

421522.100 ДР1

Перб. причин.

Справ. №

НПД. 421522.100 ПЗ



# Приборы

## - это просто

Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Стр.	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Степанищев	<i>[Signature]</i>	01.07.04
Проб.		Петерсон	<i>[Signature]</i>	11.07.04
Н. контр.				
Учб.		Булычев	<i>[Signature]</i>	15.07.04

421522.100 ДР1

МУЛЬТИТЕСТ

Лит.	Стр.	Страниц
А	1	17/стр.34
НПП "СЕМИКО"		

Копировал

Формат А4/А5



## Содержание

Современные электронные аналитические приборы .....	4
Лабораторное исполнение .....	6
Предназначены для установки на лабораторный стол.....	6
Питание от сети .....	7
Оптимальны для применения в лаборатории .....	9
Высокие метрологические характеристики .....	10
Просты в использовании .....	14
Просты в управлении .....	18
Продуманный дизайн.....	24
Программное обеспечение.....	25
Контроль вводимых значений .....	26
Надежность .....	27
Время наработки до отказа .....	28
Срок гарантии.....	30
Ремонтопригодность .....	31
Низкая стоимость.....	33
Области применения.....	34

В нескольких словах трудно описать, чем один прибор отличается от другого, выполняющего аналогичные функции. Поэтому изготовители обычно сообщают краткие технические характеристики и то, что они выпускают уникальное оборудование, но с оптимальным отношением цена-качество. Или что-либо подобное. Самые интересные сведения при этом остаются за кадром.

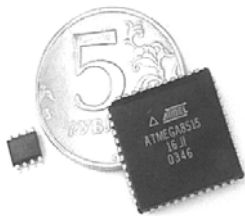
Здесь говорится о том, какие идеи заложены в приборы серии МУЛЬТИТЕСТ, для кого они выпускаются и почему сделаны именно так, а не иначе. Иными словами, раскрыто содержание некоторых привычных рекламных штампов.

### **Современные электронные аналитические приборы**

Приборы предназначены для проведения химического анализа различными электрохимическими методами. Список методов и методик, которые поддерживаются приборами серии, постоянно расширяется.

Современные - предполагает применение недавно разработанных электронных компонентов, там, где это необходимо. Например, в приборах используются микроконтроллеры, флэш-память, операционные усилители и другие элементы, которые появились в последнее время и дают выигрыш по каким-либо параметрам.

Микроконтроллеры (микроЭВМ) - это самые главные и сложные элементы электронной схемы. Они выполняют заложенную в прибор программу. В качестве главного микроконтроллера, для взаимодействия с оператором, передачи данных и т.п. применяются микроЭВМ серии МК51. Это удачная и хорошо себя зарекомендовавшая серия, поддерживаемая и успешно развиваемая производителями. Разумеется, в приборы устанавливаются современные микросхемы серии, с необходимым быстродействием и объемом памяти.



Другой тип контроллеров необходим там, где требуется немедленная реакция на входной сигнал. Для этого применяются быстродействующие RISC-микроконтроллеры серии AVR. Время отклика на входное воздействие в них исчисляется наносекундами.

Флэш-память - это память, которая способна долгое время хранить записанную информацию без внешнего электрического питания. Большинство производителей таких микросхем устанавливает гарантированный срок хранения информации 100 лет. При этом неоднократно, в любой момент, можно ее изменить. В такой памяти приборы сохраняют всевозможные настройки, градуировочные характеристики электродных систем и пр.

Микросхемы флэш-памяти позволяют отказаться от резервного питания в приборах. Например, от литиевых элементов, которые требуют периодической замены.



Операционные усилители - это аналоговые микросхемы. От них в первую очередь зависят метрологические параметры приборов. Например, во входных усилителях рН-метров/иономеров применены микросхемы со сверхвысоким входным сопротивлением. В других узлах необходимо малое собственное смещение. Везде актуален малый температурный дрейф, от которого зависит устойчивость прибора к колебаниям температуры.

## Лабораторное исполнение

*Предназначены для установки на лабораторный стол*



Габаритные размеры приборов серии (230 x 220 x 50 мм) и их форма предназначены именно для этого.

Все разъемы расположены на задней и правой боковой панели. Внизу есть резиновые ножки, препятствующие скольжению. Верхняя часть корпуса герметизирована.

Выбор компоновки позволяет не экономить место за счет разъемов и клавиш. Поэтому часть моделей выпускается с несколькими физическими входными каналами. Отдельные разъемы устанавливаются для датчика температуры и связи с компьютером. На клавиатуру нанесены надписи, соответствующие назначению: "Выход", "Ввод", "Сброс", цифры и т.д.

Хотя приборы серии МУЛЬТИТЕСТ имеют небольшие размеры, примерно как средних размеров книга, объем корпуса вполне достаточен для размещения всей электроники. Задача миниатюризации в этом случае не ставилась. Поскольку, если ставятся какие-то дополнительные ограничения, например на занимаемый объем, всегда приходится чем-то жертвовать, например точностью. Для лабораторных приборов это неразумно.

Тем более не ставилась задача сделать приборы промежуточного класса между портативными (карманными) и лабораторными.

Выпускаются портативные приборы со встроенными датчиками, но это совсем другое оборудование по параметрам, по области применения и по стоимости.



При помощи таких приборов обычно проводят только оценочные измерения и определяют места отбора проб. Такие приборы можно носить в нагрудном кармане, как шариковую ручку.

Промежуточный же класс не имеет практического смысла. Зачем нужен прибор, который можно держать в руке во время измерений, если он все равно всегда лежит на столе, около штатива с электродами?

Экономить занимаемое прибором место на лабораторном столе тоже бессмысленно, так как прочее оборудование все равно место занимает. Калькуляторы в часах и авторучках довольно быстро вышли из моды, когда выяснилось, что это не столько удивительно, сколько удивительно неудобно.

### ***Питание от сети***

Приборы МУЛЬТИТЕСТ предназначены для работы от сети 220 В, 50 Гц. Впрочем, возможный диапазон напряжения и частоты, в котором сохраняются работоспособность и метрологические характеристики, достаточно широк. В приборах установлен фильтр, защищающий от сетевых помех. Имеется варисторная защита от скачков напряжения и плавкая вставка, ограничивающая ток. Напряжение питания коммутируется обычным двухпозиционным переключателем, то есть выключенный прибор не просто находится в спящем режиме, а реально отключен от сети. Сетевой трансформатор защищает схему от пробоя напряжением до 3500 В. Специальная микросхема, так называемый супервизор, постоянно контролирует напряжение вторичного питания прибора и, при необходимости, подает сигнал об окончании работы главному микроконтроллеру.

