

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 519.3+651

на правах рукописи

АБДУЛЛАЕВА МАЛИКА ВАХАБОВНА

**Аппаратно - программный комплекс системы автоматизированной
обработки гастроэнтерологических сигналов**

Специальность: 5А330204– Информационные системы

диссертация

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель

к.т.н. Кадиров Р. Х.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Факультет: Информационные
технологии

Магистрант: Абдуллаева М.В.

Кафедра: ИТ

Научный руководитель: Кадиоров Р.Х.

Учебный год: 2012-2013

Специальность: 5А330204 ИС

Актуальность диссертационной работы. Проведенные исследования показывает, что на базе селективной электрогастроэнтерографии и современных информационных технологий может быть реализован новый неинвазивный метод обследования моторики органов желудочно-кишечного тракта разработаны алгоритмы первичной цифровой обработки гастроэнтерограмм на основе полосовой фильтрации, алгоритмы вейвлет-анализа гастроэнтерограмм для функциональной диагностики

Цель диссертационной работы – разработка системы цифровой обработки сигналов, в частности исследование частотных спектров.

- разработка аппаратно-программного комплекса для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта;
- разработка алгоритмов программы для цифровой обработки г

Объект и предмет исследования. Настоящая диссертационная работа выполнена в рамках инновационного проекта И-2012-25 «Компьютерные системы для функциональной диагностики состояния желудочно - кишечного тракта кафедры «Информационные технологии» Ташкентского Университета Информационных Технологий.

Методы исследования. Теоретическую основу проведенных исследований составляют теория функционального анализа, теория ортогональных рядов, вариационно – разностные методы, обобщенные

спектральные методы, теория рядов и матриц, методы моделирования цифровых систем, а также теория параллельных вычислительных процессов. В данной работе в качестве исходных данных имелись гастроэнтерограммы по двадцати здоровым и двадцати больным пациентам. По ним велась работа с осреднением по частоте, вычислению спектра мощности, сглаживанию спектрограмм с применением спектральных окон.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на Республиканской научно-технической конференции «Проблемы информационных технологий и телекоммуникации» Применение методов спектрального анализа в гастроэнтерологии Ташкент, 14-15 марта 2013 г.

Публикация результатов. По материалам диссертации опубликовано 2 работы, в том числе получено свидетельство Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан № DGU 02435 от 02.03.2012 г.

Научная новизна. В ходе выполненных исследований получены следующие научные результаты:

- предложены быстрые алгоритмы спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов;
- разработан алгоритм анализа и сглаживания спектрограмм гастроэнтерологических сигналов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав с выводами, заключения, списка литературы, включающего 51 наименований. Основная часть работы изложена на 79 страницах текста.

Полученные результаты. Предложены алгоритмы первичной цифровой обработки гастроэнтерологических сигналов, а также алгоритмы вейвлет-анализа гастроэнтерограмм для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта. Разработана структура мобильной системы диагностики заболевания желудочно-кишечного тракта и программное обеспечение к нему.

Закключение. В результате исследований, можно установить, что спектральный анализ гастроэнтерограмм дает важную информацию врачам для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта.

Так как конечным пользователем программ обработки гастроэнтерограмм являются врачи, то данная работа помогает им при предварительном обследовании и постановке диагноза, при его уточнении и проведении лечения в послеоперационный период.

Научный руководитель: _____

Магистрант: _____

STATE COMMITTEE OF COMMUNICATIONS, INFORMATIZATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

THE SUMMARY TO THE MASTER THESIS

Faculty: Information technologies

Master student: Abdullaeva M.V.

Chair: IT

Research supervisor: Kadirov R.X.

Academic year: 2012-2013

Specialty: 5A330204 IS

The topicality of the thesis. Studies have shown that on the basis of selective electrogastroenterography and modern information technology can be implemented in a new noninvasive method of examination motility of the gastrointestinal tract algorithms for primary processing of digital gastroenterogram based band pass filtering algorithms of wavelet analysis for functional diagnostics gastroenterogram

The aim of the thesis developing of digital signal processing, in particular the study of the frequency spectra.

To develop hardware and software for functional diagnosis of the condition of the gastrointestinal tract;

The developan algorithms for digital processing program.

The object and subject purpose of the study. The present thesis work was performed as part of the innovative project I-2012-25 "Computer systems for functional diagnosis of the condition of the gastrointestinal tract of the Department" Information Technology "of the Tashkent University of Information Technologies.

Research methods. The theoretical basis of the research is the theory of functional analysis, the theory of orthogonal series, variation - difference methods, generalized spectral methods, theory of series and matrices, methods of modeling of digital systems, and the theory of parallel computing processes.

In this paper, as the initial data were gastroenterogrammy of healthy and twenty lie patients. With them was worked the averaging in frequency, also the calculation of the power spectrum, spectrogram smoothing using spectral windows.

Testing work. The main results were presented at: the Republican scientific conference "Problems of Information Technologies and Telecommunications" The application of spectral analysis in gastroenterology Tashkent, 14-15 March 2013

Publication of the results. According to the materials of the dissertation was published two works, including evidence obtained Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan № DGU 02435 from 02.03.2012, the

scientific novelty. In the course of the research were get the following research results:

- proposed fast algorithms for spectral processing of gastrointestinal signals;
- the algorithm analysis and smoothing of the spectrograms of gastrointestinal signals.

Volume and structure of work .Dissertation consists of an introduction, three chapters with the findings, conclusions, bibliography, which includes 51 items. Main part of the work is set out on page 79 of the text.

Results. The algorithms of digital processing of primary gastrointestinal signals and algorithms of wavelet analysis gastroenterogramm for functional diagnosis of the condition of the gastrointestinal tract. The structure of a mobile system for diagnosing diseases of the gastrointestinal tract and the software for it were developed.

Conclusion. The studies can be established that the spectral analysis gastroenerogramm provides important information for physicians to diagnose the functional condition of the gastrointestinal tract.

According that end-user of processing programs gastroenterogramm are the doctors this work win helps them in the preliminary examination and diagnosis, with its refinement and implementation of treatment in the postoperative period.

Scientific supervisor: _____
(signature)

Master student: _____
(signature)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Глава I. Анализ современных методов и средств инфокоммуникационных технологий в диагностике.....	15
1. Традиционные методы и средства инфокоммуникационных технологий диагностики в гастроэнтерологии.....	15
2. Современные методы и средства инфокоммуникационных технологий диагностики в гастроэнтерологии.....	19
Основные результаты и выводы по первой главе	36
Глава II. Аппаратно - программный комплекс для цифровой обработки гастроэнтерологических сигналов.....	37
1. Аппаратная реализация системы цифровой обработки сигналов.....	44
2. Программное обеспечение системы.....	48
3. Экспериментальная проверка опытного образца мобильной компьютерной системы для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта.....	53
Основные результаты и выводы по второй главе	54
Глава III. Алгоритмы и программы спектрального анализа гастроэнтерограм.....	55
1. Применение быстрого преобразования Фурье и оценки спектральной плотности.....	55
2. Методы получения сглаженных оценок спектрограмм	68
3. Анализ спектров гастроэнтерограмм	67
Основные результаты и выводы по третьей главе	72
Заключение.....	77
Литература	79
Приложение.....	85

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование темы диссертационной работы и ее актуальность.

Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является одним из основных факторов благосостояния и экономического роста страны. Сегодня ИКТ становится одним из основных приоритетов государственной политики Узбекистана.

XXI век, как утверждают ученые, в историю человечества входит веком информационных технологий. Информационные технологии стали широко применяться во всех отраслях народного хозяйства, в т.ч. в сферах управления, и это требует реструктуризации [1].

Компьютеризация общества – одно из основных направлений научно-технического прогресса - вызвала существенные изменения в технологии разработки и использование программных средств.

В соответствии с Законом Республики Узбекистан «Об информатизации», в целях повышения эффективности деятельности органов государственной власти на местах (далее – государственные органы), обеспечения широкого использования современных информационно-коммуникационных технологий в сфере государственного и общественного строительства (Постановление Призидента Республики Узбекистан) [2].

В последнее время, как в Узбекистане, так и за рубежом, интенсивно развиваются новые специализированные, компьютеризированные средства исследований различных заболеваний. Разрабатываются и широко внедряются в клиническую практику новые информативные методы анализа данных. Наряду с другими медицинскими науками возрастает и роль гастроэнтерологии.

Болезни органов пищеварения весьма распространены. Они характеризуются хроническим рецидивирующим течением, склонностью к прогрессированию и возникновению осложнений, часто являются причиной временной и стойкой нетрудоспособности, инвалидности.

В отечественной и зарубежной литературе достаточно полно описаны различные методы регистрации моторики желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) при хирургических заболеваниях органов брюшной полости. И все же, резюмируя обзор этой литературы, вполне определенно можно сказать, что единого общепринятого метода регистрации двигательной активности желудочно-кишечного тракта в настоящее время нет.

Но это стало возможным благодаря изобретению прибора, названного селективным электрогастроэнтерографом, и набора стимуляторов, изобретенных в институте хирургии им. А.В. Вишневского РАМН, с помощью которых стало возможно корригировать нарушения моторно-эвакуаторной функции одновременно всех отделов ЖКТ и отдельно взятых органов (желудок, двенадцатиперстная кишка, тонкая кишка, толстая кишка).

Селективный электрогастроэнтерограф позволяет оценить моторную деятельность по параметрам биоэлектрической активности отдельных органов желудочно-кишечного тракта, причем одновременно, двигательную активность желудка, двенадцатиперстной, тонкой кишки, толстой кишки и раздельно регистрирует их графическое изображение. У здорового человека и частота основной гармоники реакции желудка составляет 0,05 Гц, в двенадцатиперстной кишке эта частота равна 0,2 Гц, в тонкой кишке - 0,15 Гц и в толстой кишке - 0,1 Гц. Таким образом, имеются разные каналы биоэлектрической активности органов, и их одновременная регистрация значительно расширяет возможности нового метода диагностики.

Появление методики селективной электрогастроэнтерографии позволяет оценить моторную деятельность желудочно-кишечного тракта, однако полученная графическая информация трудна для интерпретации клиницистами и затрудняет сравнительную оценку при сопоставлении

полученных результатов. Вот почему стремление максимально объективизировать данные гастроэнтероколонографии путем перевода графической информации в цифровую расширяет диагностические рамки метода.

Становится возможным с помощью нового неинвазивного метода экспресс диагностики, называемого селективной электрогастроэнтероколонографией, проводить, в отличие от применявшихся ранее методик, непосредственно у постели больных с острой хирургической патологией объективно оценить функциональное состояние различных отделов ЖКТ. Кроме того, можно успешно контролировать процесс проводимой терапии в дооперационном и послеоперационном периодах у больных этой категории.

Вся аппаратура, из которой состоит исследуемый аппаратно-программный комплекс, может размещаться на передвижном медицинском столике и питаться от батареи или аккумуляторов, что позволяет использовать его не только в больничной палате, но и на самолетах и вертолетах службы министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС), при предполетной подготовке пилотов и в составе передвижных военных клиник.

Проведенные исследования показывают, что на базе селективной электрогастроэнтерографии и современных информационных технологий может быть реализован новый неинвазивный метод обследования моторики органов ЖКТ. Анализированы математические модели сигналов селективной электрогастроэнтерографии и разработаны алгоритмы первичной цифровой обработки гастроэнтерограмм на основе полосовой фильтрации, алгоритмы вейвлет-анализа гастроэнтерограмм для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта.

Современный этап развития систем медицинской информатики характеризуется дальнейшим развитием методов и алгоритмов обработки информации и улучшением характеристик специализированной диагностической аппаратуры.

Широко применяемые инвазивные методы обследования двигательной функции органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) обладают тем общим недостатком, что инородное тело (зонд, гастроскоп, радиокапсула и др.) вызывает болезненные реакции стенок органов и дополнительные нарушения моторики. Как следствие, такие методы неприменимы при обследовании соматически тяжелых больных. В последнее время во всем мире активно развиваются неинвазивные электрофизиологические методы обследования моторики ЖКТ: электрогастрография (ЭГГ) и электроэнтерография (ЭГЭГ), основанные на регистрации и последующем частотно-временном анализе изменений биопотенциалов с поверхности тела. При ЭГГ обследованию подвергается желудок, при ЭГЭГ - несколько отделов ЖКТ одновременно.

Объект и предмет исследования. Настоящая диссертационная работа выполнена в рамках инновационного проекта И-2012-25 «Компьютерные системы для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта кафедры «Информационные технологии» Ташкентского Университета Информационных Технологий.

Цели и функции исследования – разработка системы цифровой обработки сигналов, а также объективных методов ранней диагностики и информационного обеспечения для лечения острых заболеваний органов желудочно-кишечного тракта, в частности исследование частотных спектров.

Основные задачи исследования:

- исследование современных методов и средств диагностики в гастроэнтерологии;
- разработка аппаратно-программного комплекса для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта;
- разработка алгоритмов программы для цифровой обработки гастроэнтерологических сигналов.

Краткий анализ литературы по теме диссертации. Основателем ЭГГ является У.К. Альварес (США), проводивший исследования в 20-е годы XX века. В 50-е годы начались интенсивные исследования в области ЭГЭГ, в

развитие которых большой вклад внес М.А. Собакин. Образовалось содружество медиков-гастроэнтерологов и инженеров, являющихся специалистами в области электроники и компьютерных средств обработки. В настоящее время ЭГГ и ЭГЭГ, вслед за электрокардиографией и электроэнцефалографией, выходят на современный уровень компьютеризации процессов функциональной диагностики, постановки диагнозов и лечения. Во многих странах (США, Канада, Великобритания, Швеция, Финляндия, Израиль, Япония, Южная Корея, Китай, Тайвань, Россия и др.) ведутся клинические исследования с применением специализированной аппаратуры. В последние годы быстрое развитие ЭГГ и ЭГЭГ обязано работам таких ученых, как В.Х. Василенко, В.А. Васильев, Г.К. Жерлов, А.А. Гейбуллаев, В.Т.Ивашкин, О.А. Саблин, В.А. Ступин, М.А. Кацадзе, В.И. Смирнова, Н. Parkman, А. Fernstrom, М. Mintchev, К. Masako, Y. Chen и др.

Методы исследования. Теоретическую основу проведенных исследований составляют теория функционального анализа, теория ортогональных рядов, вариационно – разностные методы, обобщенные спектральные методы, теория рядов и матриц, методы моделирования цифровых систем, а также теория параллельных вычислительных процессов.

В данной работе в качестве исходных данных имелись гастроэнтерограммы по двадцати здоровым и двадцати больным пациентам. По ним велась работа с осреднением по частоте, вычислению спектра мощности, сглаживанию спектрограмм с применением спектральных окон, и на основе результатов были сделаны выводы.

Теоретическая и практическая значимость. Алгоритмы и программы для спектрального анализа гастроэнтерограмм помогут медикам, а именно они являются конечными пользователями программы, вовремя обнаружить патологии в работе ЖКТ (в до- и послеоперационный период) и вовремя предпринять экстренные меры. Это очень актуальная проблема, т.к. ранее смертность после хирургии составляла порядка 40%.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждалась на:

Республиканской научно-технической конференции «Проблемы информационных технологий и телекоммуникации» Применение методов спектрального анализа в гастроэнтерологии Ташкент, 14-15 марта 2013 г.

Публикация результатов. По материалам диссертации опубликовано 2 работы, в том числе получено свидетельство Агенства по интеллектуальной собственности Респблики Узбекистан № DGU 02435 от 02.03.2012 г.

Научная новизна. В ходе выполненных исследований получены следующие научные результаты:

- предложены быстрые алгоритмы спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов;
- разработан алгоритм анализа и сглаживания спектрограмм гастроэнтерологических сигналов.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав с выводами, заключения, списка литературы, включающего 51 наименований. Основная часть работы изложена на 79 страницах текста.

В первой главе диссертационной работы анализированы традиционные методы диагностирования ЖКТ и показаны тенденция развития этих методов и их недостатки.

Исследованы современные методы диагностирования ЖКТ и показаны возможности принципиально новых неинвазивных методов исследования.

Во второй главе разработана функциональная схема системы цифровой обработки гастроэнтерологических сигналов. Определен класс сигналов для обработки с помощью разработанной системы.

Предложена система программного обеспечения для получения, обработки, накопления и хранения данных с электрогастроэнтерографа.

В третьей главе разработаны быстрые алгоритмы спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов, позволяющие выполнить экспресс анализ гастроэнтерологических сигналов для определения различных патологий.

Предложен метод анализа и сглаживания спектрограмм гастроэнтерологических сигналов, для выявления болезней в ранних стадиях.

Реализация и экспериментальная проверка разработанной системы и алгоритмов цифровой обработки сигналов показали их широкие функциональные возможности, их реализуемость на различных программных и аппаратных уровнях.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИАГНОСТИКЕ.

1. Традиционные методы и средства инфокоммуникационных технологий диагностики в гастроэнтерологии.

По данным мировой санитарной статистики, патология органов пищеварения занимает одно из ведущих мест, причем постоянно отмечается ее повсеместный рост. При анализе заболеваемости на протяжении XX в. можно четко проследить, что наряду с другими причинами это обусловлено улучшением диагностических возможностей. Резкий подъем кривой заболеваемости органов пищеварения отмечен на протяжении первой четверти века, что определялось широким использованием в клинической практике рентгенологического метода исследования. Второй подъем – в 60-70-х годах – обусловлен внедрением в клиническую практику эндоскопии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) приборами с волоконной оптикой. Третий период связан с широким применением в диагностических целях ультразвуковых приборов[11,15,17,19,24].

Даже отставленная на довольно большой срок рентгенология (лучевая или радиологическая диагностика) к началу 90-х годов весьма существенно изменилась. За счет цифровой рентгенологии, появилась возможность на порядок уменьшить лучевые нагрузки при проведении рентгенологического исследования и резко повысить диагностическую эффективность. Появились такие новые технологии как ультразвуковые исследования (УЗИ), рентгеновская компьютерная томография (РКТ), магнито-резонансная томография (МРТ), резко расширившие диагностику многих болезней, в том числе и гастроэнтерологического профиля.

Как известно, до 60-70 гг. XX столетия рентгенология являлась одним из основных способов диагностики целого ряда серьезных заболеваний, в том числе заболеваний ЖКТ, в основе которых лежат функциональные и

органические изменения. В семидесятые годы гастроэнтерология выделилась в самостоятельную область клинической медицины и получила значительное развитие.

В классических методах рентгенологии для изучения органа необходимо заполнение его специальной бариевой взвесью. Последующая "съемка" дает в результате статическую картину состояния внутренних органов. Рентгенологическое наблюдение происходит при полном заполнении органа взвесью (т.н. "тугое" наполнение). При этом классическое рентгенологическое исследование давало достаточно большую лучевую нагрузку на организм пациента, и, следовательно, были необходимы серьезные показания для обследования. Также была определена максимальная лучевая нагрузка, не позволяющая проводить исследования часто. При появлении эндоскопии, рентгенология на довольно долгое время осталась "в тени". Развитие технологий, в первую очередь вычислительной техники и цифровых усилителей, дало новый толчок развитию рентгенологии.

Считается, что ни один из известных методов исследований не дает такого наглядного представления о состоянии внутренних органов, как эндоскопия. При эндоскопических исследованиях можно наблюдать и детально изучать малейшие изменения наружной и внутренней поверхностей. Она позволяет составлять представление о кровеносных сосудах, отделении слизи, цвете и рельефе слизистой оболочки полых органов. Получение этих данных с помощью других методов не всегда оказывается возможным.

Особенно большое значение эндоскопия приобретает для исследования органов пищеварения. Необходимым условием успешного проведения ранней диагностики заболеваний является наличие совершенных приборов, поэтому вопрос о разработке новых методов исследований и приборов, основанных на этих методах, приобретает первостепенное значение. Речь идет прежде всего об эндоскопических приборах, делающих доступным

наблюдение объекта глазом врача, а именно это позволяет получить максимальную информацию о патологических изменениях.

Другой вариант эндоскопии, использующийся в основном при проведении хирургических операций на брюшной полости – лапароскопия. В передней брюшной стенке делается небольшой разрез, через него вводится специальный инструмент и осветитель. Идея осмотра органов брюшной полости без широкого чревосечения принадлежит отечественному ученому Д.О.Отту. Он впервые в 1901 г. начал применять в клинической практике осмотр брюшной полости с помощью специального осветительного инструмента. С 1910 г. с этой целью используется оптический прибор. Современный лапароскоп имеет следующие основные узлы: оптическую трубку с осветительным устройством, специальный троакар с гильзой для введения оптической трубки в брюшную полость, инструменты для нагнетания газа и инструменты для произведения различных манипуляций.

