

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «АСТРА» ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И РАСШИФРОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

С целью повышения надежности обнаружения дефектов рельсового пути разработчики идут по пути комплексирования применяемых методов и средств неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД), усложнения схем прозвучивания и увеличения числа каналов ультразвукового (УЗ) и магнитного контроля [1, 2]. Кроме того, необходимость одновременного контроля двух ниток рельсового пути приводит к удвоению числа каналов системы НК и ТД. Такая избыточность увеличивает надежность обнаружения, так как дефект может быть выявлен сразу несколькими каналами. Но при этом значительно возрастает информационная нагрузка на оператора, так как увеличивается время поиска нужных данных, их опознавание, интерпретация, вследствие чего появляются ошибки при принятии решения, которые приводят к пропуску опасных дефектов.

Многими фирмами-производителями ведутся работы по созданию автоматической (автоматизированной) системы расшифровки дефектограмм [3-5]. Это объясняется большим количеством преимуществ этих систем по сравнению с расшифровкой дефектограмм человеком. Во-первых, такие системы исключают человеческий фактор и действуют однообразно. Во-вторых, они могут обеспечивать стабильно высокое качество распознавания дефектов и конструктивных элементов. В-третьих, использование автоматических систем в ряде задач может обеспечить невозможное для человека быстрое действие. Автоматический контроль позволяет вести мониторинг объектов, идентификацию помех и применение соответствующих алгоритмов шумоподавления, повысить качество передачи информации.

ЗАО «Фирма ТВЕМА» разработан и внедрен на ряде предприятий России и ближнего зарубежья аппаратно-программный комплекс «АСТРА» [6]. Целью работы являлось создание аппаратно-программного комплекса, позволяющего осуществлять автоматизированную расшифровку дефектограмм, поиск дефектов в рельсах, а также расчет показателей, характеризующих состояние объекта контроля, проводить мониторинг технологии НК, паспортизацию рельсов и элементов стрелочных переводов в условиях эксплуатации с высокой надежностью, эффективностью и производительностью.

Указанная цель достигается разработкой уникальной архитектуры аппаратно-программного комплекса автоматизированной расшифровки и анализа измерительной информации средств НК и ТД рельсов и элементов стрелочных переводов, а также использованием эффективных алгоритмов распознавания сигналов: как классических [7-11], так и собственной разработки.

Структура АПК «АСТРА»

Аппаратно-программный комплекс (рис. 1) содержит блок хранения данных, блок продолжительного хранения данных, блок памяти программ, блок параллельного вывода данных с разъемом для подключения принтера, блок сигнализации, блок последовательного порта, блок сопряжения с разъемом для подключения средств НК и ТД, соединенный с программным блоком обработки и анализа измерительных данных, блок модема, соединенные с общей шиной, блок часов реального времени, блок контроллера клавиатуры и блок отображения информации, выполненный на жидкокристаллическом индикаторе, соединенные с шиной управления, блок процессора, соединенный с общей шиной и шиной управления, интерфейсный блок, соединенный с блоком процессора, блок питания, электрически соединенный с каждым из вышеперечисленных блоков, элемент питания, соединенный с блоком управления питанием, аналоговый и дискретный вход, дискретный выход, связанные с блоком процессора, блок управления питанием, соединенный с блоком процессора, блоком часов реального времени и блоком продолжительного хранения данных, блок ввода информации, соединенный с блоком контроллера клавиатуры, блок последовательного порта, блок сопряжения с разъемом для подключения средств НК и ТД, соединенный с программным блоком визуализации, обработки и анализа измерительных данных. Последний содержит также подсистему визуализации параметров технологических процессов, подсистему с базой измерительных и паспортных данных объектов эксплуатационной инфраструктуры, подсистему анализа данных средств НК и ТД, включающую математическое ядро оперативного и интегрального

уровня с централизованной архитектурой принятия решений, подсистему формирования отчетов, а также подсистему криптографической защиты.

Указанные выше подсистемы, блоки и связиформируют рациональную структуру комплекса. Ввод в комплекс подсистемы анализа измерительных данных различной природы (ультразвуковых, магнитных, оптических), а также данных базы паспортных данных объектов контроля существенно повышает вероятность корректного распознавания дефектов и конструктивных элементов, позволяет формировать комплексную надежную оценку состояния рельсов и элементов стрелочных переводов. Применение электронного USB-ключа позволяет использовать современные тенденции в области защиты программного обеспечения, основная из которых — технология загружаемого кода. Исполняемый код хранится в защищенной среде - электронном ключе.

Данные, поступающие от средств НК и ТД через блок сопряжения, обрабатываются блоком обработки измерительных данных и приводятся к виду стандартных значений параметров. Далее параметры через блок последовательного порта поступают в блок процессора, преобразуются в специализированную форму и через общую шину записываются в блок продолжительного хранения данных. Данные поступают через блок памяти программ в программный блок «АСТРА», отображаются блоком отображения информации на жидкокристаллическом индикаторе и, при необходимости, выводятся на принтер подсистемой отчетов через блок параллельного вывода данных.

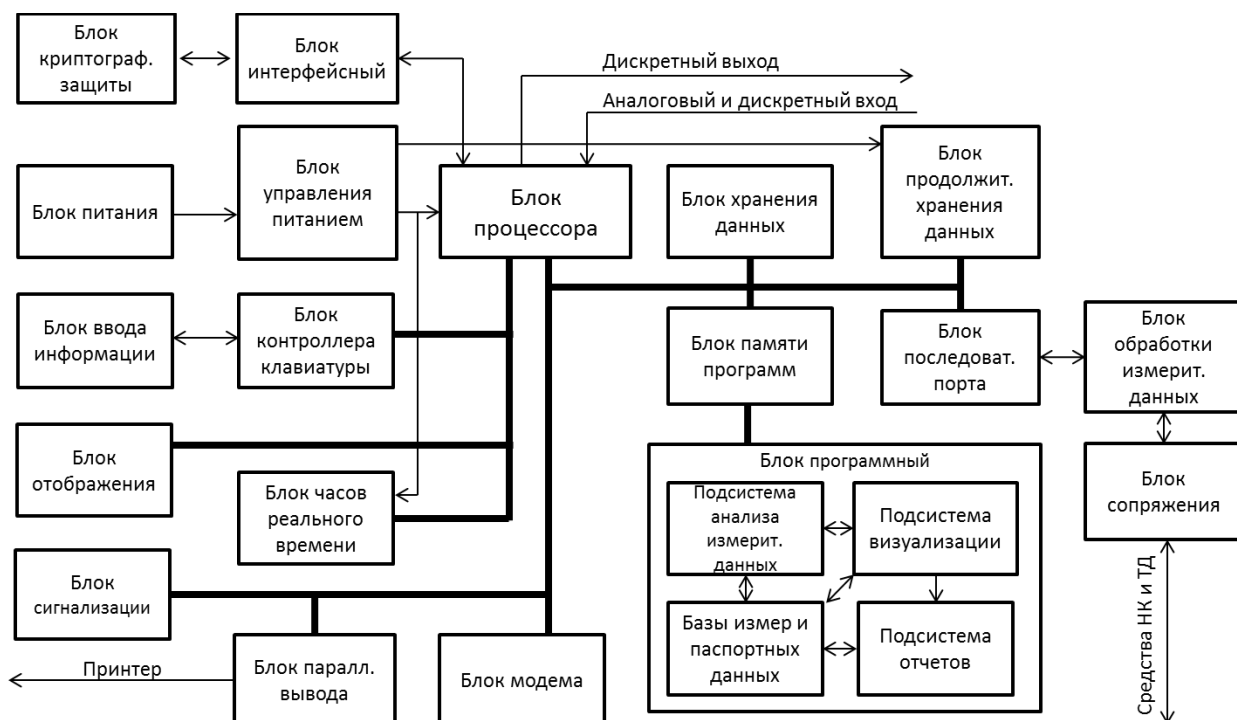


Рис.1. Структурная схема АПК «АСТРА»

Архитектура блока анализа АПК «АСТРА»

В программном блоке «АСТРА» обработка измерительных данных разделена на несколько этапов: предварительную обработку для борьбы с помехами, сегментацию, нормализацию выделенных объектов, распознавание (рис.2). Начинается анализ с установки параметров (1) для каждого потока данных. Установка параметров выполняется один раз перед началом обработки проезда средства НК и ТД. Считав очередной блок данных, подсистема визуализации заносит (2) отдельно данные ультразвукового контроля в SetUzData, данные магнитного контроля SetMagData, данные триангуляционных датчиков SetOptData, данные линейных видеокамер SetLvidData, данные акселерометров SetAksData, данные паспорта объектов пути SetPas. После установки данных

запускается (3) процедура Make, в которой выполняется анализ и классификация данных контроля. Далее выполняется совместная обработка. По запросу (4) GetData формируются выходные данные результатов распознавания и передаются в подсистему визуализации.

