

УДК 622.68.002.5

**ОБЗОР ТЕРМОМЕТРОВ И СРЕДСТВ ФИКСАЦИИ
ИНФОРМАЦИИ**

Павлюкевич Д.А., аспирант гр. ГПа-251, I курс

Научный руководитель: Захаров А.Ю., профессор кафедры ГМиК,
доктор технических наук

Термометры являются одним из наиболее распространенных инструментов измерения температуры, используемых практически повсеместно – от медицины до промышленности. Современные технологии позволяют создавать высокоточные устройства, способные фиксировать даже незначительные изменения температурных показателей. Однако выбор подходящего прибора зависит от множества факторов, включая область применения, требуемую точность измерений и условия эксплуатации. В промышленных условиях достижение точных измерений температуры и контроля состояния подшипников, двигателей и других элементов конвейеров имеет решающее значение. В отличие от бытовых термометров, эти устройства должны надежно работать в экстремальных условиях, включая высокое давление, агрессивные химикаты и экстремальные температуры. Их прочная конструкция и точное функционирование делают их незаменимыми в таких отраслях, как производство, химическая обработка, производство продуктов питания и энергетика. Правильное измерение и фиксация температуры в промышленности помогают предотвратить аварии, уменьшить износ оборудования и поддерживать стабильность производимых товаров. Поэтому промышленные термометры и средства фиксации информации становятся важной составляющей эффективного управления производством [1].

По данным приведенным в отчёте Market Research Intellect на 2024 год, мировой рынок промышленных термометров оценивается в \$2,5 млрд. Прогнозируемый рост до \$4 млрд к 2033 году при среднем годовом темпе роста (CAGR) 6,5% в период с 2026 по 2033 год [2].

Промышленный ассортимент термометров отличается значительным разнообразием: каждый тип прибора оптимизирован под конкретные задачи и соответствует определённым эксплуатационным требованиям. Два главных класса измерительных устройств — контактные и бесконтактные термометры — имеют принципиальные различия: они работают по разным механизмам, используются в неодинаковых сферах и обладают своими особенностями применения (рисунок 1) [3].

Принцип работы контактных термометров основан на измерении температуры при непосредственном контакте с объектом или средой. Чувствительный элемент (датчик) передаёт тепловую энергию от объекта к измерительному устройству. Типы контактных термометров: термометры расширения, манометрические термометры, термоэлектрические термометры, термометры сопротивления (таблица 1) [4-6].