Применение гибких эндоскопов для исследований требует времени и навыка. Также для проведения эндоскопических исследований необходимо применение тех или иных дополнительных устройств, в частности блоков электропитания и осветителей, демонстрационных насадок, фотоприставок, штативов и т.п.

Широкое применение эндоскопии в клинической практике можно объяснить тем, что с помощью современных моделей эндоскопов можно получать большой объем полноценной объективной информации, в частности на ранних стадиях развития заболеваний органов, труднодоступных для исследования другими методами. Но необходимо отметить, что использование эндоскопов подразумевает и применение различных дополнительных устройств, что приводит к усложнению и повышению стоимости исследований. Например, только аппаратная стерилизация с помощью специальных машин способна обеспечить безопасное применение эндоскопа, она требует длительного времени и не позволяет использовать эндоскоп чаще, чем раз в сутки [4].

Также необходимо отметить, что данный метод доставляет неприятные ощущения пациенту, является инвазивным, и в некоторых ситуациях неприменим, например, при непроходимости кишечника, его парезах.

В 80-е годы интенсивно разрабатывались возможности ультразвукового исследования (УЗИ) ЖКТ. Основными преимуществами УЗИ-диагностики являются возможность получения информации о морфологических изменениях в различных органах пищеварения.

Основным фактором, затрудняющим дальнейшее развитие УЗИ диагностики, является субъективизм в оценке ультразвуковой картины. Установлено, что ультразвук мощностью менее 100 мВт/см^2 не оказывает отрицательного влияния на ткани организма. Исходя из этого мощность ультразвукового излучения в медицинской ультразвуковой диагностической аппаратуре не превышает 50 мВт/см^2 . В диагностических целях используют ультразвук мощностью не более $20\div 30 \text{ мВт/см}^2$, который не оказывает практически никакого влияния на биологические объекты.

В многолетних клинических наблюдениях не отмечено каких-либо побочных явлений при повторных применениях ультразвука в диагностических и лечебных целях.

Проведение УЗИ показано при всех заболеваниях органов пищеварения. В одних случаях эхография позволяет получить достаточную информацию для верификации диагноза, в других – наметить план дальнейшего обследования и нередко помогает в уточнении дифференциального диагноза. В последнее время УЗИ находит все большее применение в распознавании острых хирургических заболеваний органов брюшной полости, включая травмы живота, перфорацию полых органов и других заболеваний, требующих срочного хирургического вмешательства. При назначении УЗИ необходимо учитывать, что с помощью ультразвука можно выявить анатомо-морфологические, но не гистологические изменения [4,15,23,24].

В 70-е годы ЖКТ рассматривался как основное препятствие для получения качественного изображения паренхиматозных органов из-за большого количества газа, содержащегося в полых органах. Воздух и газ, как известно, полностью отражают ультразвуковые волны. В 1973 г. удалось визуализировать утолщенные стенки желудка и кишечника. По мере усовершенствования приборов появилась возможность практически визуализировать стенки желудка во всех случаях, видеть перистальтику ЖКТ. В середине 80-х появились сообщения о возможности визуализации инфильтрации толстого кишечника.

Эхографию необходимо проводить с применением ультразвука небольшой мощности, так как при большой мощности излучения стенки желудка и кишечника визуализируются плохо.

С помощью УЗИ-диагностики можно выявить большое количество заболеваний, причем на довольно ранних стадиях. Однако даже при применении специальных методик исследование оказывается не всегда эффективным в случаях относительно небольшой протяженности процесса.

2. Современные методы и средства инфокоммуникационных технологий диагностики в гастроэнтерологии

Современные методы диагностики ЖКТ, как впрочем и других органов, ориентированы на использование различных вычислительных средств. Те методы, которые использовались раньше, объединяют с персональным компьютером (ПК), получая большую информативность

В настоящее время значение эндоскопии несколько уменьшилось, однако этот метод и сейчас часто применяется, так как многие больницы оборудованы необходимыми приборами. Методика исследований практически не изменяется, а совершенствуется только аппаратура. Но появились и новые, более информативные методы. Интенсивное развитие технологии, разработка новых материалов, совершенствование компьютерной техники привели в последние три десятилетия к появлению

целого ряда принципиально новых неинвазивных методов исследования, которые позволяют тем или иным способом увидеть сечение органов, изучить их анатомическое строение, взаиморасположение и провести необходимые измерения. Это так называемые лучевые методы диагностики (то есть использующие различные излучения): рентгенография, рентгеновская компьютерная томография (РКТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), магнитно-резонансная томография (МРТ).

Рентгенография до сих пор применяется в медицинских исследованиях. Это обусловлено небольшой лучевой нагрузкой на пациента и низкой стоимостью исследования по сравнению с другими методами при довольно высокой информативности. Совершенствуются аппараты для рентгенографии, приборы с цифровой обработкой изображения на порядок снизили дозу облучения, повысив качество изображения, которое стало возможным подвергать компьютерной обработке, хранить в памяти. Отпала необходимость в рентгеновской пленке, архивах. Появилась возможность передачи изображения по кабельным сетям, обработка на мониторе. Следует отметить высокое качество цифровой рентгеновской техники ведущих отечественных производителей, по своим техническим характеристикам не уступающей зарубежным аналогам. Так, цифровые приемники “Электрон”, устанавливаемые на производимые данной компанией рентгенодиагностические и флюорографические комплексы, обеспечивают разрешение, сравнимое с разрешением рентгеновской пленки: 2,5-2,8 пар линий на мм.

Недостаток метода - значительная лучевая нагрузка на пациента, которая зависит от ряда факторов (типа аппарата, опыта врача-рентгенолога, тяжести состояния пациента) и может достигать 10-15 Р на кожу. Для снижения лучевых нагрузок на пациента и персонал необходимо использование рентгенодиагностических аппаратов, оборудованных цифровыми усилителями рентгеновского изображения.

Продольная томография легких - метод послойного исследования - используется в традиционной рентгенологии у 10-15% пациентов для уточнения данных обзорной рентгенографии о макроструктуре зоны патологических изменений тканей. И на сегодняшний день, учитывая недостаток аппаратов для РКТ в практическом здравоохранении, это основной метод “тонкой” оценки патологий при отсутствии РКТ-аппарата [15,26,31].

В последние годы РКТ заняла прочные позиции в диагностике многих заболеваний различных органов и систем человеческого организма. Однако имеются заболевания, при которых РКТ может применяться достаточно ограничено.

Благодаря большой разрешающей способности, РКТ значительно потеснила продольную томографию. Тонкие срезы органов, компьютерная обработка информации, выполнение исследования в сжатые сроки (10-20 секунд) устраняют артефакты, связанные с дыханием, передаточной пульсацией и т.д., а возможность контрастного усиления позволяет значительно улучшить качество РКТ-изображения на аппаратах последних поколений. Объемная реконструкция дает представление о системах в режиме виртуальной реальности. Относительный недостаток РКТ - высокая стоимость исследования по сравнению с обычными рентгеновскими методами. Это ограничивает широкое применение РКТ.

На сегодняшний день спиральная компьютерная томография имеет большие перспективы, в первую очередь они связаны с возможностью обследования больных с целью решения вопросов операбельности опухолевых поражений. В немалой степени перспективы метода связаны и с использованием при диагностике травм и неотложных состояний, когда помимо скорости исследования важную роль играют возможности получения объемных (трехмерных) изображений области поражения, что существенно облегчает участь пострадавшего, для которого во время исследования выбирается наиболее удобное положение тела и конечностей и в таком

положении осуществляется исследование. В отличие от традиционных представлений о возможностях рентгенологической диагностики, для которой важную роль играет положение больного, правильность укладок и т.д.

Автономные рабочие станции, например, Easy Vision (Philips) повышают пропускную способность отделения КТ, и в то же время обладают важной дополнительной возможностью - построение на них трехмерных изображений мягких тканей, что дало возможность получить прижизненное виртуальное объемное изображение практически всех органов человеческого тела, например, печени, поджелудочной железы, селезенки, почек, желудка и т.д.

Современный комплекс - спиральный томограф, автономная рабочая станция - требует наличия специально оборудованного помещения с заданными стандартными условиями. Жесткие требования санитарно-эпидемиологической станции (СЭС) к рентгеновским кабинетам полностью относятся и к кабинетам, оснащенным компьютерными томографами. Традиционное представление о кабинете компьютерной томографии, в который со всех отделений лечебного учреждения стекаются на обследование пациенты, было несколько лет назад нарушено фирмой Philips, когда на суд рентгенологической общественности был представлен передвижной компьютерный томограф TOMOSCAN M. Это было нестандартное решение - приблизить возможности аппаратного исследования к пациенту. Автономно перемещаемая сканирующая система (гентри) может быть состыкована с любым рентгено-прозрачным столом (например, с каталкой, на которой лежит пациент с повреждениями). Такой томограф, в принципе, не требует специального помещения, так как может работать в режиме низких энергий (20-200 mAs), а его габариты таковы, что с ним можно перемещаться по зданию на лифтах. Автономные источники питания делают такой томограф просто незаменимым в самых непредсказуемых ситуациях, и одним из направлений его применения может стать

использование таких приборов в местах массовых катастроф, в том числе лишенных источников электропитания. Медицинская служба МЧС может и должна быть оснащена такими томографами для диагностики объема поражения у пострадавших с черепно-мозговой травмой, повреждениями груди, живота и конечностей. Наконец, такие мобильные системы удобно установить на специальных транспортных средствах в регионах с обширными территориями, но малой численностью населения.

Таким образом, тенденции развития томографической аппаратуры, вероятно, будут связаны именно с этими направлениями. Для получения рутинных, бесконтрастных изображений будут использоваться дешевые компьютерные томографы, среди которых мобильные томографы должны занять достойное место, за ними будущее массовых компьютерно - томографических исследований.

В связи с отсутствием единой оптимальной методики проведения РКТ желудка продолжается поиск различных методических приемов исследований, т.е. диагностический потенциал метода требует дальнейшего изучения.

Таким образом, УЗИ и РКТ можно назвать дополнительными источниками информации о желудке. Их применение должно решаться отдельно для каждого конкретного случая с опорой на данные, полученные с помощью традиционной рентгенологии и эндоскопии с биопсией.

МРТ за сравнительно небольшой отрезок времени – с начала 80-х годов стала одним из высокоинформативных методов мало инвазивной диагностики. Связано это с тем, что МРТ имеет большие преимущества перед другими методами лучевой диагностики. Прежде всего, следует отметить ее неинвазивность, полное отсутствие ионизирующего облучения, возможность получения мультипланарного изображения, непревзойденную контрастность мягких тканей, естественный контраст от движущейся крови, отсутствие артефактов от костных тканей и газосодержащих структур. В то же время в отношении применения МРТ остается много неясного и сегодня

следует констатировать, что МРТ весьма слабо представлена в диагностическом алгоритме лучевых методов исследования ЖКТ.

МРТ рядом авторов рассматривался, как альтернатива РКТ. Следует отметить значительный прогресс метода в улучшении качества визуализации тканей за счет совершенствования техники и уменьшения времени, необходимого для получения изображения. К достоинствам МРТ относится четкая дифференциация сосудистых и тканевых структур, жидкости, возможность уточнения свойств опухолей в процессе контрастного усиления, прорастание их в сосуды, смежные органы, отсутствие лучевой нагрузки на пациента. Однако такие недостатки метода как отсутствие визуализации бронхоальвеолярной ткани, длительность исследования (от 40 мин и более), клаустрофобия у 30-50% пациентов, более высокая, чем у РКТ, стоимость сдерживают использование МРТ в клинической практике [13].

МР-томография позволяет получать срезы изображения человеческого тела практически в любой плоскости, не меняя положения тела обследуемого, благодаря лишь переориентации градиентных полей. Следует отметить, что в МР-томографе в отличие от рентгеновского компьютерного томографа нет вращающихся деталей. Разрешающая способность МР-томографии в настоящее время практически не уступает таковой рентгеновской компьютерной томографии. Более того, при исследовании малых биологических объектов на специальных установках достигалась разрешающая способность в 10 мкм, т. е. было возможно получить изображение клетки и ее внутренних структур. Введен даже термин МР-микроскопия.

Одним из параметров, определяющих возможности томографического метода, является толщина среза. В МР-томографии она колеблется в пределах 5—10 мм. Количество срезов зависит от целей исследования, в среднем их 8, но иногда — до 16 за одно исследование. Большим преимуществом МР-томографии по сравнению с компьютерной томографией

является возможность получать изображения в различных плоскостях равного качества.

В связи с сильным магнитным полем не допускаются к исследованиям пациенты, носящие в себе инородные металлические тела, например водители ритма или металлические осколки, а также имплантанты, протезы, клипсы сосудов, байпасы. Не показано также исследование пациентам, у которых есть страх замкнутого пространства. Беременность не является противопоказанием к проведению магниторезонансной томографии.

Исследования проводятся натощак без специальной подготовки обследуемого. Перорально вводятся контрастные вещества.

В последнее время в медицинской практике очень широко используются ультразвуковые методы исследования внутренних органов. Они достаточно информативны и в отличие от рентгенологических исследований практически безвредны.

Ультразвуковые приборы могут работать в нескольких режимах, обычно используются 3 основные режима работы: М - режим (одномерная эхокардиография), В - режим (двухмерная эхокардиография или секторальное сканирование) и доплеровский режим (доплерэхокардиография). Исследование начинается с двухмерного режима. Затем для получения одномерного изображения необходимой структуры устанавливают на нее курсор (линия, появляющаяся на двухмерном изображении от вершины сектора до его основания) и переходят в одномерный режим. Изучение внутрисосудистых и внутрисердечных потоков крови осуществляется в дуплекс режиме (сочетание двухмерного и доплеровского режимов) с помощью подвижной метки на линии курсора, указывающей положение контролируемого объема. Каждый из этих режимов имеет свои преимущества. Двухмерная эхокардиография дает пространственную ориентацию, однако такие измерения, как толщина стенок, фазовый анализ сердечной деятельности значительно проще и точнее проводить в одномерном режиме. Измерение фаз сердечной деятельности

можно проводить и при записи внутрисердечных потоков с помощью доплерэхокардиографии. Этот режим дает более широкие возможности для изучения фазовой структуры сердечной деятельности — он позволяет рассчитывать фазу ускорения и фазу замедления потоков, которые нельзя рассчитать с помощью других методик.

Электронная обработка сигналов проводится по-разному, в зависимости от режима работы прибора. На рисунке 1. приведен пример записи УЗИ-сигнала в "М-режиме". В "М – режиме" регистрируются структуры, расположенные по ходу луча, т. е. очерчиваются осциллограммы движения структур в строгом порядке их глубинного залегания.

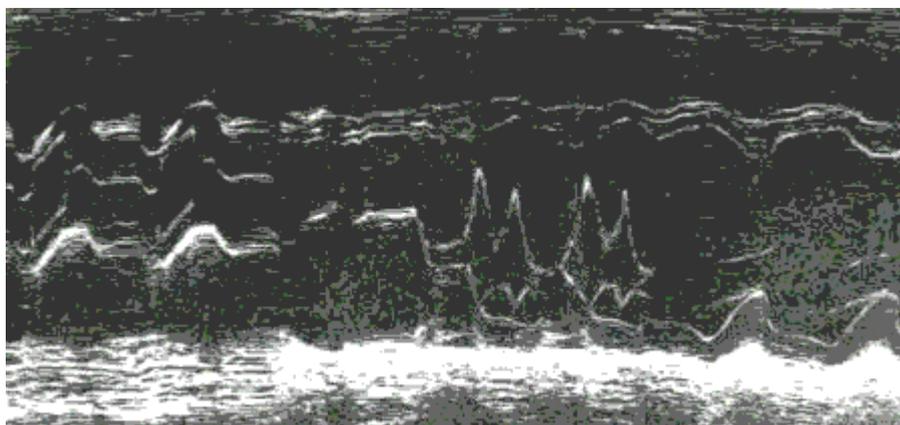


Рисунок 1. Пример записи УЗИ-сигнала в "М-режиме"

Это происходит благодаря движению подающегося с электронной трубки сигнала на экран слева направо или справа налево. При этом записываются только те движения, которые совершаются параллельно направлению ультразвукового пучка, латеральные движения не записываются. Акустически более плотные структуры отражаются на экране в виде более ярких графиков, а менее плотные менее ярких, что позволяет дифференцировать эти структуры, измерять их размеры [24,32,33].

На рисунке 2. представлен пример записи УЗИ сигнала в двухмерном режиме. В двухмерном режиме пучок ультразвуковых волн распространяется от датчика и возвращается к нему не по линии, как в предыдущем режиме, а в плоскости, т. е. имеет длину и ширину. Это позволяет ультразвуку

проходить через структуры, находящиеся на разных глубинах и на одной и той же глубине.

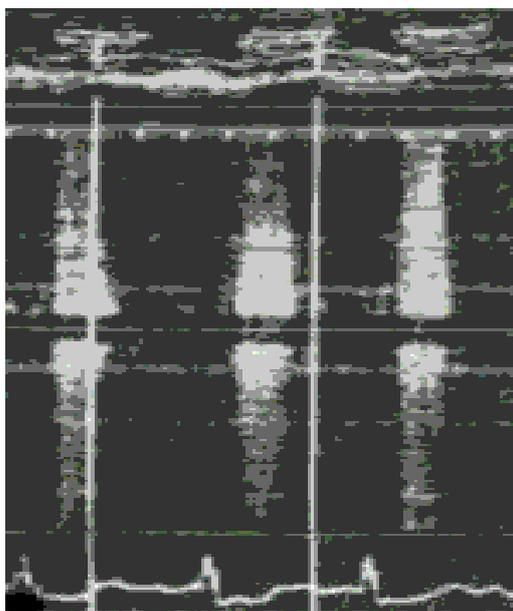


Рисунок 2. – Пример записи УЗИ-сигнала в двухмерном режиме

Помимо вертикального движения, свойственного одномерному режиму, в двухмерном режиме точки движутся и по горизонтали, т. е. записывается боковое движение точек. На экране эти точки появляются с частотой более 30 раз в секунду. Необходимо отметить, что отражение ультразвука зависит не только от акустической плотности ткани, но и от угла падения его на структуру. Лучше всего ультразвук отражается при его вертикальном падении, так как при этом создаются оптимальные условия для увеличения разности яркости точек, т. е. границы структур лучше отделяются друг от друга, что создает оптимальные условия для исследования органа.

При отражении от движущихся структур ультразвук меняет свою частоту. Изменение частот зависит от скорости движения объекта и угла падения ультразвука по отношению к движущемуся объекту. При уходе от датчика движении частота отраженного ультразвука по сравнению с посылаемым уменьшается, т. е. изменение частот будет отрицательным, а при движении объекта навстречу датчику частота отраженного ультразвука

увеличивается, и изменение частот будет положительным. При увеличении угла между пучком ультразвука и движущимся объектом от 0° до 90° изменение частот уменьшается до нуля, т. е. при перпендикулярном падении ультразвука изменения частот не происходит, а при параллельном направлении пучка ультразвука по отношению к движущемуся объекту оно максимально.

На рисунке 3. приведен пример записи УЗИ-сигнала в доплеровском режиме. При исследовании внутрисердечных потоков с помощью доплерэхокардиографии обработка сигналов основывается на этом принципе, т. е. анализируются не отраженные ультразвуковые волны, а изменение частот ультразвука при отражении от движущихся эритроцитов.

Изменения частот в зависимости от их величины и времени происхождения располагаются в виде точек по обе стороны условной изолинии на определенном расстоянии, выражающемся в кГц или единицах скорости (см/с, м/с), которые отражают скорость кровотока в данный момент. Так как эритроциты в одном объеме крови имеют разную скорость, одновременно фиксируется не одна, а множество точек, имеющих разное расстояние от изолинии, т. е. рисуется спектр скоростей потока.

Яркость точки на экране зависит от количества эритроцитов, имеющих одинаковую скорость. Положительные изменения частот регистрируются выше изолинии, отрицательные — ниже нее [11].

Современные методы диагностики нарушений моторноэвакуационной функции ЖКТ (рентгенологические, эндоскопические, ультразвуковые и т.д.) не дают практическому врачу необходимых данных для топической и физиологической оценки функционального состояния конкретного органа (желудок, кишечник).