В подсистеме визуализации результаты анализа выводятся в панели соответствующих задач, для просмотра и принятия решения о степени опасности экспертом. Выделенные экспертом отметки, автоматически привязываются по координатам и заносятся в отчеты (в ведомость контроля, сводную ведомость контроля, форму качественной оценки состояния рельсового хозяйства (ПУ-32д), ведомости дополнительных параметров, графическую диаграмму с результатами расшифровки (дефектоленту).

По всем выделенным экспертом отметкам, формируется пакет протоколов, предназначенный для отправки через модем в автоматизированную систему мониторинга состояния объектов эксплуатационной инфраструктуры.

Необходимые данные могут вручную вводиться с блока ввода информации в устройство. Скан-код каждой нажатой клавиши в последовательном виде поступает на вход блока контроллера клавиатуры. Блок контроллера клавиатуры выполняет функцию преобразования скан-кодов данных из последовательного вида в параллельный вид и выдает скан-коды данных в шину управления, которые поступают в блок процессора, преобразуются и через общую шину записываются в блок хранения данных. Параллельно блок процессора преобразует коды в специальные коды, используемые блоком отображения информации. Специальные коды по шине управления поступают

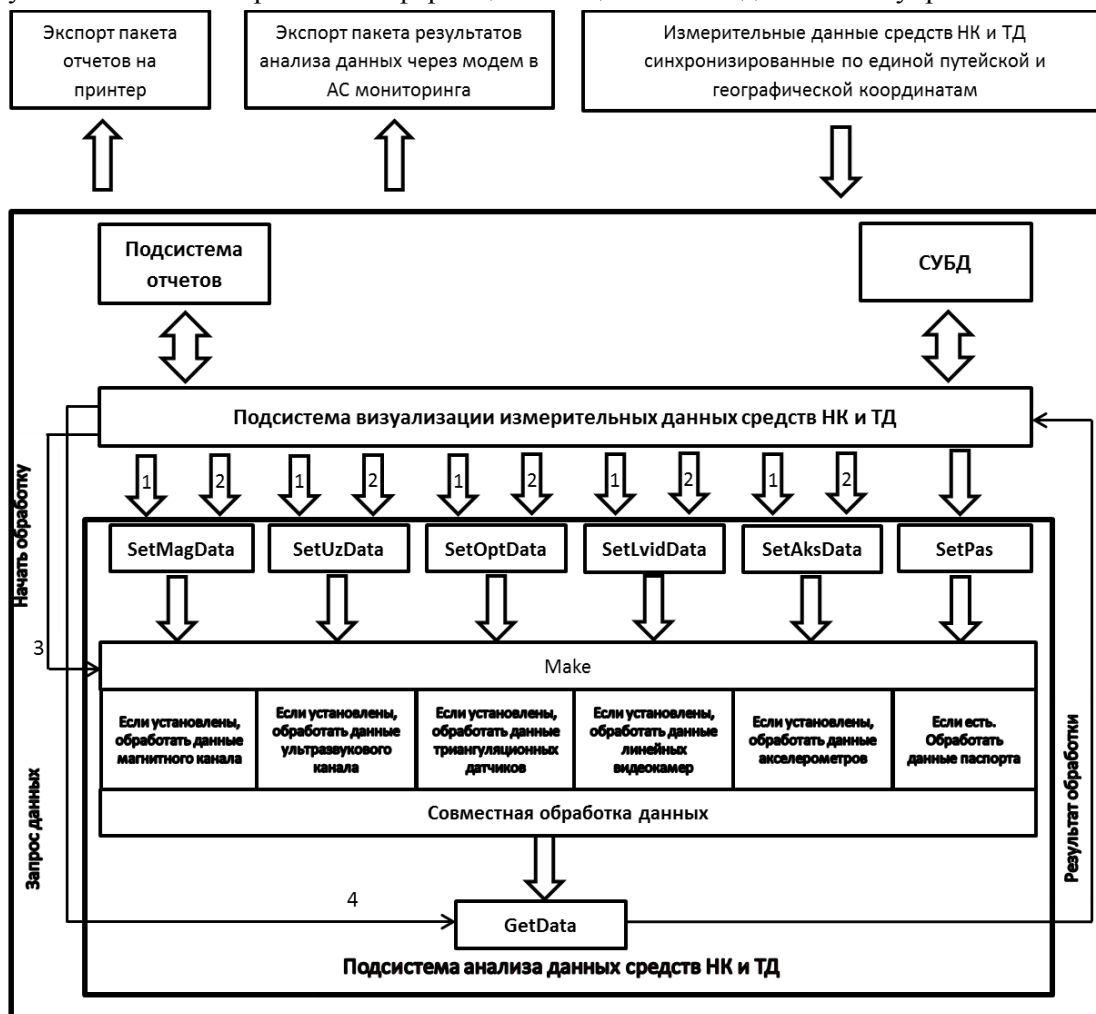


Рис.2. Блок-схема подсистемы анализа данных

в блок отображения информации, и данные выводятся на жидкокристаллический индикатор в символьном виде.

Устройство позволяет выполнять функцию длительного хранения данных. Необходимые для длительного хранения данные переносятся из блока хранения в блок продолжительного хранения данных, где они сохраняются после выключения питания и могут быть использованы при последующей работе с АПК.

Прием информации (базы паспортных данных, базы результатов мониторинга) по радиоканалу или по проводным линиям связи осуществляется без прекращения выполнения других операций. Информация о результатах анализа данных средств НК и ТД, хранящаяся в блоке продолжительного хранения данных, может быть передана по радиоканалу или через другие средства передачи данных (СПД) в автоматизированную систему мониторинга. Для этого блок процессора выполняет преобразование данных, хранящихся в блоке продолжительного хранения, и через общую шину передает их на вход модулятора блока модема, где они преобразуются в частотный сигнал и передаются.

Аналоговый или дискретный сигнал поступает через аналоговый вход в блок процессора, преобразуется (если сигнал аналоговый) аналого-цифровым преобразователем блока центрального процессора в цифровой код, обрабатывается и записывается в блок продолжительного хранения данных. Полученная через аналоговый или дискретный вход информация может отображаться в подсистеме визуализации и выводиться блоком отображения информации на жидкокристаллическом индикаторе. Сигналы управления от блока процессора могут поступать на внешние устройства через дискретный выход.

Блок часов реального времени используется для привязки функций, которые выполняет устройство, к текущему времени. Он позволяет создавать электронный журнал ведения работы, автоматически фиксируя дату и время выполнения операций с данными.

Для соединения с блоком криптографической защиты используется интерфейсный блок.

Блок сигнализации подтверждает звуковым сигналом окончание выполняемых АПК операций.

Блок памяти программ необходим для хранения данных и кодов управляющей программы АПК.

Блок питания работает от источника питания напряжением 220 В 50 Гц или автономного источника питания.

