

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.9.048.6 : 66.021.3

**А. А. НОВИКОВ
Д. А. ЛЕБЕДЕВА
М. А. ХАЗАНОВ**

Омский государственный
технический университет

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АЦЕТОБУЛЯРНОГО КОМПОНЕНТА ЭНДОПРОТЕЗА

В результате проведенных исследований показано, что использование высокоамплитудного низкочастотного ультразвука для извлечения ацетобулярного компонента при операциях ревизионного эндопротезирования перспективно. Использование волновода-инструмента типа тройная «елочка» — позволяет в зависимости от условий свободы доступа к операционному полю применять либо один элемент, либо два, либо три, причем эффективность закрепления инструмента в полимерной чашке эндопротеза зависит от глубины погружения «елочки», при этом величина требуемого статического давления на волновод-инструмент относительно не велика и не превышает 5 кг, что является приемлемой величиной как для врача, так и для пациента.

Ключевые слова: высокоамплитудный низкочастотный ультразвук, ревизионное эндопротезирование, ацетобулярный компонент, волновод-инструмент.

На сегодняшний день эндопротезирование суставов стало рутинной операцией. Во всем мире миллионы людей живут с искусственными суставами. По мере того, как увеличивается количество имплантированных эндопротезов, а также продолжительность их эксплуатации, часть искусственных суста-

вов начинает изнашиваться или приходиться в негодность. При этом необходима операция по замене эндопротеза, которая носит название ревизионного эндопротезирования. В то время как техника первичного эндопротезирования уже давно стандартизирована во всем мире, ревизионное эндопротезирование явля-



Рис. 1. Ацетабулярный компонент (чашка эндопротеза)

ется достаточно непредсказуемой операцией, требующей от хирурга творческого подхода и большого профессионализма [1].

Наиболее частыми причинами показаний к ревизионному эндопротезированию являются [2]:

- нестабильность соединения эндопротеза с бедренной и тазовой костями
- инфекция эндопротеза
- перелом кости, к которой фиксирован компонент эндопротеза
- механическая поломка эндопротеза
- изнашивание деталей эндопротеза

Все эндопротезы состоят из двух основных частей. Бедренный компонент эндопротеза предназначен для замещения головки и шейки бедренной кости и состоит из ножки и головки эндопротеза. Ацетабулярный компонент (чашка эндопротеза) (рис. 1), устанавливается в замен суставной впадины тазобедренного сустава. Эта часть эндопротеза выполняется из металла с вкладышем из биосовместимой пластмассы, который предназначен для улучшения скольжения деталей и дополнительной амортизации. Для ревизионного эндопротезирования может быть использована специальная чашка. Такой выбор необходим при разрушении костей около установленной чашки эндопротеза, а также при выраженном локальном остеопорозе. Дизайн такой чашки разработан так, что вес пациента распределяется по большей площади металлической поверхности, что способствует более надежному креплению и снижению риска последующего расшатывания укрепленной чашки эндопротеза. Компоненты цементных эндопротезов фиксируются к костям при помощи специального метилметакрилатного цемента.

Техника ревизионного эндопротезирования сильно отличается от первичной установки эндопротеза. Одна из причин этого — значительная потеря костной ткани вокруг первично установленного эндопротеза, который должен быть удален. Кроме того, перед установкой нового искусственного сустава, остатки цемента в бедренном канале и ацетабулярной впадине также должны быть удалены. После подготовки костных поверхностей суставной впадины и бедренного канала устанавливаются компоненты нового эндопротеза.

Одной из проблем ревизионного эндопротезирования, требующей индивидуального подхода, является удаление ацетабулярного компонента (чашки) эндопротеза. Сложность доступа к этому компоненту, связанная с ограниченностью операционного поля

и отсутствием удобных для захвата участков чашки, приводит к необходимости принятия радикальных мер по удалению, связанных с разрезанием, распиливанием и фактически выламыванием этого компонента по частям. Такие действия неизбежно приводят к значительным потерям костной массы, вокруг первично установленного ацетабулярного компонента эндопротеза. Поскольку обязательной частью чашки эндопротеза является полимерный вкладыш из биосовместимой пластмассы, было предложено для упрощения процедуры изъятия старого ацетабулярного компонента при проведении ревизионного эндопротезирования использовать возможности контактного низкочастотного ультразвука. Как известно [3], под действием ультразвуковых колебаний термопластичные полимерные материалы размягчаются и плавятся, а после прекращения действия ультразвука вновь застывают. На основании этих свойств очевидным представляется вариант введения специального инструмента в полимерный вкладыш извлекаемого ацетабулярного компонента эндопротеза с наложением ультразвуковых колебаний, и после застывания места введения, последующего использования полученной конструкции для облегчения извлечения чашки эндопротеза.

Для реализации предложенного способа извлечения ацетабулярного компонента эндопротеза был разработан, рассчитан и изготовлен соответствующий ультразвуковой инструмент [4, 5]. Он рассчитан на применение в составе ультразвукового травматологического аппарата «Ярус». С целью определения возможной эффективности его применения, были проведены исследования по оценке влияния формы инструмента и глубины его погружения в полимерный вкладыш на усилие разрыва при извлечении волновода-инструмента.

Очень перспективным в данном приложении является использование в качестве рабочего участка волновода-инструмента конических компонентов типа «елочка», вводимых в полимерный материал. При их применении благодаря большому количеству острых граней увеличивается площадь контакта (рис. 2). Коническая форма обеспечивает вклинивание при нагрузке, хотя это и может вести к оседанию ацетабулярного компонента [6]. Массивная основная часть инструмента обеспечивает ему повышенную нагрузочную способность, с одной стороны, и позволяет за счет правильного выбора диаметров вводимых частей обеспечить необходимую амплитуду колебаний «елочки».

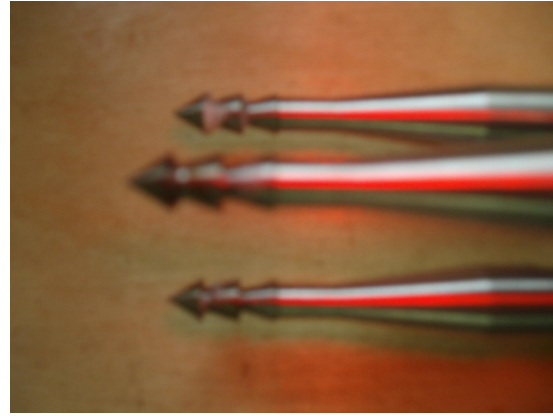
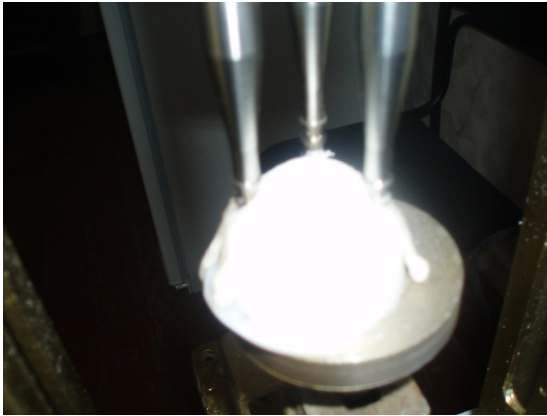
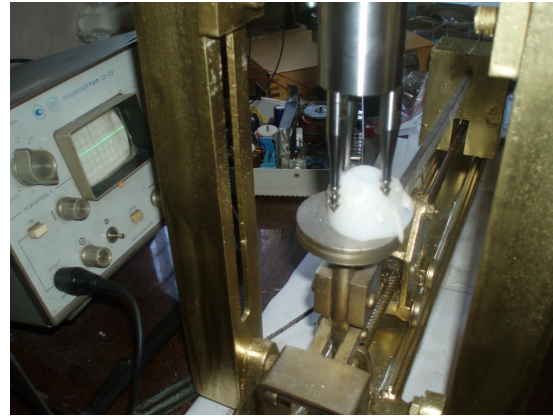


Рис. 2. Волновод - инструмент и рабочая часть типа «елочка»



а)



б)

Рис. 3. Примерная схема установки б) и вклинивание в образец а)

Для проведения исследований была разработана и изготовлена испытательная установка (рис. 3б).

В качестве генератора ультразвуковых колебаний использована одна из модификаций аппарата «Ярус», у которой цепи управления и силовой части разнесены по питанию. Силовая часть запитана через ЛАТР, а управляющие схемы напрямую от сети, что позволило в значительных пределах менять мощность ультразвуковых колебаний и поддерживать ее относительно стабильной. Излучатель использовался типовой от аппарата «Ярус» со специально разработанным и изготовленным волноводом — инструментом типа «тройная елочка».