Отказ от встроенных элементов питания дает значительные преимущества.

Питание от встроенных элементов актуально только для упомянутых ранее малогабаритных переносных приборов. Если в лаборатории отключают электричество, то прибор, допустим, работать будет. Но без мешалки, освещения или вытяжного шкафа обойтись в некоторых случаях трудно.

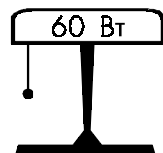
Если требуется работать в лаборатории при отключенном электричестве, следует приобрести отдельный источник бесперебойного питания. Для работы в полевых условиях от аккумуляторов, от бортовой сети и т.п. выпускаются специальные конверторы. То и другое стоит не очень дорого и может использоваться там, где необходимо. От одного такого источника может работать целая лаборатория. Это гораздо разумнее, да в целом дешевле и надежнее, чем встраивать их подобия в каждый выпускаемый прибор.



Отказ от батарей освобождает значительное место внутри корпуса, сводит к нулю вероятность выхода прибора из строя вследствие неправильной установки или разгерметизации элементов, упрощает схему блока питания и позволяет не экономить потребляемую мощность.

Специальных мер по уменьшению энергопотребления при разработке приборов не принималось, подбор элементной базы проводился по критериям точности и надежности. Тем не менее, потребляемая мощность невелика и составляет менее  $3 \text{ В} \cdot \text{А}$ .

Это в 20 раз меньше, чем у самой скромной настольной лампы. Причем, примерно половина потребляемой мощности тратится как раз на подсветку индикатора.



Если существующий прибор перевести на питание от батарей, он мог бы работать автономно часа три. За счет отказа от подсветки индикатора и снижения метрологических параметров, применив другие элементы в электронной схеме, это время можно увеличить. Но зачем? Проблему это не решит.

Если делать прибор, ориентированный на долговременную автономную работу, его следует делать изначально не так. За счет всего остального следует минимизировать энергопотребление. Об автономной работе можно говорить, если обеспечить время непрерывной работы хотя бы 50 часов. Такой прибор сделать, безусловно, можно, но это будет уже не лабораторный прибор.

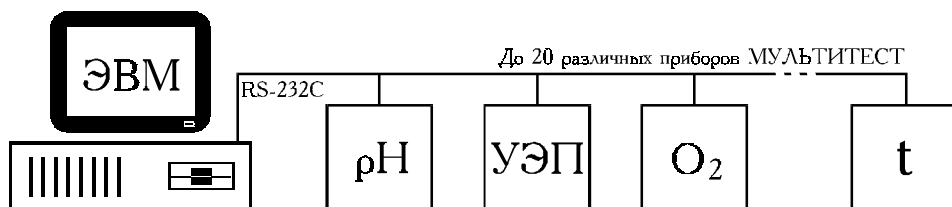
Если же объединить требования долговременной автономной работы, высокой точности, и приемлемой стоимости, прибор в итоге будет скорее возимый, нежели переносный.



## ***Функциональные возможности и метрологические характеристики оптимальны для применения в лаборатории***

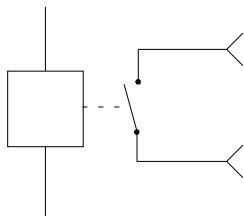
Приборы имеют необходимую для работы точность и диапазон измерения. Например, метрологические характеристики рН-метров/иономеров МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ позволяют работать со всеми электродными системами. Возможность задания параметров изопотенциальной точки электрода позволяет настроить автоматическую термокомпенсацию и т.д. Приборы сочетают гибкость настройки, возможность работы с разнообразными датчиками в широком диапазоне концентраций с возможностью проводить серийные анализы по заранее внесенной в память методике.

Набор возможностей в целом характерен для современного лабораторного оборудования. Например, все приборы имеют связь с ЭВМ (компьютером) по интерфейсу RS-232C.



Приборы оснащены знакосинтезирующим индикатором, на который одновременно выводятся результаты измерения, к примеру, концентрации и температуры. Информация организована в систему меню и экраны режимов.

Хотя по функциональному назначению приборы полностью соответствуют лабораторному оборудованию, в них имеются расширенные возможности, приближающие их к промышленному. Например, связь с компьютером производится по сетевому протоколу. Приборы без дополнительного оборудования объединяются в сеть передачи данных.



Некоторые модели имеют настраиваемый аналоговый выход, позволяющий подключить вторичный измерительный прибор, самописец и т.п., а также релейные выходы для сигнализации предельных значений измеряемой величины замыканием или размыканием контактов.

## **Высокие метрологические характеристики**

Приборы обеспечивают высокую точность и стабильность показаний в широком диапазоне измеряемых значений при малой чувствительности к помехам и наводкам.

Это - главная задача, которая была поставлена и решена при разработке приборов серии МУЛЬТИТЕСТ.

Вся конструкция приборов, как аппаратная часть, так и программа, ориентирована на обеспечение метрологических характеристик. Для примера рассмотрим особенности рН-метров/иономеров.

В серии выпускается два типа рН-метров/иономеров: обычной и повышенной точности. Приборы обычной точности по техническим условиям имеют погрешность  $\pm 0,02$  ед. рН(рХ), повышенной точности -  $\pm 0,005$  ед. рН(рХ).

Приборы обычной точности имеют характеристики рядовых современных приборов. Приборы повышенной точности позволяют получить более точный результат, если это требуется.

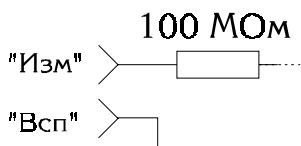
Случайная составляющая погрешности сведена к минимуму.

Погрешность измерения входного сигнала имеет две составляющие - случайную и систематическую. Систематическая составляющая вызывает погрешность при измерении ЭДС, но не влияет на измерение рН(рХ) и концентрации, поскольку сокращается при вычислениях.

Поэтому при проведении измерений методом прямой потенциометрии на погрешность результата основное влияние оказывает случайная составляющая. Ее типичное значение для приборов серии - менее 0,05 мВ.

Конструкция потенциометрических входов обеспечивает сверхвысокое входное сопротивление.

Применение специальных микросхем усилителей входного сигнала, воздушный монтаж элементов, использование разъемов с необходимыми характеристиками позволяют достичь значений сопротивления порядка тераом ( $1 \text{ ТОм} = 1\,000\,000 \text{ МОм}$ ).



Чтобы показать, как велико это значение, можно привести такой факт. Последовательно с измерительным электродом внутри прибора установлен резистор номиналом 100 МОм.