Достижения электрофизиологии произвели революцию во многих областях медицины.



Рисунок 3. Пример записи УЗИ-сигнала в доплеровском режиме

Созданные на их основе приборы позволили кардинально изменить представления о работе различных органов или систем, что повлекло за собой открытие новых лечебных и профилактических методов воздействия на человеческий организм. Эти методики занимают одно из ведущих мест в кардиологии, неврологии и некоторых других областях медицины.

В то же время изучение электрических явлений в ЖКТ и особенно прикладное значение теоретических достижений в значительной степени отстают. Объясняется это тем, что ЖКТ представляет собой очень сложный комплекс органов, состоящий из ряда отделов, в которых переплетены структурные элементы разной функциональной принадлежности, различного строения и биологической значимости. Все эти разнородные структурные элементы являются источниками генерации определенных электрических потенциалов, интерпретация которых в течение долгого времени была противоречивой из-за особенностей методического порядка и разных способов отведения электрических потенциалов.

На стыке медицины и информатики находятся важные проблемы фундаментального и прикладного характера, без решения которых невозможно существенное продвижение в область знаний по медицинским наукам. Считается, что для функциональной полноты медицинские информационные системы (МИС) должны содержать две главные подсистемы – информационно-измерительную и прогнозирующую-управляющую.

Электрокардиография (ЭКГ) — метод регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Высокое качество записей сигналов достигается за счет применения трех типов фильтров: низкочастотного (0,5 - 1 Гц), антитреморного высокочастотного (35 Гц) и режекторного (50 – 60 Гц). Известно, что реализация полной модели механизмов работы сердца требует нескольких часов работы суперкомпьютера.

Электроэнцефалографии (ЭЭГ) — метод регистрации и исследования процессов электрической активности головного мозга. Потенциалы действия варьируются от 60 до 120 мВ. Частота дискретизации процессов обычно выбирается равной 250 Гц, длительности интервалов наблюдения — несколько минут, причем разработан метод, позволяющий обрабатывать короткие во времени интервалы фоновой активности сигналов (порядка 30 с) [34].

В настоящее время электрогастроэнтерография (ЭГЭГ) — одна из быстроразвивающихся областей исследования биомедицинских сигналов с помощью компьютеров и вслед за ЭКГ и ЭЭГ входит в клиническую практику. Внедряются современные, высокотехнологичные методы исследования функций органов пищеварения, расширяется познание физиологии процессов, моторики ЖКТ, переосмысливаются методики и трактовка результатов традиционных методов исследований.

На всероссийских конференциях последних лет по проблеме острых хирургических заболеваний органов ЖКТ среди рекомендаций по диагностике и лечению острой патологии отмечалась необходимость поиска новых методов ранней диагностики, профилактики, лечения и контроля проводимой терапии у больных. Изучение характера и динамики нарушений моторной деятельности ЖКТ при патологических состояниях и в частности, при острых хирургических заболеваниях, прежде всего, требует объективной регистрации его двигательной активности.

Проблеме функциональных заболеваний ЖКТ посвящено значительное число отечественных и зарубежных исследований. Формированию единого подхода, который позволял бы определить унифицированные пути ее решения, посвящались различные конференции, симпозиумы, заседания комиссий международных экспертов.

Основателем метода ЭГГ является американский врач У.К. Альварес, профессор Калифорнийского университета. Он предложил выполнять запись

гастрографического сигнала посредством электродов, устанавливаемых накожно на передней брюшной стенке пациента. Им в начале 20-х годов проведены первые исследования в этой области и дано имя новому термину [35]. На Западе в 50 - 70-е годы XX века значительный вклад в теорию диагностики ЭГГ внесли И. Даниэль, Д. Кристенсен, Д. Тейлор и др.

В России пионером исследований в области ЭГГ стал член-корреспондент Академии медицинских наук проф. М.А. Собакин.

Его первая статья появилась в 1953 г. [36]. Им разработан метод регистрации электрических сигналов ЖКТ с передней стенки брюшной полости [36][37][38], позволяющий оценивать амплитуду и ритмичность электрических колебаний различных отделов желудка и двенадцатиперстной кишки. М.А. Собакин обратил внимание на важность электрографических исследований для решения вопроса о необходимости оперативного вмешательства. Он поставил вопрос о создании методики многоканальной регистрации деятельности органов ЖКТ, о необходимости кросс-корреляционного анализа для локализации очагов патологии, сформулировал требования к электронным приборам, создаваемым для регистрации МПВ. Собакин выявил изменения электрической активности, характерные для обострения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, рака желудка, стеноза выходного отдела желудка. По инициативе М.А.Собакина в 1970 г. в г. Архангельске состоялся 1-й Всесоюзный симпозиум по проблемам ЭГГ, который дал мощный толчок исследованиям в данной области.

В.А.Ступиным создан метод периферической электрогастроэнтерографии [39], в котором сигнал электрической активности ЖКТ регистрировался не с поверхности передней брюшной стенки, а с конечностей. Этот вид исследования в последнее время довольно хорошо разработан и сравнительно широко используется.

Язвенная болезнь является наиболее распространенной среди заболеваний органов ЖКТ. По данным НИИ гастроэнтерологии Сибирского государственного медицинского университета, в США ежегодно регистрируется 350 тыс. новых случаев заболевания язвенной болезнью, 100 тыс. человек ежегодно подвергаются хирургическому лечению и 6 тыс. умирают от различных осложнений этого заболевания [40]. В Европе число больных язвой составляет 2-3% населения. По данным Минздрава РФ, в нашей стране состоят на учете более 3 млн больных, из них каждый десятый

подвергается операции. В Москве гастродуоденальные язвы встречаются у 5-7 человек на 1000 населения, в Санкт-Петербурге -10.

Комплексные исследования в области физиологии проводились в Северном государственном медицинском университете (А.А.Киров, проф. В.В.Попов, проф. И.А.Оганезова, проф. С.М. Дыньков) [41].

Одной из основных функций ЖКТ является моторно-эвакуаторная функция (МЭФ). Нарушения сократительной способности желудка и кишечника, либо расстройства ее координации лежат в основе или являются следствием многих патологических процессов, зачастую определяя тяжесть состояния больного и исход заболевания.

МЭФ осуществляется посредством механизма, называемого перистальтикой. Перистальтика - волнообразное сокращение мышц полого трубчатого органа, перемещающееся по его длине и способствующее продвижению его содержимого. Волны перистальтики следуют друг за другом непрерывно с определёнными ритмом и скоростью. Например, ритм перистальтики желудка человека равен 3 волнам в минуту, а скорость прохождения волны - 0,5 см/сек. Влияние на перистальтику оказывают вегетативная нервная система, гуморальные факторы; в регуляции перистальтики может участвовать центральная нервная система, в том числе кора головного мозга. На перистальтику влияют физические и химические свойства пищи, а также лекарственные средства.

Известно большое количество зондовых (инвазивных, т.е. требующих введения в организм инородных тел) методов исследования МЭФ ЖКТ: баллонно-кимографический, рентгенологический, радиотелеметрический, гастроскопия и др [42][48][49][50].

Некоторые из этих методов позволяют регистрировать сократительную активность ЖКТ посредством измерения давления внутри того или иного отдела ЖКТ с помощью баллонов, микродатчиков, радиокапсул, катетеров. Другие предполагают исследование желудочного сока, которое наряду с изучением секреторной функции желудка дает возможность получить некоторые сведения и об его эвакуаторной функции тяжелых больных, больных в раннем послеоперационном периоде; введение инородного тела приводит к раздражению органа и изменяет его моторную активность; оценка деятельности обследуемых органов в большой степени производится на основании личного опыта врачей.

В течение последних десятилетий активное развитие получили электрофизиологические методы, основанные на взаимосвязи электрической и сократительной активности ЖКТ. К середине 70-х годов были разработаны две группы электрофизиологических методов исследования МЭФ ЖКТ.

Первую группу составляют методы записи биопотенциалов непосредственно со стенки желудка или кишечника с помощью вживленных при операции (прямая миография, импедансография) или присасывающихся электродов на специальных зондах, вводимых в желудок, тонкую или толстую кишку. Основными недостатками этих методик являются инвазивность и ограниченность применения у не оперированных больных, невозможность оценки биоэлектрической активности всего ЖКТ, поскольку регистрируемые данные характеризуют лишь состояние участка кишки, локализованного непосредственно под электродом, сложность расшифровки получаемых сигналов.

К другой группе относятся электрогастрография (ЭГГ, EGG) и электрогастроэнтерография (ЭГЭГ, EGG). ЭГГ основана на регистрации с поверхности тела биопотенциалов желудка, а при ЭГЭГ измеряются потенциалы сразу нескольких отделов ЖКТ.

ЭГГ подразделяется на прямую и периферическую, или непрямую.

При прямой ЭГГ накожные электроды закрепляются на проекции желудка, при периферической - на конечностях. Эти методы обладают рядом существенных преимуществ: неинвазивность, объективность и достоверность получаемых оценок, благодаря чему в настоящее время происходит их активное развитие.

В институте хирургии им. А.В. Вишневского РАМН изобретены, апробированы и внедрены в клиническую практику приборы: "Селективный электроэнтерогастрограф" [31], и впоследствии "Универсальный энтерогастрограф" [32], позволяющие визуально определить биоэлектрическую активность тех или иных органов ЖКТ.

Селективная электрогастроэнтерография обладает рядом преимуществ перед аналогичными методами. Во-первых, регистрация биоэлектрической активности осуществляется одновременно со всех отделов ЖКТ, что способствует в свою очередь своевременному выявлению и целенаправленной коррекции данных нарушений. Во-вторых, простота

метода делает его доступным для использования в послеоперационных палатах и палатах интенсивной терапии.

Следует отметить, что часто показатели электроэнтерогастрограммы опережают клиническую картину пареза ЖКТ. Функциональную кишечную непроходимость, возникающую в раннем послеоперационном периоде, как правило, диагностируют тогда, когда появляются ее начальные признаки, т.е. когда уже запущен ее патологический механизм. Этот период сопровождается уже настолько серьезными и глубокими нарушениями гомеостаза, что произвести его коррекцию в течении первых суток трудно. Поэтому методика, способная диагностировать различные нарушения моторики в раннем послеоперационном периоде до развития клинических признаков всегда является актуальной.

Этот метод предназначен для решения следующих задач:

- исследование состояния гладкомышечных структур органов ЖКТ в клинических условиях с помощью резонансных электроимпульсных воздействий;
- мониторинг моторно-эвакуаторной функции ЖКТ в послеоперационном периоде, что способствует более раннему выявлению и лечению различных нарушений функции ЖКТ;
- исследование влияния фармакологических препаратов на функцию ЖКТ у каждого конкретного больного;
- подбор индивидуальных комплексов лечебных воздействий и дозировка их.

Необходимо отметить, что практически все вышперечисленные методы ориентированы на предоперационную диагностику. Большинство из них инвазивны и дорогостоящи. Также некоторые высокоинформативные методы исследования могут занимать достаточно длительное время (например МРТ длится около 4-х часов).

Появилась необходимость появления метода (а также аппаратуры для его осуществления), который дает объективные показатели

функционирования ЖКТ, причем за короткое время, является неинвазивным или мало инвазивным, может применяться в послеоперационном периоде, в том числе в реанимационных палатах и палатах интенсивной терапии.

Такой метод существует, за исключением того, что объективные показатели вычислялись достаточно сложно и долго. Метод исследования разработан в институте им. А.В.Вишневского г.Москвы. Это метод регистрации биопотенциалов гладкой мускулатуры. Там же был разработан сначала селективный энтерогастрограф [31], а затем универсальный энтерогастрограф [32].

Универсальный энтерогастрограф предназначен для диагностики нарушения моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта, в том числе у больных, оперированных на органах брюшной полости. Запись биопотенциалов органов ЖКТ осуществлялась с помощью самописца. После записи врач интерпретировал сигнал.

Основные результаты и выводы по первой главе

1. Анализированы традиционные методы диагностирования ЖКТ и показаны тенденция развития этих методов и их недостатки
2. Исследованы современные методы диагностирования ЖКТ и показаны возможности принципиально новых неинвазивных методов исследования. Дальнейшие исследования будут направлены на применения именно этого метода.

ГЛАВА 2. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Докомпьютерные методы диагностики нарушений МЭФ не дают гастроэнтерологам необходимой информации для оценки функционального состояния органов брюшной полости [26].

Достижения ЭГГ и ЭГЭГ в настоящее время еще только выходят из стадии клинических исследований и экспериментов и недостаточно распространены в медицинской практике. Научные исследования ведутся на многих континентах: в Америке (США и Канада), Европейском (Швеция, Великобритания, Израиль, Чехия и др.), Азии (Китай, Япония, Южная Корея). Например, в исследовательском центре Оклахома Сити, университете Токушима (Япония) и университете Тель-Авива исследуются проблемы нестабильности доминантных частот, т.е. гастроаритмии в зависимости от режимов питания. Так, при тахигастрии медленные волны имеют колебания до 3,6 периодов/мин. При брадикастрии периоды изменяются в пределах от 1,5 до 2,4 периодов/мин. В Каролинском университетском госпитале (Стокгольм, Швеция) рассматриваются аналогичные вопросы, включая уменьшение активности мышц после принятия пищи и с применением манометрии.

В западных странах методы ЭГГ широко применяются в педиатрии. Так, в госпитале Челси и Вестминстер (Великобритания) с использованием прибора Digitrapper EGG и математических методов быстрого преобразования Фурье и скользящего спектрального анализа вычисляются доминантные частоты. Частота дискретизации в приборе равна 4 Гц.

В университете Калгари (Канада) на практике используются записи нескольких электрогастрограмм с различных стандартных позиций электродов, расположенных на передней брюшной стенке, с целью нахождения наибольших амплитуд для дальнейшего анализа. Диаметр электродов варьируется в диапазоне от 2.5 до 6.5 мм. Практикуются изменения угловых значений и расстояний между электродами. Для отделения шумов, обусловленных кардиологической, дыхательной и другой электрической активностью применяется кратковременный спектральный анализ [51].

За рубежом известна МИС под названием ElectroGastroGraphysystem производителя SynecticsMedical (Швеция). Программное и аппаратное обеспечение системы составляют приборы Polygraf ID 8-channel, Polygraf ID 8-channel PolygrafID (Upgrade) и приложение ElectroGastroGraphyApplication. Система обеспечивает многоканальный анализ, позволяющий изучить распределение и взаимосвязь медленных волн. Результаты отображаются на экране монитора в режиме реального времени. Имеется возможность ведения “дневника симптомов пациента” (User-ConfiguredPatientSymptomDiary). Система портативна, обладает интуитивно понятным интерфейсом и встроенным руководством пользователя. В России данная система применяется [40] в клинике Сибирского государственного медицинского университета для диагностики гастродуоденальных язв. Исследование проводят до и после лечения для диагностики различных заболеваний желудка.

Для исследования моторики ЖКТ фирмой MenfisBioMedica (Италия) разработан портативный прибор BluRunner, который наряду с проведением манометрии и Ph-метрии позволяет проводить длительные электромиографические исследования. Обработка результатов измерений производится с помощью специализированного программного пакета DYNO 3000.

Большинство зарубежных исследований по направлению компьютерной диагностики органов ЖКТ находится в сфере корпусной ЭГЭГ, причем наблюдения ведутся детально, могут быть многочасовыми, ориентированы на два основных режима исследования: либо в условиях физического голода, либо в процессе и после пищеварения. Эти режимы характерны для терапевтических методов лечения. Дискретизация аналоговых сигналов осуществляется с частотами в диапазоне от 1 до 4 Гц. При расположении электродов на корпусе число датчиков меняется от 3 до 8. Основной целью при спектральном анализе является обнаружение ритмических нарушений в деятельности желудка и других органов (брадикастрия и тахикастрия). Они диагностируются по показателям количественного распределения мощностей в диапазонах частот.

Среди российских производителей современной техники для гастроэнтерологии в настоящее время наиболее заметно научно-производственное предприятие “Исток-Система” (г. Фрязино, Московская область, главный конструктор — Л.Е. Мишулин) [50]. Предприятие

выпускает семейство ацидогастрометров и ацидомониторов, объединенных торговой маркой “Гастроскан”. “Исток-Система” базируется, в основном, на изготовлении аппаратуры для рН-метрии, однако также выпускает прибор “Гастроскан ГЭМ”, который имеет дело с периферической гастроэнтерографией.

Гастромонитор “Гастроскан ГЭМ” [50] предназначен для периферической неинвазивной диагностики МЭФ ЖКТ и проведения суточной рН-метрии одновременно в трех верхних отделах ЖКТ. Исследование МЭФ проводится для пяти отделов: желудка, двенадцатиперстной, тощей, подвздошной и толстой кишок путем регистрации электрических сигналов от этих органов с трех накожных хлорсеребрянных неполяризуемых электродов, наложенных на конечности пациента. Электроды размещаются на обезжиренных и покрытых электродной пастой конечностях пациента. Первый электрод закрепляется на левой ноге пациента, на передней части голени, где нет мышц и сухожилий; второй - на левой ноге, где нет мышц и сухожилий; третий - на правой руке, ближе к кистевому суставу.

Результаты измерений непрерывно запоминаются в памяти регистрирующего блока. По окончании исследования результаты передаются в персональный компьютер и запоминаются в базе данных. Программное обеспечение позволяет просмотреть на экране монитора ПК непосредственно рН-граммы и электрогастроэнтерографический сигнал и провести их анализ по заданным параметрам, протоколировать анализ результатов, комментировать исследования, распечатывать результаты.

Прибор может работать в разных режимах, отличающихся характером и временем исследования. На основе анализа спектрально-временных характеристик сигналов с накожных электродов прибор позволяет получать информацию о МЭФ различных отделов ЖКТ, диагностировать патологические состояния, протекающие с нарушениями сократительной активности органов пищеварения, выявлять взаимосвязь нарушений различных отделов ЖКТ и др.

С целью создания компьютерной системы для применения в гастроэнтерологии, использующей метод СЭГЭГ и сводящей к минимуму аналоговые преобразования сигналов с 2005 г. Под руководством д.м.н., проф. М.А.Кацадзе и д.т.н., проф. С.Ф. Свиньина проводились исследования в Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного

образования (СПбМАПО) и в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН) [37][43][44]. В дальнейшем в этих исследованиях приняли участие специалисты математического факультета Поморского государственного университета им. М.В.Ломоносова [8][45][46].

Современная электрофизиологическая аппаратура для гастроэнтерологических исследований не может выделить из общей биоэлектрической активности организма сигнал одного изучаемого отдела желудочно-кишечного тракта. Очевидно, что в интегральных клинко-физиологических методах проблема выделения сигналов конкретного органа желудочно-кишечного тракта может быть решена с помощью нового технического оборудования, что стало возможным благодаря появлению изобретению прибора, названного селективным электрогастроэнтерографом, и набора стимуляторов, изобретенных в институте хирургии им. А.В. Вишневского РАМН, с помощью которых стало возможно корректировать нарушения моторно-эвакуаторной функции одновременно всех отделов ЖКТ и отдельно взятых органов (желудок, двенадцатиперстная кишка, тонкая кишка, толстая кишка).

Эти приборы и метод разрешены Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации к клиническому применению.

Селективный электрогастроэнтерограф (ЭГЭГ) позволяет оценить моторную деятельность по параметрам биоэлектрической активности отдельных органов желудочно-кишечного тракта, причем одновременно с гастроэнтерографией можно проводить и колонографию. Из общего информационного потока биопотенциалов органов брюшной полости прибор производит селекцию только тех биопотенциалов, которые характеризуют двигательную активность желудка, двенадцатиперстной, тонкой кишки, толстой кишки и отдельно регистрирует их графическое изображение.

Как известно, у здорового человека и частота основной гармоника реакции желудка составляет 0,05 Гц, В двенадцатиперстной кишке эта частота равна 0,2 Гц, в тонкой кишке - 0,15Гц и в толстой кишке - 0,1 Гц. Таким образом, имеются разные каналы биоэлектрической активности

органов и их одновременная регистрация значительно расширяет возможности нового метода диагностики.