Для обеспечения надлежащих условий ввода ультразвуковых колебаний и создания тесного контакта поверхностей прикладывается давление между волноводом и полимерной чашкой эндопротеза. Такой контакт обеспечивается статическим давлением $P_{ст}$ рабочего окончания волновода на эндопротез. Это давление способствует также концентрации энергии в зоне вхождения. Динамическое усилие F , возникающее в результате колеблющегося волновода, приводит к нагреву материала, а действие статического давления $P_{ст}$ обеспечивает проникновение рабочего окончания инструмента типа «елочка» вглубь полимерной чашки.

Основными параметрами ультразвукового воздействия, характеризующими выделение энергии в зоне соединения, является: амплитуда колебаний рабочего торца волновода A (мкм); частота колебаний f (кГц); продолжительность ультразвукового воздействия t (с);

статическое давление $P_{ст}$ /Па/ или усилие прижатия F /н/ волновода к материалу.

Основные параметры режима взаимосвязаны. Время, необходимое для соединения, зависит от амплитуды колебаний и давления. При более высоких амплитудах необходимые свойства соединений могут быть достигнуты при меньшем времени, и наоборот. Определяющим параметром режима ультразвукового воздействия является амплитуда колебаний рабочего торца волновода, которая выбирается в пределах 30–50 мкм. Оптимальному значению амплитуды соответствует максимальная прочность и наилучшее качество соединения. Амплитуда колебаний, необходимая для обеспечения качественного соединения, связана с величиной давления и, кроме того, зависит от формы и геометрических размеров как волновода-инструмента (в части формы и размеров рабочего окончания) так и формы, размеров, и типа извлекаемого ацетабулярного компонента эндопротеза. Оптимальные параметры режима ультразвукового воздействия также зависят от свойств материала чашки эндопротеза и возможностей доступа к ней в операционном поле [3].

В качестве образца для испытаний была выбрана ацетабулярные компоненты в виде чашек из высокопрочного полиэтилена (рис. 1). Методика проведения экспериментов достаточно проста. На испытательной установке (рис. 3) жестко закреплен пьезокерамический излучатель от аппарата «Ярус». На испытательном столике установлена чашка эндопротеза из высокопрочного полиэтилена. Испытательный сто-

Таблица 1

| Уровень вклинивания | 1 – «елочка» | | | 2 – «елочки» | | | 3 – «елочки» | | |
|---------------------|--------------|----------|----------|--------------|-----|-----|--------------|-----|------|
| | 1 конус | 2 конуса | 3 конуса | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Усилие разрыва, Н | 100 | 400 | 600 | 250 | 690 | 750 | 400 | 900 | 1100 |

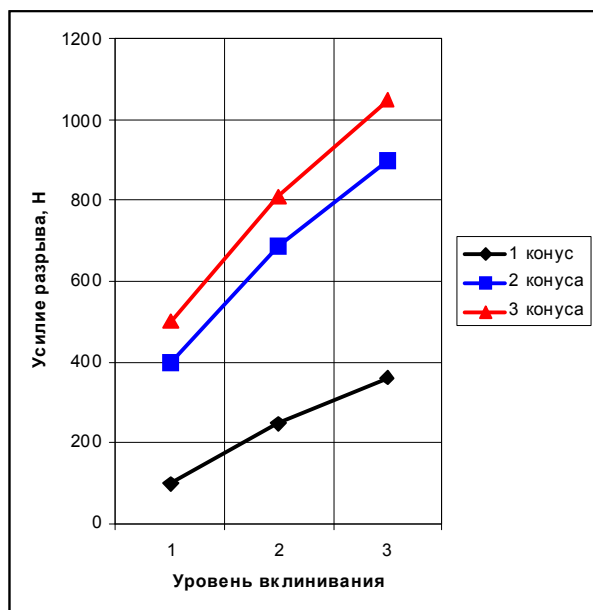


Рис. 4. График экспериментальных данных

лик через установленную на нем чашку прижимается к рабочим окончаниям установленного на излучатель волновода-инструмента типа тройная «елочка». Усилие поджатия задается весовым механизмом установки и не меняется при вводе волновода-инструмента в материал чашки эндопротеза.

Поскольку в зависимости от возможностей доступа к операционному полю волновод-инструмент может быть сориентирован либо на ввод одной «елочки», либо на ввод двух «елочек», либо на ввод всех трех «елочек» (уровень вклинивания), особый интерес для исследования представляет оценка влияния количества вводимых «елочек» на величину усилия разрыва. Другим важным моментом является глубина введения инструмента (глубина вклинивания) на величину усилия разрыва. Для определения величины усилия разрыва использовалась стандартная разрывная машина тип Р-05.

Все полученные данные занесены в табл. 1. По данным из таблицы построены графики, приведенные на рис. 4.

Полученные кривые указывают на перспективность использования предложенного метода извлечения ацетабулярного компонента при операциях ревизионного эндопротезирования. Предложенная методика позволяет извлекать чашку эндопротеза после предварительного «раскачивания» с небольшими костными потерями и сократить время извлечения.

Поскольку использование инструмента типа «елочка» формирует в теле полимерной чашки цилиндрические отверстия, куда затекает плавящаяся пластмасса, фиксирующая после застывания инструмент в ацетабулярном компоненте, представляется перспективным выполнить окончание инструмента в виде сужающейся спирали, а не в виде «елочки», что должно обеспечить более эффективное затекание поли-

мера в спиральный желоб инструмента и более жесткое удержание его в чашке эндопротеза.

Выводы.

1. Результаты проведенных исследований указывают на перспективность использования высоко амплитудного низкочастотного ультразвука для извлечения ацетабулярного компонента при операциях ревизионного эндопротезирования.

2. Использование волновода-инструмента типа тройная «елочка» позволяет в зависимости от условий свободы доступа к операционному полю применять либо один элемент, либо два, либо три, причем эффективность закрепления инструмента в полимерной чашке эндопротеза зависит от глубины погружения «елочки» на один, два или три фрагмента соответственно.

3. Величина требуемого статического давления на волновод-инструмент относительно не велика и не превышает 5кг, что является приемлемой величиной как для врача, так и для пациента.

Библиографический список

1. Haydon, С.М. Revision total hip arthroplasty with use of a cemented femoral component. Results at a mean of ten years / С.М. Haydon [et al.] // J. Bone Joint Surg. – 2004. – Vol. 86-A, N 6. – P. 1179–1185.
2. Неверов, В. А. Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава / В. А. Неверов, С. М. Закари. – СПб. : Образование, 1997. – 112 с.
3. Мозговой, И. В. Основы технологии ультразвуковой сварки полимеров / И. В. Мозговой. – Красноярск : Изд. Красноярского университета, 1991. – 278 с.
4. Новиков, А. А. Новая технология эндопротезирования с применением высокоамплитудного низкочастотного ультразвука / А. А. Новиков, Л. Б. Резник / Биомедицинская техника и технологии : матер. первой Всерос. науч.-техн. конф. – Вологда, 2006. – С. 67–68.
5. Новиков, А. А. Разработка ультразвукового инструмента с повышенной частотной устойчивостью / А. А. Новиков, Д. А. Негров, Шустер Я. Б. // Динамика систем, механизмов и машин : матер. III Межд. науч.-техн. конф. – Омск, 1999. – С. 81–82.
6. Николаев, А.П. Оценка результатов эндопротезирования тазобедренного сустава / А.П. Николаев, А. Ф. Лазарев, А. О. Рагозин // Эндопротезирование крупных суставов : матер. симп. – М., 2000. – С. 78–79.

НОВИКОВ Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение и технология конструктивных материалов».

ЛЕБЕДЕВА Дарья Александровна, магистрант группы ИМ-620 кафедры «Информационно-измерительная техника».

ХАЗАНОВ Максим Александрович, аспирант кафедры «Материаловедение и технология конструктивных материалов».

Адрес для переписки: yaris952@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.12.2011 г.

© А. А. Новиков, Д. А. Лебедева, М. А. Хазанов

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ВАРИКОЗА И ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

В статье исследованы возможности создания персональных медицинских приборов для профилактики хронической сердечной недостаточности, варикоза, лечения лимфостаза, послеоперационных отеков конечностей. Показано, что подобные приборы могут быть созданы на основе электроактивных полимеров.

Ключевые слова: профилактика ХСН, лимфодренаж, электроактивные полимеры, ЭАП.

Разработка ведется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения Государственного контракта № 16.512.11.2118.

Область исследований относится к медицине, а именно к профилактике варикозного расширения вен и хронической венозной недостаточности, и может быть использована для усиления регионарного кровотока, лимфодренажа и увеличения оттока крови из венозных сосудов, в том числе для послеоперационной реабилитации и для индивидуального использования любым человеком.