Блок продолжительного хранения данных и блок часов реального времени дополнительно используют элемент питания напряжением +3 В, который включается блоком управления питанием при выключении прибора или при снижении основного напряжения.

В настоящее время комплекс «АСТРА» поддерживает все форматы файлов мобильных и съемных дефектоскопов ЗАО «Фирма ТВЕМА»: Эхо-комплекс, Эхо-комплекс-2, Спрут, а также форматы дефектоскопов других производителей: РДМ-22, РДМ-12, РДМ-23, АДС-02, Синтез. Имеется возможность обработки форматов различных средств дефектоскопии посредством встроенных конвертеров.

АПК «АСТРА» поддерживает два режима работы: онлайн и офлайн.

В режиме онлайн происходит получение и запись данных от дефектоскопа в формат АПК «АСТРА» с одновременной расшифровкой. Использование функции «маршрут» позволяет автоматически адаптировать схему прозвучивания к маршруту движения (это критично при смене направления и пути без прерывания файла проезда). В этом режиме информация об обнаруженных дефектах и конструктивных элементах пути поступает оперативно во время проезда, отпадает необходимость проведения повторной расшифровки после проезда.

В режиме офлайн происходит считывание и анализ уже записанных данных средств НК и ТД.

АПК «АСТРА» регистрирует и расшифровывает измерительную информацию в режиме онлайн и офлайн на мобильных средствах НК и ТД, а также в режиме офлайн в центрах расшифровки дефектограмм.

Разработанное для АПК «АСТРА» алгоритмическое обеспечение комплексного анализа сигналов УЗ и магнитного контроля позволяет обнаруживать отдельные конструктивные элементы рельса (торцы, болтовые отверстия, накладки, подкладки), формировать образ болтового стыка с указанием координаты, количества и местоположения болтовых отверстий в отдающем и

принимаящем рельсах, проводить идентификацию одиночных болтовых отверстий, определять координаты торцов рельса, начала и конца накладки, координаты подкладок, размер стыкового зазора.

Описание индекса качества проезда

Для оценки измерительной информации, поступающей со средств НК и ТД (проводится входной контроль), формируется индекс состояния записанных данных (индекс качества). В нем учтено качество выполненного контроля и пригодность записанных данных для автоматизированной расшифровки.

При расчете индекса качества учитываются:

- наличие мест с пропаданием донного сигнала (в каналах 0° или 45° ; при наличии в схеме прозвучивания обоих преобразователей учету подлежат сигналы в канале 0°);
- зашумленность записи помехами;
- наличие эхо-сигналов от конструктивных отражателей.

Для расчета используются следующие коэффициенты:

$$\text{Наличие донного сигнала } C_f = \frac{L_l}{L}, \quad (1)$$

где L_l - общая длина пропадания донного; L - общая длина участка; $C_f \in [0, 1]$, $C_f \rightarrow 0$ при отсутствии пропадания донного.

$$\text{Заполнение канала помехами: } C_{hn} = \frac{H_n}{H_{ch}}, \quad (2)$$

где H_n - суммарная высота помеховых дорожек в канале, мкс.; H_{ch} - высота канала, мкс.; $C_{hn} \in [0, 1]$, $C_{hn} \rightarrow 0$ при отсутствии помеховых дорожек.

Наличие сигналов от конструктивных отражателей C_{ce} .

$$\text{Канал контроля шейки и подошвы рельса: } C_{ce} = 1 - \frac{N_B^{ch}}{N_B^\Sigma}, \quad (3)$$

где N_B^{ch} - количество сигналов от болтовых отверстий в канале ch ; N_B^Σ - общее количество болтовых отверстий в обработанном участке записи.

$$\text{Канал контроля головки рельса: } C_{ce} = 1 - \frac{N_T^{ch}}{N_T^\Sigma}, \quad (4)$$

где N_T^{ch} - количество сигналов от торцов рельса канала ch ; N_T^Σ - общее количество стыков в обработанном участке записи.

$$\text{Наличие акустического контакта } C_{ac} = \frac{L_l}{L}, \quad (5)$$

где L_l - общая длина пропадания акустического контакта; L - общая длина участка; $C_{ac} \in [0, 1]$.

Наличие акустического контакта определяется только для устройств, у которых реализована данная возможность. Если возможность определения акустического контакта отсутствует, $C_{ac} = 0$.

Все коэффициенты $\{C\}$ принимают значения в диапазоне $[0, 1]$. Наименьшее значение является наилучшим.

Индекс отображается в виде графика с двумя пороговыми линиями - 0,3 и 0,5. Превышение значения индекса пороговой линии 0,5 выносится в характеристики выявленных отступлений в виде надписи «Нет НК».

Каждый коэффициент, кроме коэффициента акустического контакта C_{ac} , имеет весовой множитель w , показывающий степень «важности» данного коэффициента в расчетах. Весовой множитель представляет собой положительное действительное число. Чем больше значение, тем больше вклад соответствующего коэффициента в интегральный индекс качества канала. Если значение равно нулю, соответствующий коэффициент не влияет на значение интегрального индекса. Расчет качества работы по одному каналу выполняется на основании формулы (6).

$$Q_{ch} = 1 - (1 - C_{ac}) \frac{(1 - C_f)w_f + (1 - C_{hn})w_{hn} + (1 - C_{ce})w_{ce}}{w_f + w_{hn} + w_{ce}} \quad (6)$$

где C_f , C_{hn} , C_{ce} , C_{ac} - значения коэффициентов, рассчитанных по формулам 1-5; w_f , w_{hn} , w_{ce} , - весовые множители.

Для определения качества записи сигналов по одной рельсовой нити используется формула:

$$Q_r = 1 - \frac{\sum_{i=1}^K w^{(i)}}{\sqrt{\prod_{i=1}^K ((1 - Q_{ch}(i))^{w^{(i)}})}} \quad (7)$$

где $Q_{ch}(i)$ - значение бальной оценки для i -го канала, рассчитанное по формуле (6); $w^{(i)}$ - коэффициент, учитывающий влияние каждого канала на качество записи; K - количество каналов.

Весовые коэффициенты $w(i) \in R$ и принимают любое значение > 0 . Значения $w(i) > 1$ позволяют увеличить вклад канала в общую оценку, $0 < w(i) < 1$ уменьшает вклад.

Для определения интегрального индекса качества (ИИК) записи используется формула (8):

$$Q_T = 1 - \sqrt{(1 - Q_r^l)(1 - Q_r^r)} \quad (8)$$

где Q_r^l, Q_r^r , - индексы качества записи, рассчитанные по формуле (7) для левой и правой нити пути.

Распознавание дефекта проводится с учетом его расположения в зоне или вне зоны болтового стыка. Классификация дефекта выполняется с учетом варианта метода УЗ и магнитного контроля, которым он был выявлен, и средней глубины расположения. С учетом того, что по данным УЗ контроля не удастся определить причину возникновения дефекта, классификация выполняется только по группе (в соответствии с НТД/ЦП-1-93).

Все алгоритмы имеют настраиваемые параметры, что позволяет адаптировать их не только к различным схемам прозвучивания, но и к различным дефектоскопическим комплексам (учитывается изменение количества каналов контроля, шаг квантования сигналов по амплитуде и времени, различные зоны контроля и т.д.). Кроме того, имеются отдельные настройки для разных типов рельсов. Анализ начинается с определения по донному сигналу типа рельса и установки соответствующих параметров.

Применяемый общий алгоритм автоматического анализа данных УЗ и магнитного контроля построен таким образом, что позволяет проводить обработку одновременно по нескольким каналам. Это позволяет в полном объеме задействовать вычислительную мощность современных ПК, путем распараллеливания обработки данных по нескольким каналам.

