

УДК 531.1

И.В. Олейник¹, Л.А. Поспелов¹, О.И. Соловьёва²¹Национальный технический университет "ХПИ", Харьков²Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЧ-ГИПЕРТЕРМИИ

Работа посвящена результатам разработки программно-математического обеспечения для высокочастотной гипертермии комплекса «Extratherm-XXI M» и содержит описание программного продукта для управления комплексом. Состав программно-математического обеспечения: протоколы обмена главного компьютера с контроллерами подсистем, а также полный набор программ эмуляторов.

Ключевые слова: онкология, гипертермия, медико-технические требования, разработка, высокочастотный комплекс.

Введение

Настоящая работа является развитием содержания докладов [1, 2], посвященных разработке программно-математического обеспечения (ПМО), предназначенного для оптимального автономного автоматического управления высокочастотной гипертермической процедурой. Указанная процедура реализуется комплексом «Экстратерм-XXI» [3]. Первичной в этой разработке является выбор идеологии функционирования системы управления. Главная задача при разработке системы управления состоит в выполнении основополагающих условий – медико-технических требований (МТТ) [4]. Дело в том, что в соответствии с МТТ, при проведении лечебной процедуры должны быть обеспечены максимальный комфорт и безусловная безопасность для пациента. Это обеспечивается использованием в ПМО оптимального алгоритма проведения гипертермической процедуры [5], получаемого в результате решения задачи распространения электромагнитных и тепловых полей в модели тела пациента [6]. Требуется также полное документирование всех параметров пациента и лечебной процедуры.

Задача обеспечения безопасности в работе системы управления решена применением дублирования их управляющих функций. Для этого комплекс «Экстратерм-XXI» был реализован по принципу двухуровневого соподчинения его систем. На верхнем уровне помещён головной управляющий контроллер. Исполнительные подсистемы были оснащены собственными контроллерами, которые были выполнены конструктивно автономными, но функционально были подчинены головному контроллеру до тех пор, пока в нём не возникали какие-либо сбои в работе управления. Тогда функции головного контроллера автоматически передавались одному из системных контроллеров, заранее устанавливаемых системой ПМО. Каждый индивидуальный контроллер, обрабатывает поступающую в него соответствующую контрольно-измерительную информацию.

Эта информация, обработанная в цифровом коде, через интерфейс поступает в ПЭВМ, где вырабатываются управляющие сигналы, передаваемые исполнительным подсистемам комплекса «Экстратерм-XXI». Это – высокочастотный генератор (ВЧГ) и СЦХ в соответствии с оптимальным алгоритмом управления, рассчитанным настоящим Программным продуктом.

Последовательность разработки такова: сначала разрабатывались протоколы обмена между ПЭВМ и контроллерами соответствующих систем комплекса. Далее разрабатывалось Программное обеспечение [3], включающее в себя также и подсистемы расчёта оптимального алгоритма, учёта и документирования индивидуальных данных пациента и всех основных характеристик лечебного сеанса.

Для отладки Программного обеспечения без использования самих аппаратных средств (систем) были разработаны программы-эмуляторы.

Анализ литературных источников. Ранее в работах [1, 2] было кратко проанализировано состояние разработок ПМО для высокочастотной гипертермии, реализуемой комплексом «Экстратерм-XXI» [3]. Исходным моментом для этого анализа являлись положения МТТ [4] и результаты разработок управляющего алгоритма [5], использующего модель тела пациента в виде частного фантома [6].

Целью настоящей работы является детальный анализ методов и средств реализации ПМО в виде программного продукта. Сюда включены методы разработки протоколов обмена между управляющим контроллером и системными контроллерами, программы протоколирования антропометрических данных и медицинских показателей пациента, его паспортных характеристик, документирования лечебной гипертермической процедуры. Целью работы является также внедрение в лечебную гипертермическую практику в виде соответствующих цифровых программ оптимизированного алгоритма управления и механизма адаптации его к требуемым

результатам разогрева тканей пациента. Отдельным целевым моментом является разработка и изложение в данной работе программ – эмуляторов, необходимых для отладки программного продукта в отсутствие материально реализованных систем гипертермического комплекса.

Материалы, методы и результаты исследований

Содержание статьи структурировано в соответствии с задачей выполнения целей, сформулированных в предыдущем разделе.

В первую очередь проведено разработка и исследование программ сопряжения управляющего контроллера с контроллерами управляемых систем гипертермического комплекса, который предназначен для реализации гипертермической процедуры на реальном пациенте.

Далее проведено изложение результатов разработок программ, позволяющих в автоматическом режиме реализовать гипертермическую лечебную процедуру.

Завершает работу изложение результатов разработок программ – эмуляторов, обеспечивающих возможность отладки всех выше упомянутых программ без использования технически сложного и весьма дорогостоящего гипертермического комплекса.

1. Протокол сопряжения центрального управляющего процессора (ЭВМ) с контроллерами систем комплекса «Экстратерм XXI»

Исходным моментом в разработке программного обеспечения для комплекса «Экстратерм XXI» являются Протокол обмена информацией между центральным процессором, в котором содержится базовая управляющая программа, и системными контроллерами, в которых производится первичная обработка измерительной информации. Поскольку комплекс «Экстратерм XXI» представляет собой систему, состоящую из четырёх подсистем – ВЧГ, СЦХ, ТМС и СКСП, то этим определяется минимально необходимое число Протоколов обмена. Изложению результатов разработки посвящён этот раздел настоящего отчёта.

1.1. Протокол сопряжения ВЧ-генератора с управляющей ПЭВМ.

1.1.1. Общая часть.