Еще в прошлом веке великий физиолог Рудольф Вирхов среди других причин внутрисосудистого тромбообразования называл и замедление кровотока. Чаще всего такое замедление кровотока наблюдается в нижних конечностях, поскольку компенсаторные механизмы организма, призванные противодействовать силе тяжести крови, не справляются с этой работой. Этому могут способствовать множество факторов, связанных с профессиональной деятельностью человека, с патологией в зоне конечностей, наконец, с процессом лечения других заболеваний.

Наиболее эффективным из методов, побуждающих восстановление в конечности нормального лимфо- и кровотока, является массаж с помощью различных массажеров. Самым распространенным в настоящее время является автоматический массаж с помощью пневмомассажеров (прессотерапии). Однако этот метод является дорогостоящей салонной процедурой, поэтому разработка портативного массажного прибора для персонального использования является весьма актуальной. Рассмотрим существующие технические решения в области прессотерапии.

Известен серийно выпускаемый пневмомассажер для индивидуального использования [1], в котором используются компрессор, однокамерная манжета, шланг для подачи воздуха, блок управления компрессией и режимом работы, панель управления. Данный прибор имеет один режим массажа — одновременное сдавливание конечности всей манжетой, что вполне достаточно для профилактики венозной недоста-

точности, но недостаточно для лечения гемостазов и варикозов.

Недостатком данного решения является низкая функциональность, что может приводить к застою крови и лимфы в конечностях.

Известно другое техническое решение прибора для пневмомассажа [2] — использование многосекционной манжеты. Большинство серийно выпускаемых профессиональных аппаратов для прессотерапии [3] используют данное решение. Подобный прибор содержит компрессор, пневмораспределитель, многосекционную манжету и блок управления клапанами. Блок управления включает в себя таймер сеанса и секций, блок контроля, дешифратор команд и панель управления.

Достоинством такого решения является возможность проведения лимфодренажа конечностей путем перемежающейся и прерывистой компрессии благодаря отдельной регулировке давления в разных камерах манжеты.

Недостатками данного решения являются:

- большая конструктивная сложность, что приводит к низкой надежности;

- наличие большого количества шлангов пневмораспределителя, идущих к каждой камере манжеты, что приводит к неудобству использования.

Общими недостатками рассмотренных устройств являются:

- невозможность индивидуального использования в режиме постоянного ношения из-за больших габаритов и массы.

- невозможность мобильного использования из-за необходимости сетевого электропитания компрессора;

- исполнение манжеты в виде чулка, надеваемого на всю конечность, не дает возможности производить хирургические операции на этой конечности;

- необходимость использования манжет разного размера для пациентов разной конституции.

Stroke vs Voltage @ fixed load

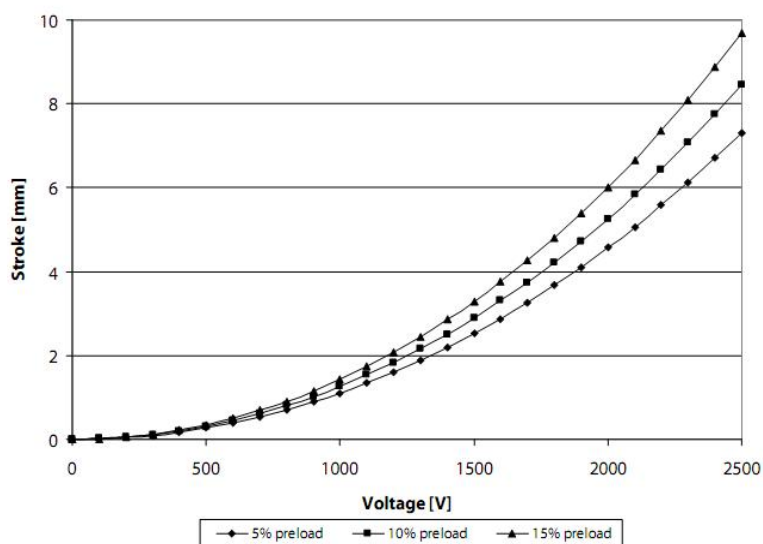


Рис. 1

Наиболее близким по функциональному наполнению к разрабатываемому прибору является серийно выпускаемый портативный пневмомассажер [4] с возможностью индивидуального использования и постоянного скрытого ношения благодаря малой массе и небольшим габаритам. Данный прибор может использоваться при проведении операций на конечности, обеспечивая вспомогательное кровообращение. Прибор содержит однокамерную манжету шириной 50 мм, насос, блок управления компрессией и режимами работы, источник питания в виде батареи, причем все узлы прибора интегрированы в одном конструктиве.

Достоинствами данного решения являются:

- возможность использования при постоянном ношении, во время длительных путешествий для устранения застоя крови и лимфы, во время операций для вспомогательного кровообращения;
- регулировка диаметра манжеты позволяет использовать ее для людей разной конституции.

Недостатками данного решения являются:

- малая ширина манжеты, что позволяет производить массаж ограниченных участков конечности;
- малая функциональность, поскольку исполнение манжеты в виде одной камеры не дает возможность проводить перемежающую и прерывистую компрессию.

Общим недостатком всех массажеров, использующих пневматический способ прессотерапии, является использование компрессора и надувной манжеты — механических узлов. Это приводит к малой надежности и небольшому ресурсу устройства. Как правило, ресурс манжеты при постоянном использовании не превышает 2 лет.

В настоящее время во всем мире активно разрабатываются электроактивные полимеры (ЭАП) — материалы с уникальными свойствами. Эти полимеры, в частности, способны изменять свои геометрические размеры под действием электричества. Например, выпускаемые датской фирмой Danfoss ЭАП производятся в виде пленки толщиной в десятки микрон, способной удлиняться при воздействии напряжения не менее чем на 5 % [5]. При разработке прибора используется именно это свойство ЭАП-пленки, для создания переменного давления на конечность чело-

века. На рис. 1 приведена зависимость удлинения ЭАП «Danfoss PolyPower» от подаваемого напряжения при фиксированной нагрузке.

Задачей разработки является расширение функциональных возможностей прибора для профилактики хронической сердечной недостаточности (ХСН) за счет использования нескольких независимых манжет, увеличение надежности прибора и увеличение технологичности его изготовления за счет перехода к пневматическому способу создания давления к использованию ЭАП, а также уменьшение массы и габаритов прибора (рис. 1).

Разрабатываемый прибор отличается от аналогов тем, что он дополнительно содержит, как минимум, одну манжету, преобразователь напряжения питания, узлы регулировки напряжения, причем манжеты выполнены отдельными и изготовлены с использованием ЭАП, а количество узлов регулировки напряжения равно общему числу манжет.

Манжета может быть выполнена с использованием нескольких слоев ЭАП-пленки, в зависимости от нужной величины давления.

Преобразователь напряжения питания, блок управления, источник питания и узлы регулировки напряжения могут быть выполнены в едином конструктиве с одной из манжет.

Сущность разработки поясняется функциональной схемой прибора (рис. 2).

Прибор для профилактики ХСН содержит манжеты М1 и М2, узлы регулировки напряжения У1 и У2, преобразователь напряжения питания 1, блок управления компрессией и режимами работы 2, панель управления 3, источник питания 4.

Панель управления 3 включает органы управления и индикатор.

Узлы регулировки напряжения У1 и У2, преобразователь напряжения питания 1, блок управления компрессией и режимами работы 2, панель управления 3, источник питания 4 интегрированы с манжетой М1 в едином конструктиве 5.

Манжеты М1 и М2 могут включать несколько слоев ЭАП-пленки 6 в зависимости от нужной величины создаваемого на конечность давления.

Приведенная на рис. 2 схема предназначена для работы с одной или двумя манжетами. Для увеличения

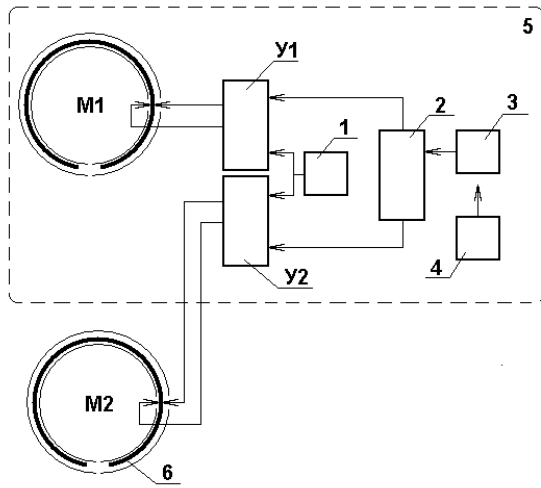


Рис. 2

количества обслуживаемых манжет до M_N нужно увеличить количество узлов регулировки напряжения до Y_N .