Работа с панелью дефектов заключается в просмотре и оценке всех отметок, найденных программой, и присвоения этим отметкам статуса. Для этого необходимо обратить внимание на выделенный программой фон и место предполагаемого дефекта, выделенное рамкой. Оценить измеренное программой временное положение эхо-сигнала, коэффициент выявляемости дефекта K_d , глубину залегания и протяженность отражателя, сравнить размеры пачек сигналов последнего и предыдущего проездов съемных и мобильных средств НК. Для этого предыдущие проезды необходимо открыть в режиме синхронизации.

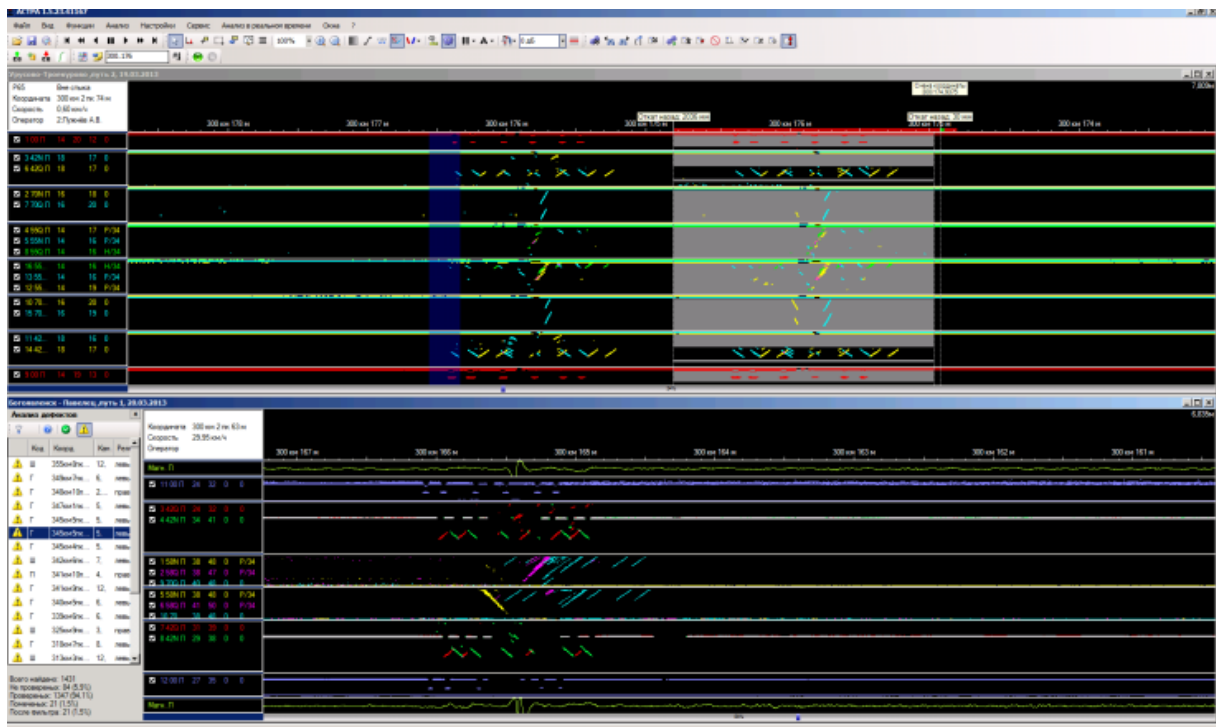


Рис. 3 Совмещенный анализ дефектограмм съемных и мобильных средств НК

Если размер пачки последнего проезда больше, чем размер пачки предыдущего, это свидетельствует о возможном росте дефекта.

Отметки со статусом дефекта автоматически привязываются к ж.д. пути и экспортируются в систему отчетов для создания отчетных форм.

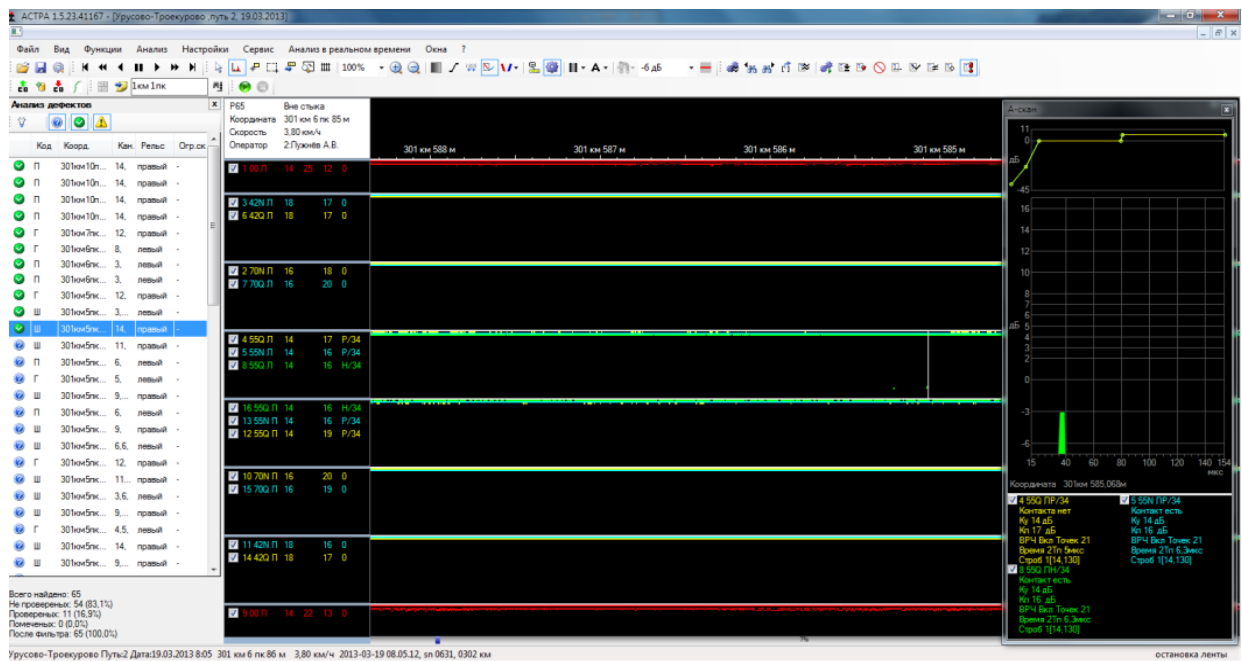


Рис.4 Анализ дефектограмм РДМ-22

Предварительная обработка сигналов УЗ контроля рельсов

Общий алгоритм предварительного анализа блока данных по одному каналу можно представить в виде блок-схемы (рисунок 5).



Рис. 5. Блок-схема алгоритма предварительного анализа данных

В системе используется многоступенчатые алгоритмы фильтрации. При этом можно выделить два этапа работы:

1. Подавление сплошной помехи постоянного уровня.
2. Подавление случайной помехи малой длительности.

Обработка происходит по всей зоне регистрации сигнала, однако, для некоторых каналов введены ограничения, например, исключена зона болтовых отверстий.

Подавление сплошной помехи постоянного уровня.

Обработка происходит по областям (скользящее окно). Высота окна постоянна и охватывает всю зону регистрации определенного канала. Ширина окна (количество циклов излучения-приема) является переменной. Для ширины заданы минимальное и максимальное значения, определение фактического значения происходит с помощью поиска от минимального значения до первого пропадания всех эхосигналов. При этом из обработки исключаются пустые области (амплитуды всех сигналов равны 0).