Одна из его функций - защита входного канала от пробоя. Допустим, на вход прибора подан короткий импульс, с амплитудой напряжения 10 киловольт. Такое может быть, если оператор носит синтетическую одежду. Ток через входной канал при этом будет всего 100 мкА ( $10\,000 \text{ В} / 100\,000\,000 \text{ Ом}$ ).

Оценить величину входного сопротивления можно без специальных приборов. Необходимо подать на потенциометрический вход потенциал около 1000 мВ от нормального элемента, имитатора электродной системы или элемента питания 1,2-1,4 В, и выждать установление показаний. После чего отсоединить источник от входа прибора, оставив последний разомкнутым. После начального переходного процесса, вызванного размыканием цепи, на входе останется некоторый потенциал. Обозначим его  $U_1$ .

Этот потенциал, накопленный на емкости входного канала, постепенно разряжается через входное сопротивление. Выждем некоторое время  $t$ , допустим, 30 секунд, и считаем с индикатора второе значение, которое назовем  $U_2$ .

В первом приближении можно полагать, что

$$R_{вх} = \frac{U_2 t}{|U_2 - U_1| C_{вх}},$$

где  $C_{вх}$  - емкость входа, равная 1 нФ. В формулу следует подставить  $C_{вх} = 1,0 \cdot 10^{-9}$  Ф, время в секундах, потенциал в любых единицах, например мВ, значение сопротивления получится в единицах Ом.

Если значение сопротивления существенно ниже приводимых величин, следует очистить разъем соответствующего канала от загрязнения.

Эта формула\* может использоваться для оценки входного сопротивления любых иономеров, если известно значение величины  $C_{вх}$ .

Высокое входное сопротивление иономера позволяет работать с любыми электродами. Кроме этого, оно важно для обеспечения низкой погрешности.

Дополнительная погрешность от изменения сопротивления в цепи измерительного электрода должна быть сравнима с основной погрешностью. Если необходимо, чтобы при изменении сопротивления на 500 МОм измеренное значение изменялось не более чем на 0,5 мВ при значении ЭДС 1000 мВ, входное сопротивление должно быть не менее 1000 ГОм или 1 ТОм (т.е.  $500 \text{ МОм} \cdot 1000 \text{ мВ} / 0,5 \text{ мВ}$ ).

Прибор с такими характеристиками может быть использован с любым типом электродов, поскольку собственное сопротивление электрода в этом случае значения не имеет.

Влияние температуры на результаты измерений мало.

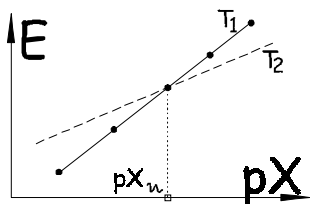
Для обеспечения этого использованы элементы с малой зависимостью характеристик от температуры. Одним из таких элементов является внутренний источник опорного напряжения прибора.

---

\* Формула для расчета входного сопротивления на самом деле гораздо сложнее. На практике, для оценки качества входного каскада, как правило, измеряют величину входного тока, которая составляет подавляющую часть погрешности и слабо зависит от абсолютного значения входного напряжения. Его можно определить по формуле:

$$I_{вх} = \frac{|U_2 - U_1|}{t} C_{вх}$$

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) прибора периодически измеряет опорное напряжение и автоматически корректирует свои параметры. Это позволяет уменьшить влияние изменения характеристик элементов АЦП на результат измерения.



Для устранения влияния температуры на результаты ионометрических анализов применяется также автоматическая температурная компенсация, учитывающая изменение крутизны электродной функции в зависимости от температуры в соответствии с уравнением Нернста.

Параметры изопотенциальной точки вводятся пользователем. Температура может быть измерена датчиком или, если датчик отсоединен, введена вручную с клавиатуры. Температурная компенсация в любой момент может быть включена или выключена.

Широкий диапазон измерений важен для обеспечения возможности работы с любыми электродными системами.

ЭДС существующих электродных систем укладывается в диапазон  $\pm 3000$  мВ. Поэтому выбор именно такого диапазона измерения ЭДС для иономеров не случаен. Если значение будет меньше, прибор не сможет работать со всеми существующими типами электродов. Большая величина не имеет особого смысла, т.к. таких электродов попросту нет.

Диапазон измеряемых без значительной потери точности значений ЭДС в приборах составляет около  $\pm 5000$  мВ. В паспортах указано значение  $\pm 3000$  мВ. Большее значение параметра не было введено в технические условия, поскольку оно не имеет практического смысла.

Входное сопротивление не мешает иметь высокую скорость отклика приборов на изменение ЭДС.

При проведении измерений входное сопротивление прибора зашунтировано сравнительно малым сопротивлением электродной системы.

Значительный вклад в уменьшение погрешности и времени установления показаний вносит цифровая фильтрация входного сигнала.

Прибор имеет встроенную программу, которая является операционной системой, работающей в реальном времени. В этой системе есть и библиотека математических функций.

Обработка результатов измерений может проводиться по формулам практически любой сложности без заметных потерь времени и точности.

Входной сигнал обрабатывается адаптивным цифровым фильтром, который позволяет отсеять помехи и наводки и выделить истинное значение сигнала.

Параметры фильтра выбраны оптимальным образом для работы с электродными системами.

**Приборы обладают высокой помехоустойчивостью.**

Одним из критериев выбора параметров фильтра было подавление помех промышленной частоты 50 Гц. Поскольку приборы работают от сети, то данная помеха может наводиться и с сетевого шнура, проходящего параллельно кабелям датчиков. Поэтому этот частотный диапазон фильтруется с особенной тщательностью.



Наводки от перемещения зарядов в пространстве, в частности, от перемещения оператора, тоже требуют фильтрации. Их частоты составляют от нескольких герц до долей герца. Используя цифровую фильтрацию сигнала, удалось добиться того, что приборы не реагируют на прикосновения оператора к корпусу и кабелям во время измерений.

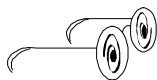
## **Просты в использовании**

В приборах есть необходимый минимум функций для обеспечения удобной работы и отсутствуют редко используемые на практике возможности.

Современные электронные компоненты позволяют создать прибор практически неограниченной сложности. Бурное развитие электроники устранило существовавшие недавно барьеры, такие как объем памяти, быстродействие, габариты, энергопотребление и др. Препятствий к увеличению программы прибора, если она написана изначально правильно, также нет.

Это позволяет разработчикам увлекаться открывающимися возможностями, излишне усложняя свои приборы. Кроме того, еще три фактора усугубляют это положение.

Первый, это желание разработчика перенести часть своей работы на пользователя. Гораздо проще ввести еще одно меню настройки того или иного параметра, чем подобрать его так, чтобы у пользователей вообще не возникало мысли о его существовании.