Настоящий протокол устанавливает требования к аппаратно-программным средствам, обеспечивающим работу ВЧ-генератора, разрабатываемого в ОАО «Видеотехника», предназначенного для работы в составе гипертермических комплексов типа «Экстратерм-XXI».

Требования протокола являются обязательными для использования в ВЧГ и головной ПЭВМ.

1.1.2. Аппаратные средства сопряжения.

Сопряжение ВЧ генератора с ПЭВМ осуществляется по цепям, указанным в табл. 1. Цепи сопряжения со стороны генератора выведены на разъем типа DB-25.

Таблица 1

Цепи сопряжения ВЧ генератора с ПЭВМ

Номер конт.	Наименование цепи	Назначение
1	GND	Защитная земля
2	TxD-RS	Передаваемые данные
3	RxD-RS	Принимаемые данные
4...6		Не используются
7	S-GND	Сигнальная земля
8 ...25		Не используются

Электрические характеристики цепей соответствуют рекомендациям Инструкции V.28 МККТТ.

Управление от пульта ВЧ-генератора и от головной ПЭВМ имеют одинаковый приоритет.

1.1.3. Программные средства сопряжения.

Программное взаимодействие ВЧ-генератора и ПЭВМ осуществляется при помощи Обобщённого протокола обмена (ОПО) сообщениями по линии дистанционного управления. Сущность ОПО состоит в следующем.

Обмен ведётся в асинхронном режиме со скоростью 9600 бит/с в коде КОИ-8. Бит. Проверки на чётность отсутствует. Каждый байт сопровождается одним стартовым битом и двумя стоповыми битами. При отсутствии обмена в линию выдаётся стоповый бит.

При обмене используется следующий формат: LF <Сообщение> CR

Контроль правильности передачи осуществляется при помощи эхо-символа, то есть, на каждый переданный символ должен прийти такой же символ, переданный принимающей стороной. Если эхо-символ не соответствует переданному символу, то передача осуществляется с начала формата. Попытка передачи осуществляется не более трех раз, затем процесс передач прекращается.

Если эхо-символ не получен в течение 150 мс, то передача также прекращается, за исключением передачи символа LF, который должен повторно передаваться после окончания ожидания эха в течение 10 с. Если за это время эхо не получено, то передача прекращается.

Если не был принят символ CR и снова принят символ LF, то предыдущая информация игнорируется, и прием сообщения ведётся сначала. Эхо-символ передается при приеме формата на каждый принятый символ.

В табл. 2 и 3 представлен протокол программного взаимодействия контроллера ВЧГ и головной ПЭВМ.

Таблица 2
Протокол программного взаимодействия

Сообщение	Назначение и направление передачи
MX	Задание требуемой пиковой мощности (передается ПЭВМ)
PX	Значение пиковой мощности (передается генератором)
SX	Задание требуемой интегральной мощности (передается ПЭВМ)
IX	Значение интегральной мощности (передается генератором)
R0	Запрос состояния ВЧ-генератора (передается ПЭВМ)
PXIXKXFX	Состояние ВЧ-генератора: PX – пиковая мощность IX – интегральная мощность KX – КСВ FX – частота (передается генератором)
NX	Неисправность в работе устройства (передается генератором)
QX	Принята неверная команда (передается генератором)

Таблица 3

Протокол программного взаимодействия

Команда ЭВМ	Ответ ВЧ-генератора	Примечания
MX	PX	X – уровень пиковой мощности
SX	IX	X – уровень интегральной мощности
R0	PXIXKXFX	PX – уровень средней мощности IX – уровень интегральной мощности KX – КСВ FX – частота

Примечание.

Символ X в форматах сообщений MX, SX, PX, IX, KX, FX является непосредственным значением с кодом [0.. .255].

1.2. Протокол сопряжения Криогенной системы циркуляции хладагента (СЦХ) «АЗОТ» с управляющей ПЭВМ.

1.2.1. Настоящий протокол устанавливает требования к аппаратно-программным средствам, обеспечивающим работу криогенной системы циркуляции хладагента «Азот» (в дальнейшем – СЦХ), предназначенной для работы в составе гипертермических комплексов типа “Экстратерм-XXI”.

Требования протокола являются обязательными для использования в СЦХ «Азот» и ПЭВМ, управляющей работой комплекса “Экстратерм-XXI”.

Изменения ‘Протокола сопряжения’ согласуются и утверждаются теми же должностными лицами, что и настоящий вариант.

1.2.2. Аппаратные средства сопряжения.

Сопряжение СЦХ с ПЭВМ осуществляется по цепям, согласно табл. 4. Цепи сопряжения, со стороны СЦХ, выведены на разъем типа DB-9

Таблица 4

Цепи сопряжения СЦХ с ПЭВМ

Номер Конт.	Наименование цепи	Назначение
2	RxD-RS	Принимаемые данные
3	TxD-RS	Передаваемые данные
5	S-GND	Сигнальная земля
6	DSR-RS	Готовность аппаратуры передачи данных
8	CTS-RS	Готовность к приему данных
1,4,7,9		Не используются

Электрические характеристики цепей соответствуют требованиям Норматива V.28 МККТТ

Управление от головной ПЭВМ имеет приоритет.

1.2.3. Программные средства сопряжения.

Программное взаимодействие СЦХ и ПЭВМ осуществляется при помощи обмена сообщениями по линии дистанционного управления. Обмен ведется в соответствии с требованиями Обобщенного протокола обмена (ОПО). В табл. 5 и 6 представлен протокол программного взаимодействия контроллера СЦХ и головной ПЭВМ.