Рядом исследователей (В.Г. Ребров, Ю.М. Гальперин, О.Л. Нотова, и др.) было доказано [16][17], что частота следования МВ в желудке и различных отделах кишечника (доминантные частоты) человека является стабильным параметром, который практически не меняется при различных фармакологических воздействиях и большинстве заболеваний органов ЖКТ. Границы интервалов, в которых расположены доминантные частоты, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Доминантные частоты отделов ЖКТ

Толстая кишка	0,01–0,03 Гц
Желудок	0,03–0,07 Гц
Тонкая кишка	0,07–0,13 Гц
Двенадцатиперстная кишка	0,18–0,25 Гц

С помощью электростимулятора становится возможным целенаправленно воздействовать на моторику отдельных органов желудочно-кишечного тракта либо путем стимуляции сниженной биоэлектрической активности, либо путем погашения повышенной и хаотичной амплитуды биопотенциалов с последующим восстановлением нормальной амплитуды и ритма.

Чтобы исключить влияние паразитных цепей, неминуемо возникающих при подключении к больному разных приборов с питанием от промышленной сети, с самого начала приходится отказываться от стандартных стимуляторов с сетевым питанием. Была использована новая модель малогабаритного аппарата с питанием от батареи или аккумуляторов. Частоту колебания на выходах у них можно плавно или дискретно изменять в пределах от 0,01 до 0,06 Гц.

Следовательно, с помощью такого прибора можно резонансными способами в любом порядке воздействовать на все основные органы

системы пищеварения. Основными информационными показателями получаемых данных становятся амплитуда, ритмичность и форма биопотенциалов, регистрируемых графически и оцениваемых визуально. Имеются различные типы стимуляторов, которые по параметрам подводимого электрического воздействия наиболее физиологичны частоте и амплитуде собственных колебаний органов ЖКТ.

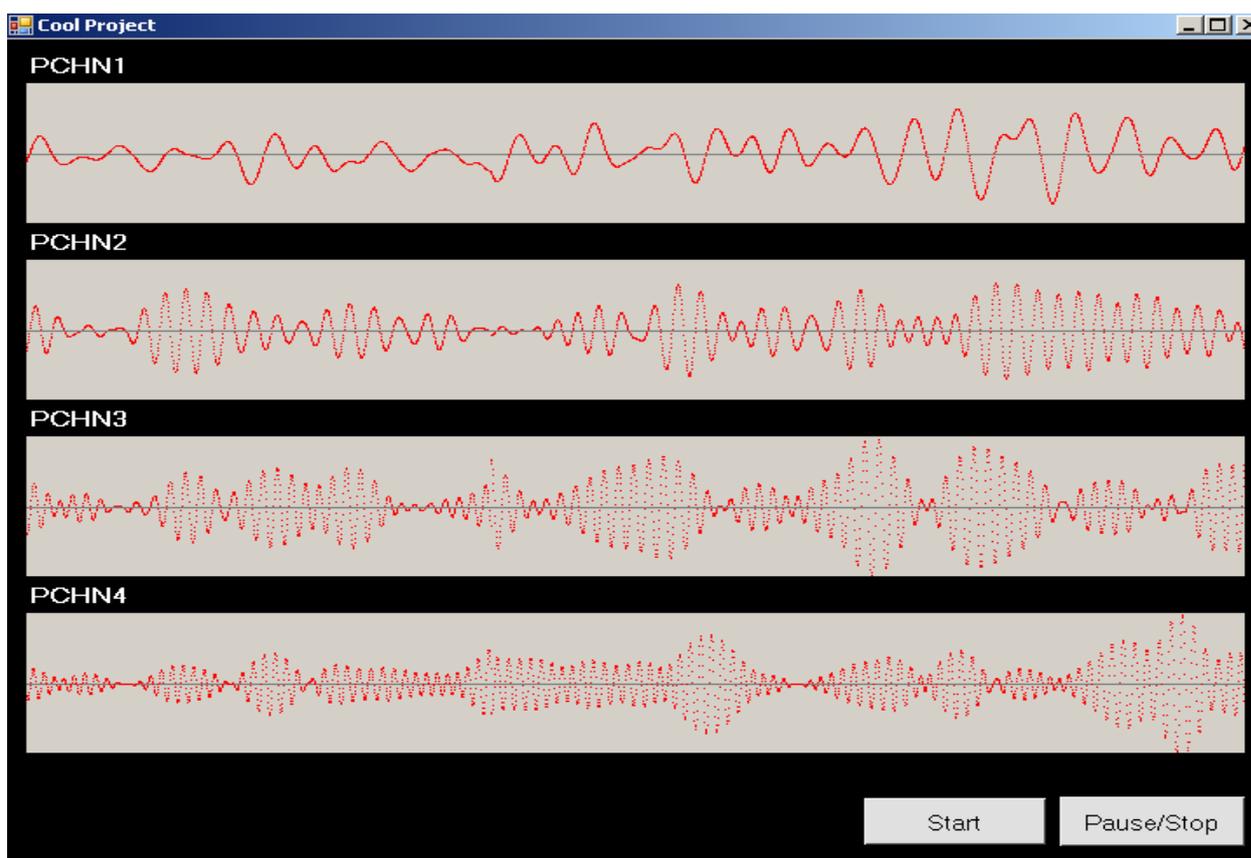


Рисунок 1. Гастрограммы и энтерограмм, полученные по четырем каналам: PCHN1, PCHN2, PCHN3 и PCHN4

Получаемое резонансное взаимодействие между подводимым электрическим током и биопотенциалами самого возбуждаемого органа допускает как возбуждения, так и подавление аномально повышенной биоэлектрической активности, что позволяет целенаправленно управлять функцией гладких мышц органов желудочно-кишечного тракта.

Появление методики селективной электрогастроэнтерографии позволяет оценить моторную деятельность желудочно-кишечного тракта, однако полученная графическая информация трудна для интерпретации

клиницистами и затрудняет сравнительную оценку при сопоставлении полученных результатов. Вот почему стремление максимально объективизировать данные гастроэнтероколонографии путем перевода графической информации в цифровую расширяет диагностические рамки метода.

Из всего сказанного следует, что возможно при сочетанном применении селективной электрогастроэнтероколонографии, низкоамплитудной электростимуляции, аналого-цифрового преобразователя и портативного компьютера в диагностике и лечении парезов кишечника в дооперационном и послеоперационном периоде у больных с острой хирургической патологией можно достичь обнадеживающих результатов.

Решаются следующие задачи:

- Создание и внедрение в практику программного компьютерного обеспечения методики селективной электрогастроэнтероколонографии, трансформировав ее из качественной в количественную;

- Получение графического изображения гастроэнтероколонограмм и цифровые значения основных показателей;

- Проведение цифрового селективного электрогастроэнтероколонографического мониторинга функциональных нарушений ЖКТ в дооперационном и послеоперационном периодах у больных острой хирургической патологией;

- Оценка тяжести эндогенной интоксикации в зависимости от степени пареза желудочно-кишечного тракта в дооперационном и послеоперационном периодах у больных острой хирургической патологией;

- Проведение сравнительного анализа методов объективизации функционального состояния желудочно-кишечного тракта у больных острой хирургической патологией по данным цифровой электрогастроэнтероколонографии.

Становится возможным с помощью нового неинвазивного метода экспресс диагностики, называемого селективной электрогастроэнтероколонографией, проводить, в отличие от применявшихся ранее методик, непосредственно у постели больных с острой хирургической патологией объективно оценить функциональное состояние различных отделов ЖКТ. Кроме того, можно успешно контролировать процесс проводимой терапии в дооперационном и послеоперационном периодах у больных этой категории.

Методика исследований охватывает формы заболеваний, как острый аппендицит (деструктивные формы), острый панкреатит (отечный, жировой, геморрагический, гнойно-некротический, смешанный), острая спаечная тонкокишечная непроходимость, разлитой перитонит и др.

1. Аппаратная реализация системы цифровой обработки сигналов

На рисунке 1. представлена функциональная схема данной системы, где можно выделить три физических блока.

Селективный гастроэнтерограф существует в автономном варианте, т.е. питается от батарей или аккумуляторов для обеспечения уменьшения помех, которые могут быть наведены промышленной сетью. Представляет собой предусилитель, набор фильтров для выделения нужной частоты и оконечный усилитель. Каждый фильтр выделяет гармонику определённого органа ЖКТ: желудка, двенадцатиперстной кишки, тонкой кишки, толстой кишки. На вход электрогастроэнтерографа подключаются два датчика-электрода с использованием токопроводящего геля.

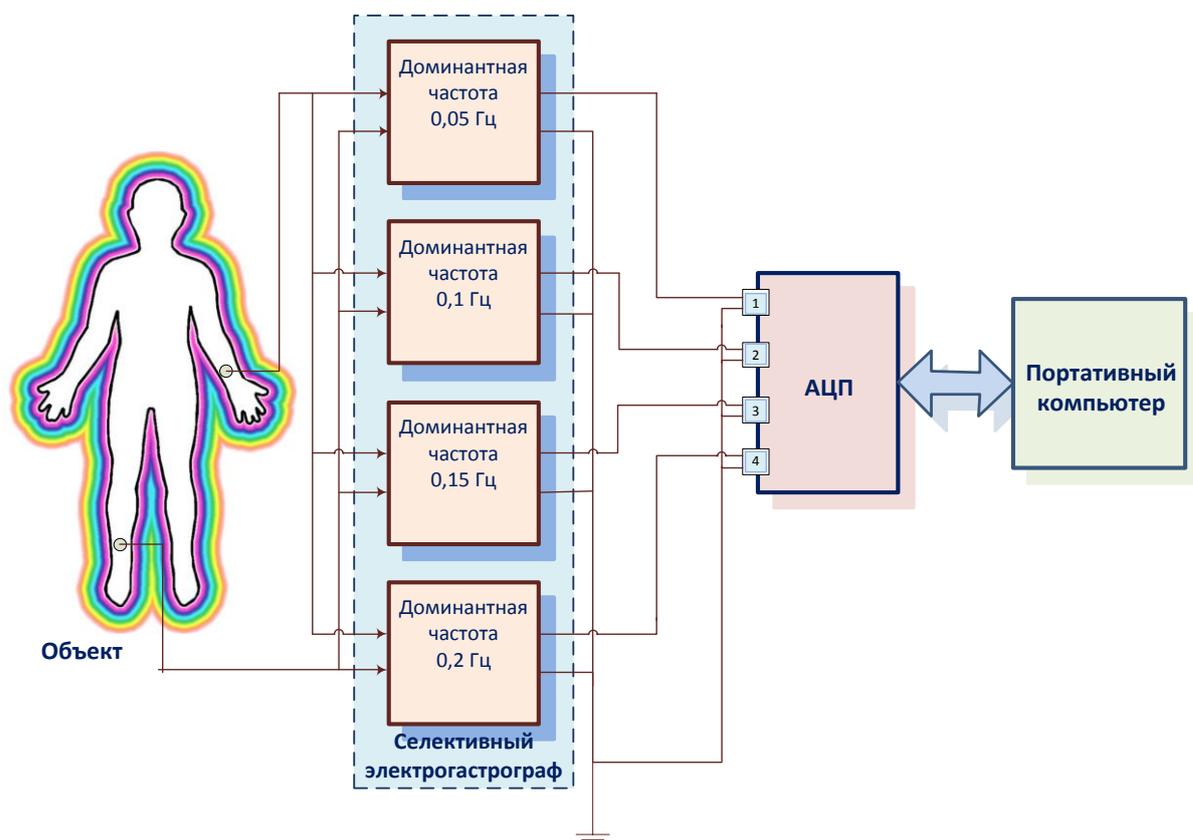


Рисунок 1. Функциональная схема системы

Для лучшего мониторинга электроды устанавливаются на противоположные пары конечностей пациента (например: левая рука, правая нога). Выход представляет собой четыре сигнальных линии (по одной на каждый орган ЖКТ) и одну общую «землю».

В качестве устройства сопряжения используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) типа E-24, разработанный фирмой L-Card. Его основные характеристики:

- АЦП
 - 8 каналов, микросхема AD-7714. Одновременно могут работать 4 канала АЦП.
 - Диапазон при коэффициенте усиления 1: $\pm 2.5\text{В}$ (биполярный)
 - Разрядность АЦП: 24-бит с использованием смещенного кода (нулевому напряжению соответствует код 0x800000)
 - Несколько режимов калибровки

- Программируемый коэффициент усиления: до 128
- Диапазон частот отсчетов сигналов: от 4.8 Гц до 1000 Гц
- Микроконтроллер
 - AVR (производитель - ATMEL)
 - Встроенная Flash память: 2 кБ
 - ОЗУ команд: 2 кБ
 - Встроенная память EEPROM: 128 байт
 - ОЗУ данных: 128 байт
 - Наличие сторожевого таймера
 - Сериальный порт (максимальная скорость 57600 бод на кабеле длиной до 1.8 м) с гальванической развязкой
- Синхронизация
 - 4 входные цифровые линии. Вместе с каждым кодом АЦП передается состояние этой линии.
 - Управление линией внешней синхронизации осуществляется замыканием линии механическими или электронными контактами, гальванически развязанными от аналоговой части модуля E-24 (так называемыми “сухими контактами”). Невыполнение этого требования может привести к перегрузке питания модуля E-24, что приведет к неработоспособности устройства, но не приведет к выходу его из строя.
 - Встроенный 7-битный таймер с квантом по времени 10 мс, значение которого передается с каждым кодом АЦП
- Питание
 - Питание - от COM порта, модуль E-24 совместим с интерфейсом RS-232,
 - Имеется разъем для внешнего блока питания.

Следует отметить, что питание от COM порта очень удобно, т.к. не нужен дополнительный блок питания. Наличие энергонезависимой памяти

позволяет сохранять настройки прямо в модуле АЦП [4,16,17,9]. Присутствие встроенного таймера и данная разрядность позволяют находить точные временные и частотные параметры. Ко входу подключаются четыре линии от электрогастроэнтерографа. Входы выполнены в виде разъёмов Mini-DIN, причем каждая линия – дифференциального типа, что уменьшает входные помехи. Выход представляет собой разъём DB-9 для соединения с COM портом персонального компьютера.

Персональный компьютер необходим для приёма, обработки, накопления и хранения данных о пациентах и снятых гастроэнтероколонограмм. Для выполнения этих функций может служить любой персональный компьютер на базе процессора Intel под управлением операционной системы семейства Microsoft Windows, преимущественно не ниже версии Windows 2000. Ограничение на операционную систему ставит тот набор пакетов прикладных программ, которые используются в качестве программного обеспечения для обработки данных. Также должен присутствовать COM порт для подключения АЦП. Стоит отметить, что использование портативного компьютера типа notebook значительно улучшает систему, т.к. последняя становится и автономной (способна какое-то время работать без внешних источников питания), и более мобильной (уменьшаются её массогабаритные характеристик). Такой подход осуществлён. В системе используется портативный компьютер фирмы Toshiba серии Satellite A10. Его основные характеристики приведены на функциональной схеме.

2. Программное обеспечение системы

Самостоятельно портативный компьютер не может выполнять функции по приёму и анализу данных. Обязательно должно быть программное обеспечение, управляющее этими процессами. Ниже представлена структурная схема используемого программного обеспечения для получения,

обработки, накопления и хранения данных с электрогастроэнтерографа. Структурно можно разбить используемое программное обеспечение на две категории. К первой относится та часть, которая была создана непосредственно для реализации рассматриваемой системы. Это программа E24 (практически название похоже на марку АЦП E-24) совместно с базой данных Microsoft access. Ко второй части относятся сторонние, универсальные в своей области пакеты прикладных программ, используемые для математического и статистического анализа.

Для создания рассматриваемого приложения использовался пакет прикладных программ, обеспечивающих среду программирования, Borland Builder C++ 6.0. Данная среда обеспечивает быстрое построение графического интерфейса пользователя (GUI – Graphic User Interface) на основе функций Windows API (Application Program Interface). Язык C и его расширение C++, хотя и являются одними из сложных программных продуктов, но обеспечивают необходимую гибкость при создании продукта и скорость при его выполнении [9,16,22,]. Ввиду необходимости обеспечения управления АЦП и непрерывного приёма данных от него, а также удобный интерфейс пользователя, то в приложении используется многопоточная обработка. Имеются, как минимум, два потока. Один из них работает с АЦП и записывает принятые данные в циклический буфер, а второй, интерфейсный, предоставляет пользователю управление, информацию о состоянии АЦП, визуализацию считанных данных из циклического буфера. Циклический буфер необходим для полноты принятых данных. Т.к. интерфейсный поток более сложен и может выполняться неравномерно во времени, по сравнению с потоком управления АЦП. Для визуализации использовались методы быстрой графики OpenGL, их преимущества в том, что изображение идёт практически напрямую на графический адаптер без прохождения через многочисленные обработчики сообщений Windows, тем самым появляется возможность обрисовать больше данные за более короткий промежуток времени. Такой подход необходим из-за того что

визуализация идёт в реальном времени, а АЦП в пределе может выдавать оцифрованный сигнал с частотой 1 КГц. Ниже, на рисунке 2.1. представлен интерфейс программы E24.

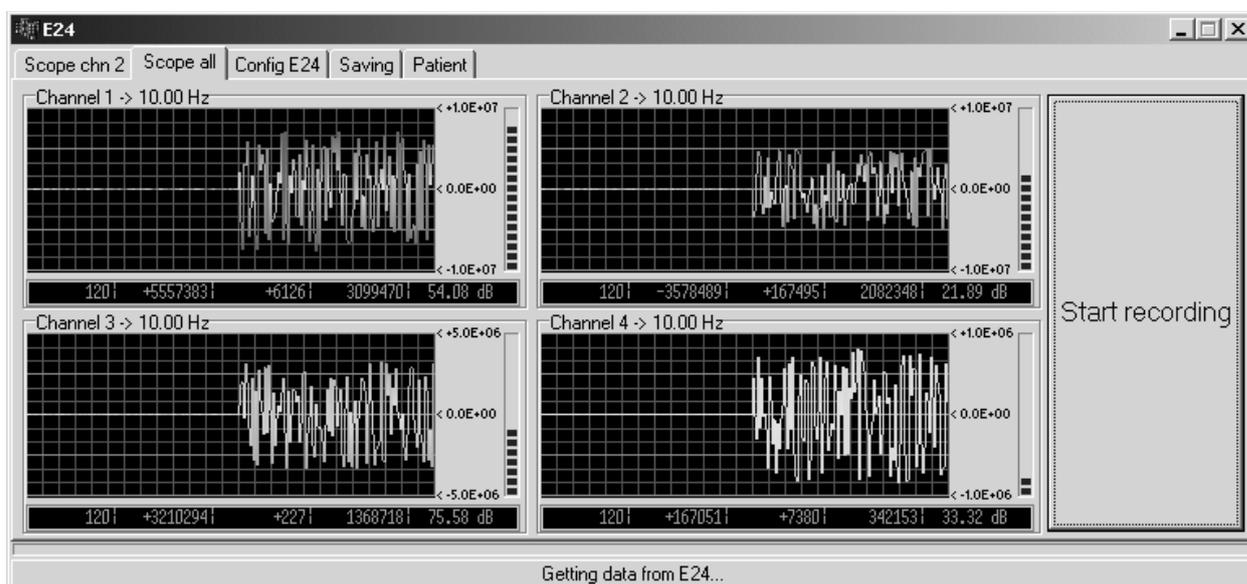


Рисунок 1. Программа E24 - визуализация в реальном времени

Интерфейс для большего удобства сделан с минимальным количеством окон. Представляет собой набор вкладок, каждая вкладка предоставляет определённый набор функций. Первые две вкладки непрерывно отображают принимаемые с АЦП данные по всем каналам (вторая вкладка) и по какому-либо одному каналу (первая вкладка). Эти вкладки реализуют виртуальные осциллографы. Из основных наработок стоит отметить автомасштабирование, цветовая карта по уровню сигнала, наличие индикаторов использования разрядной сетки АЦП. Кроме графического представления так же осуществляется цифровое представление и некоторые параметры математической обработки (по отображаемому на осциллографе): математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, уровень шума.

Приложение построено так, что идёт постоянное считывание данных, поступающих с АЦП, об этом свидетельствует строка состояния и информирования. Исключение составляет лишь вкладка конфигурации АЦП. При переходе на неё АЦП останавливается и из него считывается текущая конфигурация модуля.

Возможно отключать каналы, устанавливать программируемое усиление, настраивать один из предложенных режимов калибровки. Кроме этого возможно для каждого канала выставить свою частоту преобразования, но реализован механизм регулировки частоты в зависимости от скорости подключения по СОМ порту. Пользователю не удастся выставить такую частоту обновления каналов, которую не сможет удержать порт. Кроме настроек для каждого канала отдельно, есть возможность настраивать все активные каналы одинаково одним движением. После перехода на любую другую вкладку с рассматриваемой вкладки в АЦП заносятся настройки, и он снова переходит в активный режим, т.е. идёт считывание и отображение данных.