Этап 1.1 Расчет функции интенсивности сигналов

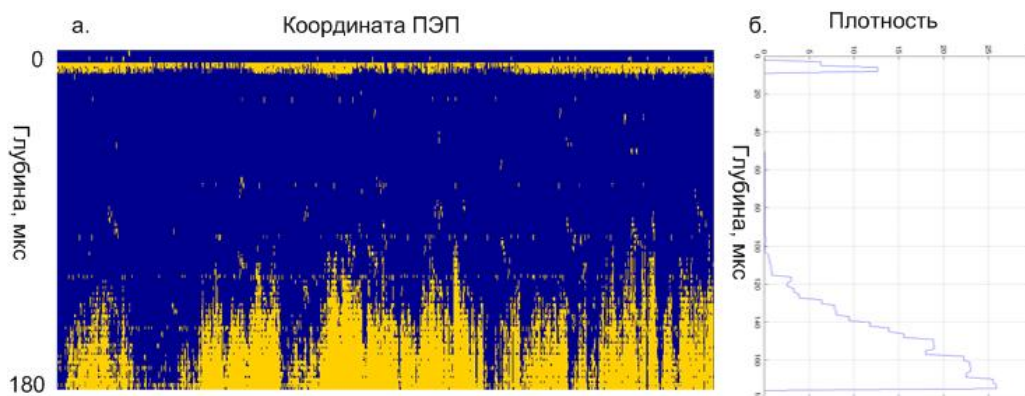


Рис. 6. Пример расчета функции интенсивности
а – исходный сигнал (дефектограмма), б – расчет плотности для сигнала, изображенного на рисунке а.

Уравнение для расчета плотности сигнала в области:

$$Dns(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x(i, j), \quad (9)$$

где $j = 1, \dots, N$ - индекс по строкам матрицы; $i = 1, \dots, M$ - индекс по столбцам матрицы; $x(i, j)$ - значение сигнала в отсчетах АЦП в точке (i, j) .

Пример расчета функции плотности приведен на рисунке 6.

Этап 1.2 Определение границ интервалов

По рассчитанной функции плотности $Dns(i)$ (формула 9, этап 1.1) определяются границы интервалов, в которых значение интенсивности сигнала превысило заданный уровень Thr . На данный момент значение порога $Thr = 0,7$. Пример расчета интервалов приведен на рисунке 7. В данном примере определяются две области: Int_1 и Int_2 . Количество найденных областей обозначим K , а через $Int_{st}(k)$, $Int_{end}(k)$ - начало и конец i -го интервала.

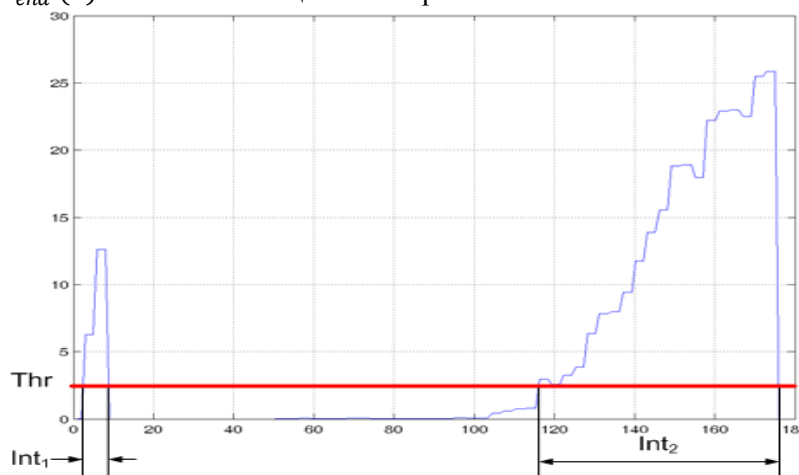


Рис.7. Пример расчета границ интервалов

Внутри каждого интервала рассчитываем среднее значение:

$$\bar{x}(k) = \frac{1}{N_{x(i,j)>0}} \sum_{i=Int_{st}(k)}^{Int_{end}(k)} \sum_{j=1}^N x(i, j), \quad (10)$$

где $N_{x(i,j)>0}$ - количество значений $x(i, j)$, превысивших 0; $k = 1, \dots, K$.

Пояснения приведены на рисунке 8.

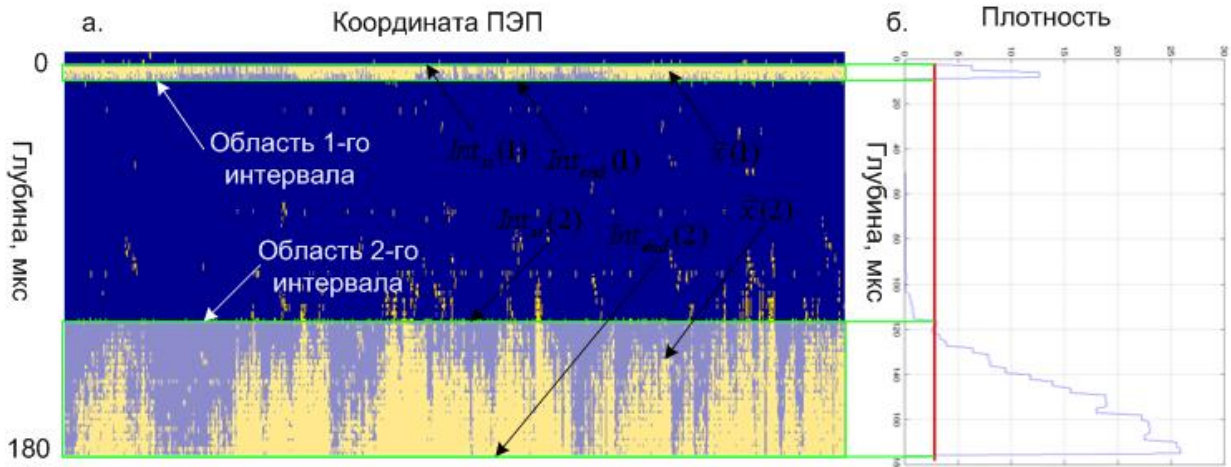


Рис.8.Пример расположения интервалов и расчета значений
а – исходный сигнал (дефектограмма) с выделенными двумя интервалами для фильтрации, б – расчет плотности для сигнала, изображенного на рисунке а.

Этап 1.3 Удаление постоянной составляющей

Удаление постоянной составляющей на выделенных участках дефектограммы (рисунок 9, обл.1-2) выполняется по следующему алгоритму:

$$x^*(i, j) = \begin{cases} x(i, j) - \bar{x}(k), & Dns(i) < \bar{x}(k) \\ x(i, j) - Dns(k), & Dns(i) \geq \bar{x}(k) \end{cases} \quad (11)$$

где величина $\bar{x}(k)$ выбирается из соответствующего интервала $Int(k)$ на основании текущего значения номера строки $i: i \in [Int_{st}(k), \dots, Int_{end}(k)]$.

Также:

$$\forall x^*(i, j) < 0: x^*(i, j) = 0 \quad (12)$$

Подавление случайной помехи малой длительности

Для удаления помех малой длительности в системе используется набор различных алгоритмов: сглаживающий линейный фильтр, поиск и удаление изолированных областей, медианный фильтр и др. Опишем некоторые из них.

Фильтры, основанные на ранговых статистиках, широко применяются при обработке сигналов. Отклик такого фильтра определяется предварительным упорядочиванием (ранжированием) значений элементов, покрываемых маской (окном) фильтра, и последующим выбором значения, находящегося на определенной позиции упорядоченной последовательности. Таким образом, для каждого фиксированного положения окна строится и анализируется вариационный ряд, числа в котором упорядочены по неубыванию. Значение порядкового номера числа в вариационном ряду называется рангом, а само число – порядковой статистикой. Фильтрация сводится к замещению исходного значения элемента (в центре маски) на полученное значение отклика фильтра. Одним из вариантов наиболее часто используемого рангового фильтра является медианный фильтр.

Двумерный медианный фильтр с апертурой A для изображения $\{g_{ij}, (i, j) \in N^2\}$, где N^2 - двумерное множество натуральных чисел, определяются как:

$$g'_{ij} = Med[g_{i+r, j+s}; (r, s) \in A], (i, j) \in N^2 \quad (13)$$

Медианный фильтр, как видно из уравнения (13), заменяет значение центрального элемента внутри маски на значение медианы распределения значений из области A . Условие, при котором медианный фильтр хорошо подавляет импульсную помеху, состоит в том, что размер апертуры A фильтра должен быть выбран как минимум в два раза больше ширины импульса. В этом случае

импульсы помех, которые достаточно удалены друг от друга, будут полностью убраны медианным фильтром.

