

УДК 622.867

*В.В. Стучилин, Е.А. Макеров*

***ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ  
ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ***

Семинар № 23

---

**В** научной лаборатории кафедры ЭИС под руководством профессора Шкундина С.З. ведутся работы по созданию информационно-измерительной системы медицинских аппаратов жизнеобеспечения (аппаратов искусственной вентиляции легких и ингаляционного наркоза).

Общей целью вентиляционной поддержки является замена отсутствующей или усиление неадекватной самостоятельной вентиляции, а также снижение патологически увеличенной работы, затрачиваемой больным на вентиляцию. Одновременно должны быть устранены или хотя бы снижены неблагоприятные воздействия на пациента, обусловленные резким отклонением механики ИВЛ (искусственной вентиляции легких) от механики нормального дыхания. Для достижения этих целей аппаратура ИВЛ должна удовлетворять нескольким общим требованиям.

На первом месте стоит необходимость соответствия аппаратуры медицинской технологии, применяемой для лечения дыхательной недостаточности определенной этиологии у больных различной возрастной группы. Это означает, что характеристики медицинской аппаратуры данного назначения должны обеспечивать необходимые и достаточные методики ИВЛ и требуемый для их реализации диапазон установки количе-

ственных показателей режима вентиляции. Для эффективного лечения методики и их показатели должны быть увязаны с уровнем подготовки медицинского персонала и техническим оснащением лечебного учреждения, где данный вид аппаратуры должен применяться.

Всестороннего подхода требует обеспечение безопасности пациента и медицинского персонала. Строго говоря, нет ни одного показателя аппарата ИВЛ, который можно считать не имеющим отношения к безопасности.

Но самое важное техническое требование к аппаратам ИВЛ - обеспечение надежности работы. Оно вытекает из жизнеобеспечивающего характера вентиляционной поддержки, достаточной сложности технических устройств, длительного непрерывного режима их применения, трудностей с техническим обслуживанием и обеспечением. Данное требование усиливается еще и тем, что аппараты нередко применяются в тяжелой и опасной ситуации, когда для спасения пациента в распоряжении медиков имеются только секунды.

Напомним, что надежность имеет четыре составляющих:

- безотказность;
- долговечность;
- сохраняемость;
- ремонтпригодность.

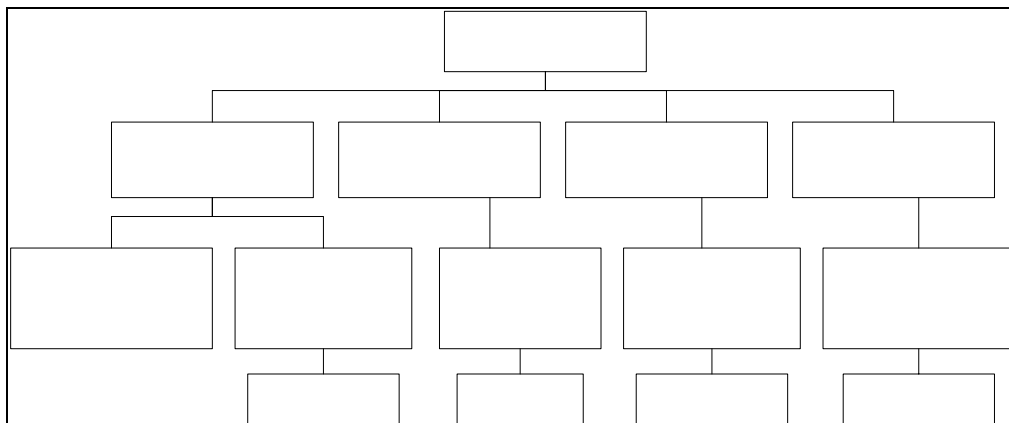


Рис. 1. Составляющие надежности, их нормируемые показатели с типичными значениями

Составляющие надежности - это, возможно, важнейшие показатели безопасности и качества НДА (наркотно дыхательного аппарата).

*Безотказность* характеризует способность изделия работать без поломок и отказов, причем критерии отказов должны быть конкретно сформулированы в документации. Для НДА отказом принято считать такое состояние изделия, при котором его нельзя продолжить нормально эксплуатировать. Отказом считается и любое нарушение требований безопасности. Существует несколько количественных оценок безотказности, но обычно нормируется и проверяется техническими испытаниями средняя наработка на отказ  $T_0$ . Ее величина не должна быть менее среднего числа часов, которое данное изделие нарабатывает в течение установленного для него гарантийного срока. Значение обратно пропорционально сложности аппарата и составляет обычно несколько тысяч часов.