Увеличение надежности и технологичности по сравнению с прототипом достигается за счет того, что манжеты М1 и М2 выполнены из ЭАП-пленки и не подвергаются растяжению нагнетаемым воздухом, функции электромеханического изделия — компрессора выполняет преобразователь напряжения питания 1, выполненный в виде высокотехнологичной, надежной и миниатюрной интегральной схемы. Для увеличения технологичности изготовления и увеличения ремонтпригодности устройства все манжеты могут быть выполнены одинаковыми и взаимозаменяемыми. Увеличение функциональности достигается за счет применения нескольких (как минимум, двух) манжет. В отличие от пневматических камер, манжеты с использованием ЭАП-пленки могут быть выполнены практически любого размера и конфигурации, например, для массажа пальцев, стопы и т.п.

Преобразователь напряжения питания 1 служит для получения максимально допустимого напряжения на обкладках ЭАП-пленки 6 из напряжения источника питания 4. Узлы регулировки напряжения У1 и У2 служат для изменения напряжения на обкладках ЭАП-пленки 6 манжет М1 и М2 от максимально допустимого до минимального значения, что соответствует изменению длины ЭАП-пленки 6 от максимальной до минимальной и аналогичному изменению диаметра манжеты. Изменение напряжения производится блоком управления 2 в соответствии с режимом работы, выбранным пользователем на панели управления 3. При изменении напряжения на обкладках ЭАП-пленки 6 манжет М1 и М2 происходит изменение длины ЭАП-пленки 6 и изменение давления на конечность. Источник питания 4, выполненный в виде стандартной батареи, служит для электропитания всех узлов устройства.

Персональный прибор для профилактики ХСН работает следующим образом. Предварительно на конечность надевается манжета М1 со встроенной электронной частью 5, а также желаемое число независимых манжет М2. Каждая манжета плотно закрепляется на конечности с помощью застежек любого известного типа. Независимые манжеты М2 подключаются к выходам узлов регулировки напряжения У2. Пользователь выбирает нужный режим работы на панели управления 3. В соответствии с выбранным режимом блок управления 2 с помощью уз-

лов регулировки напряжения У1, У2 начинает изменять напряжение на обкладках ЭАП-пленки 6 в манжетах М1 и М2, регулируя этим давление каждой манжеты на конечность. Существует возможность задать амплитуду и длительность воздействия, длительность паузы, скорость изменения и спада давления в каждой манжете. За счет этого возможна организация таких режимов, как перемежающая и прерывистая компрессия в разных участках конечности, «бегущая волна» и т.п., что создает увеличение венозного потока и устранение застоя крови и лимфы, а также способствует ускоренному снятию отеков конечностей [6].

Кроме того, повышение функциональности прибора по сравнению с пневмомассажерами состоит в следующем. В пневмомассажах максимальный уровень давления может быть задан только одинаковым для всех камер манжеты. В разрабатываемом приборе возможно задание разных уровней максимального давления для каждой манжеты. Данная функция может быть востребована при устранении локальных отеков одновременно с массажем всей конечности; удержании объема крови в конечности при острых кровопотерях (например, для нижней конечности — верхней манжетой бедра); в любых других случаях, когда требуется получить разность максимальных давлений по длине конечности.

Персональный прибор для профилактики ХСН может использоваться для разных целей. В виде моноблока с одной манжетой прибор можно использовать для длительного постоянного скрытого ношения, например, под брюками, для профилактики венозных нарушений при длительном статичном состоянии человека (перелеты, вождение транспорта, послеоперационная реабилитация). При подключении дополнительных манжет прибор может использоваться как профессиональный массажер для терапевтических целей (усиление венозного кровотока, лимфодренаж, вспомогательное кровообращение и т.д.).

Рассмотренная совокупность конструктивных и схемотехнических решений позволит увеличить функциональность прибора для профилактики ХСН, увеличить его надежность и технологичность изготовления одновременно со снижением его массы и габаритов.

Дополнительный положительный эффект в предлагаемом решении состоит в раздельном изготовлении манжет, что позволяет оставлять между ними зазор любой ширины, например, при проведении операций на конечностях, а также позволяет надевать на разные конечности для одновременного массажа конечностей.

Управление режимами работы прибора может производиться дистанционно, например, для регулирования кровотока в интраоперационный период. Для этого прибор оснащается средствами беспроводной передачи данных, например, модулем Bluetooth или GSM. Приборы, оснащенные таким способом, могут быть интегрированы в **систему дистанционного полифункционального мониторинга состояния жизнедеятельности человека**, разворачиваемую на базе любого лечебно-профилактического учреждения.

На данное техническое решение подана заявка на патент РФ на изобретение № 2011132896 «Устройство для прессотерапии», приоритет от 04.08.2011 г.

Библиографический список

1. Доктор Жизнь DL2002B — Домашний аппарат для прессотерапии. [Электронный ресурс]. — URL: <http://>

www.loza.ru/item/Categories/103/Item/961/ (дата обращения: 29.09.2011).

2. Пат. 2061456 Российская Федерация, МПК А 61 Н 9/00. Устройство для пневмомассажа / Качанова Л. В., Таршинов И. В., Мельниченко Н. Н., Лукашенко А. Н., Седов И. В.; заявители и патентообладатели Качанова Л. В., Таршинов И. В., Мельниченко Н. Н., Лукашенко А. Н., Седов И. В. — № 93032571/14; заявл. 22.06.1993; опубл. 10.06.1996.

3. Аппарат для пресотерапии Доктор Жизнь Марк МК-400. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.medical-club.ru/281> (дата обращения: 29.09.2011).

4. Пневмомассажёр Nissei AM-7. [Электронный ресурс]. — URL: <http://bestmeteo.ru/product/am-7/> (дата обращения: 29.09.2011).

5. DEAP technology for innovative product solutions. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.polypower.com/Home.aspx?ID=243> (дата обращения: 29.09.2011).

6. Малинин, А. А. Метод «бегущей волны» / А. А. Малинин // Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Баку-

лева. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.acvita.ru/st_bd.html (дата обращения: 29.09.2011).

КЛЫПИН Дмитрий Николаевич, научный сотрудник кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского государственного технического университета.

НЕЧАЕВА Галина Ивановна, доктор медицинских наук, профессор (Россия), заведующая кафедрой внутренних болезней и семейной медицины Омской государственной медицинской академии.

ДРУК Инна Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней и семейной медицины Омской государственной медицинской академии.

Адрес для переписки: lan@omgtu.ru

Статья поступила в редакцию 14.11.2011 г.

© Д. Н. Клыпин, Г. И. Нечаева, И. В. Друк

УДК 681.2.083

**Д. Н. КЛЫПИН
Г. И. НЕЧАЕВА
Е. Н. ЛОГИНОВА**

Омский государственный
технический университет
Омская государственная
медицинская академия

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

В статье исследованы возможности создания персонального медицинского прибора для диагностики функционального класса хронической сердечной недостаточности. Рассмотрен вариант создания подобного прибора на основе 3-осевого электронного магнитного компаса, дополненного 3-осевым акселерометром.

Ключевые слова: диагностика ХСН, относительные координаты, электронный магнитный компас, акселерометр.

Разработка ведется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения Государственного контракта № 16.512.11.2118.

Область исследований относится к медицине, а именно к функциональной диагностике и кардиологии, и может быть использовано для определения функционального класса хронической сердечной недостаточности пациента, оценки эффективности терапии, в том числе при индивидуальном использовании устройства пациентом.

Хронической сердечной недостаточностью (ХСН) страдают от 0,4 % до 2 % взрослого населения. Среди лиц в возрасте старше 75 лет её распространенность может достигать 10 %. С возрастом риск развития сердечной недостаточности постепенно возрастает. Среди всех больных, обращающихся в медицинские учреждения России, 38,6 % имеют признаки ХСН. Факторы развития сердечной недостаточности являются потенциально обратимыми. Их устранение или уменьшение могут задержать прогрессирование сер-

дечной недостаточности, а иногда и спасти жизнь больного. Поэтому своевременная диагностика ХСН с целью раннего установления факта наличия сердечной недостаточности или уточнения степени выраженности патологического процесса является крайне актуальной задачей для российской медицины.

Среди множества способов диагностики ХСН наиболее доступным является проведение нагрузочных тестов. Нормальный результат нагрузочного теста у человека практически полностью исключает диагноз ХСН. Для повседневной практики в качестве стандартного рутинного теста для оценки физической толерантности и объективизации функционального статуса больных ХСН рекомендуется **тест 6-минутной ходьбы**, соответствующий субмаксимальной нагрузке.