Оценка качества процедуры фильтрации проведена на основе критерия минимума среднеквадратичного отклонения:

$$\hat{\varepsilon}^2 = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (g_{i,j} - g'_{i,j})^2 \quad (14)$$

Для приведенных выше процедур фильтрации были получены следующие числовые значения $\hat{\varepsilon}^2$: поиск изолированных областей – 0,031; линейный фильтр – 0,12; ранговый медианный фильтр – 0,048.

Анализ УЗ сигналов

В процессе контроля рельсов регистрируются не только сигналы от дефектов, но и сигналы от конструктивных элементов. Проведенными ранее исследованиями установлено, что в первую очередь необходимо выделить сигналы от конструктивных элементов: это позволит снизить уровень перебраковки, а также правильно классифицировать дефекты в зоне стыка. К конструктивным элементам рельса относятся: болтовые отверстия, джамперные отверстия, торцы.

Общий алгоритм определения образа болтового стыка приведен на рисунке 9.

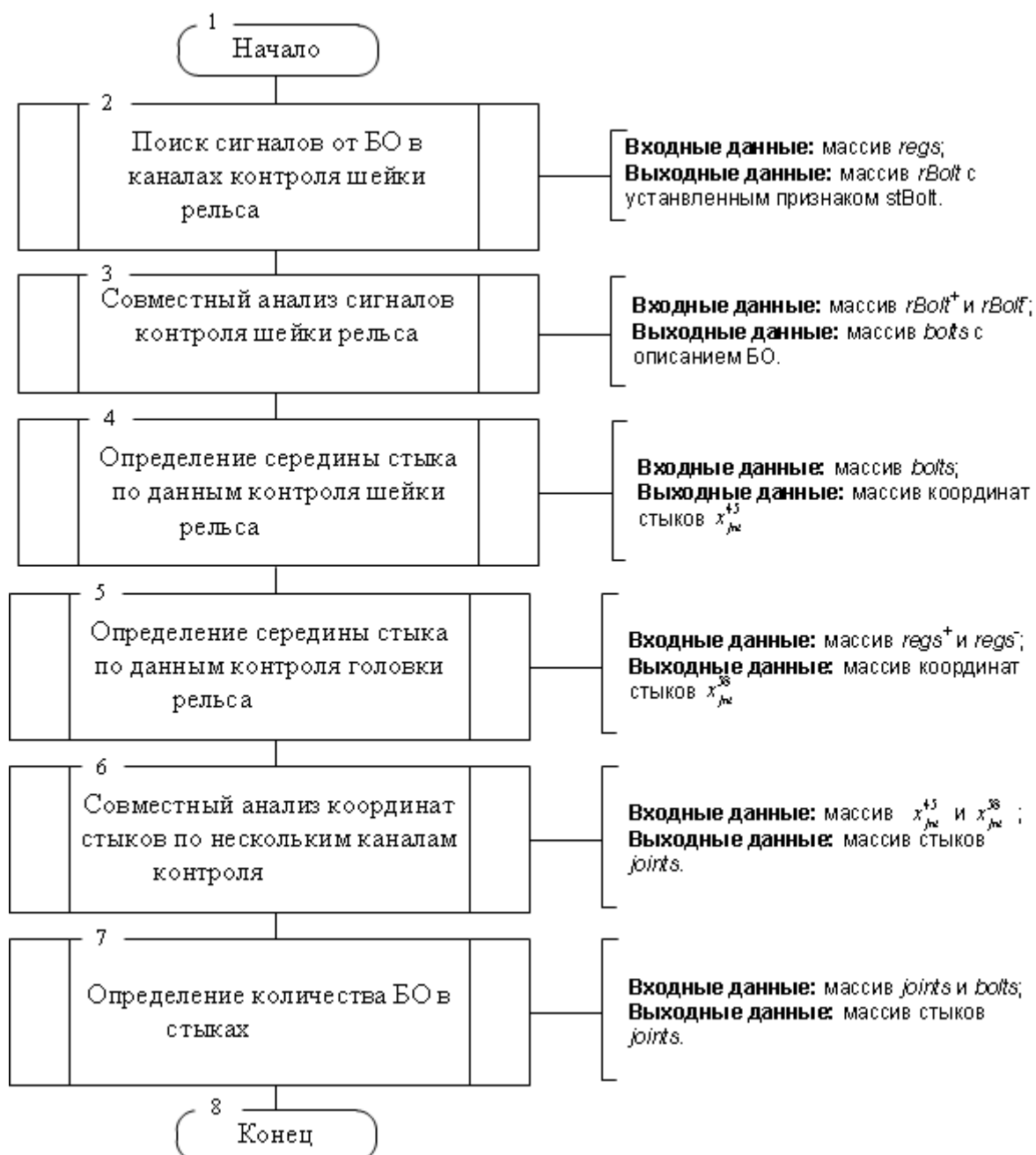


Рис. 9. Общий алгоритм определения образа болтового стыка

Для всех каналов контроля предлагается использовать общую последовательность процедур, представленных в виде алгоритма на рисунке 10.

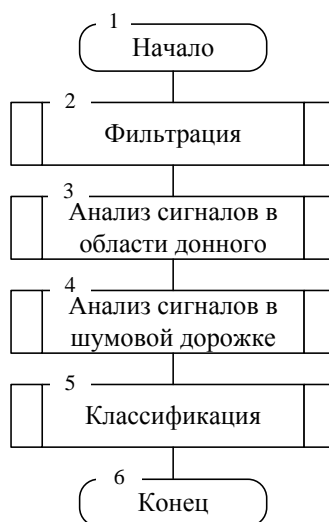


Рис. 10. Обобщенный алгоритм анализа сигналов

Исходными данными для обработки являются: описание сигналов *regs*, описание болтовых стыков *joints*, характеристика донного сигнала, описание интервалов шумовых дорожек, параметры канала. В блоке 2 выполняется фильтрация сигналов – для каждого из каналов используются свои параметры. В блоке 3 анализируются сигналы в области донного. В блоке 4 фильтруются сигналы на фоне шума. В блоке 5 проводится классификация сигналов от дефектов.

Анализ сигналов магнитного контроля

Обработка сигналов магнитного контроля состоит из следующих этапов:

1. Сегментация – выделение информативных областей сигналов;
2. Расчет информативных характеристик обнаруженных сигналов;
3. Распознавание сигналов от конструктивных элементов и дефектов;
4. Расчет необходимых параметров – координаты стыковых зазоров, накладок, подкладок, дефектов и т.п.

Общий алгоритм обработки сигналов магнитного контроля представлен на рисунке 11.