Таблица 5

Протокол программного взаимодействия контроллера СЦХ

Сообщение	Назначение и направление передачи
TXXX	Задание величины T_{cp} . (передается ПЭВМ)
K1XX	Задание величины коэффициента K1 (передается ПЭВМ)
R1XX	Задание величины RC 1-го интегратора (передается ПЭВМ)
TTXX	Задание времени изменения T_{cp} . (передается ПЭВМ)
STXX	Задание величины и знака ΔT_{cp} . (передается ПЭВМ)
K2XX	Задание величины коэффициента K2 (передается ПЭВМ)
R2XX	Задание величины RC 2-го интегратора (передается ПЭВМ)
D1	Запрос данных первого канала (передается ПЭВМ)
D2	Запрос данных второго канала (передается ПЭВМ)
V1XXXX	Состояние 1-го канала (передается СЦХ)
V2XXXX	Состояние 2-го канала (передается СЦХ)

Таблица 6
 Протокол программного взаимодействия
 контроллера СЦХ

Команда ПЭВМ	Ответ СЦХ	Примечания
TXXX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
K1XX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
R1XX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
TTXX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
CTXX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
K2XX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
R2XX		X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
D1	V1XXXX	X ∈ (30h...39h; 41h...46h)
D2	V2XXXX	X ∈ (30h...39h; 41h...46h)

Примечание:

Ответом СЦХ в первых семи строках таблицы 3 будет эхо символ в соответствии свыше указанном формате обмена.

Во всех форматах сообщений X – шестнадцатеричное число.

1.3. Протокол сопряжения контроллера ТМС с управляющей ПЭВМ

1.3.1. Общая часть.

Протокол устанавливает требования к аппаратно-программным средствам, обеспечивающих работу восьмиканальной термодарной ТМС, предназна-

ченного для работы в составе гипертермического комплекса “Экстратерм- XXI”.

1.3.2. Аппаратные средства сопряжения

Сопряжение контроллера ТМС с головной ПЭВМ осуществляется по цепям, указанным в табл. 7. Цепи сопряжения со стороны ТМС выведены на разъем типа DB-25.

Таблица 7
 Цепи сопряжение контроллера ТМС
 с головной ПЭВМ

Номер конт.	Наименование Цепи	Назначение
1	GND	Защитная земля
2	TxD-RS	Передаваемые данные
3	RxD-RS	Принимаемые данные
4	RTS-RS	Запрос передачи
5	CTR-RS	Готовность к передаче
6	DSR-RS	Готовность аппаратуры передачи данных
7	S-GND	Сигнальная земля
8 ...19		Не используются
20	DTR-RS	Готовность терминала
21...25		Не используются

Электрические характеристики цепей соответствуют требованиям Норматива V.28 МККТТ

Управление от клавиатуры ТМС и от ПЭВМ имеют одинаковый приоритет.

1.3.3. Программные средства сопряжения.

Программное взаимодействие контроллера ТМС и головной ПЭВМ осуществляется при помощи обмена сообщениями по линии дистанционного управления. Обмен ведется в соответствии с требованиями ОПО.

В табл. 8 и 9 представлен протокол программного взаимодействия ТМС и ПЭВМ.

Таблица 8

Протокол программного взаимодействия ТМС и ПЭВМ

Сообщение	Назначение и направление передачи
T0	Тестирование 1-го канала (передается ПЭВМ)
T1	Тестирование 2-го канала (передается ПЭВМ)
T2	Тестирование 3-го канала (передается ПЭВМ)
T3	Тестирование 4-го канала (передается ПЭВМ)
T4	Тестирование 5-го канала (передается ПЭВМ)
T5	Тестирование 6-го канала (передается ПЭВМ)
T6	Тестирование 7-го канала (передается ПЭВМ)
T7	Тестирование 8-го канала (передается ПЭВМ)
T8	Тестирование всех каналов (передается ПЭВМ)
S0X	Состояние 1-го канала (передается ТМС)
S1X	Состояние 2-го канала (передается ТМС)
S2X	Состояние 3-го канала (передается ТМС)
S3X	Состояние 4-го канала (передается ТМС)
S4X	Состояние 5-го канала (передается ТМС)
S5X	Состояние 6-го канала (передается ТМС)
S6X	Состояние 7-го канала (передается ТМС)
S7X	Состояние 8-го канала (передается ТМС)
S8X	Состояние всех каналов (передается ТМС)

Сообщение	Назначение и направление передачи
D0	Запрос данных 1-го канала (передается ПЭВМ)
D1	Запрос данных 2-го канала (передается ПЭВМ)
D2	Запрос данных 3-го канала (передается ПЭВМ)
D3	Запрос данных 4-го канала (передается ПЭВМ)
D4	Запрос данных 5-го канала (передается ПЭВМ)
D5	Запрос данных 6-го канала (передается ПЭВМ)
D6	Запрос данных 7-го канала (передается ПЭВМ)
D7	Запрос данных 8-го канала (передается ПЭВМ)
D8	Запрос данных по всем каналам (передается ПЭВМ)
V0XX	Данные 1-го канала (передается ТМС)
V1XX	Данные 2-го канала (передается ТМС)
V2XX	Данные 3-го канала (передается ТМС)
V3XX	Данные 4-го канала (передается ТМС)
V4XX	Данные 5-го канала (передается ТМС)
V5XX	Данные 6-го канала (передается ТМС)
V6XX	Данные 7-го канала (передается ТМС)
V7XX	Данные 8-го канала (передается ТМС)
V8XX	Данные всех каналов (передается ТМС)

Таблица 9
Протокол программного взаимодействия
ТМС и ПЭВМ

Команда ПЭВМ	Ответ ТМС	Примечания
T0	S0X	X=0-если канал неисправен X=1-если канал исправен
...
T7	S7X	X=0-если канал неисправен X=1-если канал исправен
T8	S8X	X=00000000-если все каналы неисправны X=11111111 – если все каналы исправны
D0	V0XX	$X \in (0,1,\dots,F)$
...
D7	V7XX	$X \in (0,1,\dots,F)$
D8	VOXX V1XX V2XX V3XX V4XX V5XX V6XX V7XX	$X \in (0,1,\dots,F)$

Примечание:

Символ X в форматах сообщений S0X, ..., S7X обозначает 0, если канал неисправен, и 1, если канал исправен.