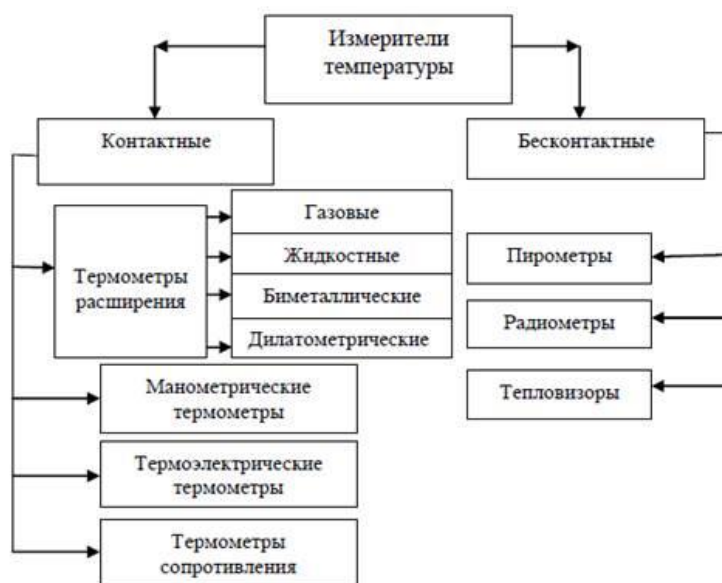


Рисунок 1 – Классификация промышленных термометров

Таблица 1 – Типы контактных термометров

Тип термометра	Принцип действия	Рабочий элемент / вещество	Диапазон измерений	Особенности и область применения
Газовый (термометр расширения)	Основан на законе Шарля: линейная зависимость между давлением газа и температурой при постоянном объеме	Инертный газ (заполняет термобаллон, головку и капиллярную трубку)	от -271°C до $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ (зависит от типа газа)	Подходит для широкого диапазона температур; используется в условиях, требующих высокой стабильности измерений
Жидкостный (термометр расширения)	Использует свойство теплового расширения жидкости	Ртуть, этиловый спирт, керосин, толуол и т.д.	от -100°C до $+600^{\circ}\text{C}$	Распространён в лабораторных и промышленных условиях благодаря простоте и наглядности показаний
Дилатометрический (термометр расширения)	Работает на принципе разности удлинений двух твёрдых тел с различными температурными коэффициентами линейного расширения	Два твёрдых тела с разными коэффициентами расширения	от -30°C до $+1000^{\circ}\text{C}$	Используется в условиях, где важна устойчивость к механическим воздействиям и вибрациям
Биметаллический (термометр расширения)	Основан на разнице коэффициентов теплового расширения двух металлов: при нагреве пластина изгибается	Два металла с разным коэффициентом теплового расширения	от -100°C до $+600^{\circ}\text{C}$	Высокая прочность и устойчивость к скачкам давления; применяется в промышленности и системах отопления

Продолжение таблицы 1

Манометрический	Основан на измерении давления (или объёма) рабочего вещества в замкнутом объёме: оно меняется при изменении температуры	Газовые (ТГП): азот, аргон, гелий; Жидкостные: ртуть, метилсилиол, силиконовые жидкости; Конденсационные (ТКП): ацетон, метилхлорид, фреон	Газовые: от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$; Жидкостные: от $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$; Конденсационные: от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$	Применяется в системах с дистанционной передачей данных; включает термобаллон, капиллярную трубку и измерительную пружину
Термоэлектрический (термопара)	Работает на основе эффекта Зеебека: при соединении двух разнородных металлов и поддержании их спаев при разной температуре в цепи возникает электрическое напряжение, пропорциональное разности температур	Два проводника из различных металлов или сплавов	Зависит от типа термопары (в целом широкий диапазон)	Используется для высокотемпературных измерений и в агрессивных средах; требует защиты термоэлектродов и компенсационных проводов
Сопротивления	Основан на изменении электрического сопротивления чувствительного элемента (ЧЭ) в зависимости от температуры	Металлическая проволока (платина, медь, никель) или плёнка на диэлектрической основе	Широкий диапазон (зависит от материала ЧЭ)	Высокая точность и стабильность; применяется в промышленности для измерения температуры жидких, газообразных сред и твёрдых тел; используются трёх- и четырёхпроводные схемы подключения для минимизации погрешностей

Бесконтактные термометры — это приборы для измерения температуры объектов без физического контакта с ними. К ним относятся пирометры, радиометры и тепловизоры. Каждый из них имеет свои принципы работы, особенности и сферы применения [7].

Пирометр (инфракрасный термометр) — прибор для бесконтактного измерения температуры на поверхности объекта. Он улавливает инфракрасное излучение и мгновенно показывает результат на экране. Устройство быстро анализирует полученные данные и выводит точный температурный результат.

Среди ключевых особенностей пирометра — бесконтактное измерение температуры, что обеспечивает безопасность оператора и позволяет работать с горячими или труднодоступными объектами [8].

Радиометры — приборы, которые измеряют плотность потока частиц или квантов. В контексте измерения температуры радиометры могут фиксировать интенсивность инфракрасного излучения, но их основное применение связано с измерением других видов излучения (например, ультрафиолетового или ионизирующего). Среди ключевых особенностей применения устройства — использование в сельском хозяйстве для мониторинга состояния посевов, оценки влажности почвы и контроля качества зерна, а также в промышленности, где прибор помогает отслеживать интенсивность УФ-излучения в процессах УФ-отверждения [9].

Тепловизор — прибор, фиксирующий тепловое (инфракрасное) излучение объектов и создающий термограмму, или тепловую карту. На этой карте температурные различия между объектами отображаются в виде цветового градиента: тёплые зоны окрашиваются в красные, жёлтые и оранжевые оттенки, а холодные — в синие и чёрные. Из-за того, что человеческое зрение неспособно воспринимать инфракрасные лучи, тепловизор оснащён специализированными сенсорами, которые регистрируют это излучение и конвертируют его в визуальное представление на экране [10].

Выбор типа термометра зависит от конкретных задач, требуемой точности, условий эксплуатации и других факторов.