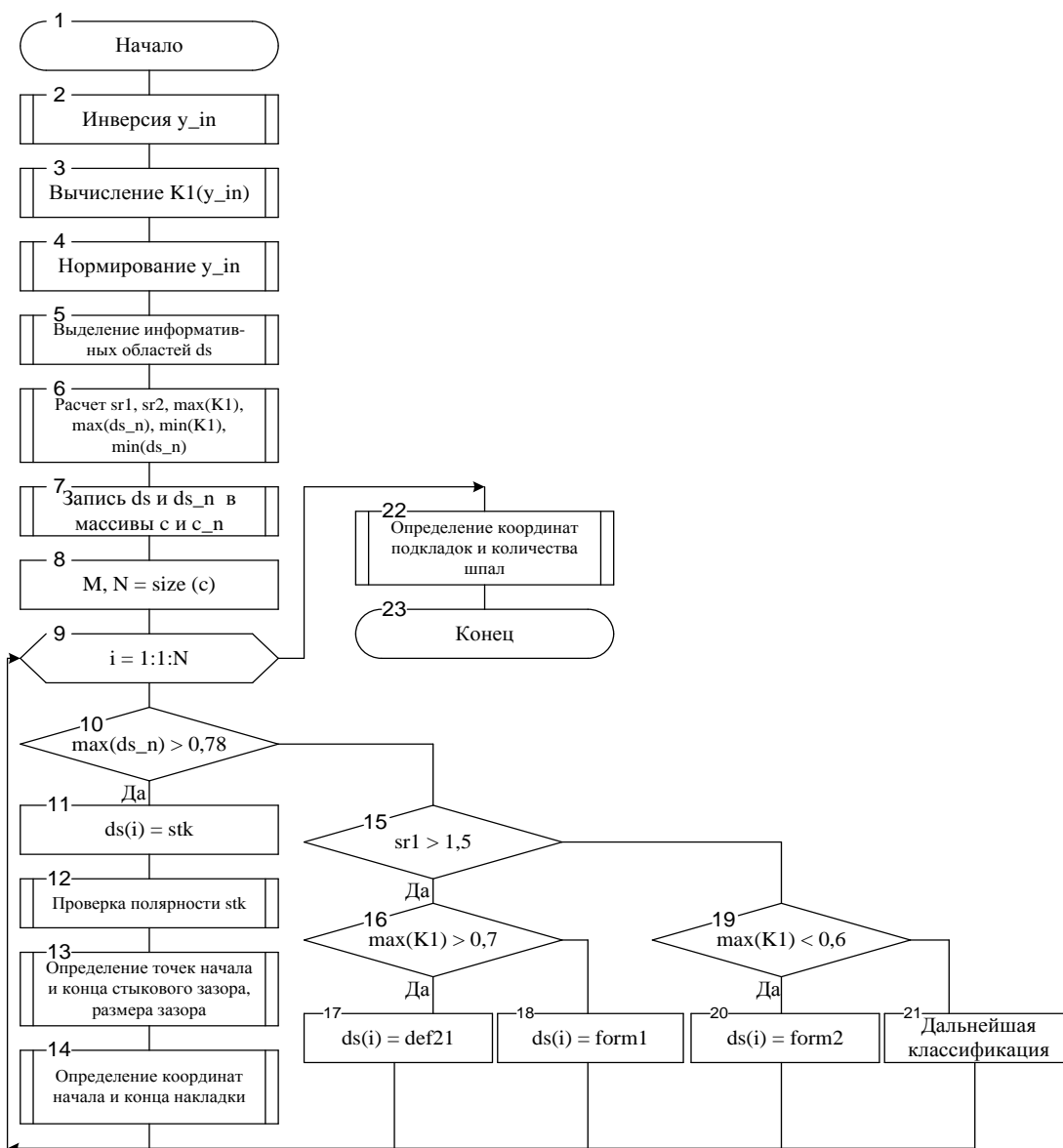


Рис. 11. Общий алгоритм классификации и распознавания сигналов магнитного контроля

Входные данные представляют собой массив y_{in} отсчетов амплитуд сигнала, взятых с шагом 1 мм.

Описание АПК «АСТРА»

Экспериментальное исследование алгоритмов распознавания и классификации на реальных дефектограммах, полученных от пользователей, показало правильное определение 100% болтовых стыков, 98% правильного обнаружения дефектов.

В ПО можно просматривать дефектограммы в ленте, по кадрам, по критериям, в режиме автоматической расшифровки, в режиме совмещения с паспортом железнодорожного пути и отступлениями геометрии рельсовой колеи (ГРК), посредством смарглинейки.

Последняя функция стала возможна после интеграции АПК «АСТРА» с Автоматизированной системой управления инфраструктурой хозяйства пути и сооружений (АСУ-П) и Единой корпоративной автоматизированной системой управления инфраструктурой (ЕК АСУИ). По средствам web-сервисов в АПК попадает априорная информации состоящий из актуализированных паспортных данных ж.д. пути, включая рельсовую книгу и данные о дефектах стоящих на учете(ПУ-

2А), отступлений ГРК, результатов натурального осмотра по отметкам предыдущих проездов и многое другое.

Рабочее место расшифровщика АПК «АСТРА» представлено на рисунке 12.

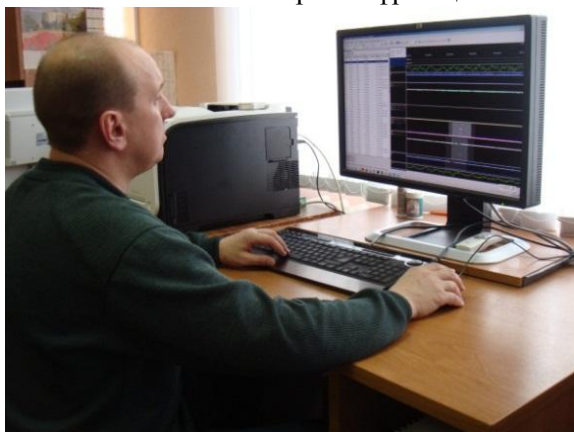


Рис. 12. Рабочее место расшифровщика

Для центров диагностики разработана сетевая версия комплекса, которая может работать круглосуточно, выполняя в автоматическом режиме все задачи. Отчет о выполнении операций фиксируется в менеджере комплекса, отсюда же эксперт выполняет просмотр обнаруженных значимых мест, разделённых по степени опасности. Все отметки могут иметь одно из состояний: не проверенные, проверенные, помеченные как опасные. Оператор имеет возможность изменять состояние отметок. С каждой отметкой связана область или области на дефектограмме.

Панель дефектов и иллюстрация комплексного анализа АПК «АСТРА» представлены на рисунке 13.

