяти также различается: суточная запись ЭКГ (более 100 000 комплексов QRS-T) требует значительного объёма — порядка 20 МБ на канал. Современные холтеры используют съёмные карты памяти (microSD) или встроенную энергонезависимую память для защиты от потери данных при отключении питания.

Оба класса устройств интегрируются в медицинские информационные системы, но по разным сценариям:

Электрокардиограф. Данные передаются сразу после исследования через USB, Ethernet, Wi-Fi. Часто используются форматы SCP-ECG, HL7 для передачи в электронную историю болезни.

- **Холтер.** Данные накапливаются в течение суток и передаются после снятия регистратора. Требуется надёжная передача большого объёма данных, контроль целостности файлов (контрольные суммы) и синхронизация с дневником пациента.

Инженерные задачи включают валидацию каналов передачи, проверку совместимости форматов, обеспечение информационной безопасности (шифрование, разграничение доступа) и контроль целостности данных. Регламенты обслуживания различаются принципиально.

Таблица 1.

Регламенты обслуживания оборудования

Параметр	Электрокардиограф	Холтеровский регистратор
Поверка	Раз в год, контроль точности и линейности	Раз в год, контроль стабильности параметров и дрейфа
Защита от дефибрилляции	Обязательная ежегодная проверка	Не требуется
Контроль памяти и передачи данных	Минимальный (внутренняя память, печать)	Критичен: проверка карт памяти, контрольных сумм, синхронизации

		времени
Дополнительные датчики	Не применяются	Проверка акселерометра, датчика дыхания и их синхронизации
Валидация алгоритмов	Проверка фильтров, калибровки, качества печати	Проверка алгоритмов детекции QRS, классификации аритмий, анализа сегмента ST

Рассмотрим несколько моделей, чтобы проиллюстрировать различия:

1. ЭК12Т-01-«Р-Д» — 12-канальный электрокардиограф с цветным TFT-дисплеем. Инженерная специфика: высокая частота дискретизации, мощные фильтры, защита от дефибрилляции. Эксплуатационные требования: контроль состояния принтера, калибровка, проверка фильтров и защиты от дефибриллятора.

2. «Валента МН-05» — холтеровский регистратор с поддержкой 3/12 отведений, съёмной картой памяти и беспроводной передачей данных. Инженерная специфика: низкое энергопотребление, стабильная работа в течение суток, интеграция дополнительных датчиков. Эксплуатационные требования: проверка батарей, контроль памяти, синхронизация времени, валидация алгоритмов детекции.

3. DigiTrak XT (Philips) — регистратор с возможностью непрерывной записи до 168 часов и USB-интерфейсом. Инженерская специфика: максимальная автономность, большой объём памяти. Эксплуатационные требования: контроль ёмкости батарей, проверка целостности файлов, контроль синхронизации.

На основании сравнительного анализа можно сформулировать следующие рекомендации:

1. При приёмке оборудования проверять не только заявленные характеристики, но и протоколы испытаний на помехозащищённость, стабильность параметров и энергопотребление.

2. При планировании обслуживания учитывать различия в регламенте: электрокардиографы требуют контроля защиты от дефибрилляции и качества печати; холтеры — контроля автономности и целостности данных.

3. При интеграции в МИС проверять совместимость форматов данных, надёжность передачи и соответствие требованиям информационной безопасности.

4. При валидации использовать тестовые сигналы, имитирующие реальные условия: для электрокардиографов — стандартные сигналы ЭКГ с помехами; для холтеров — сигналы с дрейфом изолинии, артефактами движения и изменением импеданса.

5. При обучении персонала акцентировать внимание на различиях в эксплуатации: электрокардиограф — это «быстрый и точный снимок», холтер — «длительная запись в условиях помех и движения».

Таким образом, с позиции клинического инженера электрокардиографы и холтеровские регистраторы — это устройства с принципиально разными инженерными решениями, рассчитанными на разные эксплуатационные условия и клинические задачи. Электрокардиограф обеспечивает высокоточную, стандартизированную запись в контролируемых условиях, а холтер — длительную, автономную регистрацию с учётом влияния внешних факторов.

Понимание этих различий позволяет грамотно планировать техническое обслуживание, валидацию и интеграцию оборудования, обеспечивая стабильное качество диагностики и безопасность пациентов. Дальнейшее развитие технологий будет идти по пути повышения помехоустойчивости, автоматизации анализа и улучшения интеграции в цифровые медицинские системы, что потребует от клинических инженеров

постоянного обновления компетенций и адаптации регламентов обслуживания.

Список литературы:

1. Арутюнов, Г. П. Применение шкал для оценки риска у пациентов с артериальной гипертонией и хронической сердечной недостаточностью: методология и клиническое значение / Г. П. Арутюнов, Ж. Д. Кобалава, С. В. Моисеев [и др.] // Российский кардиологический журнал. — 2021.
2. Волкова, Н. И. Электрокардиография : учебное пособие / Н. И. Волкова, И. С. Джериева, А. Л. Зибарев [и др.]. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 136 с.
3. Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) risk score [Электронный ресурс]: справочная статья // Radiopaedia. — URL: <https://radiopaedia.org/articles/thrombolysis-in-myocardial-infarction-timi-risk-score> (дата обращения: 10.06.2026).
4. Рубаненко А. О. Эволюция шкалы CHA₂DS₂-VASc в прогнозировании риска развития инсульта у пациентов с фибрилляцией предсердий // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. — 2023. — Т. 19, № 2. — С. 197–202. — DOI: 10.20996/1819-6446-2023-03-05.
5. Гарькина, С. В. Профилактика инсульта при фибрилляции предсердий: ключевые аспекты (мнение по проблеме) / С. В. Гарькина, Ю. В. Миллер, С. В. Гуреев [и др.] // Российский кардиологический журнал. — 2025.
6. Антикоагулянтная терапия у больных с фибрилляцией предсердий : учебно-методическое пособие / Е. И. Баранова [и др.] ; под ред. Е. В. Шляхто. — Санкт-Петербург : РИЦ ПСПбГМУ, 2021.
7. Лагутина, С. Н. Сравнительный анализ оценки риска фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий с использованием SCORE/SCORE2 у пациентов на амбулаторном этапе / С. Н. Лагутина, А. А. Пашкова, И. С. Добрынина [и др.] // Вестник терапевта. — 2023.