Следующая вкладка предназначена для настройки сохранения получаемых данных. В пределах этой вкладки указывается временной интервал, в течение которого данные будут сохраняться, т.е. временная продолжительность записи. Указывается папка-приёмник, если это необходимо, куда будут записаны файлы для связи со сторонними пакетами прикладных программ.

Последняя вкладка содержит информацию о пациенте, его личных данных, о датах, связанных с исследованием, диагнозы, комментарии к результатам других исследований. На рисунке 2. представлена эта вкладка.

The screenshot shows a software window titled "E24" with a menu bar containing "Scope chn 1", "Scope all", "Config E24", "Saving", and "Patient". The main area is a form for patient data entry, organized into several sections:

- Personal Information:** Fields for "Ф.И.О." (Ivanov Ivan Ivanovich), "Пол, год рождения:" (male, 1983), "Домашний адрес:" (Tashkent, ul. Amira Temura d.90, kv 3), and "Телефон:" (2222222).
- Medical History:** "История болезни, отделение:" (12-36, 3 хир.), "Дата заболевания:" (1 January 2000), "Дата поступления:" (10 October 2005), "Дата выписки (смерти):" (21 October 2005), "Койко-дни б/ше, п/о:" (10, 2), "Поступление:" (экстренно), and "ЭГ:" (до операции).
- Diagnosis and Complications:** "Диагноз при поступлении:" (здоров), "Диагноз основной:" (здоров), "Осложнения основного диагноза:" (без осложнений), "Диагноз сопутствующий:" (здоров), and "Диагноз патологоанатомический:" (empty).
- Imaging and Procedures:** "Рентген-исследование:" (не проводилось), "УЗИ брюшной полости:" (не проводилось), "Оперция:" (не проводилась), and "П/о осложнения:" (без осложнений).
- Stimulation Parameters:** "МОК:" (нет) and "Стимуляция кишечника:" (да), with a "Clear fields" button.

The status bar at the bottom indicates "Getting data from E24..."

Рисунок 2. Программа E24 - информация о пациенте

Данная вкладка непосредственно связана с базой данных, где сохраняются все внесённые изменения.

Для нахождения наиболее качественных и информативных параметров гастроэнтероколонограмм, для сопоставления этих параметров с объективными показателями состояния пациента, т.е. можно сказать, для идентификации системы диагностики нужно некоторое число измерений, по каждому из которых выделены необходимые параметры. После получения такого набора параметров на фоне объективных данных должна присутствовать статистическая обработка. В простейшем случае, например, нужно установить корреляцию того или иного вычисляемого параметра с каким-либо диагнозом. Эта задача выполнима, если обеспечена возможность накопления и хранения результатов измерений. Такую возможность дают разного рода базы данных и системы управления базами данных. В рассматриваемой системе используется локальная, однофайловая база данных компании Microsoft. Эти базы данных уступают другим по функциональности, масштабируемости, но их возможностей полностью хватает для реализации описываемой системы. Также стоит заметить, что система управления такими базами данных Microsoft Office Access входит в дистрибутив широко распространённого интегрированного пакета прикладных программ Microsoft Office. Для доступа к базе данных из приложения E24 используются средства драйверов ADO (ActiveX Data Object), которые представлены в среде разработки Borland Builder C++ 6.0. Для работы с базой данных вне приложения E24 используется СУБД Microsoft Access. Для более продуктивной работы используется пакет Microsoft Office 2007 (XP), рекомендуется использовать версии пакета не ниже Microsoft Office 2000.

Многие параметры гастроэнтероколонограмм пока не выявили свою адекватность, но большинство из них имеют не простые алгоритмы расчёта. Для возможности подбора параметров необходим более гибкий язык программирования в области оперативных математических вычислений, нежели C++. Такие среды программирования позволяют графически отображать данные и результаты их обработки [5,6,8,25]. Например, в среде Matlab создан документ для просмотра энтерогастрограмм из файлов, сохраненных программой E24. В этом же документе реализованы классический спектральный анализ по алгоритму быстрого преобразования Фурье, сглаживание спектров окнами и др. Всё вышеописанное менее трудоёмко при создании, нежели средствами языка программирования C++.

Всё вышесказанное относится и к статистическому анализу. В этой области используется хорошо зарекомендовавший себя во всём мире пакет статистических вычислений Statistica 6.0. Его средства встраиваются во многие приложения, так что вычисления можно проводить непосредственно, используя мощности самого пакета без его запуска. Кроме этого, можно отметить хорошее обеспечение средствами помощи программисту по использованию этого пакета.

3. Экспериментальная проверка опытного образца мобильной компьютерной системы для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта.

Авторами проекта разработан опытный образец мобильной компьютерной системы для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта.

Разработанная система используется как вспомогательное средство при определении состояния больного острым заболеванием органа брюшной полости. Пациент может поступить в приемной покой по скорой помощи или обратиться самостоятельно. Предварительное обследование с помощью

системы должно проводиться в течение не менее 10-20 минут ввиду исключительно низких частот колебаний гладких мышц органов ЖКТ. После принятия решения хирургом о направлении больного в операционную палату и проведения операции второй сеанс измерения и обработки данных должен проводиться в течение первых суток после операции.

После операции необходимы еще два, как минимум, сеанса измерений и обработки (один _ в течение 3-5 суток, другой _ в течение 7-10 суток). Качественное изменение параметров (увеличение максимальных пиков колебаний, стремление ДЧ органов к номинальным значениям и слабое затухание колебаний) служит признаком того, что лечение идет успешно). Если качественного изменения не наблюдается, то может быть назначена повторная операция и измерения с обработкой могут проводиться еще 3 раза.

В настоящее время опытный образец мобильной компьютерной системы для функциональной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта проходит экспериментальную проверку в Андижанском филиале Республиканского Центра экстренной медицинской помощи. Приведем фотографии, снятые во время экспериментальной проверки:



Рис 1. Первый вариант опытного образца устройства ввода гастроэнтерологического сигнала.

Основные результаты и выводы по второй главе

1. Анализированы традиционные методы диагностирования ЖКТ и показаны тенденции развития этих методов и их недостатки
2. Исследованы современные методы диагностирования ЖКТ и показаны возможности принципиально новых неинвазивных методов исследования. Дальнейшие исследования будут направлены на применения именно этого метода.

ГЛАВА 3. АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГАСТРОЭНТЕРОГРАММ

1. Применение быстрого преобразования Фурье и оценки спектральной плотности

Методы исследования случайных процессов и временных рядов в частотной области получили широкое применение. Они приводят к упрощению математических преобразований, составляют основу процессов сглаживания, фильтрации, повышают наглядность процессов обработки [11,13,17,19].

Рассмотрим преобразование Фурье произвольной реализации $x(t)$ стационарного случайного процесса, определенной на конечном интервале $(0, T)$:

$$F_T(\omega) = \int_0^T x(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (1)$$

Эта функция является случайной функцией частоты и называется спектральной плотностью амплитуд. Для того чтобы получить неслучайную функцию частоты, возведем модуль $F_T(\omega)$ в квадрат и применим осреднение по времени:

$$F_T^2(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{M[|F_T(\omega)|^2]}{T} \quad (2)$$

Полученная функция частоты $F_T^2(\omega)$ называется спектральной плотностью мощности случайного процесса. Она характеризует распределение мощности процесса по диапазону частот, иными словами, выражает его мощность, приходящуюся на элементарную полосу частот, равную $d\omega$.

Дискретные последовательности значений функции времени $x(t)$ получаются в результате дискретизации значений непрерывных функций времени,

следующих через равные интервалы времени ht , т.е. в моменты времени $i*ht$ осуществляется дискретизация функции, причем i принимает целые положительные значения в заданном интервале.

Над дискретными временными рядами можно проделывать все операции, которые используются при исследовании непрерывных функций времени, например, операции усечения, преобразования Фурье, операции, необходимые для образования оценок статистических характеристик случайных процессов и т.д.

Известно, что оценки математического ожидания, автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности непрерывного стационарного случайного процесса $X(t)$ являются состоятельными [13]. Они могут служить основой для построения оценок вероятностных характеристик дискретного случайного процесса $X(i*ht)$.

Можно разделить промежуток времени T на n равных интервалов длительностью ht и, обозначив значение T в начале каждого интервала через $i*ht$, где $i=0,1,\dots,n-1$, получить приближенные суммы, выражающие значения математического ожидания, среднего квадрата и корреляционной функции:

$$\begin{aligned} M_x &= 1/n \sum_{i=0}^{n-1} X(i * ht) \\ \Psi_x^2 &= 1/n \sum_{i=0}^{n-1} X^2(i * ht) \\ R_x(ht*k) &= 1/n \sum_{i=0}^{n-1} X(i * ht)X(i - k) * ht \end{aligned} \quad (3)$$

Данные оценки представляют собой средние величины выборочных значений соответствующих функций случайного процесса $X(t)$ или среднее по дискретам [5].

Для получения оценок спектральной плотности применяются сглаживающие алгоритмы. Их разработано достаточно много, но в данной работе исследовались четыре алгоритма сглаживания спектральной области.

Для повышения состоятельной оценки делим нашу спектрограмму на куски длиной 1024 отсчета, если не хватает, дополняем исходный файл нулями и усредняем.

Периодограмма сглаживается при помощи прямоугольной весовой функции: все спектральные составляющие в интервале сглаживания ΔF берутся с одинаковым весом $1/\Delta F$, а спектральные составляющие вне интервала сглаживания не оказывают никакого влияния на сглаженную оценку.

Существует другая оценка спектральной плотности мощности, представляющая собой преобразование Фурье корреляционной функции. В аналоговой форме она известна как формула Винера – Хинчина [9]:

$$F_T^2(w) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) e^{-jw\tau} d\tau \quad (4)$$

$$R_x(\tau) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} F_x(w) e^{jw\tau} dw$$

Ее дискретный вариант может быть записан в виде:

$$\hat{F}_T^2 = 2\Delta\tau \hat{R}_x(0) + 4\Delta\tau \sum_{i=0}^n \hat{R}_x(i\Delta\tau) \cos(2\pi f) i\Delta\tau \quad (5)$$

Предположим, что временной ряд $x(i*ht)$ задан на интервале $(0, T)$ и состоит на нем из n отсчетов. Если принять для удобства вычисления значений аргумента $ht=1$ и продолжить этот ряд периодически на всю временную ось, то дискретное преобразование Фурье (ДПФ) такой последовательности можно записать в форме

$$x(i) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} c(k) \exp\left(\frac{2\pi j i k}{n}\right); \quad (6)$$

$$c(k) = \sum_{i=0}^{n-1} x(i) \exp\left(-\frac{2\pi j i k}{n}\right), \quad (7)$$

где $j = \sqrt{-1}$; $c(k)$ - коэффициенты Фурье.

Обозначим $\exp(-2\pi j/n) = V$. Значения V^{ik} называются поворачивающимися множителями и образуют периодическую последовательность по обоим аргументам i и k , причем по каждому с периодом n . Заметим также, что

$$V^{i+n/2} = \exp(-2\pi j \frac{i+n/2}{n}) = V^i e^{-j\pi} = -V^i \quad (8)$$

$$V^{nk/2} = \exp(-j\pi k).$$

Непосредственное выполнение преобразования Фурье по формулам (1) требует приблизительно n^2 арифметических операций сложений и умножений, причем выполняемых в комплексной области. При больших значениях n это ведет к высоким затратам времени на выполнение БПФ в компьютере.

Число арифметических операций в преобразованиях значительно сокращается, если n является составным числом. Принципы построения алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ) основаны на нахождении общих множителей, входящих в выражения для коэффициентов Фурье с разными номерами, что позволяет устранить избыточность в процедурах вычисления коэффициентов, присущую ДПФ.

Основная идея БПФ состоит в том, чтобы исходную последовательность разбить на две более короткие последовательности, ДПФ которых могут быть скомбинированы таким образом, чтобы объединение их дало исходную N точечную ДПФ. Так, например, если N четное, то исходную последовательность можно разбить на две $N/2$ точечные последовательности, то для вычисления N точечную ДПФ потребуется $(N/2)^2 = N^2/2$ комплексных умножений, т.е. в двое меньше, чем раньше. Эту операцию можно повторить, если $N/2$ является четной.

Рассмотрим алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Считаем, что N равно степени 2. Введем две последовательности $\{c_1(i)\}$ и $\{c_2(n)\}$, состоящие из четных и нечетных членов $\{x(i)\}$, т.е.

$$\begin{aligned} x_1(i) &= x(i) \\ x_2(i) &= x(i+n/2), i=0,1,\dots, n/2-1 \end{aligned} \quad (9)$$

N точечное конечное ДПФ последовательности $\{x(n)\}$ можно записать как

$$c(k) = \sum_{i=0}^{n/2-1} x(i)V^{ik} + \sum_{i=n/2}^{n-1} x(i)V^{ik} = \sum_{i=0}^{n/2-1} x_1(i)V^{ik} + \sum_{i=0}^{n/2-1} x_2(i)V^{(i+n/2)k} \quad (10)$$

Выражение (5) получилось из (2), где мы отделили слагаемые с четными номерами от слагаемых с нечетными номерами исходной последовательности.

$$c(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} [x_1(i) + x_2(i)] V^{ik} \quad (11)$$

или

$$c(k) = X_1(i) + V^{ik} X_2(i) \quad (12)$$

где $X_1(i), X_2(i)$ равны $N/2$ точечному ДПФ последовательностей $\{x_1(n)\}$ и $\{x_2(n)\}$ соответственно.

Из (3.1.7) следует, что N точечное ДПФ может быть разложено на два $N/2$ точечному ДПФ, результаты, которых объединяются согласно (7). Если бы $N/2$ точечное ДПФ вычислялось бы обычным образом, то потребовалось бы $N^2/2 + N$ комплексных умножений. При больших N (когда $N^2/2 \gg N$) это позволяет сократить вычисления на 50%.

Поскольку $X(k)$ определено при $0 \leq k < N$, а $X_1(i), X_2(i)$ при $0 \leq i < N/2$, необходимо доопределить (3.1.7) при $i > N/2$. Сделаем это следующим образом, используя периодичность ДПФ и тот факт, что $V^{i+n/2} = \exp(-j2\pi(k + N/2)/N) = \exp(-j2\pi k/N) \exp(-j\pi) = -V^i$

$$c(k) = \begin{cases} X_1(i) + V^i X_2(i), & 0 \leq i \leq N/2 - 1 \\ X_1(i - N/2) - V^{(i+n/2)k} X_2(i - N/2), & N/2 \leq i < N \end{cases} \quad (13)$$

Выражение (8) описывает получение N -точечного Фурье преобразования из двух $N/2$ точечных Фурье. Видно, что для получения каждого коэффициента Фурье $c(k)$ необходимо выполнить одно умножение и одно сложение (или вычитание). Почему мы выполняем только $N/2$ умножений на каждом шаге, а не N умножений? Давайте посмотрим на выражение (8). Запишем вычисление $X(0)$ и $X(N/2)$.

$$c(0) = X_1(0) + V^0 X_2(0) \quad (14)$$

$$c(N/2) = X_1(N/2 - N/2) - V^{N/2 - N/2} X_2(N/2 - N/2) = X_1(0) - V^0 X_2(0)$$

Как видно из (9) $c(0)$ и $c(N/2)$ вычисляются почти одинаково, за исключением того, что в $c(0)$ надо сложить, а в $c(N/2)$ отнять одно и тоже

произведение. Это произведение $V^0 X_2(0)$ можно посчитать один раз, а затем добавить и отнять к и от $X_1(0)$ для получения соответственно $c(0)$ и $c(N/2)$. Таким образом, чтобы вычислить два коэффициента Фурье, необходимо вычислить только одно произведение.

Если мы продолжим разбиение последовательности на две последовательности и применим тот же механизм, то мы еще в два раза уменьшим количество умножений. Таким образом, на каждом шаге мы выполняем $N/2$ умножений, а таких шагов $\log_2 N$. Число умножений равно $N/2 \log_2 N$, что значительно меньше N^2 (при $N=1024$ число умножений меньше в 100 раз).

Рассмотрим на примере 8-ми точечной последовательности, т.е. $N=8$.

Выражение (8) можно "нарисовать" в виде:

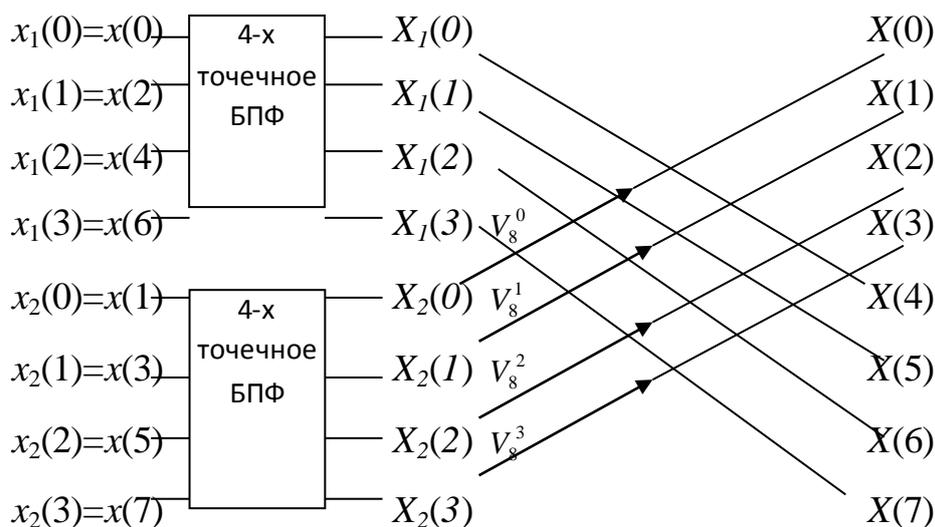


Рисунок 1. Схема четырехточечного алгоритма БПФ с прореживанием по времени

Рассмотренная схема может быть применена и для последовательностей $\{x_1(i)\}$ и $\{x_2(i)\}$ разбиваются четыре $N/4$ точечные последовательности.

$$X_1(i) = A(i) + V_{1/2}^{ik} B(i) \quad X_1(i) = \begin{cases} A(i) + V^{2ik} B(i), & i = 0, \dots, N/4 - 1 \\ A(i - N/4) - V^{(2i - N/2)k} B(i - N/4), & i = N/4, \dots, N/2 - 1 \end{cases}$$

$A(i)$ и $B(i)$ $N/4$ точечные ДПФ от последовательностей

$$a(n) = x_1(2n), n = 0, \dots, N/4 - 1$$

$$b(n)=x_1(2n+1), n=0, \dots, N/4-1$$

$$X_2(i) = C(i) + V_{1/2}^{ik} D(i), \quad X_2(i) = \begin{cases} C(i) + V^{2ik} D(i), & i = 0, \dots, N/4 - 1 \\ C(i - N/4) - V^{(2i - N/2)k} D(i - N/4), & i = N/4, \dots, N/2 - 1 \end{cases}$$

где $C(i)$ $D(i)$ $N/4$ точечные ДПФ от последовательностей

$$c(n)=x_2(2n), n=0, \dots, N/4-1$$

$$d(n)=x_2(2n+1), n=0, \dots, N/4-1$$

$A(i)$, $B(i)$, $C(i)$, $D(i)$ - это 2-х точечные Фурье преобразования, которые можно вычислить по формулам:

$$A(0) = \sum_{i=0}^1 a(i)V^0 = a(0) + a(1)V_8^0$$

$$A(1) = \sum_{i=0}^1 a(i)V^{li} = a(0) + a(1)V_2^1 = a(0) + a(1)V_8^4 = a(0) - a(1)V_8^0$$