В формате сообщения S8X X-8-ми битный байт состояния каналов в котором, 1 соответствует исправному каналу, 0-не исправному. При этом, номера каналов соответствуют номерам разрядов байта состояния.

В формате сообщений VOXX, ..., V8XX; X- шестнадцатеричное число.

1.4. Протокол сопряжения СКСП с управляющей ПЭВМ

1.4.1. Общая часть.

Протокол устанавливает требования к аппаратно-программным средствам, обеспечивающих работу системы контроля состояния пациента (СКСП), предназначенного для работы в составе гипертермического комплекса "Экстратерм-XXI".

Требования протокола являются обязательными для использования в СКСП и головной ПЭВМ

1.4.2. Аппаратные средства сопряжения.

Сопряжение СКСП с ПЭВМ осуществляется по цепям, указанным в табл. 10. Цепи сопряжения со стороны СКСП выведены на разъем типа DB-9.

Таблица 10
Цепи сопряжение СКСП с ПЭВМ

Номер Конт.	Наименование Цепи	Назначение
2	RxD-RS	Принимаемые данные
3	TxD-RS	Передаваемые данные
5	S-GND	Сигнальная земля
6	DSR-RS	Готовность аппаратуры передачи данных
8	CTS-RS	Готовность к приему данных
1,4,7,9		Не используются

Электрические характеристики цепей соответствуют требованиям Норматива V.28 МККТТ

Управление от клавиатуры СКСП и от головной ПЭВМ имеют одинаковый приоритет.

1.4.3. Программные средства сопряжения.

Программное взаимодействие СКСП и головной ПЭВМ осуществляется при помощи обмена сообщениями по линии дистанционного управления.

Обмен ведется в соответствии с требованиями программного взаимодействия контроллера СКСП и ОПО. В табл. 11 и 12 представлен протокол про- головной ПЭВМ.

Таблица 11

Протокол программного взаимодействия контроллера СКСП и головной ПЭВМ (сообщения)

Сообщение	Назначение и направление передачи	
START	Пуск цикла измерения	(передается ПЭВМ)
PXXXX	Задание максимального давления	(передается ПЭВМ)
ASK D	Запрос данных	(передается ПЭВМ)
NORDY	Данные не готовы.	(передается СКСП)
DXXXX	Передача данных	(передается СКСП)

Таблица 12

Протокол программного взаимодействия контроллера СКСП и головной ПЭВМ (команды)

Команда ПЭВМ	Ответ СКСП	Примечания
START		Ответом СКСП будет подтверждение приема согласно принятому формату
PXXXX		Ответом СКСП будет подтверждение приема согласно принятому формату
ASK D	NORDY	Передается в том случае, если данные не готовы для передачи.
ASK D	HXXXXLXXXXPXXXX	$X \in (30h, 31h, \dots, 39h; 41h \dots 46h)$

Во всех форматах сообщений X – шестнадцатеричное число.

2. Программное обеспечение

2.1. Назначение.

Программное обеспечение гипертермической процедуры представляет собой комплекс программ, предназначенных для проведения мониторинга гипертермической процедуры с регистрацией и отображением параметров работы систем комплекса, режимов гипертермии и состояния больного, формирования и выдачи документа о проведенном гипертермическом сеансе, проведение тестирования систем комплекса и регистрации результатов тестирования, ведения архива карт учета пациента.

Программное обеспечение (ПО) реализовано на ПЭВМ IBM PC и работает под управлением Windows 95/98 NT 4.0. ПО рассчитано на использование непрофессиональным пользователем в области компьютерной техники.

Для нормального функционирования ПО гипертермической процедуры требуется следующая минимальная конфигурация технических средств:

CPU Pentium-133
 RAM 16 Mb
 HDD 50 Mb
 FDD 1,44 Mb
 PORTS : PARALLEL -(1), SERIAL - (2).
 MONITOR VGA.
 KEYBOARD 101 кeу ЛАТ/РУС.

Принтер использует систему команд стандарта Epson.

2.2. Структура ПО гипертермической процедуры.

Комплекс ПО включает в себя следующие программы: Программа-мониторинг гипертермической процедуры; Программа контроллера связи с генератором и системой циркуляции; Программа связи с термометрией, программа связи с системой контроля состояния пациента (СКСП).

2.3. Программа-мониторинг гипертермической процедуры.

Для проведения мониторинга гипертермической процедуры, администрирования и документирования результатов работы комплекса предназначена программа Gipterm.exe. Программа имеет несколько закладок (рис. 1).

Основные закладки программы представлены следующими пунктами: Администрирование; Отчеты; Тестирование; Мониторинг; Выход.

Закладка «Администрирование».

При выборе данной закладки на экране отображается следующий набор подзакладок: Карты учета; Распорядок работы; Схема лечения.

При выборе пункта «карты учета» пользователю предоставляется возможность просмотра, редактирования, ввода, удаления, печати карт учета пациентов, вход в данный режим осуществляется только по паролю. Информация о картах учета пациентов сохраняется в базе данных Pacient.dbf формат экрана при вводе информации о карте учета приведен на рис. 1.

Рис. 1. Рабочее окно программы

При описании карты учета больного вводится следующая информация: Условный номер истории болезни; Условный номер амбулаторной карты; Фамилия, имя, отчество пациента; Фамилия, имя, отчество пользователя; Пол пациента; Год рождения пациента; Основной диагноз; Клинический диагноз; Описание очага заболевания; Схема лечения.