Второй, наиболее мощный, это рекламное давление, убеждающее потребителей, что только новые модели самые лучшие, а самые лучшие модели это самые сложные и дорогие. Если в телефоне нет видеокамеры и цветного дисплея, а еще лучше двух, то это уже и не телефон вовсе.

И третий, это иллюзии потребителей, которые, под воздействием рекламы готовы платить за ненужные им функции. Ну что это за телевизор, говорят они, в нем всего 99 каналов и нет телетекста. Поэтому, чтобы остаться на "современном" уровне, производителям приходится насыщать свои изделия и программы всевозможными ненужными украшениями.

При разработке приборов была поставлена цель - ничего лишнего. Все, что удовлетворяет большинство пользователей, дополнительно не настраивается. Все возможности, которые редко используются, в прибор не включаются. Самой трудной задачей было остановиться на оптимальном уровне.

Например, при разработке приборов было принято решение не заносить результаты измерений в память для последующего просмотра или передачи в компьютер. Эту функцию иначе называют "электронным блокнотом".

Все соглашались, что если данную функцию вводить, то делать это нужно как следует. Чтобы не приходилось говорить так: "Занесите результат измерений в электронный блокнот. Запишите в лабораторный журнал дату, время, место отбора, номер пробы и номер соответствующей записи в электронном блокноте, но полученный результат ни в коем случае не записывайте. В последующем, когда блокнот переполнится, перенесите данные в компьютер (если получится). И только тогда перепишите результат измерения с экрана компьютера в лабораторный журнал в соответствии с ранее записанным в него номером".

Чтобы данная функция была не просто строкой в рекламе, не издевательством над рискнувшими ее попробовать пользователями, а могла применяться в реальной работе, нужно сделать многое.



Если вводить в прибор память результатов измерений, то следует одновременно вводить часы реального времени, резервное питание этих часов, оптимальную систему размещения, хранения и выдачи сохраненной информации. В итоге получается прибор, который значительно сложнее, чем прибор без этой функции. Он потребует настройки и периодической синхронизации часов, функций работы с памятью - выбора записей, упорядочения, просмотра, удаления и т. д.

Сделать такой прибор не так уж и проблематично, но опять же зачем? Данные в лабораторный журнал все равно записывать нужно, почему не делать этого сразу. А вот когда нужно записать таблицу зависимости результатов измерения от времени, это проще сделать при помощи компьютера. Причем эта таблица будет неограниченной длины, в удобном формате и без каких-либо проблем с упорядочением, просмотром, переносом и прочим. Да и немногим пользователям нужны динамические характеристики электродных систем или других датчиков.

Сказанное выше о значительном усложнении прибора, относится только к варианту качественной реализации данной функции. Другой вариант - сделать как попало, чтобы было что написать в рекламе, не рассматривался, как недостойный. Ввести в приборы память на сотню-другую ничем, кроме номера, не помеченных результатов и сейчас можно за неделю, ресурсов в серийных моделях для этого более чем достаточно.

Тем не менее, в приборы введен таймер, который можно использовать как при градуировке, так и при измерении.

Использование таймера не является обязательным. Решение о записи результатов градуировки в память может быть принято оператором, даже если таймер настроен и включен.

Это принципиальный момент - прибор должен обеспечивать возможность с удобством на нем работать, но не должен указывать оператору, как это следует делать.

Здесь также были рассмотрены различные варианты.

Таймер в приборах требуется для устранения субъективности при выборе момента окончания градуировки или записи результатов измерения. Другим таким параметром может являться величина дрейфа электродной системы (для определенности будем говорить о рН-метрах/иономерах). Под дрейфом подразумевается производная - изменение показаний прибора за единицу времени.



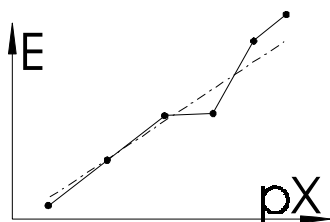
Продолжительность одного определения обычно приводится в методиках, а допустимый дрейф нет. Значит, сам выбор порога дрейфа уже вносит некоторую субъективность.

В каждом приборе проводится измерение временных интервалов с высокой точностью. Поэтому, в отличие от часов реального времени, таймер не увеличивает сложность схемы. Его не нужно синхронизировать с внешними часами и не требуется, чтобы он продолжал работу, пока прибор выключен.

Поэтому, после рассмотрения возможных плюсов и минусов, было принято решение о применении таймера. А определение величины дрейфа может быть выполнено при помощи программного обеспечения, бесплатно поставляемого с прибором.

И еще, к вопросу о простоте в использовании. Например, режим линеаризации электродной функции по методу наименьших квадратов в приборы не включен потому, что может привести к грубым ошибкам, если одна из точек графика введена неправильно.

Подобные случаи, конечно, можно исключить, но любая дополнительная настройка усложнит работу с прибором, а распространенные методики анализа линеаризации графика не требуют.



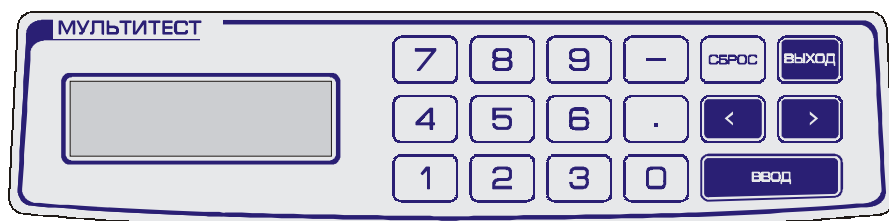
Там, где она необходима, также следует работать с прибором через компьютер, установив переключатель МНК (метод наименьших квадратов) в соответствующей программе.

В итоге количество настраиваемых параметров, функций и возможных режимов работы удалось свести к необходимому минимуму.

## Просты в управлении

Управление приборами производится при помощи клавиатуры. Информация считывается с жидкокристаллического индикатора. Выводимая информация оформлена в систему меню и экранов режимов.

Клавиатура построена по тому же принципу, что и сам прибор. Есть все необходимые для работы клавиши, и нет лишних.



Всего в приборе 17 клавиш. Из них четыре используются при работе с меню и экранами - это клавиши "ВЫХОД", "<", ">" (ВЫБОР) и "ВВОД". Остальные: "-"(МИНУС), "."(ТОЧКА), "СБРОС" и десять цифровых - предназначены для ввода чисел. Надписи на клавишах выполнены на русском языке и соответствуют исполняемой функции. Например, числа набираются цифрами, а не как-либо иначе.