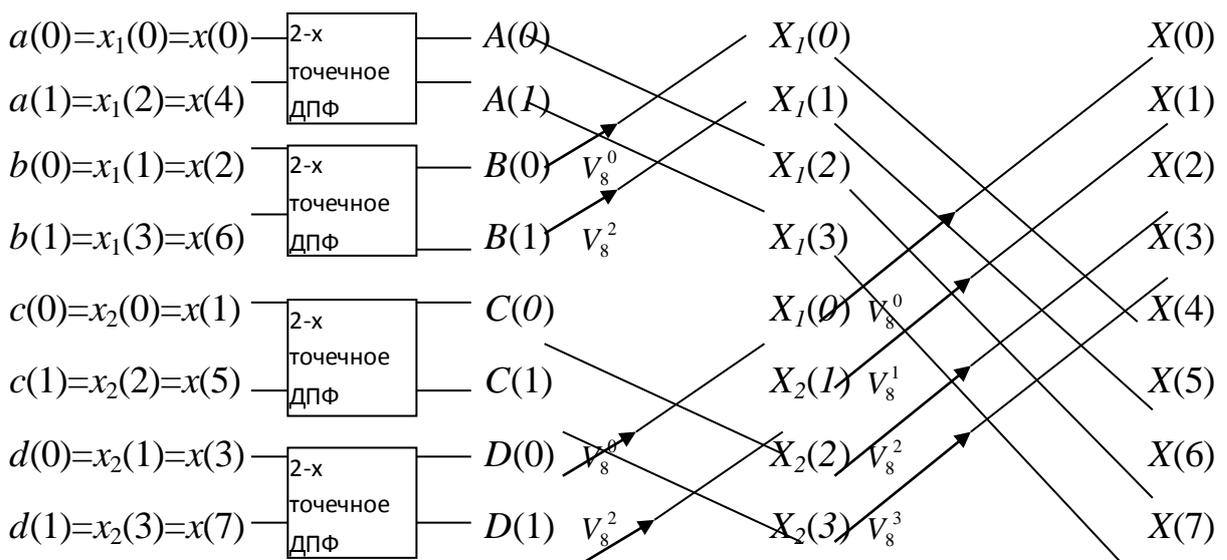
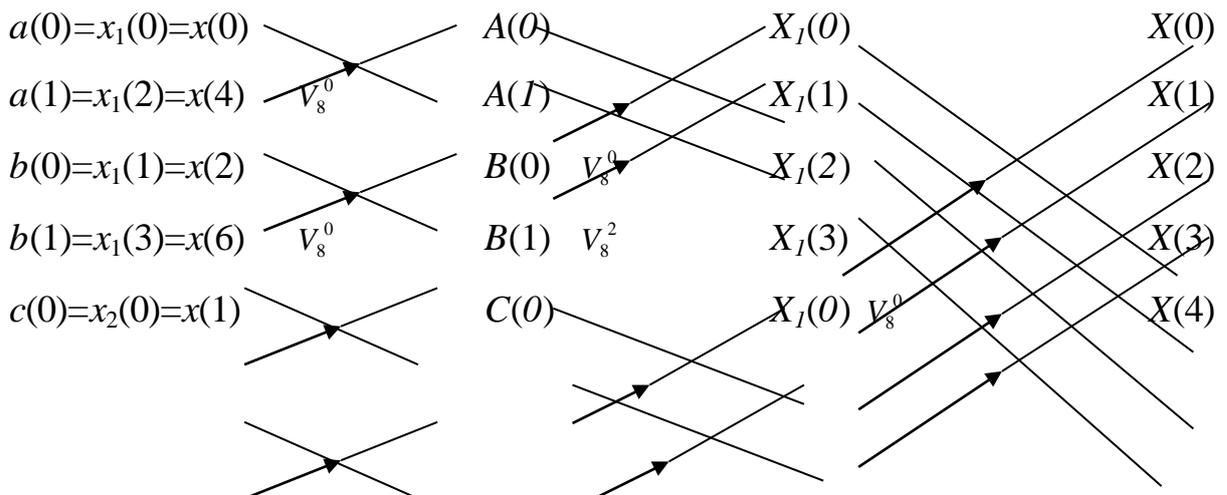


Рисунок 2. Блок-схема двухточечного БПФ с прореживанием по времени

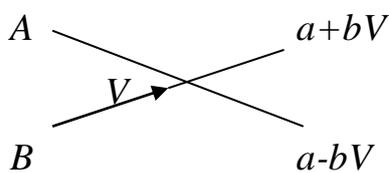
Распишем последний блок



$c(1)=x_2(2)=x(5)$	V_8^0	$C(1)$	$X_2(1) V_8^1$	$X(5)$
$d(0)=x_2(1)=x(3)$		$D(0)$	V_8^0	$X(6)$
$d(1)=x_2(3)=x(7)$	V_8^0	$D(1)$	V_8^2	$X(7)$

Рисунок 3. Последний блок схемы двухточечного БПФ с прореживанием по частоте

Во всех выше приведенных схемах ключевым моментом является "бабочка", операция, которую можно представить



Стрелка обозначает умножение (в данном случае на V), направление вверх приводит к сложению ($a+bV$), направление вниз приводит к вычитанию ($a-bV$).

А теперь, поскольку мы не знаем какой именно алгоритм БПФ выполняет Matlab, рассмотрим алгоритм БПФ с прореживанием по частоте. В предыдущем пункте мы разбивали входную последовательность $\{x(i)\}$ на две последовательности, полученные выборкой четных и нечетных элементов последовательности. Ничего не мешает нам разбить входную последовательность по другому правилу, например, выделим первую половину и обозначим ее как $\{x_1(i)\}$, а вторую половину как $\{x_2(i)\}$.

$$\begin{aligned}
 x_1(i) &= x(i), & i &= 0, 1, \dots, n/2-1 \\
 x_2(i) &= x(i+n/2), & i &= 0, 1, \dots, n/2-1
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Распишем, чему равно преобразование Фурье, используя соотношение (2)

$$\begin{aligned}
X(i) &= \sum_{i=0}^{n-1} x(i)V^{ik} = \sum_{i=0}^{n/2-1} x(i)V^{ik} + \sum_{i=n/2}^{n-1} x(i)V^{ik} = \sum_{i=0}^{n/2-1} x_1(i)V^{ik} + \sum_{i=0}^{i/2-1} x_2(i)V^{(i+N/2)k} = \\
&= \sum_{i=0}^{n/2-1} x_1(i)V^{ik} + \sum_{i=0}^{n/2-1} x_1(i)V^{ik}V^{ki/2} = \sum_{i=0}^{n/2-1} \mathbf{I}_1(i) + x_2(i) \exp(-j\pi k) \bar{\mathbf{V}}^{ik}
\end{aligned} \tag{16}$$

$$\exp(-j\pi k) = \cos(\pi k) - j \sin(\pi k) = \cos(\pi k) = \begin{cases} 1, k - \text{четное} \\ -1, k - \text{нечетное} \end{cases}$$

Выражение (16) можно рассмотреть, когда k четное и нечетное

$$X(2i) = \sum_{i=0}^{n/2-1} \mathbf{I}_1(i) + x_2(i) \bar{\mathbf{V}}^{2ik} = \sum_{i=0}^{n/2-1} \mathbf{I}_1(i) + x_2(i) \bar{\mathbf{V}}_{1/2}^{ik} \tag{17}$$

Выражение (17) является быстрым преобразованием Фурье от суммы двух последовательностей $x_1(i)$ и $x_2(i)$. Рассмотрим нечетные элементы $X(2i+1)$

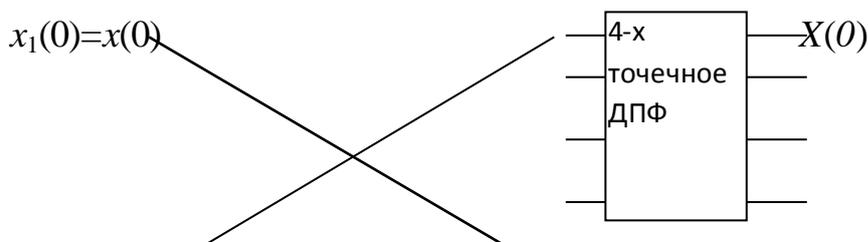
$$X(2i+1) = \sum_{i=0}^{n/2-1} \mathbf{I}_1(i) - x_2(i) \bar{\mathbf{V}}^{(2k+1)i} = \sum_{i=0}^{n/2-1} \mathbf{I}_1(i) - x_2(i) \bar{\mathbf{V}}^i V_{1/2}^{ki} \tag{18}$$

Выражение (18) представляет собой Фурье преобразование от последовательности вида:

$$\mathbf{I}_1(i) - x_2(i) \bar{\mathbf{V}}^i.$$

Таким образом, формулы (17), (18) представляют собой Фурье преобразование исходной последовательности, вычисленное как Фурье преобразования от двух последовательностей, составленных как сумма и разность $\{x_1(i)\}$ и $\{x_2(i)\}$. Разность умножается на V^i . Для того, чтобы получить ДПФ для $X(i)$, необходимо $N/2$ умножение и N сложений, и плюс то, что необходимо для ДПФ $N/2$ - точечных последовательностей: $N^2/2$ умножений. Если мы и дальше будем разбивать последовательности на две части, то опять придем к тому же результату, что и для алгоритма с прореживанием по времени, т.е. число умножений можно уменьшить до $N/2 \log_2 N$.

Рассмотрим алгоритм на примере 8-ми точечной последовательности ($N=8$)(См. рисунок 4.)



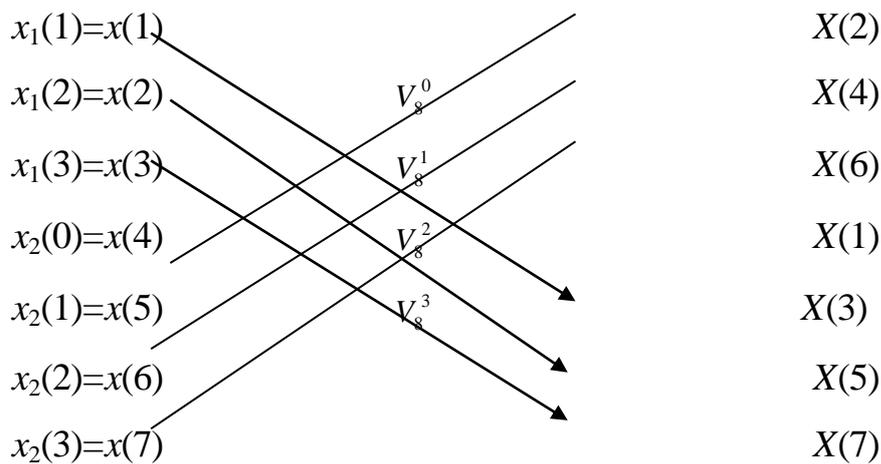


Рисунок 4. Блок-схема четырехточечного БПФ с прореживанием по частоте

Теперь рассмотрим те последовательности, которые представляли сумму и разность двух последовательностей $\{x_1(n)\}$ и $\{x_2(n)\}$.

$$f(i) = x_1(i) - x_2(i), \quad i=0,1,\dots,N/2-1$$

$$g(i) = \mathbf{f}_1(i) - x_2(i) \bar{V}^i, \quad i=0,1,\dots,N/2-1$$

Применим к этим последовательностям ту же схему. Пусть

$$f_1(i) = f(i), \quad i=0,1,\dots,N/4-1$$

$$f_2(i) = f(i+N/4), \quad i=0,1,\dots,N/4-1$$

$$g_1(i) = g(i), \quad i=0,1,\dots,N/4-1$$

$$g_2(i) = g(i+N/4), \quad i=0,1,\dots,N/4-1$$

Тогда преобразование Фурье от последовательности $f(i)$ может быть записано в виде

$$F(i) = \sum_{i=0}^{n/2-1} f(i) V_{1/2}^{ik} = \sum_{i=0}^{n/4-1} f_1(i) V_{1/2}^{ik} + \sum_{i=n/4}^{n/2-1} f_2(i) V_{1/2}^{ik} = \sum_{i=0}^{n/4-1} f_1(i) V_{1/2}^{ik} + \sum_{i=0}^{n/4-1} f_2(i) V_{1/2}^{(i+n/4)k}$$

$$\sum_{i=0}^{n/4-1} \mathbf{f}_1(i) + f_2(i) V_{1/2}^{ki/4} \bar{V}_{1/2}^{ik} = \sum_{i=0}^{n/4-1} \mathbf{f}_1(i) + f_2(i) \exp(-j\pi k) \bar{V}_{1/2}^{ik}$$

$F(i) = X(2i)$, т.е. четные части коэффициентов Фурье. $G(i) = X(2i+1)$, т.е. нечетные части коэффициентов Фурье.

$$G(i) = \sum_{i=0}^{n/2-1} g(i) W_{1/2}^{ik}$$

Выберем четные и нечетные элементы последовательности

$$F(2i) = \sum_{i=0}^{n/4-1} \mathbf{f}_1(i) + f_2(i) \bar{V}_{1/2}^{2ki} = \sum_{i=0}^{n/4-1} \mathbf{f}_1(i) + f_2(i) \bar{V}_{1/4}^{ki} \quad (19)$$

$$F(2i+1) = \sum_{i=0}^{n/4-1} [f_1(i) + f_2(i) \bar{V}_{1/2}^{(2k+1)i}] = \sum_{i=0}^{n/4-1} [f_1(i) + f_2(i) \bar{V}_{1/4}^{2i} V_{1/4}^{ki}]$$

Таким образом, Фурье преобразование последовательности $f(i)$ можно вычислить по формуле (5). Отобразим это

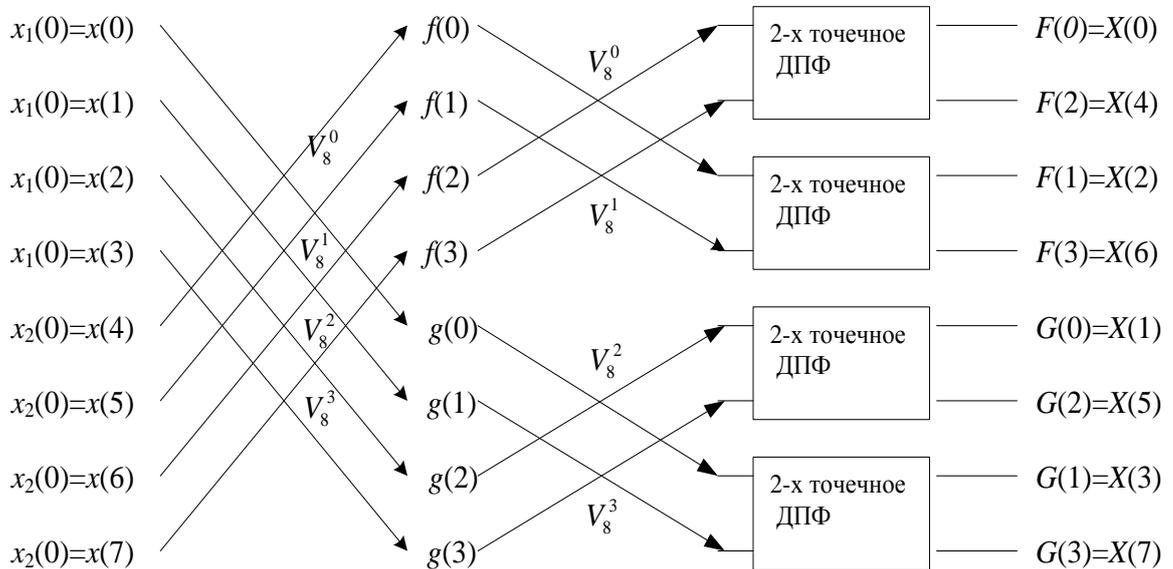
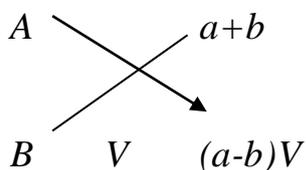


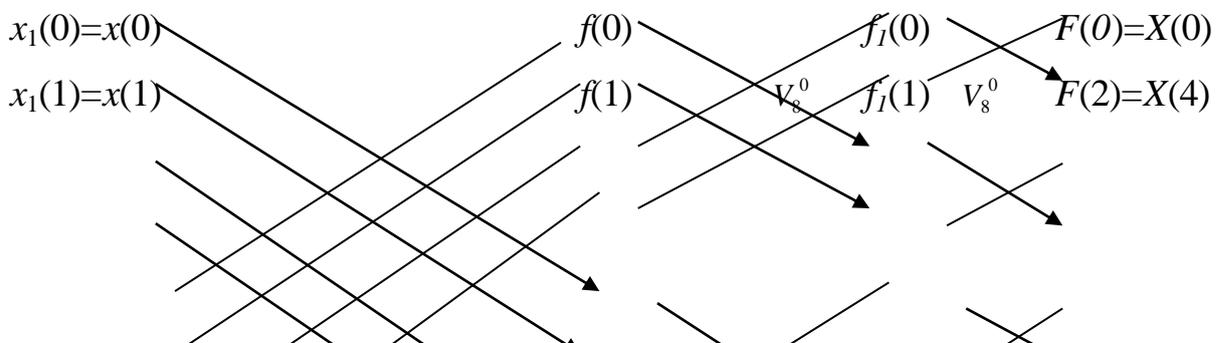
Рисунок 5. Блок-схема двухточечного БПФ с прореживанием по частоте

Бабочка в алгоритме с прореживанием по частоте имеет вид



На рисунке 6. раскроем 2-х точечное ДПФ по аналогии с предыдущим алгоритмом.

На выходе БПФ с прореживанием по частоте имеем инвертированный порядок следования. Для того чтобы получить правильную последовательность, необходимо переставить (инвертировать) порядок следования. В алгоритме с прореживанием по времени, необходимо инвертировать входную последовательность [13,15].



$x_1(2)=x(2)$	V_8^0	$f(2)$	V_8^2	$f_2(0)$	$F(1)=X(2)$
$x_1(3)=x(3)$	V_8^1	$f(3)$		$f_2(1)$	V_8^0 $F(3)=X(6)$
$x_2(0)=x(4)$	V_8^2	$g(0)$		$g_1(0)$	$G(0)=X(1)$
$x_2(1)=x(5)$	V_8^3	$g(1)$	V_8^0	$g_1(1)$	V_8^0 $G(2)=X(5)$
$x_2(2)=x(6)$		$g(2)$	V_8^2	$g_2(0)$	$G(1)=X(3)$
$x_2(3)=x(7)$		$g(3)$		$g_2(1)$	V_8^0 $G(3)=X(7)$

Рисунок 6. Последний блок схемы двухточечного БПФ с прореживанием по частоте

Функция реализующая прямое и обратное преобразование Фурье в программе Matlab позволяет проводить преобразования для данными в виде векторов с действительными и комплексными числами.

Функция $\text{fft}(v)$ системы Matlab позволяет выполнять БПФ для данных, представленных действительными числами – значениями исходного вектора v . Однако при этом вектор v должен иметь 2^m составляющих, где m – целое число. В противном случае выводится сообщение об ошибке – неверном размере вектора. Если число элементов вектора v все же отличается от целой степени двух, то его можно дополнить нулями до этой величины.

Элементы вектора, возвращаемого функцией $\text{fft}(v)$, соответствуют формуле

$$c_j = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} v_k e^{2\pi i(j/n)k}, \quad (20)$$

где n – число элементов вектора v , i – мнимая единица, k – индекс суммирования (от 0 до $n-1$) и j – номер гармоники (от 0 до $n/2$). Эти элементы вектора соответствуют следующим частотам:

$$f_j = \frac{j}{n} \cdot f_s \quad (21)$$

Здесь f_s – частота квантования сигнала, который подвергается БПФ. Элементы вектора, возвращаемого функцией $\text{fft}(v)$, - это в общем случае комплексные числа, даже если сигнал представлен вещественными отсчетами.

Функция $\text{ifft}(v)$ реализует обратное (инверсное) преобразование Фурье для вектора v с комплексными элементами. Вектор v должен иметь $1+2^{m+1}$ элементов. В противном случае выдается сообщение об ошибке. Функция $\text{ifft}(v)$ вначале создает вектор w , комплексно-сопряженный с v , и затем присоединяет его к вектору v . После этого вычисляется вектор d с элементами, рассчитанными по следующей формуле:

$$d_j = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} w_k e^{-2\pi i(j/n)k} \quad (22)$$

Функции $\text{fft}(v)$ и $\text{ifft}(v)$ дают точные (в пределах погрешности численных расчетов) обращения. При этом $\text{ifft}(\text{fft}(v))=v$, что можно использовать для проверки преобразований.

Функция $\text{cfft}(A)$ аналогична предыдущей, но реализует прямое преобразование Фурье для вектора A с комплексными элементами. Если A – матрица, реализуется двумерное преобразование. Введение функции $\text{fft}(v)$ обусловлено тем, что преобразование для векторов с действительными элементами реализуется по более быстрому алгоритму (БПФ) и занимает меньше времени. Кроме того в этом случае проще ввод данных.