Классический способ проведения теста 6-минутной ходьбы (6МХ) выполняется следующим образом

[1]: выбирается отрезок пути известной длины, например, коридор отделения 50 или 100 метров, размеченный по 1 м, пациент становится в начало пути, включает секундомер, и в максимально возможном темпе двигается 6 минут. По истечении этих 6 минут нужно определить, сколько метров пройдено. По этой цифре определяется функциональный класс (ФК): если пройдено более 550 метров – то это норма, если 426-550 – то I ФК, 301 – 425 – II ФК, 151-300 – III ФК и менее 150 – IV ФК. Отсчет времени выполнения теста, пройденного расстояния и поведение пациента (остановки, состояние) контролирует медицинский работник.

Достоинством этого способа является простота – для проведения теста нужно только средство измерения времени - секундомер и известный отрезок пути.

Недостатками этого способа являются:

— необходимость выделения свободного горизонтального отрезка пути длиной не менее 50 м в медицинском учреждении;

— необходимость отвлечения медицинского работника на проведение теста;

— психологический эффект «белого халата», а также субъективность в измерении времени и расстояния, приводящие к погрешности теста.

Таким образом, для устранения недостатков способа необходимо исключить человеческий фактор, и использовать методы точного измерения времени и длины пройденного пути.

Известны методы измерения пройденного пути с помощью **шагомеров** – устройств, подсчитывающих количество шагов, произведенных человеком. Шаг детектируется либо механическим маятником, либо акселерометром, определяющим ускорение смещения тела человека при ходьбе в одной или нескольких осях координат [2].

Основным недостатком применения шагомеров для измерения пройденного пути является неопределенность длины шага конкретного человека и, соответственно, большая погрешность в определении расстояния.

Известен метод вычисления пройденного расстояния с использованием спутниковых навигационных систем глобального позиционирования (GPS/Navstar, Glonass, Galileo и т.п.).

Основным недостатком использования систем GPS для измерения пройденного пути является невозможность работы при отсутствии прямой видимости спутников – в помещениях, при высокой застройке и т.д.

Известны методы определения координат с помощью **электронного магнитного компаса** – устройства, вычисляющего положение относительно магнитных линий Земли [3]. Пройденный путь вычисляется по относительным координатам начала и конца пути.

Основной недостаток электронного магнитного компаса – зависимость показаний от наклона относительно любой из 3-х осей координат.

Задачей разработки является упрощение способа проведения теста 6МХ за счет автоматизации измерений и вычислений и возможности проходить дистанцию любой траектории, а также уменьшение погрешности определения ФК ХСН за счет использования методов точного измерения времени теста и пройденного расстояния.

Поставленная задача достигается следующим способом проведения теста 6-минутной ходьбы: время теста отсчитывается электронными часами, во время ходьбы пациента с помощью магнитного компаса периодически определяются текущие координаты пациента и по ним вычисляется длина пройденного

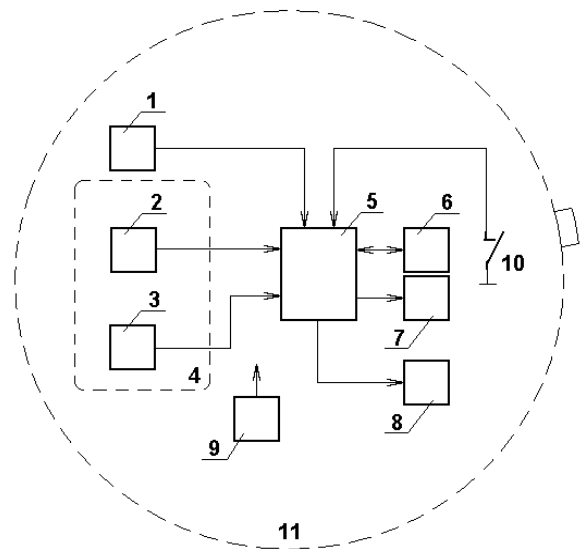


Рис. 1

пути, причем все действия производятся автоматически, без участия человека.

Поставленная задача достигается также тем, что персональный прибор для диагностики ХСН содержит: 3-осевой магнитный компас, 3-осевой акселерометр, процессор, энергонезависимую память, индикатор, звуковой оповещатель, источник питания и кнопку управления, причем средство измерения времени выполнено в виде кварцевых часов реального времени.

3-осевой магнитный компас и 3-осевой акселерометр могут быть выполнены в виде одного миниатюрного МЭМС-устройства.

Персональный прибор для диагностики ХСН может быть выполнен в виде часов, надеваемых на запястье пациента во время проведения теста.

Сущность технического решения поясняется функциональной схемой прибора, приведенной на рис. 1.

Персональный прибор для диагностики ХСН содержит кварцевые часы реального времени 1, 3-осевой магнитный компас 2, 3-осевой акселерометр 3, выполненные в виде МЭМС 4, процессор 5, энергонезависимую память 6, индикатор 7, звуковой оповещатель 8, источник питания 9. Управление устройством осуществляется одной кнопкой 10. Прибор, как условно показано на рис.1, выполнен в виде часов 11.

Кварцевые часы реального времени 1 служат для точного измерения времени теста, а также для получения текущего времени с целью записи времени проведения текущего теста в энергонезависимую память 6.

3-осевой магнитный компас 2 служит для определения текущих координат пациента по магнитным осям $X_{A,M}$, $Y_{A,M}$ и $Z_{A,M}$ (рис. 2). 3-осевой акселерометр 3 служит для коррекции показаний 3-осевого магнитного компаса 2 при отклонениях устройства относительно нулевых положений осей координат X_B , Y_B , Z_B (рис.2) в соответствии с методом, изложенным в [4].

Процессор 5 выполняет программу калибровки, измерений, оценки, записи в память и вывода на индикатор, хранящуюся в энергонезависимой памяти 6. Энергонезависимая память 6 служит также для хранения данных нескольких тестов, например, для оценки эффективности терапии. Индикатор 7 служит для отображения времени и результатов теста. Звуковой оповещатель 8 служит для звукового опове-

щения нажатия кнопки 10 и окончания теста. Источник питания 9, выполненный в виде батареи, служит для энергопитания всех узлов устройства. Кнопка 10 служит для управления режимами работы устройства.

Способ проведения теста 6-минутной ходьбы состоит в следующем. Пациент надевает на руку прибор. В исходном состоянии на индикаторе 7 отображается текущее время. При коротком (менее 2 с) нажатии кнопки 10 начинается обратный отсчет времени теста с соответствующей индикацией на индикаторе 7, включаются 3-осевой магнитный компас 2 и 3-осевой акселерометр 3, вычисляется координата начала пути, пациент начинает идти. Каждая координата вычисляется процессором 5 путем считывания данных из 3-осевого магнитного компаса 2 и их корректированием с учетом показаний 3-осевого акселерометра 3 по известному алгоритму [4]. Во время проведения теста в энергонезависимую память 6 с заданным периодом (например, 1 с) записываются вычисленные координаты. После отсчета времени теста звуковой оповещатель 8 индицирует звуком или вибрацией окончание теста, пациент останавливается, процессор 5 по всем записанным координатам вычисляет общую длину пройденного пути. Далее, исходя из известных соотношений [1], процессор 5 определяет ФК ХСН, индицирует на индикаторе 7 вместе с длиной пройденного пути, и записывает в энергонезависимую память 6 вместе с текущим временем, считанным из кварцевых часов реального времени 1.

Для просмотра архива результатов тестов нужно в исходном состоянии произвести длительное (более 2 с) нажатие кнопки 10. При этом на индикатор 7 из энергонезависимой памяти 6 выводятся результаты последнего теста, последующие нажатия кнопки 10 позволяют просмотреть весь архив.

Увеличение точности определения ФК достигается за счет того, что все измерения и отсчет времени выполняются с высокой точностью процессором 5, исключая субъективный фактор и учитывая все колебания траектории движения пациента.

Упрощение проведения теста 6МХ достигается за счет минимизации участия человека - достаточно нажать кнопку 10 в начале теста, и затем дождаться звукового сигнала остановки.

Предлагаемый способ проведения теста 6-минутной ходьбы и прибор для диагностики ХСН могут использоваться как в профессиональной медицинской практике, так и индивидуально пациентами, для оценки собственного состояния в любое время.

Кроме диагностических целей, прибор может использоваться в любых случаях, требующих точного определения пройденной дистанции, например, спортсменами во время тренировок в любых условиях. Если корпус прибора выполнить герметичным, могут оценивать и пройденную дистанцию под водой во время дайвинга.