Контактные термометры обеспечивают высокую точность ($\pm 0,05^\circ \text{C}$ у электронных моделей, $\pm 0,7^\circ \text{C}$ у термопар) и подходят для измерений при прямом контакте — например, в пищевой промышленности, лабораториях или при погружении в жидкости/сыпучие материалы. Их преимущества: стабильность показаний, широкий диапазон (до $+1000^\circ \text{C}$ и выше), простота эксплуатации в контролируемых условиях.

Бесконтактные термометры (пирометры, тепловизоры) позволяют быстро измерять температуру (1–5 секунд) без взаимодействия с объектом — критично для опасных, труднодоступных или высокотемпературных сред (металлургия, электрооборудование под напряжением). Они эффективны при массовых замерах (аэропорты, стройплощадки), работе в условиях запылённости/дыма, тепловом аудите зданий. Погрешность обычно $\pm 0,2\text{--}0,5^\circ \text{C}$, диапазон — от -50°C до $+3000^\circ \text{C}$ (у профессиональных моделей) [11].

При выборе и эксплуатации промышленных термометров важно учитывать специфику технологического процесса, условия среды и требования к точности измерений. Это позволит обеспечить надёжную работу оборудования и достоверность данных.

Помимо самих термометров, важным элементом эффективной системы мониторинга температуры является грамотная фиксация и обработка полученной информации. Это позволяет не только отслеживать текущие параметры, но и анализировать тенденции, прогнозировать неисправности, оптимизировать

процессы и обеспечивать безопасность производства. Для реализации этой задачи используются логгеры данных, SCADA-системы и специализированное ПО для аналитики [12,13].

В таблице 2 представлены результаты сравнения разновидностей бесконтактных термометров.

Таблица 2 – Сравнение бесконтактных приборов

Параметр	Пирометр	Радиометр	Тепловизор
Что измеряет	Температуру в одной точке	Плотность потока частиц или квантов	Распределение температуры по поверхности (термограмма)
Принцип работы	Улавливает ИК-излучение и преобразует его в цифровое значение	Преобразует энергию частиц или квантов в электрические сигналы	Фиксирует ИК-излучение, преобразует его в изображение с цветовой кодировкой температуры
Применение	Быт, промышленность, строительство, обслуживание техники	Сельское хозяйство, контроль УФ-излучения, радиационный мониторинг	Строительство, энергетика, медицина, охрана, диагностика оборудования
Визуализация данных	Числовое значение температуры	Зависит от модели (может отображать графики или числовые данные)	Цветовая термограмма

Логгеры данных – это устройства автоматического накопления и передачи собранных температурных показателей. Они непрерывно фиксируют показания датчиков с заданной периодичностью (от долей секунды до нескольких часов), сохраняют их во внутренней памяти и могут передавать данные в режиме реального времени через проводные или беспроводные интерфейсы (например, RS-485, Ethernet, Wi-Fi, LoRaWAN или GSM) [12].

Работа логгера данных осуществляется поэтапно следующим образом: первоначально сенсор (включая термодатчик) направляет аналоговый или цифровой сигнал на приёмник устройства (стадия сбора информации); затем внутренний аналогово-цифровой преобразователь осуществляет цифро-аналоговое преобразование сигнала; впоследствии измерённые величины записываются во внутреннюю энергонезависимую память (такую как flash-память или EEPROM) или внешний накопитель (фаза сохранения данных); позже, согласно установленному графику или внешнему запросу, регистратор отправляет сохранённую информацию на внешние устройства — ПК, сервер или облако посредством одного из доступных коммуникационных интерфейсов (USB, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, GSM/GPRS, LoRaWAN или спутниковые каналы передачи данных); наконец, по-

лученные данные вводятся в специальное ПО для последующего анализа, построения графиков и таблиц, подготовки отчётности и обнаружения отклонений в значениях контролируемых величин [14-16].

Основные параметры температурных логгеров включают точность, которая обычно составляет $\pm 0,5^\circ \text{C}$, и разрешение — до $0,1^\circ \text{C}$; эти характеристики определяют надёжность получаемых данных. Интерфейсы связи бывают проводными (USB, RS 232/485, Ethernet) и беспроводными (Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, GSM). Кроме того, устройства могут обладать дополнительными встроенными функциями: будильниками, оповещениями (по SMS или e-mail), возможностью калибровки и защитой паролем.

Существует несколько типов логгеров данных в зависимости от их функциональности, способа подключения и передачи данных, количества измерительных каналов и сферы применения (таблица 3).