Еще одна составляющая *безотказности* это точность данных, переданных по каналам связи внутри НДА. Контроль точности необходим из-за электромаг-

нитных помех, возникающих как внутри, так и вне НДА.

*Долговечность* характеризует длительность эксплуатации изделия до его капитального ремонта или списания. В технических условиях на изделие должны быть указаны конкретные критерии его состояния, при которых восстановление изделия невозможно или экономически нецелесообразно. Показатель *Долговечности* - *Средняя наработка на отказ*  $T_0$ , который для НДА не должен быть менее 4-х лет.

*Ремонтпригодность* означает возможность легкого доступа к компонентам, которые при эксплуатации требуется регулировать или заменить. Указание в эксплуатационной документации информации, необходимой для регулировки, отыскания причины неисправности и ремонта изделия. Однако единственный количественный показатель ремонтпригодности - среднее время восстановления (ремонта) изделия  $T_в$ .

*Сохраняемость* оговаривает предельный срок хранения изделия на складе в установленных условиях. Проверка показала, что причиной нарушения сохраняемости может быть старение некоторых материалов, особенно полимеров,

НАДЕЖ

БЕЗОТКА-  
ЗНОСТЬ

ДОЛГОВЕЧ-  
НОСТЬ

Точность дан-  
ных переданных  
по каналам связи

Средняя нара-  
ботка на отказ  
 $T_0$

Средний  
служ  
 $T_{сл}$

2000 ч

> 4 л

и компонентов; коррозия; слипание длительно контактирующих деталей; высыхание смазочных масел и т.п. Обеспечение длительного хранения поэтому требует определенных конструктивных мер и может потребовать периодического выполнения определенных операций. Нормируемый показатель - средний срок сохраняемости  $T_c$  для НДА не должен быть менее 6 месяцев.

Так как ИВЛ является сложным электротехническим устройством, то при его функционировании неизбежно возникают электромагнитные поля. Следовательно, необходимо предусмотреть электромагнитную совместимость.

При эксплуатации НДА требуется предотвратить воздействие через сеть и по эфиру электромагнитных помех, а именно:

- электростатических разрядов с напряжением 8-5 кВ,
- электромагнитных полей в диапазоне 26-1000 МГц,
- наносекундных импульсных помех по электропитанию амплитудой 1 кВ,
- микросекундных (50 мкс) импульсных помех большой энергии по электропитанию с амплитудой 1-2 кВ,
- провалов напряжения сети на 30 % длительностью 1 с,
- прерывания напряжения сети на 0,2 с,
- выбросов напряжения на 20% на 1 с.

В отличие от более детальной классификации по степени риска, согласно действующим стандартам на электромагнитную совместимость вся НДА отнесена к изделиям жизнеобеспечения, и поэтому к ней применяются самые жесткие требования.

Технические приемы для обеспечения электромагнитной совместимости только начинают определяться. Они

включают использование различных фильтров, развязок, экранирования, заземления и т.п. Высокую степень защиты обеспечивает питание аппаратуры через блоки бесперебойного питания компьютеров, которые решают проблему аварийного аккумуляторного питания и исключают влияние таких помех, как провалы напряжения сети длительностью 1 с, прерывание напряжения сети на 0,2 с и выбросы напряжения на 1 с, а также препятствуют проникновению помех по сети в обоих направлениях.

Одним из аппаратов ИВЛ для которых на каф. ЭИС МГГУ разрабатывается информационно-измерительная система – аппарат ингаляционной анестезии «КСЕНИЯ–001» (см. рис. 2). Этот аппарат работает под управлением промышленного компьютера, с внешней управляющей платой собственного производства. Ядром платы является процессор Atmel ATmega 128 – 8-разрядный КМОП микроконтроллер, основанный на расширенной AVR RISC-архитектуре. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл ATmega128 достигает производительности 1 млн. операций в секунду, что позволяет проектировщикам систем оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия. Плата обменивается информацией с ПК через интерфейс RS232. Также можно использовать RS485 или RS422, но так как процессор имеет поддержку 2-х интерфейсов RS232, то устанавливать внешние интерфейсы нецелесообразно. Плата принимает управляющую информацию от ПК. При передаче информации используется протокол, в котором информация передается «как есть», т. е. приемник считает, что информация достоверна. В протоколе не организована проверка