Диагностика и управление режимами работы прибора могут производиться дистанционно, с целью своевременного получения врачом данных теста и постоянного контроля состояния пациента. Для этого прибор оснащается средствами беспроводной передачи данных, например, модулем Bluetooth или GSM. Приборы, оснащенные таким модулем, могут быть ин-

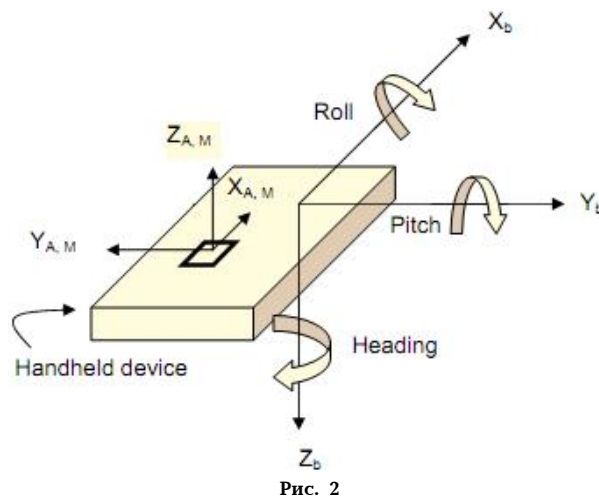


Рис. 2

тегрированы в систему дистанционного полифункционального мониторинга состояния жизнедеятельности человека, разворачиваемую на базе любого лечебно-профилактического учреждения.

На данное техническое решение подана заявка на патент РФ на изобретение № 2011134381 «Способ проведения теста 6-минутной ходьбы и устройство для его осуществления», приоритет от 16.08.2011 г.

Библиографический список

1. ATS Statement: guidelines for the six-minute walk test / ATS Committee on proficiency standards for clinical pulmonary function laboratories // Am. J. Respir. Crit. Care Med. — 2002. — Vol. 166, N 1 — P. 111—117.
2. Шагомеры. [Электронный ресурс]. — URL: <http://omron-m3-intellisense.ru/shagometry/> (дата обращения: 30.09.2011).
3. Honeywell, Inc. Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.ssec.honeywell.com/position-sensors/datasheets/sae.pdf> (дата обращения: 30.09.2011).
4. Using LSM303DLH for a tilt compensated electronic compass. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/CD00269797.pdf (дата обращения: 30.09.2011).

КЛЫПИН Дмитрий Николаевич, научный сотрудник кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского государственного технического университета.

НЕЧАЕВА Галина Ивановна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и семейной медицины Омской государственной медицинской академии.

ЛОГИНОВА Екатерина Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней и семейной медицины Омской государственной медицинской академии.

Адрес для переписки: lan@omgtu.ru

Статья поступила в редакцию 14.11.2011 г.

© Д. Н. Клыпин, Г. И. Нечаева, Е. Н. Логинова

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ

В работе рассмотрены задачи организации диагностического обеспечения и критерии эффективности технического диагностирования. Приведен порядок построения алгоритма диагностического обеспечения на основе SADT-технологии. Предложена модель системы диагностирования на основе построения SADT-диаграммы. Обосновано повышение эффективности за счет улучшения параметров, выявленных в ходе моделирования системы.

Ключевые слова: диагностика, эффективность, алгоритм, система.

На современном этапе реформирования наших Вооруженных Сил, характеризующемся сокращением количества вооружения и личного состава, глубокой модернизацией серийных образцов систем вооружений и военной техники, важнейшей задачей является, возможно, более быстрое внедрение в жизнь новейших результатов научно-технических исследований.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к организации войскового ремонта бронетанкового вооружения и техники в мирное время, в систему технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию вводится новая подсистема — контроля технического состояния военного вооружения и техники (ВВТ). Задача повышения эффективности технической диагностики за счет создания программно-аппаратных и компьютерных диагностических комплексов стала крайне актуальной для наших войск, так как одним из видов контроля технического состояния является техническое диагностирование [1].

Создание программно-аппаратных и компьютерных диагностических комплексов для существующего парка серийных образцов бронетанкового вооружения и техники (БТВТ) является практической задачей сегодняшнего дня.

Существующие в настоящее время средства технического диагностирования (СТД) не позволяют поддерживать боеготовность БТВТ в мирное и боеспособность в военное время на требуемом уровне [1]. Анализ показывает, что в настоящее время с помощью имеющихся средств приборной диагностики можно проверить не более 11% электрических и электронных приборов, находящихся в танке. Это обусловлено рядом причин:

- низкий уровень контролепригодности БТВТ, обусловленный недостаточным количеством датчиков и контрольных разъемов, затрудненным доступом к ним, особенно при включенных системах, недостаточное количество измеряемых на них сигналов;
- большой объем параметров систем, подлежащих диагностированию;
- отсутствие в войсках современных СТД и высококвалифицированных специалистов.

Таким образом, проблема заключается в том, что, с одной стороны, возросла потребность в проведении работ по диагностированию объектов ВВТ в свя-

зи с внедрением технического обслуживания с периодическим контролем и ремонтом по техническому состоянию, с другой стороны, существующая система технического диагностирования не отвечает современным требованиям и не позволяет поддерживать боеготовность ВВТ в мирное и боеспособность в военное время на требуемом уровне.

Кроме того, наиболее «болезненным» является вопрос отсутствия средств технического диагностирования.

Задачами организации диагностического обеспечения являются [1]:

- изучение объекта диагностирования;
- определение перечня возможных неисправностей и признаков их проявления;
- составление алгоритма диагностирования (составление программы для компьютеризированного диагностического комплекса);
- оценка качества алгоритма диагностирования;
- выбор средств диагностирования, приемлемых для организации алгоритма;
- исследование системы диагностирования в целом.

При диагностировании систем электроники и автоматики наиболее важным является решение вопроса информационного обеспечения, т.е. первые четыре компонента из указанных выше.

В соответствии с концепцией развития средств технического диагностирования БТВТ, второй уровень системы технического диагностирования БТВТ (уровень подразделения), предлагаем дополнить внешними переносными СТД. Такие переносные СТД необходимо подключать к бортовой системе объекта при возникновении определенного признака (или нескольких признаков) какой-либо неисправности при штатной проверке.

В процессе диагностирования ЭВМ в текстовой и графической форме выдает рекомендации по выполнению необходимых управляющих воздействий на проверяемую систему.

Отметим, что при реализации соответствующего воздействия, на основе определения наличия или изменения уровня выделяемых электрических сигналов, ЭВМ анализирует, в соответствии с заданным алгоритмом, реакцию и процессы в системе. Далее выработывает решение о номенклатуре неисправного блока или команды оператору на выполнение следующего воздействия на диагностируемую систему.

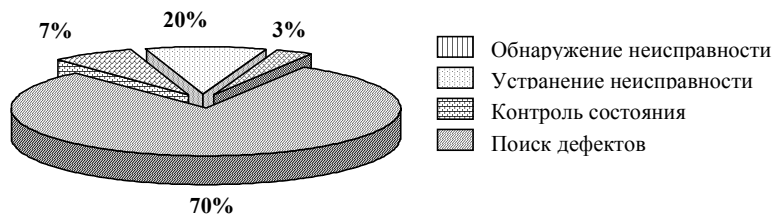


Рис. 1

Работа в диалоговом режиме продолжается до выявления конкретного неисправного блока (или участка цепи) и выдачи рекомендаций по его замене, дальнейшем контроле, и настройке эксплуатационных параметров.

Для достижения повышения эффективности диагностирования особого внимания заслуживают два положения: содержание задач и эффективность диагностики.

1. Задачами технического диагностирования являются [2]: контроль технического состояния, поиск места и причин отказа (неисправности) и прогнозирование технического состояния.

Контроль технического состояния — это проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации, и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени. Техническое состояние оценивают как исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное и т. п.

Прогнозирование технического состояния — это определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Термин «Техническое диагностирование» применяют в случае, если решаемые задачи технического диагностирования равнозначны, или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

2. Под эффективностью понимают свойство системы, характеризующее способность выполнять задачи по назначению. К показателям эффективности технического диагностирования относят:

- продолжительность технического диагностирования — интервал времени, необходимый для проведения диагностирования объекта;

- достоверность технического диагностирования — степень объективного соответствия результатов диагностирования действительному техническому состоянию объекта;

- полноту технического диагностирования — характеристику, определяющую возможность выявления отказов (неисправностей) в объекте при выбранном методе его диагностирования;

- глубину поиска места отказа (неисправности) — характеристику, задаваемую указанием составной части объекта с точностью, до которой определяется место отказа (неисправности).

Таким образом, в нашем случае повышение эффективности технического диагностирования обеспечивается за счет улучшения хотя бы одного из перечисленных показателей.