Указания схемы лечения при заполнении карты осуществляется путем выбора из имеющихся схем лечения (информация о них сохраняется в файле Schema.dbf). Номер карты отчета определяется автоматически.

При выборе пункта «распорядок работы» пользователю предоставляется возможность введения в расписание данных о больном из списка больных по принятой схеме лечения, изменение расписания. Информация о расписании работы комплекса сохраняется в базе данных Work.dbf.

При определении распорядка работы вводится следующая информация: Номер карты учета пациента (допускается только ввод из имеющихся в базе данных); Дата; Номер сеанса; Начало сеанса; Конец сеанса.

При выборе пункта «Схема лечения» пользователю предоставляется возможность ввода, просмотра, редактирования схем лечения.

При описании новой схемы лечения вводится следующая информация: Число сеансов по данной схеме; Расписание по дням недели (указывается порядковый номер дня недели); допускается три варианта расписания; Длительность сеанса; Индекс области применения (условное обозначение заболевания при котором применяется схема).

Закладка «Отчёты».

При выборе данной закладки на экране отображается следующий набор подзакладок: Пациенты, Процедуры, Оборудование.

При выборе пункта «Пациенты» пользователю предоставляется возможность формирования и вы-

дачи на экран или принтер отчета о пациентах, находящихся на лечении и отчета о пролеченных пациентах. Пользователь имеет возможность отбора данных для формирования требуемого отчета по следующим критериям или по их комбинации: Схема лечения, Диагноз, Номер карты учета, Номер амбулаторной карты, Номер истории болезни, Дата поступления, Дата окончания лечения.

Отчет о текущих пациентах представляет собой таблицу, содержащую следующие графы: Фамилия, имя, отчество пациента. Номер карты учета. Дата поступления. Схема лечения. Лечащий врач. Комментарий.

Данные в отчете выводятся в алфавитном порядке фамилий пациентов.

Отчет о пролеченных больных представляет собой таблицу, содержащую следующие графы: Номер карты учета; Номер амбулаторной карты; Номер истории болезни; Фамилия, имя, отчество пациента; Диагноз; Схема лечения; Длительность лечения (начало, конец).

Данные в отчете выводятся в алфавитном порядке фамилий пациентов.

Форма отчета о текущих пациентах сохраняется в файле Ras_t.frx, а о пролеченных пациентах в Ras_r.frx. указанные файлы располагаются в подкаталоге Report.

При выборе закладки «Процедуры» пользователю предоставляется возможность просмотра на экране дисплея или вывода на печать результатов проведения процедуры. Выбор процедуры осуществляется из списка процедур, проведенных с конкретным пациентом, в спуске указывается: номер процедуры, дата и время проведения, фамилия, имя, отчество пациента. Первый лист результатов процедуры представляет собой карту учета пациента, вывод ее не обязателен, второй лист отчета – задаваемые параметры процедуры. Лист отчета – собственно результаты проведения процедуры.

На втором листе отчета представлена информация: Размер электрода первого контура. Тип диэлектрика первого контура. Объем диэлектрика первого контура. Температура диэлектрика первого контура. Размер электрода второго контура. Тип диэлектрика второго контура. Объем диэлектрика второго контура. Температура диэлектрика второго контура. Мощность генератора. Используемые каналы термометрии. Типы термодатчиков. Верхний предел давления пациента. Нижний предел давления пациента. Пульс пациента. Температура пациента.

Третий лист отчета содержит следующую информацию: Фамилия, имя отчество пациента. Номер сеанса (процедуры). Дата проведения. Время начала сеанса. Время конца сеанса. График изменений мощности генератора во времени. Максимальная мощность генератора. Графики изменения температуры

дielekтрика первого и второго контуров во времени. Максимальная и минимальная температуры диелеkтрика. График показаний используемых термодатчиков. Максимальная температура в опухоли. Состояние больного (пульс, верхнее давление, нижнее давление) в начале, в середине и в конце сеанса. Характер завершения процедуры (нормальное, прервано оператором, системой контроля и управления, в связи с отказом оборудования). Заключение врача о проведенной процедуре, а если процедура последняя, то и о курсе гипертермического лечения.

При выборе закладки «Оборудование» пользователю предоставляется возможность формирования и вывода на экран или принтер отчета о результатах проведенных ранее диагностик оборудования и отчетов об отказах оборудования, зафиксированных системой управления во время прохождения процедуры. Пользователю предоставляется возможность отбора данных для формирования требуемого значения по следующим критериям или по их комбинации: Начало временного периода. Конец временного периода. Оборудование. Отказы. Диагностика.

Выбор перечня оборудования осуществляется из списка: Генератор. Система циркуляции. Система термометрии. Система контроля состояния пациента.

Отчет о результатах диагностики оборудования представляет собой таблицу со следующими графами: Дата проведения диагностики. Оборудование. Результат тестирования. Комментарии.

Отчет об отказах оборудования представляет собой таблицу со следующими графами: Дата отказа. время отказа. Оборудование. Комментарии.

Форма отчета о результатах диагностики сохраняется в файле `Diag.fhx`, об отказах оборудования в файле `Error.fhx`. Указанные файлы располагаются в каталоге `Report`.

Закладка «Тестирование».

При выборе данной закладки пользователю предоставляется возможность проведения диагностики комплекса в целом или отдельных его составных частей: Полный тест. Файлы. Система управления. Генератор. Циркуляция. Термометрия. СКСП (система контроля состояния пациента).