Таблица 3 – Типы логгеров данных

Тип логгера данных	Описание	Область применения
Автономные одноканальные	Измеряют один параметр (температуру) в одной точке. Компактны, недороги	Логистика, склады, лаборатории
Многоканальные	Подключают несколько датчиков (температура, влажность, давление, вибрация) к одному устройству	Производства, научные эксперименты
Стационарные сетевые	Интегрируются в промышленные сети (Modbus, Profibus), передают данные в SCADA системы	Энергетика, металлургия
Портативные с дисплеем	Позволяют просматривать данные на месте	Выездные проверки
С облачной передачей	Автоматически отправляют данные в облачные сервисы для удалённого мониторинга и аналитики	Удалённый мониторинг и аналитика

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition — система надзора и сбора данных) — это комплекс программно-аппаратных средств для мониторинга и управления промышленными или инженерными объектами в реальном времени. SCADA-системы собирают данные с датчиков и контроллеров (температуры, давления, потока и т. д.), отображают их на экранах операторов и позволяют дистанционно отдавать команды. SCADA-системы играют существенную роль в оптимизации и упрощении рабочего процесса, предоставляя компаниям мощные инструменты для управления и мониторинга операций [17].

Основные компонентами SCADA являются:

- HMI (Human-Machine Interface) — графический интерфейс с мнемосхемами, графиками температуры, аварийными уведомлениями;
- сбор данных — архивация показаний датчиков для анализа трендов;
- удалённый доступ — контроль через веб-интерфейсы или мобильные приложения;

- аналитика — прогнозирование аномалий (например, перегрев оборудования)

Одним из ключевых преимуществ SCADA-систем является способность интегрировать различные аспекты производства под единым управлением, позволяя операторам быстро принимать решения на основе полной картины.

Для аналитики также используют специальные программы (таблица 4), которые помогают работать с базами данных, визуализировать данные, использовать методы машинного обучения и проводить статистический анализ. Специальные программы для аналитики обрабатывают накопленные данные, выявляют тенденции нагрева, строят температурные профили и моделируют поведение системы в различных режимах. Благодаря алгоритмам машинного обучения и статистического анализа они способны обнаруживать аномалии на ранних стадиях — например, постепенный перегрев подшипника или ухудшение теплоизоляции, прогнозировать остаточный ресурс оборудования, предлагать оптимальные режимы работы для снижения энергопотребления и износа, а также формировать рекомендации по плановому техническому обслуживанию [18-19].

Существует много программ аналитики. Некоторые типы специальных программ для аналитики приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Специальные программы для аналитики

Категория	Название	Описание
BI-системы (Business Intelligence)	Power BI (Microsoft)	Платформа для сбора данных из баз, CRM, облачных сервисов и создания интерактивных дашбордов
	Yandex DataLens	Инструмент для создания визуальных отчётов и дашбордов с поддержкой интеграции с сервисами Яндекса
ETL-инструменты	Apache Airflow	Открытое ПО для обработки данных, подходит для разработчиков, работающих на Python
Инструменты для работы с данными и машинного обучения	Jupyter Notebook	Интерактивная среда для написания кода, визуализации данных и документирования результатов анализа
	Pandas	Библиотека Python для структурирования данных, работы с числовыми таблицами и временными рядами
Программы для работы с базами данных	DBeaver	Программа для работы с десятками СУБД (MySQL, Oracle и др.), позволяет писать SQL-запросы, просматривать таблицы и визуализировать связи между элементами
Специализированные решения для анализа процессов	Proceset	Российская система активной бизнес-аналитики с функциями Process Mining (анализ бизнес-процессов), Task Mining (анализ бизнес-операций), мультипроцессной аналитики и др.
	Modus BI	Российское облачное решение для оперативной бизнес-аналитики с конструктором дашбордов и прогнозированием

Заключение:

Анализ современных термометров и средств фиксации информации демонстрирует непрерывное развитие рынка — появляются инновационные решения, повышающие точность и удобство эксплуатации. Научные и практические испытания промышленных термометров нацелены на повышение их точности, надёжности и работоспособности в разных условиях. Таким образом, внедрение эффективных термометров и современных средств фиксации информации способствует повышению производительности и снижению издержек на эксплуатацию ленточных конвейеров. Использование новейших технологий позволяет заранее выявить потенциальные проблемы и избежать дорогостоящих ремонтов и длительных остановок производств.