Основной способ проведения войскового ремонта — агрегатный, т.е. глубина поиска места отказа (неисправности) задана. Поэтому, чтобы реализовать повышение эффективности, не ухудшая полноты технического диагностирования, применение контроля параметров систем, например, танка Т-72 с помощью программно-аппаратного комплекса необходимо:

- исключить субъективность оценок параметров, т.е. повысить достоверность технического диагностирования;

- снизить требования к квалификации и объему обучения личного состава подразделений, и следовательно, снизить затраты на проведение диагностирования;

- существенно сократить время работ на этапе поиска дефектов (неисправных элементов) систем танка, являющемся самым сложным и ответственным этапом, продолжительность которого может составлять 60–80% всего времени устранения неисправности [3];

Примерное распределение общего фонда рабочего времени на выполнение различных этапов ремонта электроспецоборудования и автоматики объектов БТВТ показано на диаграмме (рис. 1) [3].

Методологической основой решения задачи повышения эффективности технического диагностирования является SADT методология (Structured Analysis and Design Technique), системный и целостный подход, позволяющие рассматривать техническое диагностирование в виде системы.

Система технического диагностирования представляет собой совокупность методов, средств и объекта диагностирования и, при необходимости, исполнителей. Такая система позволяет применить к ней SADT — технологию, являющуюся практическим воплощением разработанной SADT методологии. Применение SADT технологии к нашей системе позволяет уменьшить количество дорогостоящих ошибок за счет структуризации на ранних этапах создания диагностирующей системы, улучшения контактов между пользователями и разработчиками и сглаживания перехода от анализа к разработке [4].

Заметим, что SADT-методологию деятельности начали применять в России в 90-х годах XX века [5]. Ранее SADT-методология была успешно использована за рубежом в военных, промышленных и других организациях для решения широкого спектра задач. Такую методологию применяют для стратегического планирования, автоматизации производства, управления финансами, оптимизации организации производства, обучения персонала жестко регламентированной деятельности.

Широкое применение обусловлено эффективностью решения задач, содержащих противоречия, проблемные ситуации, недостаток исходных данных. Ситуации неопределенности являются неотъемлемым компонентом содержания любой профессиональной деятельности, а также жизненных обстоятельств. SADT-методология является «компасом» в пути по разрешению противоречивых ситуаций, опираясь на структурный анализ, синтез, проектирование и создание модели.

SADT-технология служит повышению производительности и надежности, эффективности функционирования систем. Временные и стоимостные затраты на моделирование функциональной системы

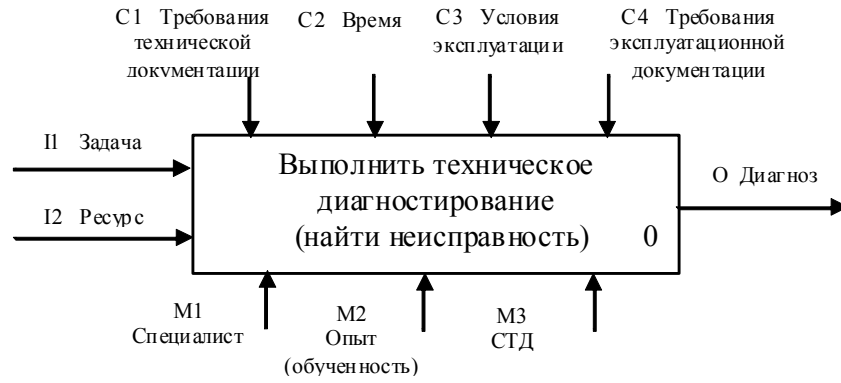


Рис. 2

с лихвой окупаются реализацией разработанной модели [4].

Чтобы повысить эффективность технического диагностирования бронетанковой техники необходимо разработать общий подход к системе диагностирования на основе SADT-методологии, позволяющий обеспечить технологию диагностирования объекта.

Процесс решения задачи представляет деятельность, описываемую функциональной системой. Именно для функциональной системы SADT-методология позволяет выявить условия, воздействующие на нее, установить взаимодействия и взаимозависимости между элементами системы; строгий порядок во взаимосвязях элементов, принадлежащих к различным уровням обобщения.

Смоделируем процесс разработки системы диагностирования с помощью построения SADT-диаграммы верхнего уровня (рис. 2).

Диаграмма верхнего уровня строится в виде прямоугольника (блока), включающего в себя конечную цель системы технического диагностирования. Блок имеет вход, выход, управление и механизм исполнения [6].

Приходящие и выходящую стрелки называют дугами. Для дуг применяют схему кодирования: вход (input) обозначают начальной буквой — I, управление (control) — C, выход (output) — O, механизм (mechanism) — M. Если имеется несколько дуг, подходящих к стороне прямоугольника, то обозначения сопровождаются цифрами.

Взаимосвязь между блоками выражается дугами. Дуги подходят к блоку перпендикулярно стороне прямоугольника. Блок с подходящими к нему дугами является структурной единицей модели системы. В нижнем правом углу прямоугольника обозначают цифрой порядок каждого блока.

На вход системы (рис. 2) поступает задача I1 по поиску неисправного элемента системы. Для выполнения диагностирования необходим соответствующий ресурс I2 материально-технического обеспечения. Процесс диагностики (поиска) будет «запущен» благодаря деятельности специалиста M1, опирающегося на имеющийся опыт и квалификацию M2 с использованием доступных средств технической диагностики M3. Выходом системы является диагноз O. Диагностирование выполняют на основе соответствия требованиям технической документации C1, требованиям эксплуатационной документации C4, условиям эксплуатации C3 (которые в диаграмме верхнего уровня играют роль управления в системе), в течение интервала времени, необходимого для проведения диагностирования объекта C2.

Разработав диаграмму первого уровня обобщения, следует построить диаграмму второго уровня (рис. 3), которая позволит выявить последовательность действий (этапов) в процессе диагностирования системы.

Анализ на этом уровне детализации системы дает возможность оценки необходимых этапов и условий функционирования системы диагностирования. Диаграмма второго уровня включает четыре блока. Рассмотрим содержание каждого блока.

Блок № 1 «Смоделировать объект» — предписывает изучить объект диагностирования, т.е. принципы его работы, структуру, конструкцию, выполняемые функции и др. Далее требует указать перечень или классы возможных (наиболее вероятных) дефектов объекта, условия и признаки их проявления, передачи (транспортировки) признаков в контрольные точки и их обнаружения в этих точках.

Блок № 2 «Выбрать алгоритм диагностирования» — указывает на необходимость выбора метода и составление алгоритма диагностирования; оценки качества полученного алгоритма диагностирования. Для алгоритмов проверки исправности, работоспособности или правильности функционирования объекта основной характеристикой является полнота обнаружения возможных дефектов. Для алгоритмов поиска дефектов — глубина поиска. Если указанные характеристики не соответствуют требуемым, выполняют либо доработку полученного алгоритма, либо составляют новый алгоритм, воспользовавшись другим методом диагностирования или улучшив контролепригодность объекта.

Блок № 3 «Выбрать средства диагностирования» — заставляет выбрать из известных или разработать новые приемлемые средства диагностирования, которые реализуют алгоритм диагностирования, удовлетворяющий требованиям полноты обнаружения или глубины поиска возможных дефектов. Оценить характеристики выбранных или разработанных средств диагностирования, например, их объем, массу, безотказность, достоверность работы и др.

Блок № 4 «Найти неисправность» — нацеливает на поиск неисправности. Если какие-либо характеристики поиска не соответствуют требуемым, то либо выполняют доработку выбранных средств, либо подбирают или разрабатывают другие средства, не меняя полученный алгоритм диагностирования. Если указанные меры не дают нужных результатов, уменьшают полноту обнаружения или глубину поиска возможных дефектов с последующей разработкой нового алгоритма диагностирования и реализующих его средств.