На экране отображается также статус системы, т.е. режим (штатный, не штатный), включение и готовность подсистем. При прохождении теста системы в целом, либо отдельных ее составных частей на экран выводится информация о текущем объекте вотивирования, результат прохождения теста. Результаты тестирования сохраняются в базе данных `Diag.dbf` по требованию оператора результаты диагностики могут быть выведены на печать. База данных `Diag.dbf` содержит информацию: Дата проведения диагностики. Объект тестирования.

Результат тестирования (false либо true). Код неисправности (в случае false).

При выборе режима тестирования «Файлы» проверяется структура главного каталога и подкаталогов системы, наличие файлов программных модулей, баз данных файлов помощи, вспомогательных файлов, структура записей баз данных.

При выборе режима тестирования «Системы управления» диагностируются каналы связи с подсистемами.

При выборе режима тестирования какой-либо подсистемы диагностируется указанная подсистема по соответствующей методике. При выборе режима тестирования «Полный тест» диагностируются все подсистемы.

Закладка «Пациент». Здесь осуществляется ввод и коррекция параметров системы СКСП: артериального давления, температуры, пульса пациента.

После выбора закладки «пациент» выводится следующая информация: Давление – верхний предел, нижний предел. Температура – верхний предел, нижний предел. Пульс – верхний предел, нижний предел.

В случае ошибочного ввода выдается звуковое предупреждение.

Закладка «термометрия». При выборе данной закладки обеспечивается возможность задания характеристик системы термометрии: описание используемых каналов (тип термодатчика) номер приоритетного канала.

После выбора закладки «термометрия» распаивается окно по вводу параметров термометрии:

Ввод или коррекция номера приоритетного канала: в пределах от 1 до 8. Для первой процедуры контролируется заданный номер (№...) приоритетного канала и его характеристики.

Закладка «циркуляция». При выборе данной закладки обеспечивается возможность ввода и коррекции параметров системы циркуляции по каналам 1 и 2.

После выбора закладки «циркуляция» на фоне информационного окна распаивается активное окно по вводу параметров: Межэлектродный зазор – ограничивается четырьмя значащими цифрами. Температура – контролируется на допустимый предел $+5\text{C}^{\circ}\dots+50\text{C}^{\circ}$. Размер – обеспечивается вводом по подсказке. Тип – обеспечивается вводом по подсказке. Объем мл – обеспечивается вводом по подсказке. В случае ошибочного ввода выдается звуковое предупреждение. Заполняется окно выбора номера (№...) строками из базы данных `Elect.Dbf`.

2.4. Закладка «мониторинг» (Программа `SCH.EXE`).

Этот модуль программного обеспечения предназначен для проведения мониторинга гипертермической процедуры с отображением параметров работы СЦХ и генератора.

Модуль содержит процедуры, обеспечивающие выполнение следующих функций: прием-передача данных от/к контроллера «Нейрон»; управляющего

СЦХ. прием-передача данных от/к генератора; инициализация аппаратных средств для проведения гипертермической процедуры; выполнение алгоритма управления системой при проведении гипертермической процедуры.

2.5. Инициализация и тестирование системы.

При загрузке программа инициализирует работу контроллера «Нейрон», портов управления СЦХ, всех исполнительных устройств и проверяет связь с генератором.

Для инициализации системы выполняются процедура InitHard. Эта процедура устанавливает необходимые параметры последовательного порта компьютера COM2 для установления связи с контроллером «Нейрон». Затем программа устанавливает связь с центральным блоком управления (ЦПУ) СЦХ.

При инициализации системы также устанавливается связь через последовательный порт COM1 компьютера с генератором. При этом проверяется наличие связи и состояние генератора.

Отсутствие связи с генератором вызывает останов программы.

Выход из гипертермической процедуры так же осуществляется по требованию пациента при ухудшении его самочувствия или по указанию лечащего врача, если измеренные показатели состояния пациента входят за пределы нормы.

Если связь установлена, то на экране отображается окно "Параметры лечебной процедуры" (рис. 2).

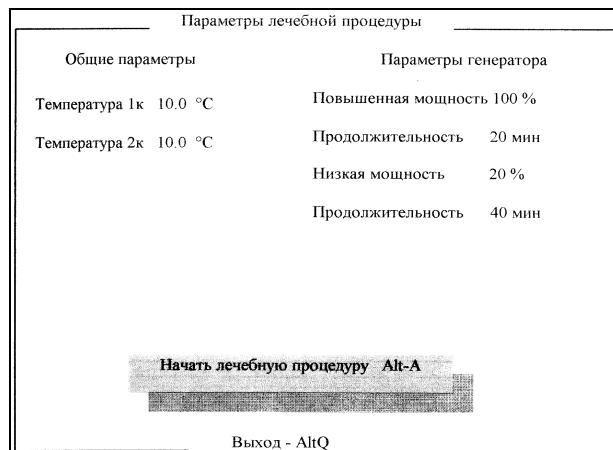


Рис. 2. Окно параметров лечебной процедуры

После успешного завершения тестирования аппаратуры разрешен переход непосредственно к заданию параметров конкретной лечебной процедуры.

Окно "Параметры лечебной процедуры". Программа работает в оконном режиме. При этом пользователю предоставляется возможность задания контрольных параметров гипертермической процедуры.

Общие параметры:

температура первого контура;
температура второго контура;
продолжительность процедуры.

Параметры генератора:

высокая мощность;
продолжительность подачи высокой мощности;
пониженная мощность;
продолжительность подачи пониженной мощности.

Работа программы с СЦХ. В нижней части окна (рис. 2) имеется клавиша «Начать лечебную процедуру Alt-A». При задании параметров возможен быстрый переход к этой клавише при нажатии на клавиатуре одновременно двух клавиш «Alt» и «A». При таком нажатии клавиша становится активной. Нажатие на клавишу «Enter» на клавиатуре вызовет переход к проведению лечебной процедуры.