Функция $\text{icfft}(B)$ выполняет обратное преобразование Фурье по полному алгоритму, при котором как исходный, так и результирующий вектор или матрицы содержат элементы с комплексными значениями [7].

Недостатком стандартных алгоритмов БПФ, примененных в системе Matlab, является их ориентированность только на число отсчетов, кратное целой степени 2. При обработке конкретных гастроэнтерограмм в случаях, если длина массива данных отличается от целой степени 2, то может быть применен прием, заключающийся в дополнении недостающего числа отсчетов необходимым числом нулей. Правда, это ведет к некоторому смещению максимума.

2. Методы получения сглаженных оценок спектрограмм

Спектральный анализ - это один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать частотный состав измеряемого сигнала. Преобразование Фурье является математической основой, которая связывает временной или пространственный сигнал (или же некоторую модель этого сигнала) с его представлением в частотной области. Методы статистики играют важную роль в спектральном анализе, поскольку сигналы, как правило, имеют шумовой или случайный характер. Если бы основные статистические характеристики сигнала были известны точно или же их можно было бы без ошибки определить на конечном интервале этого сигнала, то спектральный анализ представлял бы собой отрасль точной науки. Однако в действительности по одному-единственному отрезку сигнала можно получить только некоторую оценку его спектра.

На настоящее время существует большое количество алгоритмов и групп алгоритмов, которые так или иначе решают основную задачу спектрального анализа: оценивание спектральной плотности мощности, с тем, чтобы по полученному результату судить о характере обрабатываемого сигнала [7].

Критериями «качества» оценки спектральной плотности мощности в общем случае являются смещение этой оценки и ее дисперсия [5].

В данной работе были рассмотрены четыре алгоритма сглаживания спектрограмм, произведена их реализация в системе Matlab и выбран наиболее эффективный метод сглаживания.

Т.к. наиболее оптимальным временем снятия сигнала считается 20 минут, то сигнал будет состоять из 4096 отсчетов. Для получения наиболее точных оценок, мы делим спектрограмму на несколько кусков длиной 1024 отсчета, над каждым производим БПФ и усредняем по спектру. Далее применяем различные варианты спектральных окон.

Первый рассмотренный метод - это окно Хеннинга, уравнение сглаживания в данном случае имеет вид:

$$A_k = 0.25 \cdot S_{k-1} + 0.5 \cdot S_k + 0.25 \cdot S_{k+1} \quad (1),$$

где S_k – спектр усредненного по времени сигнала.

При сглаживании этим методом уменьшение максимума составило 20%, а отклонение по частоте незначительно (См. рисунок. 1.)

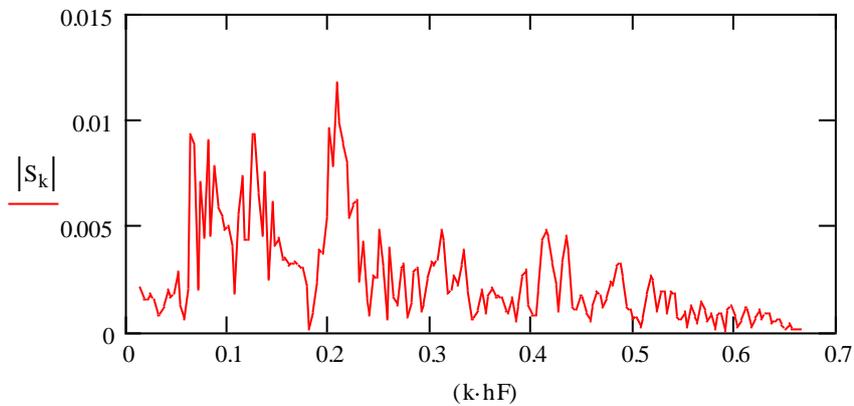
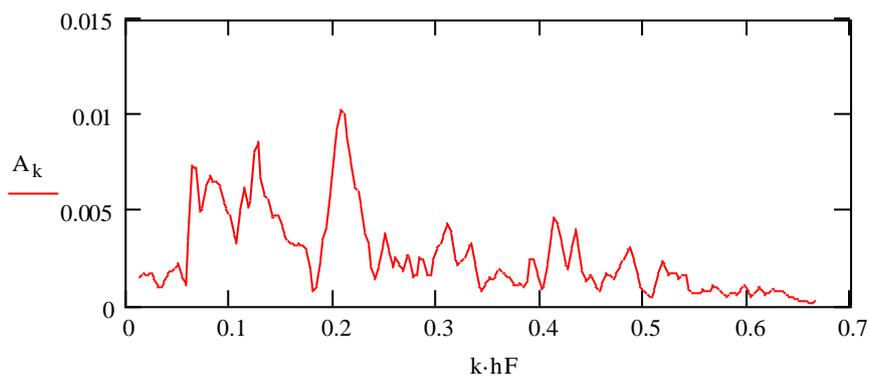


Рисунок 1. Спектр мощности сигнала до и после сглаживания окном Хеннинга



Следующим используемым сглаживающим

алгоритмом было Окно Гудмэна – Эноксона – Отнеса (ГЭО). Предложено для ситуации, в которой необходимо сглаживание в приемлемо широкой полосе частот. Обычно останавливаются на 7 коэффициентах. При этом достигается разумный компромисс между сложностью вычислений и гибкостью в выборе процедур сглаживания.

Уравнение сглаживания имеет вид:

$$F(k) = \sum_{i=-3}^3 c(i)S(k+i) = S(k) + \sum_{i=1}^3 c(i) \left(S(k-i) + S(k+i) \right) \quad (2)$$

Окно ГЭО имеет коэффициенты:

$$c(0)=1, \quad c(1)=0.817, \quad c(2)=-0.1707, \quad c(3)=0.1476.$$

При сглаживании этим методом сигнал становится многомодальным и сложно выделить максимум, амплитудная характеристика увеличена практически в два раза. (См рисунок 2.).

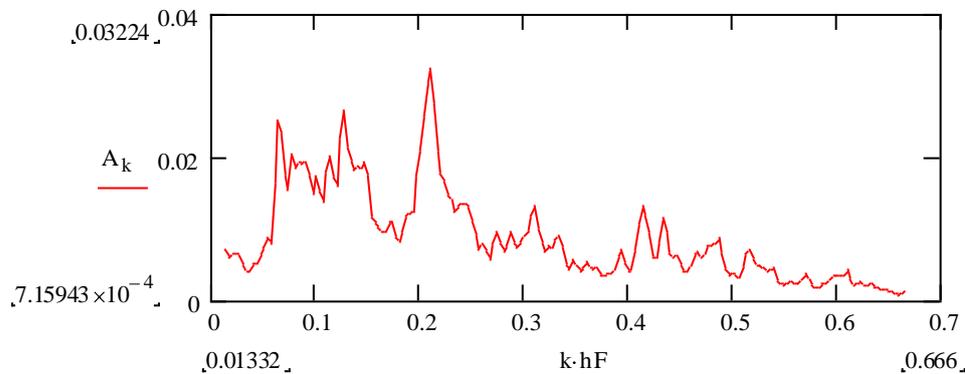


Рисунок 2. Спектр сигнала после сглаживания окном Гудмэна – Эноксона – Отнеса (ГЭО)

При биномиальном сглаживании коэффициенты имеют следующие значения $c(-2)=1/12$, $c(-1)=1/3$, $c(0)=1/2$, $c(1)=1/3$, $c(2)=1/12$.

В этом случае сглаживание менее заметно, чем в предыдущих методах, а значение амплитуды увеличено. (См рисунок 3.2.3).

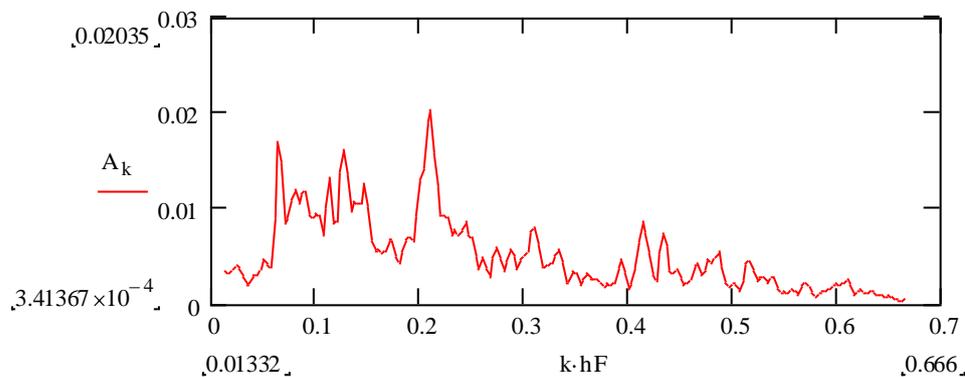


Рисунок 3. Спектр сигнала после сглаживания биномиальным методом

В методе Хемминга уравнение сглаживания имеет вид [16]:

$$D_k = |W_k|, \quad n = 5, 7, 9$$

$$A_k = 0.54D_k + 0.23 \left(\sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} D_{k+i} \cos\left(\frac{2\pi i}{n}\right) + \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} D_{k-i} \cos\left(\frac{2\pi i}{n}\right) \right). \quad (3)$$

При сглаживании этим методом сглаживание практически незаметно, при этом боковой максимум преобладает над локальным, потери по амплитуде составили порядка 20% (См рисунок 4.).

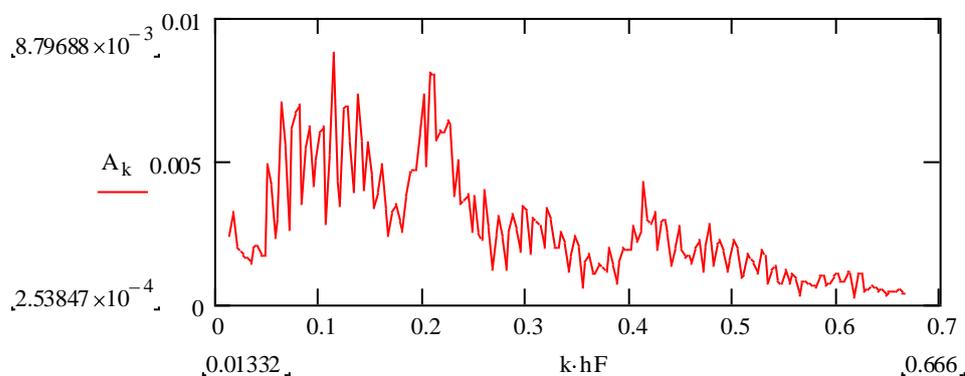


Рисунок 4. Спектр сигнала после сглаживания окном Хемминга

По результатам тестирования всех выше перечисленных методов сглаживания на спектрограммах больных и здоровых пациентов можно сделать вывод, что наиболее эффективным сглаживающим алгоритмом является использование окна Хемминга, т.к. в этом случае потери максимума и смещение его значения наиболее незначительны, а боковые максимумы в отличие от других методов значительно сглаживаются. И именно этот метод был закреплен в окончательной версии программ спектральной обработки гастроэнтероколонограмм.

3. Анализ спектров гастроэнтерограмм

В ходе проделанной работы был проведен спектральный анализ гастроэнтерограмм. Исходная амплитудная характеристика путем устранения тренда была избавлена от нестационарности, разбита на несколько кусков длиной 1024 отсчета, ее спектр был усреднен и сглажен различными вариантами спектральных окон. Среди сглаживающих окон путем сравнительного анализа было выбрано наиболее оптимальное. И именно этот способ вошел в окончательный вариант программы спектрального анализа гастроэнтерограмм [10,28,29,30].

В качестве исходных данных медиками были предоставлены гастроэнтерограммы пациентов двух групп:

- 1) группа нормы в количестве пятнадцати человек
- 2) группа больных в количестве двадцати пациентов.

В результате анализа спектрограмм этих пациентов были выявлены несколько признаков патологий некоторых органов ЖКТ:

- наличие боковых максимумов в спектрограмме (См рисунок 1.)
- многомодальность спектрального сигнала (См рисунок 2.).
- некоторых записях временных сигналов проявляются полиномиальные тренды (См рисунок 3.)
- значительное отклонение резонансной частоты от нормы
- отсутствие преобладающих максимумов (См рисунок 4.)

Последние два пункта могут свидетельствовать об воспалительных процессах в желудке.

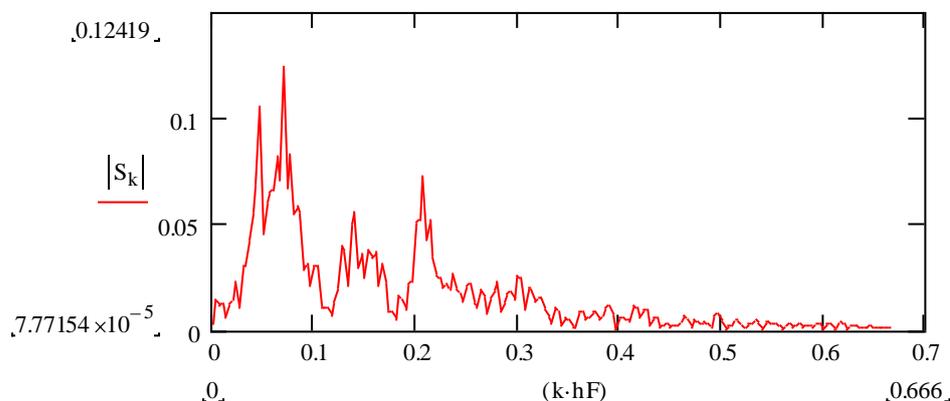


Рисунок 1. Спектр гастроэнтерограммы пациента. Наличие боковых максимумов

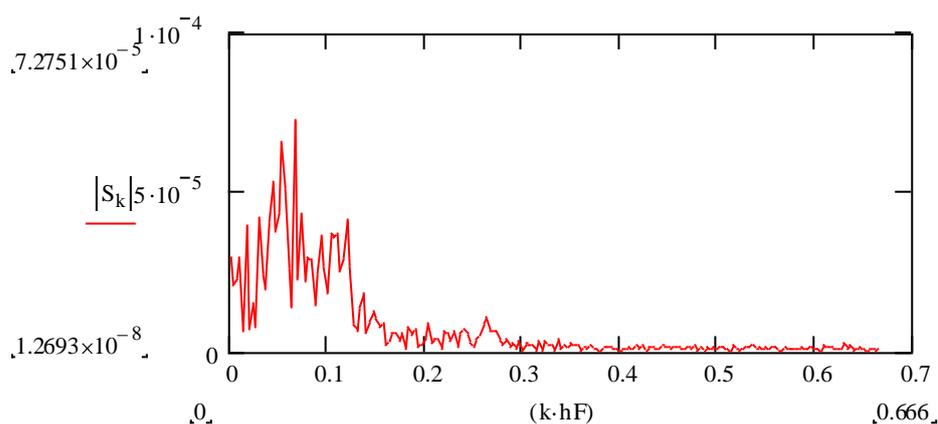


Рисунок 2. Многомодальный спектральный сигнал гастроэнтерограммы пациента

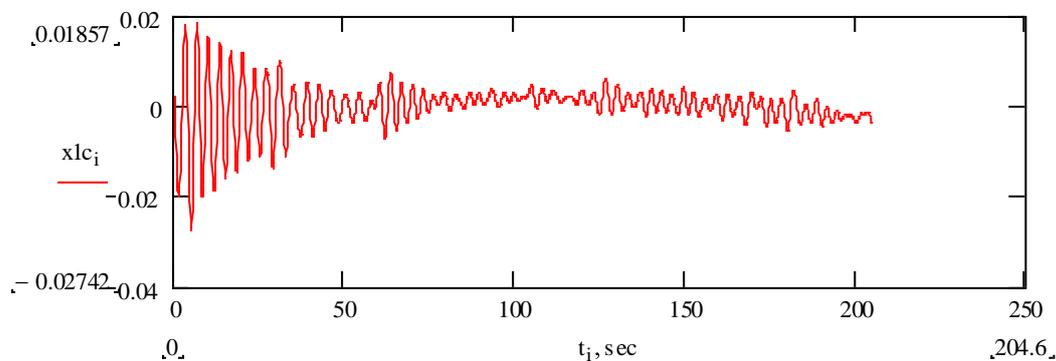


Рисунок 3. Остаточный тренд в амплитудной характеристике гастроэнтерограммы пациент.

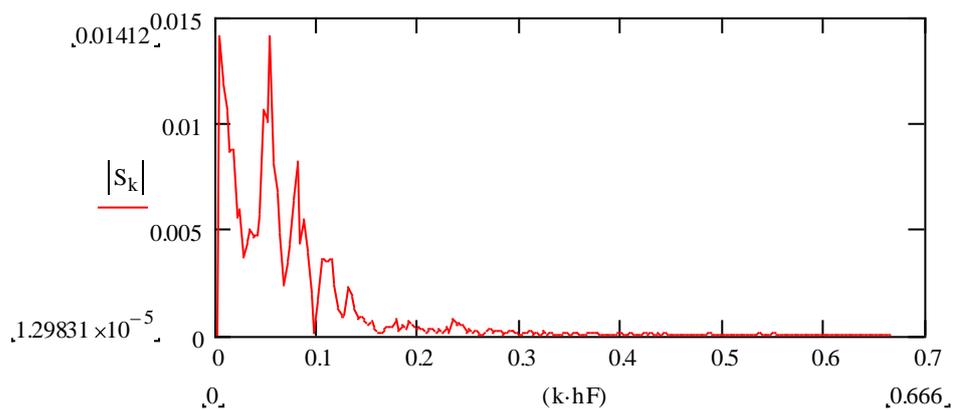


Рисунок 4. Спектральный сигнал гастроэнтерограммы пациента. Отсутствие преобладающих максимумов