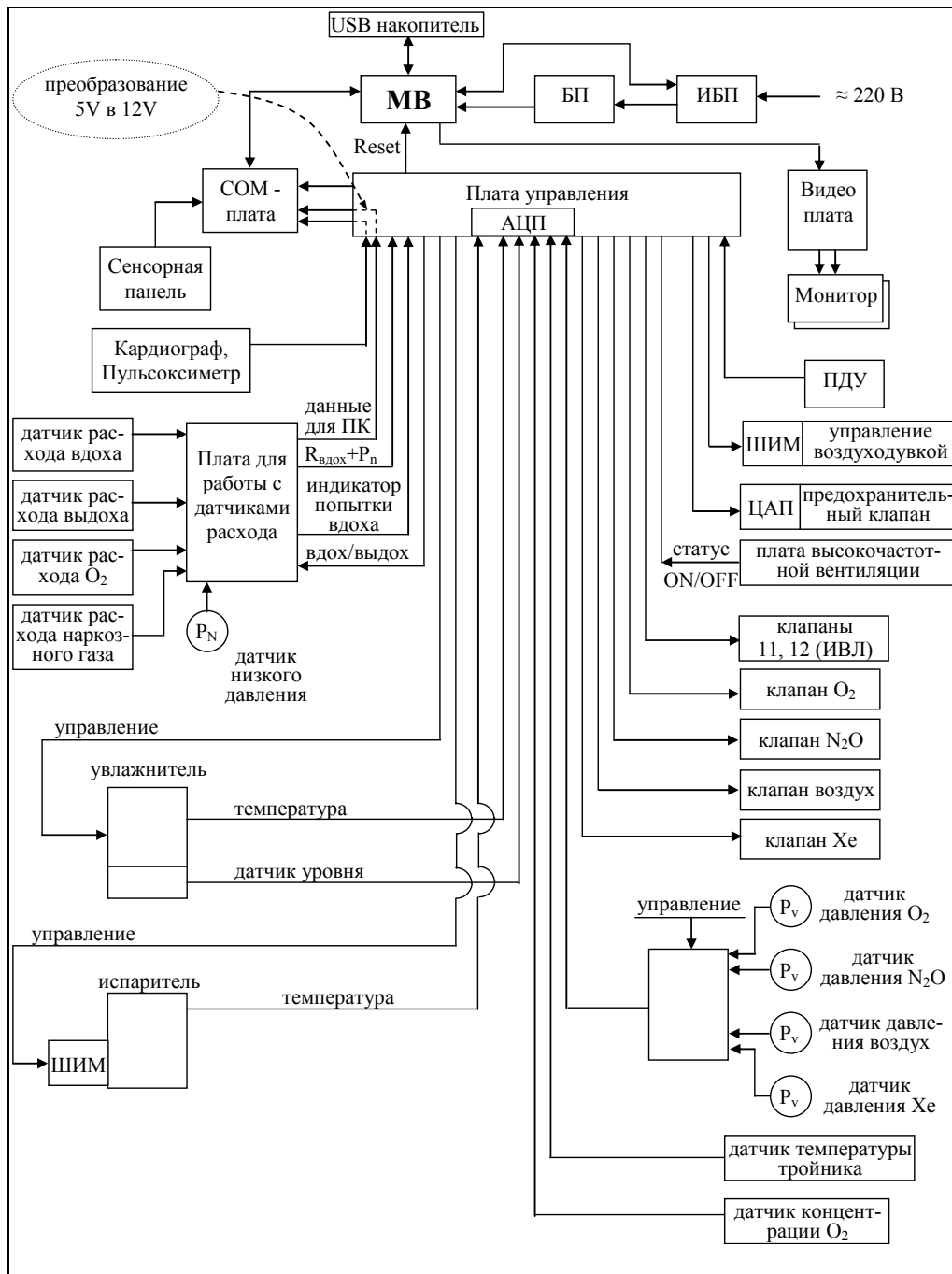


Рис. 2

правильности переданной информации.