Достоверность измерений в любых рабочих условиях напрямую зависит от правильного выбора оборудования. Оптимальный подбор промышленного термометра и системы фиксации данных обеспечивает бесперебойность и эффективность технологического процесса. В процессе принятия решения необходимо комплексно оценить: условия эксплуатации, метрологические требования (точность и скорость измерений) и бюджетные ограничения проекта.

Список литературы

1. Кириллов, Ю. М. Критерии выбора промышленных термометров // Научно-технический журнал. — 2023. — № 3.
2. Market Research Intellect. Global Industrial Thermometer Market Size and Forecast : [исследование]. — URL: <https://www.marketresearchintellect.com/ru/product/global-industrial-thermometer-market-size-and-forecast/> (дата обращения: 05.03.2026).
3. Eksis. Виды приборов для измерения температуры в промышленных и лабораторных условиях : [статья]. — URL: <https://www.eksis.ru/materials/articles/vidy-priborov-dlya-izmereniya-temperatury-v-promyshlennykh-i-laboratornykh-usloviyakh.php> (дата обращения: 05.03.2026).
4. Industria Ten. Преобразователи термоэлектрические (термопары) : [каталог]. — URL: <https://industriaten.ru/catalog/termoregulirovanie/preobrazovateli-termoelektricheskie-termopara/> (дата обращения: 05.03.2026).
5. Td-etalon.com. Как работают термометры сопротивления : [Электронный ресурс] // td-etalon.com. — URL: td-etalon.com (дата обращения: 05.03.2026).
6. Omsk Etalon. Преобразователи термоэлектрические (термопары) : [каталог продукции]. — URL: <https://omsketalon.ru/catalog/preobrazovateli-termoelektricheskie-termopary> (дата обращения: 05.03.2026).

7. Geotax.ru. Бесконтактные термометры : [Электронный ресурс] // geotax.ru. — URL: geotax.ru (дата обращения: 09.03.2026).
8. Vaer.msk.ru. Тепловизоры и пирометры : [Электронный ресурс] // vaer.msk.ru. — URL: vaer.msk.ru (дата обращения: 09.03.2026).
9. Lab Instruments. Радиометр : [статья]. — URL: <https://labinstruments.ru/stati/radiometr> (дата обращения: 09.03.2026).
10. EFT Group. Тепловизоры: как работают, где используются и как выбрать : [статья в блоге]. — URL : <https://eftgroup.ru/blog/stati/teplovizory-kak-rabotayut-gde-ispolzuyutsya-i-kak-vybrat/> (дата обращения: 09.03.2026).
11. Матросов, Ю. В. Современные методы измерения температуры в промышленности. Т. 1 / Ю. В. Матросов. — Москва : Наука, 2021. — С. 15–20.
12. Testo. Логгеры данных температуры : [каталог продукции]. — URL: <https://www.testo.ru/ru-RU/pribory/loggery-dannyh-temperature> (дата обращения: 15.03.2026).
13. ЕТМ. Библиотека знаний : [сайт]. — URL: . <https://www.etm.ru/ipro3/library/1827> (дата обращения: 15.03.2026).
14. Иванов, И. И. Основы автоматизации измерений / И. И. Иванов, П. П. Петров. — Москва : Наука, 2020. — С. 45–48.
15. Сидоров, А. А. Современные датчики и системы мониторинга / А. А. Сидоров, Н. Н. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Политехника, 2021. — С. 112–115.
16. Николаев, Г. Г. Регистраторы данных и технологии обработки информации / Г. Г. Николаев, Е. Е. Смирнов. — Новосибирск : Академическое издательство, 2022. — С. 21–24.
17. EuroTechService. Как SCADA-системы упрощают рабочий процесс : [статья на сайте]. — URL: <https://evrotekhservis.ru/kak-scada-sistemy-uproshhajut-rabochij-process> (дата обращения: 15.03.2026).
18. Calltouch. Популярные программы для аналитики данных: подборка лучших сервисов : [блог]. — URL: <https://www.calltouch.ru/blog/populyarnye-programmy-dlya-analitiki-dannyh-podborka-luchshih-servisov/> (дата обращения: 15.03.2026).
19. КР.ru. Лучшие системы бизнес-аналитики : [статья]. — URL: <https://www.kp.ru/money/biznes/luchshie-sistemy-biznes-analitiki/> (дата обращения: 15.03.2026).