При проведении лечебной процедуры в окне появляется отображение времени, прошедшего с начала процедуры, текущей температуры в обоих каналах СЦХ.

Этапы проведения лечебной процедуры: создание файла-отчета о проведении процедуры; повышение температуры; снижение температуры по заданному закону; термостабилизация на заданном уровне.

Этап повышения температуры. Следующим этапом регулирования является повышение температуры теплоносителя в обоих контурах, до значений 37,0°C. Это достигается включением режима циркуляции в обоих контурах, включением холодильной установки и нагревателей на полную мощность. Оператору выдается сообщение «Идет подъем температуры до 37,0°C». В процессе выполнения этого этапа выполняется ежесекундное измерение температуры теплоносителя в обоих каналах и отображение изменения температуры в окне.

При достижении заданной температуры оператору выдается сообщение «Ожидание нажатия клавиши для спада», Нагреватели переключаются на четверть мощности, чтобы поддерживать температуру 37,0°C. Программа производит ежесекундный замер значений температуры теплоносителя в обоих контурах. Эти значения отображаются в окне. Нажатие на любую клавишу приведет к переходу к следующему этапу выполнения лечебной процедуры. Возможно также нажатие на произвольную клавишу в любой момент повышения температуры. Это позволяет начать спад от достигнутой температуры в момент нажатия клавиши.

Этап снижения температуры по заданному закону. Снижение температуры теплоносителя в обоих контурах осуществляется от достигнутой температуры в контуре до заданной для данного контура. Для осуществления данного этапа программа передает необходимые данные в СЦХ.

Передаваемые в СЦХ значения температуры отображаются в окне справа от сообщения: «Ожидаемая температура».

В течение этого этапа проведения лечебной процедуры оператору выдается сообщение «Идет спад температуры 1 градус в минуту».

Этап термостабилизации на заданном уровне. На этом этапе проведения лечебной процедуры поддерживается стабильная температура теплоносителя на заданном уровне в обоих контурах. Оператору выдается сообщение «Температура достигла ожидаемой». При проведении этого этапа осуществляется контроль текущей температуры в контурах и отображение значений температуры в окне.

Завершение работы программы. Оператору выдается сообщение «Процедура завершена». Вновь инициализируются все исполнительные устройства СЦХ. Программа предоставляет возможность оператору вводить новые данные для проведения следующей процедуры. Оператор также может завершить выполнение программы одновременным нажатием на две клавиши «Alt» и «Q» на клавиатуре ПЭВМ. При этом произойдет выключение всех подсистем СЦХ и генератора и программа завершает свою работу.

2.6. Список сообщений при аварийных ситуациях.

- Авария генератора: < причина >.
- Авария системы циркуляции:
 - Нарушение циркуляции в контуре «В» («Н»).
 - Отключение режима терморегулирования при повышении температуры жидкости свыше 43° С.
- Авария системы термометрии:
 - Температура в канале превышает 43° С.
 - Выход из строя канат № .

В случае возникновения любой из перечисленных аварийных ситуаций ПЭВМ контролирует понижение мощности генератора и в случае необходимости выдается команда «сброс» контроллеру управления генератором.

3. Совокупность программ-эмуляторов комплекса «Экстратерм - XXI»

Программа предназначена для эмуляции основных режимов работы исполнительных устройств комплекса «Экстратерм - XXI»: ВЧ-генератора; Многоканальной термометрической системы (ТМС); Системы контроля состояния пациента. Программа разработана для использования на IBM - совместимых компьютерах со стандартной организацией COM-портов. Для нормальной работы программы необходим компьютер на основе процессора не ниже i80386 с 1 Мб ОЗУ. Среда исполнения - MS-DOS совместимая ОС версии не ниже 3.3 . Количество необходимых COM-портов: 1÷3. Устойчивая работа канала связи обеспечивается

только при работе в режиме однозадачной ОС. Не гарантируется устойчивый прием данных при работе в MS-Windows всех версий. Работоспособность программы в других ОС не гарантирована даже в режиме эмуляции MS-DOS.

Программа разделена на четыре функциональных модуля – главная программа и три модуля, реализующих функции имитируемых устройств.

Все установки параметров устройств выполняются вручную – с помощью команд вызываемых функциональными клавишами. Имитация времени выполнения эмулируемых функций устройств выполняется с помощью программных задержек, определяемых перед компиляцией программы.

Осуществляет вызов модулей программы. Клавиши управления (запуск модулей):

- F1 – ТМС;
- F2 – СКСП;
- F3 – ВЧГ;
- ESC – выход из программы.

Модуль ВЧ-генератора имитирует основные режимы генератора:

1. Ручное управление генератором.
 - 1.1. Установка рабочей частоты.
 - 1.2. Установка мощности.
 - 1.3. Включение/выключение согласующего устройства.
2. Управление генератором от ПЭВМ по каналу COM - порта:
 - 2.1. Установка рабочей частоты.
 - 2.2. Установка мощности.
 - 2.3. Включение согласующего устройства.
 - 2.4. Тестирование генератора.
3. Имитация ошибок в блоках генератора:
 - 3.1. Установки рабочей частоты.
 - 3.2. Установки мощности.
 - 3.3. Согласующего устройства.

Имитируются задержки на следующие операции: установку частоты, установку мощности, включение согласующего устройства, выдачу тестовых параметров телеметрии.

Клавиши управления:

- F1 – установка частоты генератора;
- F2 – установка мощности генератора;
- F3 – включение – выключение согласующего устройства;

F5 – смена COM – порта;

ESC – выход из модуля.

Модуль ТМС имитирует работу ТМС.