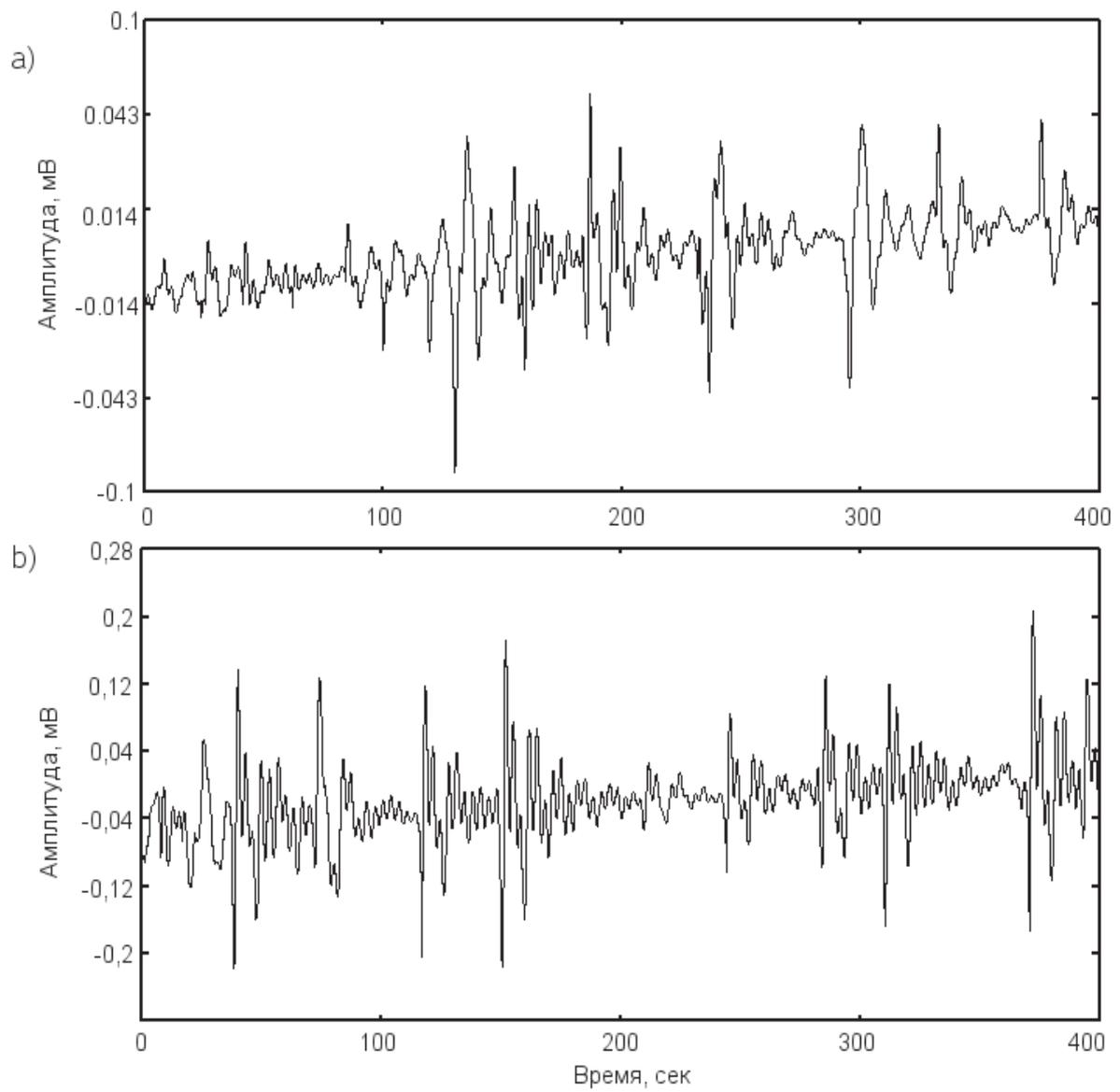


Рисунок 5. Гастрограммы пациентов с острыми заболеваниями ЖКТ

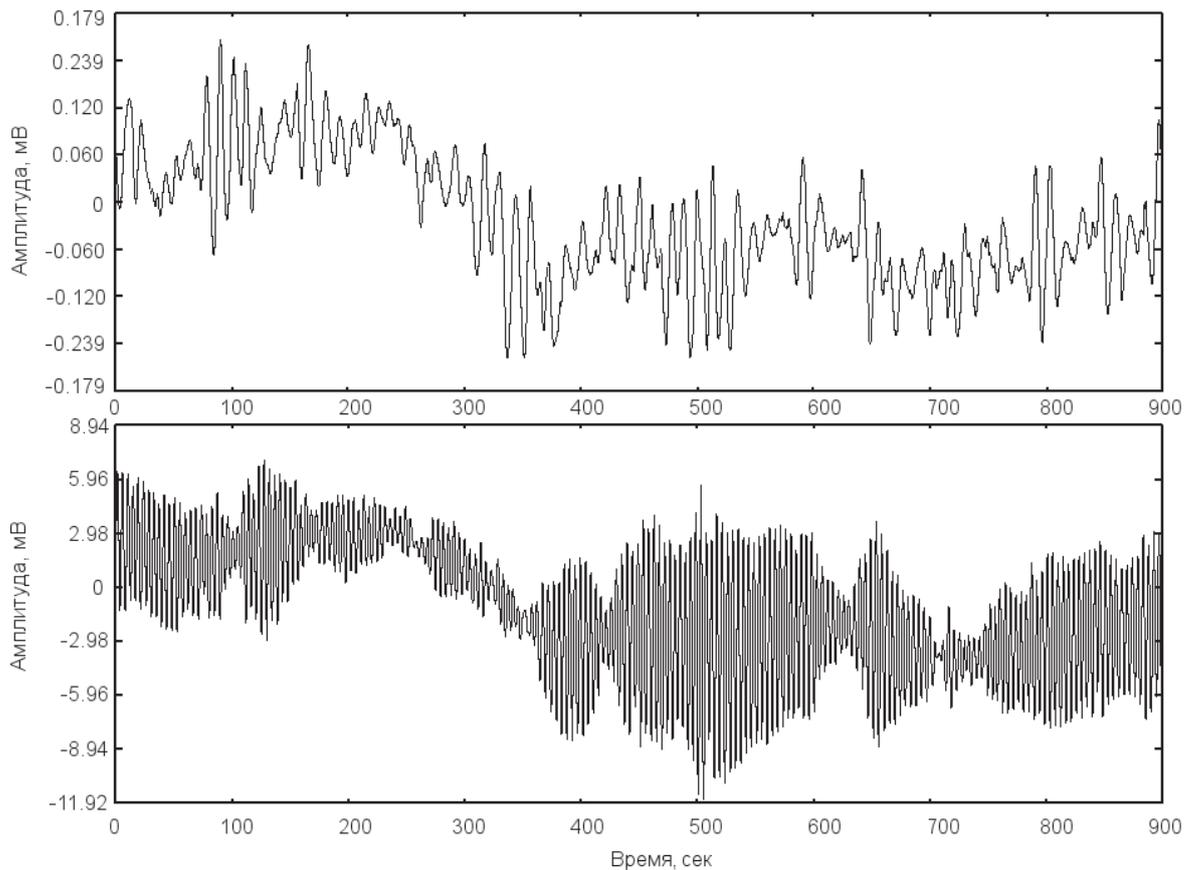


Рисунок 6. Гастрограмма и энтерограмма со сложными трендами

Т.к. у группы здоровых пациентов спектральный сигнал имеет параболическую форму с одним ярко выраженным максимумом, то вышеперечисленные отклонения в гастроэнтерограмме пациента являются признаками патологий.

Большим преимуществом предложенного в данной работе алгоритма анализа гастроэнтерограмм является то, что помимо качественных отклонений в периодограмме, которые врач может пропустить, метод выдает и количественную оценку отклонений, что говорит о высокой диагностической ценности модели.

У здоровых пациентов частота основной гармоники реакции желудка колебалась в пределах 0,046-0,051 Гц, в двенадцатиперстной кишке эта частота равнялась 0,19-0,21 Гц, в тонкой кишке - 0,13-0,16 Гц и в толстой кишке - 0,09-0,11 Гц.

Т.е. отклонения частоты колебаний органов ЖКТ пациента более чем на 10-15% от нормы могут являться серьезным поводом для более тщательного обследования.

При поступлении в больницу больной обследуется, как минимум четыре раза. Первый раз - при поступлении, второй - через сутки, третий – в интервале от трех до пяти суток и последний в период от семи до десяти суток. При этом особое внимание обращается на то, стали ли возрастать максимумы.

Основные результаты и выводы по третьей главе

1. Разработаны быстрые алгоритмы спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов, позволяющие выполнить экспресс анализ гастроэнтерологических сигналов для определения различных патологий.
2. Предложен метод анализа и сглаживания спектрограмм гастроэнтерологических сигналов, для выявления болезней в ранних стадиях.
3. Реализация и экспериментальная проверка разработанной системы и алгоритмов цифровой обработки сигналов показали их широкие функциональные возможности, их реализуемость на различных программных и аппаратных уровнях.

Заключение

Разработаны быстрые алгоритмы спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов, позволяющие выполнить экспресс анализ гастроэнтерологических сигналов для определения различных патологий. Разработана структура мобильной системы диагностики заболевания желудочно-кишечного тракта и программное обеспечение к нему. В результате изложенных исследований, можно установить, что спектральный анализ гастроэнтерограмм дает важную информацию врачам для функциональной диагностики состояния ЖКТ.

Имеющийся набор спектрограмм для первой группы пациентов (группа нормы) говорит о том, что отклонения основных частот колебаний от эталонных для любого из пациентов незначительны, причем резонансная частота на графике проявляется только один раз.

Более сложным является анализ спектрограмм больных с явно выраженной патологией: характерными проявлениями в большинстве случаев являются наличие нескольких резонансных частот (многомодальность характеристики) и значительный разброс в значениях основной частоты (отклонение от эталонной).

Реализация и экспериментальная проверка разработанной системы и алгоритмов цифровой обработки сигналов показали их широкие функциональные возможности, их реализуемость на различных программных и аппаратных уровнях. Т.к. конечным пользователем программ обработки гастроэнтерограмм являются врачи, в основном хирурги, то данная работа помогает им при предварительном обследовании и постановке диагноза, при его уточнении и проведении лечения в послеоперационный период.

В силу своей мобильности описываемый диагностический комплекс в совокупности с представленной работой может использоваться не только в диагностических центрах, но и в аэропортах и перелетных клиниках МЧС.

Список использованной литературы

Нормативно – правовые документы:

1. Указ Президента Республика Узбекистана «О дальнейшем развитии компьютеризации и внедрении информационно-коммуникационных технологий». 30.05.2002г. Собрание законодательства Республика Узбекистан. 2012г. N УП-3080.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий» Собрание законодательства Республика Узбекистан. 2012г. N13 , ст.139.
3. Каримов И.А. Миравой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в словиях Узбекистана. -Т.: Узбекистан , 2009. -31с.

Учебники и учебные пособия

4. Бацков С.С. Ультразвуковой метод исследования в гастроэнтерологии. – С-Пб: ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 1995.
5. Новиков А.К. Полиспектральный анализ. – СПб.: ЦНИИ Крылова, 2000, -162 с.
6. Осипов Л.А. Обработка сигналов на цифровых процессорах. Линейно – аппроксимационный метод. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001,-132с.
7. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. - М.: Мир, 1978. - 848 с.
8. Свиньин С.Ф. Гулямов С.С. Докучаев А.А. Исмагуллаев П.Р. «Малые вычислительные машины систем АСВТ-М и СМ ЭВМ и их применение для автоматизации научных исследований ». Издательство «Фан» Узбекской ССР, 1985.
9. Скотт Мейерс. Эффективное использование С++ (50 рекомендаций по улучшению программ и проектов). М., 2000, -455с.

10. Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2001, -276 с.

Илмий журналлардаги мақолалар:

11. Агевич С.Н. Сплайн-Виленкина-Крестенсона функции в представлении сигналов. / Научное приборостроение. 2002, Т. 12, № 1, С.79-89.

12. Абдуллаева М.В. Республиканская научно-техническая конференция. Проблемы информационных технологий и телекоммуникации «Применение методов спектрального анализа в гастроэнтерологии» Ташкент, 14-15 марта 2013 г.; сборник докладов.

13. Бохан К.А., Королева Н.А. Оценка параметров эффективности двумерных преобразований Хаара // Электронное моделирование. 2003. №5. С.45 -56.

14. Свиньин С.Ф. Компьютерные технологии для задач функциональной диагностики в гастроэнтерологии [Текст] / С.Ф. Свиньин С.Ф, С.Х. Каримов, Е.А. Латухина // Труды XV международной научной конференции “Высокие технологии в биологии, медицине и геоэкологии”. -Абрау-Дюрсо, 2007.-С. 86-89.

15. Заварзин П.И. Эндоскопия желудочно-кишечного тракта. Омский диагностический центр. – Омск, 1998.

16. Зайнидинов Х.Н., Жуманиёзов З.С. Программы моделирования процессов быстрых преобразований в локальных базисах. В сб. научн. трудов «Вопросы кибернетики», № 169, Ташкент, 2004, С. 44-49.

17. Зайнидинов Х.Н., Бекчанова Ш.Б. /Алгоритмы и структуры на основе быстрых преобразований Хаара. // Техника юлдузлари, Ташкент. – 2002, №4, -С15-21.

18. Зайнидинов Х.Н. Султанов Х.Б., Абдуллаева М.В., /Свидетельство № DGU02435 Агенство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Программное обеспечение система автоматизированной обработки гастроэнтерологических сигналов. // Ташкент. 02.03.2012г.

19. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применения в управлении, связи и других областях. - М.: Наука, 1989. - 496 с.
20. Касымов С.С., Зайнидинов Х.Н. / Кусочно-базисные методы на основе функций Хармута. // ДАН РУЗ. 2002. № 3, -С. 9-12.
21. Касымов С.С., Зайнидинов Х.Н., Рахимов Б.С. Аппаратно-ориентированный алгоритм вычисления коэффициентов в кусочно-квадратических базисах. // ДАН РУЗ. 2003. № 3, -С. 9-12.
22. Охтилев М.Ю. О построении программ обработки и анализа измерительной информации в реальном времени // Программирование. – 2001. - № 6. – С.57-66.
23. Решение о выдаче патента на полезную модель « Селективный гастроэнтерограф» по заявке 2005138806/22 (043305) от 14.12.2005 / Авторы Свиньин С.Ф., Каримов С.Х., Мирошниченко А.Г., Кацадзе М.А., Яковенко В.Н.
24. Русский Медицинский Журнал, Том 9 № 5, 2001, стр. 197
25. Свиньин С.Ф., Комякова К.В., Никитенко А.Б. «Высокие технологии в задачах диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта». Тезисы докладов 2-й международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (стр. 239-240). Санкт-Петербург, 7-9 февраля 2006.
26. Смирнов В.И., Яковенко В.Н., Ульянов А.А. «Новый метод диагностики и лечения гладкомышечной недостаточности органов желудочно-кишечного тракта у хирургических больных». Международный медицинский журнал № 8 (стр. 691-695), 1998.
27. Современные вопросы электрогастрографии /Под ред. М.А.Собакина. Материалы 1-й всесоюзной конференции по электрогастрографии. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1975.
28. Цифровая обработка сигналов. Спец. вып. Под ред. А.А.Ланнэ // Изв. вузов. –Радиоэлектроника. – 1989. - №2.

29. Свидетельство DGU 00636 Патентного Ведомства Республики Узбекистан . Программа обработки данных на цифровых процессорах сигналов TMS 320 кусочно-полиномиальными методами. / Зайнидинов Х.Н., Касымов С.С., Рахимов Б.С. // Оpubл. в Б.И. 2003. – №3.
30. Свидетельство DGU 00750 Патентного Ведомства Республики Узбекистан. Программная система моделирования процессов обработки сигналов кусочно-полиномиальными методами./ Зайнидинов Х.Н., Касымов С.С., Рахимов Б.С. // Оpubл. в Б.И. 2004.– №2.
31. Яковенко В.Н., Яковенко С.В., Селективный электроэнтерогастрограф Патент РФ № 2023419. Бюлл. «Открытия, изобретения» № 22, 1994
32. Яковенко В.Н., Яковенко С.В., Смирнова В.И. Шульгина Н.М.// Универсальный энтерогастрограф. Патент РФ № 2088150. Бюлл. «Открытия изобретения» №24, 1997.
33. Яковенко В.Н., Яковенко С.В., Электрический стимулятор. Патент РФ № 2062126 от 20.06. 1996. Бюлл: «Открытия, изобретения» № 17, 1996.
34. Фрактальная динамика электрической активности мозга [Текст] / Е.Л. Вассерман, Н.К. Карташев, Р.И. Полонников.-СПб.: Наука, 2004.- 208 с.
35. Alvarez W.C. The electrogastragram and what it shows [Текст] / W.C. Alvarez // JAMA.-, 1922 78(15):1116-18.-С.
36. Собакин, М.А. Экспериментальная методика электрографического исследования моторной деятельности желудка при пищеварении [Текст] / М.А. Собакин // Бюлл. экспер. биол. и мед.-, 1953 Т. 36 №3.-С. 76-79.
37. Свиньин, С.Ф. Программно-инструментальный комплекс для функциональной диагностики в хирургической гастроэнтерологии [Текст] / С.Ф. Свиньин, К.В. Комякова, С.Х. Каримов, М.А. Кацадзе, А.Г. Мирошниченко, А.Б. Никитенко // “Известия ВУЗов – Приборостроение”.-СПб.: ГОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики”, 2006. Т. 49, №11.-С. 74-77.
38. Физические поля желудка [Текст] / М.А. Собакин.-Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1978.-109 с.

39. Ступин, В.А. Периферическая электрогастроэнтерография в клинической практике [Текст] / В.А. Ступин, Г.О. Смирнова, М.В. Баглаенко, С.В. Силуянов, Д.Б. Закиров // Лечащий Врач.-М.: Открытые системы, 2005.-№2. -С. 60-2.
40. Жерлов, Г.К. Современные тенденции диагностики и лечения гастродуоденальных язв [Текст] / Г.К. Жерлов // Бюллетень сибирской медицины.-Томск.: Сибирский государственный медицинский университет, 2003 №4.-С. 5-14.
41. Язвенная болезнь [Текст] / И.А. Оганезова.-Архангельск: СГМУ, 2004.-186 с.
42. Красовский С.В., Белобородова Э.И. Устройство для исследования моторной функции органов желудочно-кишечного тракта. Патент РФ №2154410, 2000
43. Комякова К.В. Высокие технологии в задачах диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта [Текст] / К.В. Комякова, А.Б. Никитенко, С.Ф. Свиньин // Тезисы докладов 2-й международной научно-практической конференции “Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности”. -СПб., 2006 Т.4. -С. 239-40.
44. Комякова К.В. Электрогастроэнтерография и ее информационное обеспечение в диагностике функционального состояния ЖКТ [Текст] / К.В. Комякова, С.Х. Каримов, С.Ф. Свиньин и др. // Материалы X Санкт-Петербургской международной юбилейной конференции “Региональная информатика-2006”.-СПб., 2006.-С. 237-238.
45. Попов, А.И. Информационно-измерительная система, алгоритмическое и программное обеспечение функциональной диагностики в гастроэнтерологии. [Текст] / Е.А. Латухина и др. // Материалы XI Санкт-Петербургской международной конференции “ Региональная информатика-2008 (РИ-2008)”.-СПб.: СПОИСУ, 2008.-С. 314.
46. Свиньин С.Ф. Применение Фурье- и вейвлет-преобразований в анализе характеристик электрогастроэнтерограмм для функциональной диагностики органов ЖКТ [Текст] / С.Ф. Свиньин, Е.А. Латухина, К.В. Комякова // Тезисы докладов конференции Президиума РАН “Фундаментальные науки-медицине”.-М., 2006.-С. 65-66.

Интернет сайтлари:

47. Рентгенологическое исследование желудка [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. и граф. дан.-[Б. м : б. и.].-Режим доступа: <http://www.gabr.org/mps/gastrit10.htm> (по состоянию на 5.10.2012).

48. Функциональная диагностика заболеваний желудка [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. и граф. дан.-[Б. м : б. и.].-Режим доступа: <http://www.gabr.org/mps/gastrit7.htm>(по состоянию на 5.10.2012).
49. Функциональные методы исследования органов пищеварения [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. и граф. дан.-[Б. м : б. и.].-Режим доступа: <http://www.altmedical.ru/f/jreserch.htm> (по состоянию на 5.10.2012).
50. Внутривентрикулярная рН-метрия электрогастроэнтерография и ЭКГ-Фрязино, Исток-Система [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. и граф. дан.-[Б. м : б. и.].-Режим доступа: <http://www.gastroscan.ru> (по состоянию на 18.10.2009).
51. Urodynamics, Urodynamic Catheters, Uroflowmetry, Rhinomanometry, Urodynamic System, Urodynamic Equipment [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. и граф. дан.-[Б. м : б. и.].-Режим доступа: <http://www.menfis.it> (по состоянию на 18.10.2009).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Свидетельство № DGU 02435 Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI INTELLEKTUAL MULK AGENTLIGI
АГЕНТСТВО ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI UCHUN YARATILGAN DASTURNING
RASMIY RO'YXATDAN O'TKAZILGANLIGI TO'G'RISIDAGI GUVOHNOMA
СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ОФИЦИАЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ
ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

№ DGU 02435

Ushbu guvohnoma O'zbekiston Respublikasining "Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturlar va ma'lumotlar bazalarining huquqiy himoyasi to'g'risida"gi Qonuniga asosan quyidagi EHM uchun dasturga berildi:

Настоящее свидетельство выдано на основании Закона Республики Узбекистан «О правовой охране программ для электронно-вычислительных машин и баз данных» на следующую программу для ЭВМ:

**Гастроэнтерологик сигналларга ишлов берувчи автоматлаштирилган тизимнинг
дастурий таъминоти
Программное обеспечение системы автоматизированной обработки
гастроэнтерологических сигналов**

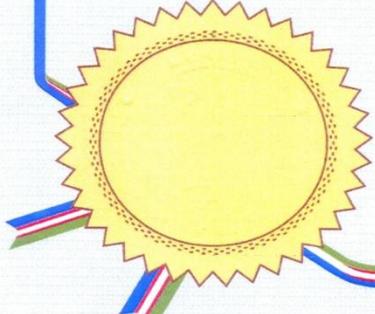
Talabnoma kelib tushgan sana: **13.02.2012** Talabnoma raqami: **DGU 2012 0021**
Дата поступления заявки: Номер заявки:

Huquq egasi(egalari): **Султанов Хуршид Баходирович, UZ**
Правообладатель(и):

Dastur muallif(lar)i: **Зайнидинов Хакимжан Насиридинович, Султанов Хуршид Баходирович,
Автор(ы): программы Абдуллаева Малика Вахабовна, UZ**

O'zbekiston Respublikasi elektron hisoblash mashinalari uchun dasturlar davlat reestrída 02.03.2012 yilda Toshkent shahrida ro'yxatdan o'tkazilgan.

Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте. 02.03.2012 г.



**Bosh direktorning
birinchi o'rinbosari
Первый заместитель
генерального директора**



З. Гиясов