Сложный объект практически всегда можно представить в виде некоторой иерархической структуры

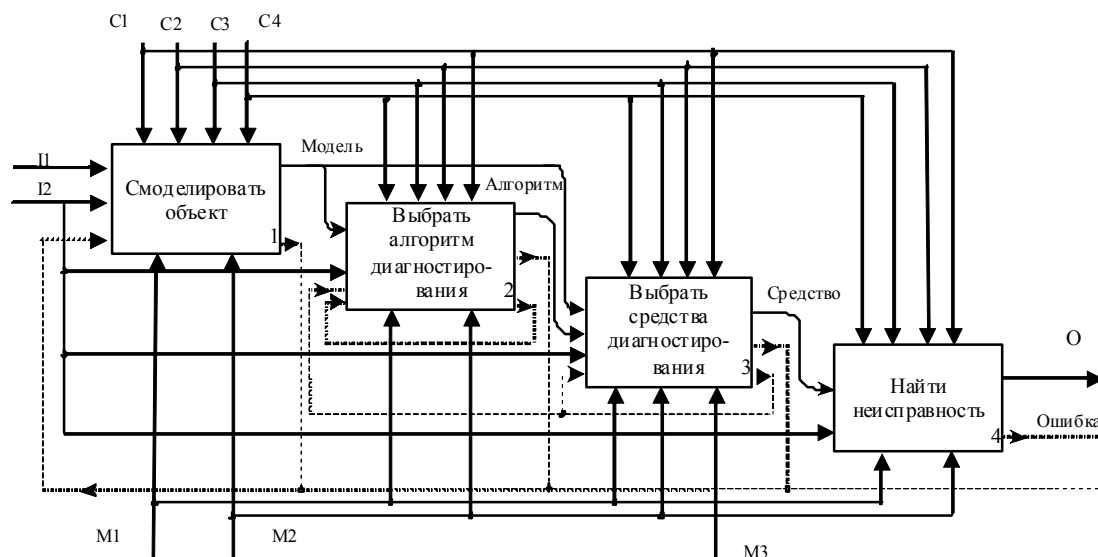


Рис. 3

(функциональной, конструктивной, организационной), каждый уровень которой содержит одну или несколько составных частей. Объект диагностирования может быть разделен на составные части в том случае, если эти части разрабатывают и изготавливают разные исполнители, или в случае декомпозиции сложных задач диагностирования объекта в целом на более простые задачи диагностирования его составных частей.

Для правильной организации диагностического обеспечения проектируемый объект должен быть приспособлен к диагностированию его технического состояния с требуемой точностью, а средства диагностирования должны быть разработаны с учетом условий производства и эксплуатации объекта.

В нашем случае для разработки модели системы диагностирования на основе диаграммы второго уровня (рис. 3) необходимо:

- сформировать наиболее полный перечень дефектов объекта, область признаков нарушения нормального функционирования и контрольные точки обнаружения неисправностей;

- выбрать метод и составить алгоритм диагностирования, при котором не будет допущено снижение (по возможности добиться улучшения) установленной полноты обнаружения возможных дефектов и глубины поиска.

- добиться использования старых или разработать новые приемлемые средства диагностирования.

Установление полного перечня дефектов, признаков нормального функционирования, контрольных точек, выбор метода и алгоритма диагностирования, при правильном подборе средств, а в нашем случае программно-аппаратного комплекса, и позволит повысить эффективность диагностирования.

Таким образом, возможность достижения повышения эффективности диагностирования БТБТ обусловлена:

- построением адекватной модели процесса диагностирования объекта;

- обоснованием повышения эффективности за счет трех составляющих: уменьшения времени диагностирования, повышения достоверности получаемых результатов и снижения требований к квалификации и объему обучения специалистов;

- получением экспериментальных результатов обнаружения дефектов традиционным способом деятельности и способом на основе SADT-технологии.

Выполнение экспериментальной проверки обусловлено необходимостью проверки функционирования построенной модели процесса диагностирования, выделенных трех составляющих эффективности и полноты обнаружения неисправностей.

В нашем случае, учитывая требования, предъявляемые математической статистикой [7] необходимо:

- сформировать из одной генеральной совокупности две группы специалистов: экспериментальную, обеспеченную средствами диагностирования, улучшенными с использованием SADT-технологии, и контрольную;

- объектом диагностирования должен быть реальный образец бронетанковой техники или учебно-действующий стенд, максимально приближенный к реальному образцу;

- эксперимент необходимо проводить с определенной точностью, в одинаковых условиях, по заранее разработанному плану;

- выбрать приемлемые методы математической статистики для обработки результатов.

Методы математической статистики позволят обработать результаты эксперимента и сделать заключение с определенной точностью о повышении эффективности за счет улучшения достоверности, полноты и уменьшения времени процесса диагностирования.

Выдвинутые положения требуют экспериментальной проверки прогнозируемого повышения эффективности, результаты которой определяют целесообразность включения данной методики и разработанных алгоритмов программно-аппаратного комплекса в состав существующих бортовых информационно-измерительных управляющих систем и полевых компьютерных диагностических комплексов бронетанковой техники.

Внедрение результатов исследования особо актуально для учебных военных центров и предприятий, получающих государственные заказы от Министерства обороны.

Библиографический список

1. Рудин, В. Г. Проблемы диагностирования комплексов электроники и автоматики современных образцов БТБТ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://old.vttvomsk.ru/rus/archive/?show=1&doc=27&c=15> (дата обращения: 25.11.2011).

2. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и оп-ределения. — Введ. 1991-01-01. — М.: Стандартинформ, 2009. — 9 с.

3. Мунин, В. А. Повышение эффективности технической диагностики электрооборудования и автоматики бронетанковой техники на основе SADT-технологии / В. А. Мунин, Г. Н. Лобова // Омский научный вестник. — 2010. — Вып. 2. — С. 213–216.

4. Мунин, В. А. Технологии структурного анализа и проектирования в управлении качеством продукции / В. А. Мунин // Развитие предприятий, отраслей, регионов России : сб. ст. IV Всерос. науч. метод. конф. февраль 2011. — Пенза : Приволжский дом знаний, 2011. — С. 90–92.

5. Марка, Д. . Методология структурного анализа и проектирования / Д. Марка, К. МакГоуэн. — М., 1993. — 240 с.

6. Лобова Г. Н. SADT-технология исследовательской деятельности / Г. Н. Лобова. — Омск, 2006. — 108 с.

7. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. — СПб.: Речь, 2003. — 350 с.

МУНИН Валерий Анатольевич, доцент учебного военного центра при ОмГТУ.

ЛОБОВА Галина Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Средства связи и информационная безопасность».

Адрес для переписки: muninva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.11.2011 г.

© В. А. Мунин, Г. Н. Лобова

Информация

Конкурс на соискание премий правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся научные результаты в области науки и техники

Комитет по науке и высшей школе правительства Санкт-Петербурга объявляет открытый конкурс на соискание в 2012 году премий правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся научные результаты в области науки и техники.

Премии присуждаются в следующих номинациях:

1. математика и механика — премия им. П.Л. Чебышева;
2. физика и астрономия — премия им. А.Ф. Иоффе;
3. химические науки — премия им. Д.И. Менделеева;
4. материаловедение — премия им. Д.К. Чернова;
5. геологические, геофизические науки и горное дело — премия им. А.П. Карпинского;
6. география, науки об атмосфере и гидросфере — премия им. М.И. Будыко;
7. биологические науки — премия им. Н.И. Вавилова;
8. физиология и медицина — премия им. И.П. Павлова;
9. гуманитарные науки — премия им. С.Ф. Ольденбурга;
10. общественные науки — премия им. В.В. Новожилова;
11. технические науки — премия им. А.Н. Крылова;
12. электро- и радиотехника, электроника и информационные технологии — премия им. А.С. Попова;
13. естественные и технические науки — премия им. Л. Эйлера.
14. гуманитарные и общественные науки — премия им. Е.Р. Дашковой.

В номинациях, указанных в пунктах 1–12 настоящего извещения, присуждается по одной премии.

В номинациях, указанных в пунктах 13–14 настоящего извещения, присуждается по две премии.

Премии присуждаются:

— по номинациям, указанным в пунктах 1–12 настоящего извещения — ученым без ограничения возраста, являющимся гражданами Российской Федерации, проживающим в Санкт-Петербурге и имеющим выдающиеся научные результаты в области науки и техники;

— по номинациям, указанным в пунктах 13–14 настоящего извещения — ученым в возрасте до 35 лет, являющимся гражданами Российской Федерации, проживающим в Санкт-Петербурге и имеющим выдающиеся научные результаты в области науки и техники.

Размер премии составляет 300 000 рублей.

Выдвижение претендентов на получение премии осуществляется:

— научно-техническим советом при правительстве Санкт-Петербурга;

— учеными советами научных учреждений и высших учебных заведений, расположенных на территории Санкт-Петербурга.

Положение о премиях правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся научные результаты в области науки и техники представлено в приложении 1 к настоящему извещению.

Не принимаются к рассмотрению представления и документы претендентов на получение премий:

— поступившие после окончания срока, указанного в настоящем извещении;

— заполненные с нарушением установленной формы, представленной в приложении 2 к настоящему извещению;

— не соответствующие перечню, представленному в приложении 3 к настоящему извещению.

Информацию о порядке проведения и условиях конкурса можно получить у главного ученого секретаря Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук Эдуарда Абрамовича Троппа по телефону 328-33-16. Документы на соискание премий принимаются в Санкт-Петербургском научном центре Российской академии наук по адресу: Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5, помещение 100.

Срок приема документов на соискание премий: до 12.00 23 марта 2012 года (включительно).

Информация о Конкурсе на сайте КНВШ: http://www.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/c_science/konkurs/2012_1
Источник: http://www.rsci.ru/grants/grant_news/297/231490.php (дата обращения: 10.02.2012).