Клавиши не перегружены дополнительными функциями. Но, для удобства в работе, клавиши от "1" до "3" могут использоваться для прямого переключения каналов в многоканальных приборах, а "0" - для запуска и останова, например, таймера или титратора.

Клавиши для прямого входа в различные режимы не используются принципиально. Проще найти нужную функцию, зная, где она расположена в структуре меню, нежели разучивать три-четыре способа ее вызвать, а потом каждый раз решать, как сделать это быстрее.

Для включения и выключения прибора используется переключатель на задней панели, снимающий напряжение сетевого питания со схемы. Для индикации подачи напряжения на прибор служит желто-зеленая подсветка индикатора.

В приборах используется знаковосинтезирующий индикатор со встроенным управлением, размер поля - две строки по шестнадцать символов.

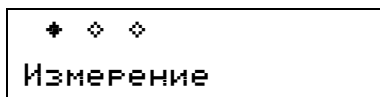
Выбор индикатора также не случаен. На индикаторе любого прибора значительная часть выводимой информации это буквы и цифры. На знаковосинтезирующем индикаторе можно выводить не только буквы и цифры, но и произвольные символы, что приближает его по возможностям к графическому. Эта возможность широко использована в приборах серии МУЛЬТИТЕСТ.

Размер выводимых символов, около 5 мм, позволяет уверенно считывать показания прибора на расстояниях до одного метра. Больше обычно и не требуется, если прибор стоит на столе.

Безусловно, графический индикатор позволяет отображать большее количество информации в более удобной форме. Но при этом требует и больших ресурсов: памяти и быстродействия. В итоге, стоимость приборов с графическим индикатором увеличится, причем без заметного выигрыша по важным параметрам, в том числе и по удобству в работе.

Поэтому примененный тип индикатора не достоинство и не недостаток приборов. Это компромиссное решение между выбором семисегментного, знаковосинтезирующего и графического типа индикатора по эргономическим требованиям и оптимальное с точки зрения стоимости.

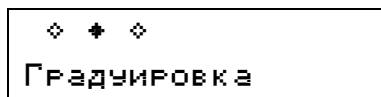
Благодаря тщательному отбору используемых функций и настраиваемых параметров удалось минимизировать количество всевозможных меню и экранов режимов. Для каждого экрана также применялось правило - выводить максимум необходимой информации, но ничего, что не нужно в данный момент.



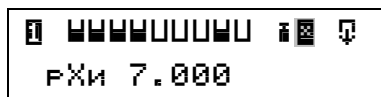
Например, главное меню большинства приборов состоит из трех пунктов: "Измерение", "Градировка" и "Настройка".

В это меню прибор входит после включения, и оно является отправным пунктом всей системы меню. Структура меню имеет вид дерева, где ветки и листья - это другие меню и экраны режимов.

На индикатор прибора нельзя вывести названия всех пунктов одновременно. Поэтому пункты меню обозначаются условными символами, а активный (выбранный) - мигает или, как в данном случае, периодически изменяет вид.



Рассмотрим подробнее один из режимов, например, экран режима "Градуировка" многоканального иономера.



В него можно попасть, если нажатием "→" выбрать пункт "Градуировка" главного меню и нажать ВВОД.

Слева направо в верхней строке расположены пункты:

**1** - номер канала.

В данном случае первый. Следовательно, прибор многоканальный или имеет хранимые в памяти характеристики электродных систем (методики).

**■** и **□** - пункты стандартных растворов с введенными и не введенными параметрами раствора соответственно.


Заполнять стаканы можно в любой последовательности, для чего следует зайти в любой пункт **□**. Для проведения измерений достаточно двух, на рисунке введено пять.


Параметры отдельного стандартного раствора посмотреть подробно, зайдя в пункт **■**. Там же можно их сбросить для повторной градуировки по данному раствору.

Общее количество пунктов - девять. Для большинства методик химического анализа это количество избыточно, но есть методики с семью, восемью и даже девятью стандартными растворами. С другой стороны, большое количество точек градуировочного графика можно использовать для работы вне линейного участка характеристики или с принципиально нелинейными электродными системами. И, если уж предоставлять такую возможность, к чему искусственно ограничивать количество точек градуировки.

В рН-метрах число стандартов - восемь. Значения рН стандартных растворов в приборах не фиксированы.

 - молярная масса.

Это значение требуется для пересчета молярной концентрации в массовую. Вид пункта свидетельствует о том, что значение молярной массы не введено (иначе символ имел бы вид ). Следовательно, или его еще не ввели, или первый канал прибора используется для измерения pH.

 - изопотенциальная точка  $pX_{и}$ .

Значение введено (иначе символ имел бы вид \*). Пункт активен. На нем в верхней строке установлен курсор (мигающий прямоугольник), а в нижней строке выводится наименование пункта "рХи" и введенное значение 7,000. Нажатие клавиши ВВОД переведет прибор в режим сброса значения изопотенциальной точки.

Количество цифр после запятой говорит о том, что прибор - повышенной точности. Само значение косвенно подтверждает, что прибор используется для измерения pH, можно даже строить предположения о типе электрода.

 - сброс.

После захода в этот пункт будет предложено сбросить все параметры первого канала для работы по другой методике или только стандартных растворов для повторной градуировки. В первом случае, к примеру, значение изопотенциальной точки будет сброшено, во втором - сохранено.

Такое количество информации сосредоточено только в одном экране, при этом загроможденным он отнюдь не выглядит.

Сообщения и наименования пунктов меню выводятся на русском языке. Везде, где это возможно, сокращения не используются.

Там, где это невозможно, используются общеупотребительные сокращения. Например, значение изопотенциальной точки обозначается "рХи" (или "рНи" в pH-метрах).

Если какой-либо режим работы не доступен, то соответствующий пункт на индикатор не выводится.

Автоматическая температурная компенсация может использоваться, только если введены параметры изопотенциальной точки. В этом случае, в экране "Измерение" есть пункт, позволяющий включить или отключить термокомпенсацию и показывающий текущее состояние. Если параметры точки не введены, данный пункт не выводится.

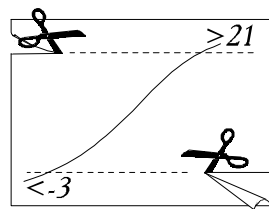
Результаты измерений выводятся на индикатор в привычных для химика величинах. Диапазон выбирается автоматически.

Величины массовой концентрации в зависимости от значения могут выводиться в размерности г/л, мг/л или мкг/л. То есть величина  $1,345 \cdot 10^{-5} \text{ г/дм}^3$  будет представлена на индикаторе прибора, как 13,45 мкг/л.