3.4.1. Установка значений температуры по каналам.

3.4.2. Имитация ошибок в работе каналов.

3.4.3. Выдача данных по требованию от ПЭВМ по каналу COM – порта:

3.4.3.1. Данные температуры.

3.4.3.2. Данные состояния каналов. Имитируются задержки на измерение температуры по каналам

следующими клавишами управления: F1 – имитация ошибок каналов измерения; F2 – установка значений для каналов; F3 – смена СОМ – порта; ESC – выход из модуля.

Модуль СКСП имитирует работу СКСП. Установка значений каналов: Температуры. Пульса. Верхнего и нижнего давлений. Темпа дыхания. Имитация ошибок в работе каналов. Выдача данных по требованию от ПЭВМ по каналу СОМ – порта: Данные температуры. Данные пульса. Данные верхнего и нижнего давлений. Данные темпа дыхания. Данные состояния каналов. Имитация задержек на следующие процедуры: Измерение температуры. Измерение частоты пульса. Измерение давления. Измерение темпа дыхания.

Для этого используют следующие клавиши управления:

- F1 – имитация ошибок каналов измерения;
- F2 – установка значения для канала температуры;
- F3 – установка значения для канала пульса;
- F4 – установка значения для канала давления;
- F5 – установка значения для канала темпа дыхания;
- F6 – смена СОМ – порта;
- ESC – выход из модуля.

Выводы

1. В результате проведенной работы разработан Программный продукт, который позволяет обеспечить оптимальное управление ВЧ-гипертермическим комплексом «Экстратерм-XXI».
2. Разработаны Протоколы обмена ПЭВМ с системами комплекса - ВЧГ, СЦХ, ТМС и СКСП.
3. Создано программное обеспечение, создающее оптимальное управление комплексом и его системами.
4. В соответствии с указанными выше Протоколами обмена разработаны Программы-эмуляторы, позволяющие производить отладку Программного обеспечения в отсутствие систем комплекса.

Список литературы

1. Олейник И.В. Программно-математическое обеспечение для ВЧ-гипертермического комплекса «ЭКСТРАТЕРМ-XXI М». Сборник научных трудов 5-го Международного форума «Прикладная радиоэлектроника / И.В. Олейник, Л.А. Поспелов, К.В. Колесник // Состояние и перспективы развития. МРФ 2014». Конф. «Проблемы биоинженерии. Наука и технологии». 14 – 17 октября 2014. – Х., Украина: АНПРЭ, ХНУРЭ. – С. 72-75.
2. Олейник И.В. Программное обеспечение мониторинга ёмкостной гипертермии / И.В. Олейник, Ф.Ю. Дранищев, Л.А. Поспелов // Тезисы докладов Междун. научн. конф. «Теория и техника передачи, приёма и обработки информации». – 2003. – С. 171-172.
3. Олейник И.В. Гипертермический комплекс «ЭКСТРАТЕРМ – XXI» / И.В. Олейник, Ф.Ю. Дранищев, Л.А. Поспелов // Тезисы докладов Междун. научн. конф. «Теория и техника передачи, приёма и обработки информации». – 2003. – С. 171-172.
4. Олейник И.В. К модернизации медико-технических требований к комплексу «ЭКСТРАТЕРМ-XXI» / И.В. Олейник, Л.А. Поспелов, К.В. Колесник // Сб. научн. тр. 5-го Междунар. форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ 2014». Конф. «Проблемы биоинженерии. Наука и технологии». 14 – 17 октября 2014. – Х., Украина: АНПРЭ, ХНУРЭ. – С. 72-75.
5. Поспелов Л.А. Способ гипертермического лечения опухолей / Л.А. Поспелов, С.И. Мельник // Патент на изобретение. Украина, № 17399А, 1997.
6. Поспелов Л.А. Фантомные исследования и разработки ВЧ-гипертермии / Л.А. Поспелов, С.И. Мельник, И.В. Олейник // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2003. – Вып. 131. – С. 202-204.
7. Поспелов Л.А. Разработка основ теории излучательного аппликатора для ВЧ-гипертермии / Л.А. Поспелов // Техническая электродинамика. Тематический выпуск. Ч. 2. – 2003. – С. 175-176.
8. Олейник И.В. Ферроваракторная согласующая система для ВЧ-диапазона / И.В. Олейник, Ф.Ю. Дранищев, Л.А. Поспелов // Тезисы докладов Междун. научн. конф. «Теория и техника передачи, приёма и обработки информации». – К.: ИЕД НАНУ, 2012. – С. 175-179.

Поступила в редколлегию 17.12.2014

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПРОГРАМНО-МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЧ-ГИПЕРТЕРМІЇ

І.В. Олейник, Л.А. Поспелов, О.І. Соловійова

Робота присвячена результатам розробки програмно-математичного забезпечення (ПМЗ) для високочастотної гіпертермії комплексу «Extratherm-XXI М» та містить опис програмного продукту для управління комплексом. Склад ПМЗ: протоколи обміну головного комп'ютера з контролерами підсистем, а також повний набір програм емуляторів.

Ключові слова: онкологія, гіпертермія, медико-технічні вимоги, розробка, високочастотний комплекс.

PROGRAMMATIC MATHEMATICAL PROVIDING OF VCH-GIPERTERMII

I.V. Oleynik, L.A. Pospelov, O.I. Solov'eva

The work is sanctified to exposition of results of developments programmatic-mathematical providing for high-frequency hyperthermia of complex "Extratherm-XXI M" and contains description of software product on a management by a complex in that Protocols of exchange of head computer are included with the comptrollers of subsystems and also the complete set of the programs of emulators is described.

Keywords: oncology, hyperthermia, medical-technica requirements, development, high-frequency complex.