Основной задачей этой части работы была разработка механизма передачи информации от компьютера к управляющей плате, при котором обеспечивалась бы должная степень надежности.

Для решения этой задачи необходимо использовать в протоколе какой-либо код обнаружения и коррекции ошибок, что в свою очередь приведет к избыточности.

Избыточность - единственный реальный базис обнаружения и коррекции ошибок. Она может быть "последовательной", в случаях применения любого из методов кодирования, т.е. передача дополнительной по отношению к "полезной" информации. Либо "параллельной", в случаях как использования параллельных каналов связи (возможно, различной физической природы), так и применения информационной обратной связи, т.е. возврат (используя дуплексный канал) принятой информации для анализа передатчиком ее правильности.

Степень избыточности определяет глубину и надежность обнаружения ошибок. Представляется очевидным, что чем больше дополнительной информации будет передано, тем большее количество ошибок и с большей достоверностью может быть обнаружено и даже, возможно, исправлено. Но, в то же время, тем меньше доля полезной информации в общем потоке данных и - тем меньше эффективная скорость приема/передачи и, в конечном счете, пропускная способность канала. Выбор процедуры коррекции ошибок, таким образом, можно рассматривать как оптимизационную задачу, критерием которой является минимизация накладных расходов при заданной надежности приема/передачи информации.

Фактор "объем трафика" заставляет с большой осторожностью относиться к таким методам коррекции ошибок, как

многократное дублирование передаваемой информации или применение информационной обратной связи. Объем передаваемой информации в первом случае возрастает как минимум втрое, а то и более. Во втором случае, гонять одну и ту же информацию в полном объеме в обе стороны только для обнаружения факта наличия ошибки с последующим повтором представляется также излишне расточительным.

Третьим фактором, оказывающим огромное влияние на выбор методов коррекции ошибок, является помеховая обстановка в канале передачи данных. Представляется на первый взгляд, что применение симплексного корректирующего кодирования - неплохое решение поставленной задачи. Это кодирование позволяет не только обнаруживать ошибки, но и указывать на их местоположение, т.е. исправлять их, что позволяет отказаться от обратной связи. Однако, степень избыточности при этом весьма высока: объем дополнительной информации сравним с объемом "полезной". Для исправления только одиночной ошибки необходимы по крайней мере три дополнительных бита на байт. И этот объем стремительно возрастает с ростом глубины коррекции ошибок, что в конечном счете может свести выигрыш от высокой надежности и отсутствия повторов к глобальному и стабильному проигрышу в объеме "излишнего" трафика, который, к тому же, будет совершенно индифферентен к помеховой обстановке.

Разумным компромиссом было сочтено применение циклического помехозащищенного кодирования с решающей обратной связью. Суть этого метода состоит в следующем. Вся "полезная" информация разбивается на "порции" - кадры. Передача каждого кадра завершается передачей специальной кон-

трольной последовательности кадра, подсчитанной по некоему, заранее определенному алгоритму. Этот рекуррентный алгоритм в процессе выдачи кадра модифицирует контрольную последовательность с помощью очередного выдаваемого байта. Сторона, принимая кадр, также подсчитывает контрольную последовательность по известному алгоритму. По окончании приема кадра производится сравнение подсчитанной контрольной последовательности с принятым в конце кадра ее значением. По результатам сравнения приемник решает: безошибочен ли

кадр, или его следует повторить. Результат решения этого вопроса приемник сообщает передатчику посредством некоего "флага". Отсюда другое название этого метода: метод автоматического повтора запроса (ARQ, Automatic Repeat reQuest).

Основная ответственность за надежность обнаружения ошибок при этом методе лежит на алгоритме вычисления контрольной последовательности кадра.

Таким образом, был выбран и опробован механизм проверки адекватности переданной информации от ПК к управляющей плате. **■**

### **Коротко об авторах**

*Стучилин В.В.* – доцент, кандидат технических наук,  
*Макаров Е.А.* –  
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 23 симпозиума «Неделя горняка-2007».  
Рецензент д-р техн. наук, проф. *С.З. Шкундин*.



## **ДИССЕРТАЦИИ**

### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БУРОВАЯ ТЕХНИКА» – ВНИИБТ»</b>			
ЯКОВЛЕВ Александр Сергеевич	Совершенствование техники и технологии ремонтно-изоляционных работ в скважинах методом тампонирования	25.00.15	к.т.н.