Если прибор не может вывести какое либо значение, то на индикатор выводится значение соответствующей границы и знак больше или меньше.

При выходе за границу диапазона измерения рН-метр будет выводить значение до 21 ед. рН, а далее, независимо от значения, на индикатор будет выведено "рН >21".

Ограничение создано намеренно. Реально возможности рН-метра ограничены диапазоном измерения ЭДС. При диапазоне  $\pm 5000 \text{ мВ}$ , диапазон измерения рН приблизительно равен  $\pm 86 \text{ ед. рН}$  ( $5000/58$ , где 58 мВ/ед. рН - теоретическое значение крутизны электродной функции при  $25^\circ\text{C}$ ).



Но это число не имеет смысла, такие значения реально не существуют. Поэтому в технических условиях на рН-метры можно было указать диапазон как -2...20 ед. рН, так и -20...20, или, например, -50...50.

Указание диапазона измерения активности исторически возникло при описании стрелочных и первых цифровых приборов (с семисегментным индикатором). Там существовали ограничения при выводе информации, поэтому диапазон и нормировался. Сейчас диапазон измерения активности приводится в рекламных материалах скорее как дань традиции.

Значение диапазона -2...20 выбрано, поскольку оно разумно. Можно было написать и 0...14 ед. рН, что достаточно для реальной работы, но это не сделано из-за рекламных соображений. Некоторые пользователи могут выбирать прибор по данному параметру. Не хотелось бы заведомо проигрывать на фоне других приборов, имея реально более высокие характеристики.

При выводе чисел производится корректное округление.

Дискретность вывода измеренного значения ЭДС во всех рН-метрах и иономерях составляет 0,1 мВ. Поэтому значение 1018,38 мВ будет представлено, как 1018,4 мВ. Программа прибора оперирует большим количеством цифр. Округление производится только при выводе на индикатор.

При помощи ЭВМ можно получить от прибора результаты измерения в полулогарифмическом представлении (с плавающей точкой) в формате float языка Си.

```
float E,pX,C,M;  
float Mm=39.1;  
C=pow(10,-pX);  
M=Mm*C;
```

В приборах нет самопроизвольно появляющихся и исчезающих экранов. Для изменения состояния или перехода в другой экран оператор должен нажать ту или иную клавишу.

Есть только два исключения из этого правила.

Первое. После включения на индикатор выводится наименование и назначение прибора, которое сменяется главным меню после завершения внутренних тестов.

Второе. При каких-либо неполадках, экраны сообщений системы самодиагностики возникают в любой момент времени, независимо от режима работы.

Приборы сохраняют в памяти не только параметры электродных систем и методик, но и такие мелочи, как номер канала, по которому последний раз проводились измерения, установленную размерность, режим термокомпенсации и т.п.

При работе это почти не заметно. Но если бы размерность и другие параметры нужно было выбирать каждый раз при входе в режим измерения, или даже один раз после включения, это бы незамеченным не осталось.

## Продуманный дизайн

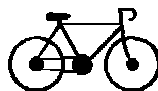
Дизайн приборов отвечает современным требованиям. При разработке учитывались эстетические и эргономические показатели качества.

Эстетические показатели оцениваются уровнем стилового решения формы, ее функциональностью, композиционной законченностью и качеством отделки поверхности.

Эргономические показатели оцениваются по удобству обслуживания, его оперативности и безопасности.

Утилитарная форма приборов оптимальна для использования в лабораторных условиях.

Форма соответствует антропометрическим и физиологическим возможностям человека. У приборов небольшие габариты и масса, удобная клавиатура и различные надписи на панелях и индикаторе.



Расположение клавиш традиционно и не противоречит навыкам работы.

Условные обозначения, надписи и основные приемы работы в большинстве случаев понятны без изучения руководства по эксплуатации. На этапе разработки проверялось, что специалисты способны в течение нескольких минут самостоятельно, без описаний и подсказок, освоить интерфейс приборов.

Приборы имеют функциональную окраску.

Нижняя часть корпуса имеет черный цвет. Верхняя - светло-серый ("компьютерный"). Надписи на передней панели выполнены темно-синим цветом.

Окраска прибора намеренно сделана неяркой. Приборы не бросаются в глаза на выставках, но зато и не раздражают при ежедневной работе. Кроме того, на светло-сером фоне меньше заметны загрязнения.

Желто-зеленая подсветка индикатора также создает комфортные условия для работы.

## **Программное обеспечение**

Программное обеспечение приборов, базирующееся на операционной системе реального времени, минимизирует затраты времени и средств на разработку новых моделей.

Работа со всеми внутренними и внешними устройствами организована при помощи отдельных модулей - драйверов. Например, добавление новых клавиш "-" (минус) и "←" (выбор влево) в приборы, которое было недавно сделано, фактически свелось к добавлению нескольких строк в таблицу скан-кодов драйвера клавиатуры.

Приборы имеют математическую библиотеку, которая позволяет производить вычисления практически неограниченной сложности за короткое время. Внутреннее представление чисел в полулогарифмической форме позволяет производить вычисления в широком диапазоне без переполнения разрядной сетки. Точность вычислений значительно превышает погрешность измерительной части приборов.

Многоуровневая система прерываний позволяет прибору оперативно реагировать на разнообразные внешние воздействия.

Стабильный таймер позволяет строго выдерживать временные интервалы и жестко синхронизировать все внутренние процессы.

Использование сторожевого таймера и специальных контрольных алгоритмов устраняет возможность зависания или сбоев в работе программного обеспечения.

На этапе разработки приборов проводилась многократная проверка программного обеспечения во всех режимах работы независимыми исполнителями. Все выявленные недоработки немедленно устранялись. Это, в сочетании с опытом эксплуатации, позволяет говорить об отсутствии ошибок в программах приборов.

## Контроль вводимых значений

Приборы мягко, но решительно, пресекают некорректные действия оператора.

Вряд ли нужно говорить, что нажатие не используемых в режиме клавиш или их сочетаний никаких действий не вызывает.

Это аксиома. Прибор, который при этом зависает или выходит в непредсказуемый режим, должен называться страшным глюкалом, а не микропроцессорным прибором.



Например, при вводе сетевого номера (это может быть целое число от 0 до 255), нажатие клавиш "Минус" и "Точка" не даст никакого эффекта.

Прибор не запрещает набрать любое число, но не более, чем из трех цифр. Четвертая не набирается. После нажатия клавиши "Ввод" значение будет проверено. Если оно не корректно (например, 999), то число будет сброшено, а прибор останется в этом режиме до ввода корректного числа или до нажатия клавиши "Выход". В последнем случае будет восстановлено предыдущее значение.

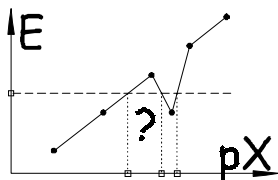
Подобный принцип применен во всех случаях, где значения вводятся оператором.

Но прибор не навязывает ограничений, если способен выдать осмысленный результат. Прибор только подсказывает, что, по его мнению, оператор мог ошибиться.

В иономерах при градуировке электродных систем контролируется исправность электродов, по значению крутизны электродной функции. Перед записью точки градуировочного графика в память выводится значение крутизны и задается вопрос "Записать?" и два варианта ответа "Да" и "Нет".

Если значение крутизны находится в пределах разумного, то по умолчанию выбран ответ "Да" и нажатие клавиши "Ввод" запишет результат в память. Если вне этих пределов - выбран ответ "Нет". В этом случае, если оператор автоматически, не глядя на индикатор, нажмет клавишу "Ввод", значение не запишется и выполнение градуировки будет продолжено. Для записи в память придется сознательно выбрать ответ "Да".

Если действия оператора могут привести к ошибкам в работе, то они блокируются.



Если при градуировке электродной системы в иономере ввод очередной точки приведет к смене знака крутизны, прибор не сможет работать из-за неоднозначности.

Одному и тому же значению потенциала при измерении будет соответствовать несколько значений концентрации и прибор не сможет выбрать из них нужное. Выводить первое попавшееся - это, разумеется, не решение.

Поскольку смена знака крутизны во время градуировки - явное следствие ошибки, прибор не допускает ввода такого значения в память. При попытке ввода на экране появляется надпись "Ошибка градуировки" и прибор выходит из режима по нажатию клавиши "Выход". После выяснения причины ошибки, градуировка может быть продолжена. Возможные причины описаны в руководстве по эксплуатации.

## Надежность

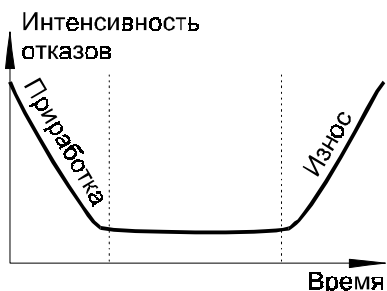
Надежность - это свойство изделия сохранять во времени свою работоспособность. Надежность - важный показатель качества продукции, который обуславливается ее безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью. Надежность изделий закладывается при проектировании и обеспечивается при изготовлении.

## ***Время наработки до отказа***

Одним из распространенных способов охарактеризовать надежность изделия является указание времени средней наработки до отказа.

Хотя понятие надежности значительно шире. Этот параметр является показателем только безотказности изделия. Вдобавок, указанным параметром можно легко манипулировать, пользуясь неосведомленностью потребителей.

Рассмотрим только два наиболее распространенных способа.



Первый, это испытание изделий без учета вида кривой интенсивности отказов. В начале эксплуатации выявляются всевозможные скрытые дефекты, выходят из строя элементы низкого качества и пр. Это так называемый период приработки изделия.

Уважающий себя производитель, в том числе наше предприятие, держит изготовленные приборы на прогоне в течение этого времени.

С увеличением срока службы элементы начинают стареть, параметры их меняются, постепенно выходя за пределы допустимого. Это период износа.

Эти два периода можно выделить для каждого достаточно сложного изделия, к которым приборы, безусловно, относятся. Отсутствуют они только в идеальном случае.

Очевидно, что испытание одного прибора в течение, к примеру, 10000 часов, это не то же самое, что испытание 100 приборов в течение 100 часов.

С математической точки зрения: поток отказов не обладает свойством эргодичности, поскольку не выполняется условие стационарности - вероятностный режим изменяется со временем. Поэтому, просто брать время испытания и умножать на количество приборов в общем случае нельзя.

Второй способ манипуляции - это отсутствие учета случайного характера отказов при испытаниях. Иными словами, даже если одно изделие проработало, к примеру, в течение 8500 часов, это еще не говорит о том, что такое среднее время наработки до отказа подтверждено испытаниями.

Для того, чтобы можно было оценить эту величину самостоятельно, рассмотрим пример правильного расчета данного параметра.

Пусть взято пять изделий, которые проработали 1550 часов без единого отказа. (План испытаний  $[N=5, U, T=1550]$ ). Поток отказов считаем простейшим, то есть не будем учитывать периоды приработки и износа (см. способ первый).

$$T_n = \frac{5 \cdot 1550}{r},$$

где  $r$  - параметр, зависящий от уровня доверительной вероятности. Значение параметра  $r$  и соответствующее значение  $T_n$  приведены в таблице.

Доверительная вероятность	50%	90%	95%	99%
$r$	1	2,3	3,0	4,6
$T_n$	7750	3370	2580	1680

Таким образом, из приведенных данных следует только то, что средняя наработка до отказа с вероятностью 99% превышает 1680 часов и с вероятностью 90% превышает 3370 часов.

Если бы за указанное время произошел один отказ, то можно сказать, что с вероятностью 90% среднее время наработки до отказа находится между 2000 и 73600 часами.

Краткий математический комментарий к примеру. Случайная величина наработки до отказа при сделанных допущениях имеет обратное распределение Пуассона. Нижняя и верхняя доверительная граница,  $T_n$  и  $T_v$  соответственно, вычисляются следующим образом.

При нулевом числе отказов ( $m = 0$ ):

$$T_n = 2T_{исп} / x_{\alpha k}, \quad k=2.$$

При ненулевом числе отказов ( $m \neq 0$ ):

$$T_n = 2T_{исп} / x_{\alpha k}, \quad k=2(m+1),$$

$$T_v = 2T_{исп} / x_{(1-\alpha)k}, \quad k=2m,$$

где  $x_{\alpha k}$  - квантиль распределения хи-квадрат с числом степеней свободы  $k$ ;  
 $T_{исп}$  - время испытаний.

Параметр средней наработки до отказа для пользователей малоинформативен.

Во-первых, он никого ни к чему не обязывает. Сколько бы приборов не вышло из строя у пользователя, всегда можно сказать, что ему просто не повезло. И даже указать вероятность, с которой это должно было когда-то с кем-нибудь случиться.

Во-вторых, не имея в наличии приборов и достаточного времени, проверить соответствие заявленных характеристик реальным практически невозможно. Следовательно, нужно верить на слово изготовителю. При современном состоянии рынка это, мягко говоря, неразумно.

Один из критериев добросовестности изготовителя - наличие математического обоснования приводимых расчетов. Если этого нет, или расчеты подменяются декларативными заявлениями, можно делать соответствующие выводы и о качестве продукции.

Если прибор у пользователя выйдет из строя, вряд ли его утешит, что по техническим условиям среднее время наработки до отказа соответствует уровню лучших мировых производителей.

### ***Срок гарантии***

Экономика является основным критерием для решения большинства практических вопросов надежности. Поэтому срок гарантии гораздо более наглядный показатель, нежели отвлеченные математические упражнения.

Во-первых, это не просто абстрактное число в паспорте прибора, а реальное юридическое основание для проведения гарантийного ремонта.

Во-вторых, этот параметр приводится во многих местах. Изготовитель не может указать срок, не соответствующий действительности. Поэтому и вопрос о доверии не стоит.

Установление срока гарантии - это экономически обоснованное выражение уверенности производителя в качестве своей продукции.

Не секрет, что средняя стоимость гарантийного ремонта, умноженная на вероятность отказа в течение гарантийного срока, заложена в стоимость продукции.

Здесь могут быть различные варианты. Например, большой срок гарантии в совокупности со средней надежностью даст существенную прибавку к стоимости изделия.

Между прочим, есть еще два фактора, которые обычно умалчиваются. Первый, это вероятность того, что покупатель вообще станет обращаться за гарантийным ремонтом. Второй, это способность изготовителя найти предлог для отклонения претензий.

Для приборов это не актуально. Покупатели аналитического оборудования обычно не пренебрегают гарантиями. А отклонять претензии под надуманными предложениями не в наших правилах - репутация дороже.

Поэтому низкая стоимость в совокупности со сроком гарантии два года говорит о надежности приборов МУЛЬТИТЕСТ и реальном количестве отказов лучше, чем любые заверения.

### ***Ремонтопригодность***


Иногда приборы выходят из строя, как и любое другое оборудование. Ремонтопригодность заключается в приспособленности прибора к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей.

Приборы предупреждают возникновение неисправностей. Это качество заложено при разработке.

Например, приборы защищены от воздействия повышенных и пониженных напряжений питания. В первом случае срабатывает варистор и плавкая вставка, во втором - супервизор питания блокирует контроллеры и память не допуская хаотического исполнения программ. Измерительные входы приборов устойчивы к воздействию статического электричества. Другие входы и выходы, например интерфейса RS-232C, также защищены от коротких замыканий и повышенного напряжения. Разъемы в приборах, в том числе внутренние, сделаны различающимися во избежание неправильного подключения. Программное обеспечение не позволяет испортить прибор, даже если оператор будет хаотически нажимать клавиши.

Приспособленность к обнаружению неисправности заключается в наличии системы самодиагностики.

После включения приборы проводят серию внутренних тестов, при которых проверяется исправность отдельных узлов и элементов. Если тесты пройдены успешно, прибор переходит в рабочий режим.

**Неисправность:**  
**Ошибка АЦП 01** 

В противном случае, на экран выводятся сообщения системы самодиагностики.

**Отсутствует или  
нет обмена.**

При этом сообщается неисправный узел, условный номер, и характер неисправности.

Устранение отказов и неисправностей не вызывает трудностей вследствие модульной конструкции приборов.

Замена отдельных модулей не требует проведения повторной настройки прибора. После ремонта он может быть сразу направлен в поверку.

Взаимозаменяемость датчиков температуры тоже значительно увеличивает ремонтпригодность приборов. Любой датчик температуры подходит к любому прибору без каких-либо дополнительных настроек. Не выключая прибор можно отсоединить один датчик, присоединить другой и продолжить работу. Можно использовать и датчики других конструкций, например встроенные термодатчики ионоселективных электродов.

Взаимозаменяемость модулей значительно упрощает изготовление, техническое обслуживание и ремонт приборов.

## **Низкая стоимость**

Недорогие изделия - это понятие очень расплывчатое. В пособиях для начинающих рекламщиков (креаторов, soggy) написано, что образ товара не должен вызывать нежелательных ассоциаций. Из-за этого слово "дешевый" из оборота изъято.

Тем не менее, приборы МУЛЬТИТЕСТ стоят дешево (даже с НДС и без учета скидок).

Еще одно интересное выражение: "оптимальное соотношение цена-качество". Обычно это воспринимается, как "плохо - зато дешево".

В данном случае, низкая цена определяется не низким качеством продукции, а постановкой задачи. При разработке, в качестве одного из ограничительных факторов, была принята стоимость серийной продукции. Это необходимо для того, чтобы дать возможность приобрести качественную продукцию тем, кто в ней нуждается. Да и повышение конкурентоспособности на рынке - тоже не последний довод в современное время.

Низкая себестоимость получена вследствие выбора оптимальной конструкции и элементной базы. В первую очередь были обеспечены метрологические характеристики и надежность. Комплектующие элементы выбирались также по критериям доступности и взаимозаменяемости. Но стоимость компонентов при этом обязательно учитывалась.

Другая составляющая низкой стоимости - снижение затрат на производство. Максимальная унификация приборов, узлов, компонентов и программ позволяет закупать комплектацию партиями, изготавливать отдельные узлы серийно, оперативно комплектовать различные модели из заранее изготовленных составных частей.

Технологичная конструкция позволяет свести к минимуму количество операций при сборке приборов.

Настройка и проверка приборов максимально упрощена. Наиболее трудоемкие операции выполняются при помощи автоматизированных стендов, как автономных, так и с компьютерным управлением. Это позволяет снизить затраты рабочего времени на изготовление приборов.

## **Области применения**

Приборы могут применяться везде, где требуется проводить электрохимический анализ.

В научных учреждениях и исследовательских институтах, где необходимо проводить анализы по разнообразным, зачастую экспериментальным методикам, будут востребованы широкий диапазон, высокие метрологические характеристики приборов и скорость отклика на входное воздействие.

В учебных заведениях не лишними будут простой интерфейс, устойчивость приборов к непредсказуемым или умышленно неправильным действиям оператора, а также защищенность от случайного разлива жидкостей.

В промышленности и заводских лабораториях важна высокая помехоустойчивость приборов, особенно специальная фильтрация помех промышленной частоты.

В опытном производстве найдут применение аналоговые и релейные выходы приборов и связь с ЭВМ, с возможностью подключения нескольких приборов к одному порту компьютера.

В лабораториях, которые проводят большое количество однотипных анализов, будет оценена простота управления приборами и долговременное хранение в памяти методик и параметров настройки: выбранного канала, размерности, термокомпенсации и т.д.

Хочется надеяться, что приборы будут по достоинству оценены теми, для кого они предназначены.



Бесплатно



№ 3832710125