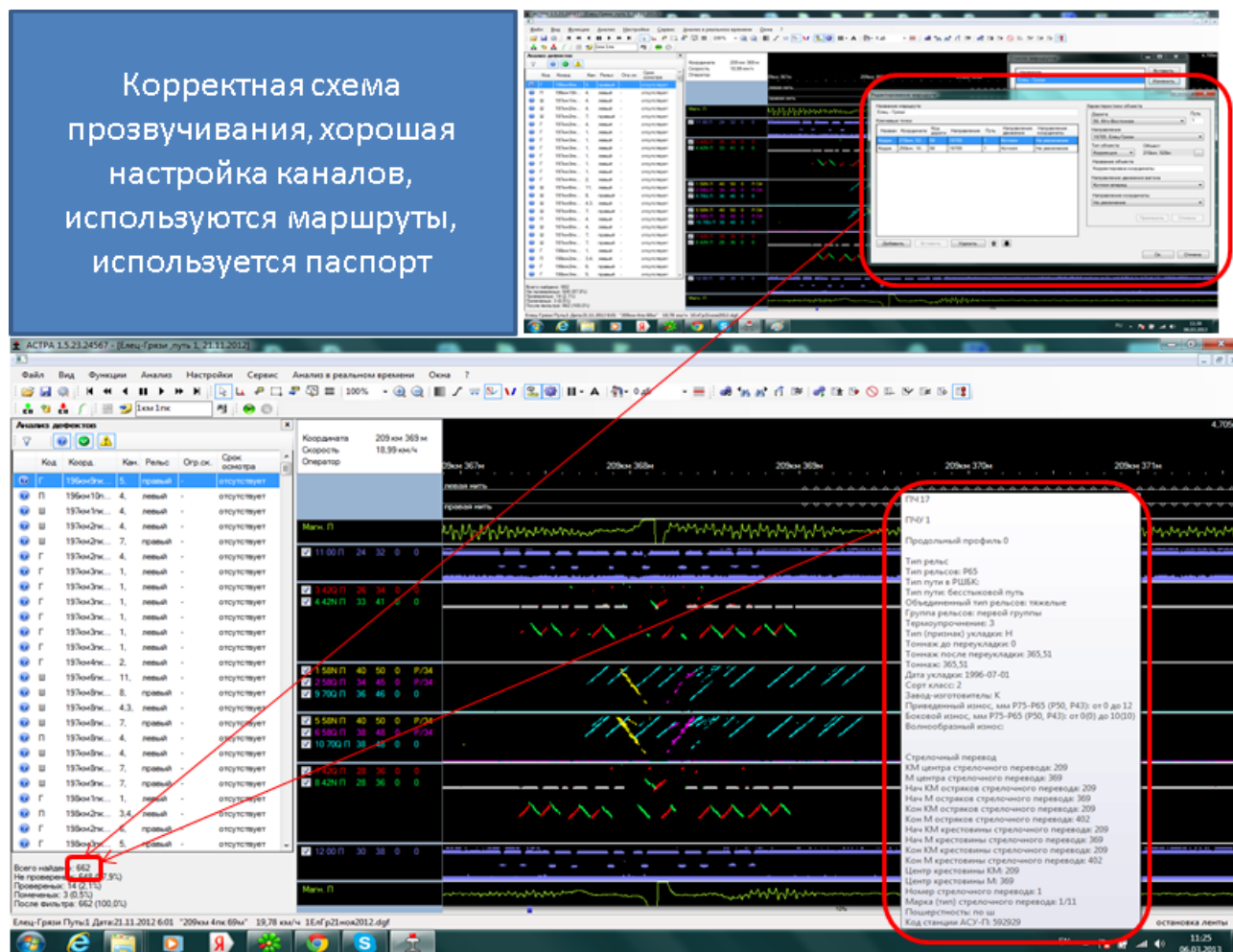


Рис. 13. Комплексный анализ в АПК «АСТРА»

Панели пропадания донного сигнала и анализа болтовых отверстий приведены на рисунках 14-15.

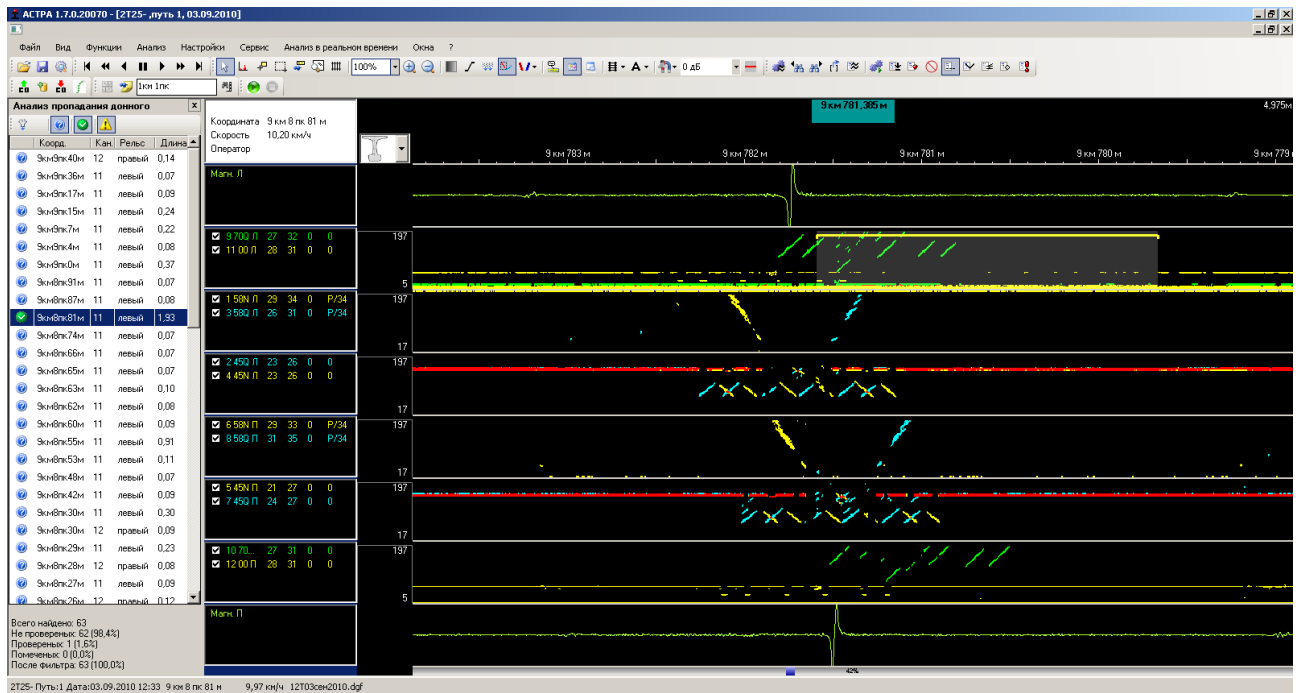


Рис. 14. Панель «Пропадание донного сигнала»

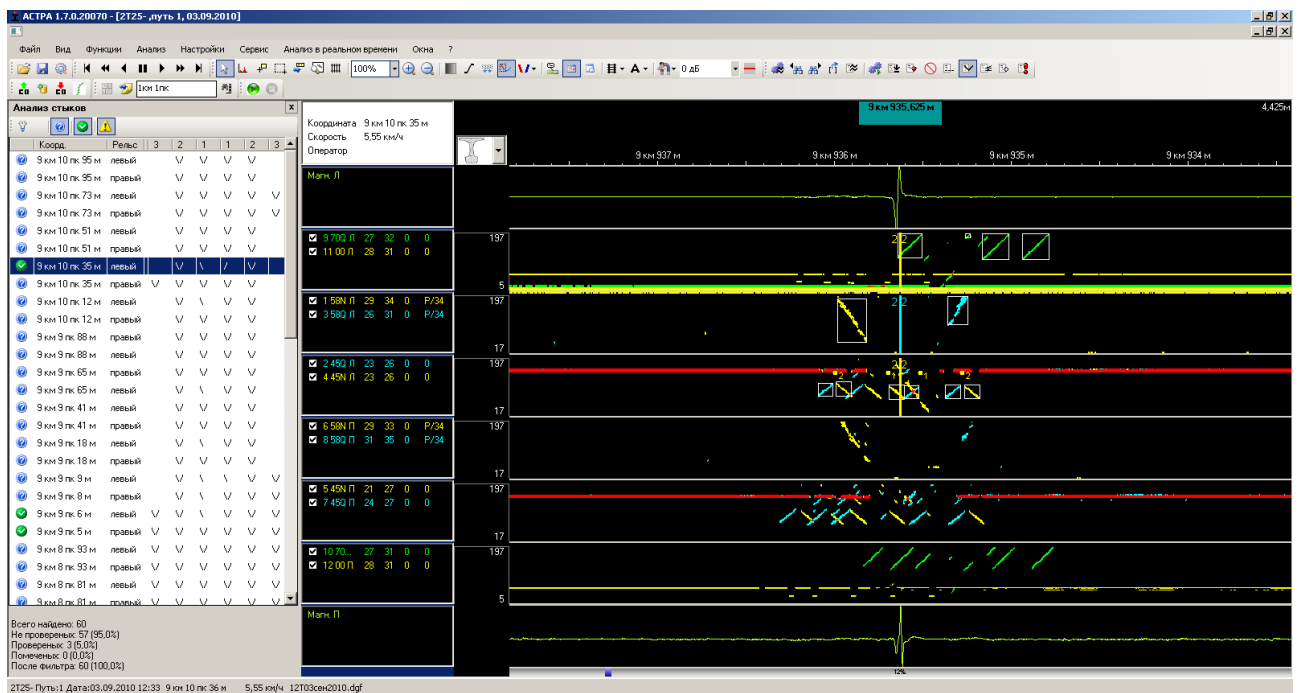


Рис. 15. Панель «Анализ болтовых отверстий»

Возможно совмещение линейного и матричного видео с дефектограммой.

В АПК «АСТРА» предусмотрен анализ качества акустического контакта. Соответствующая панель приведена на рисунке 16.

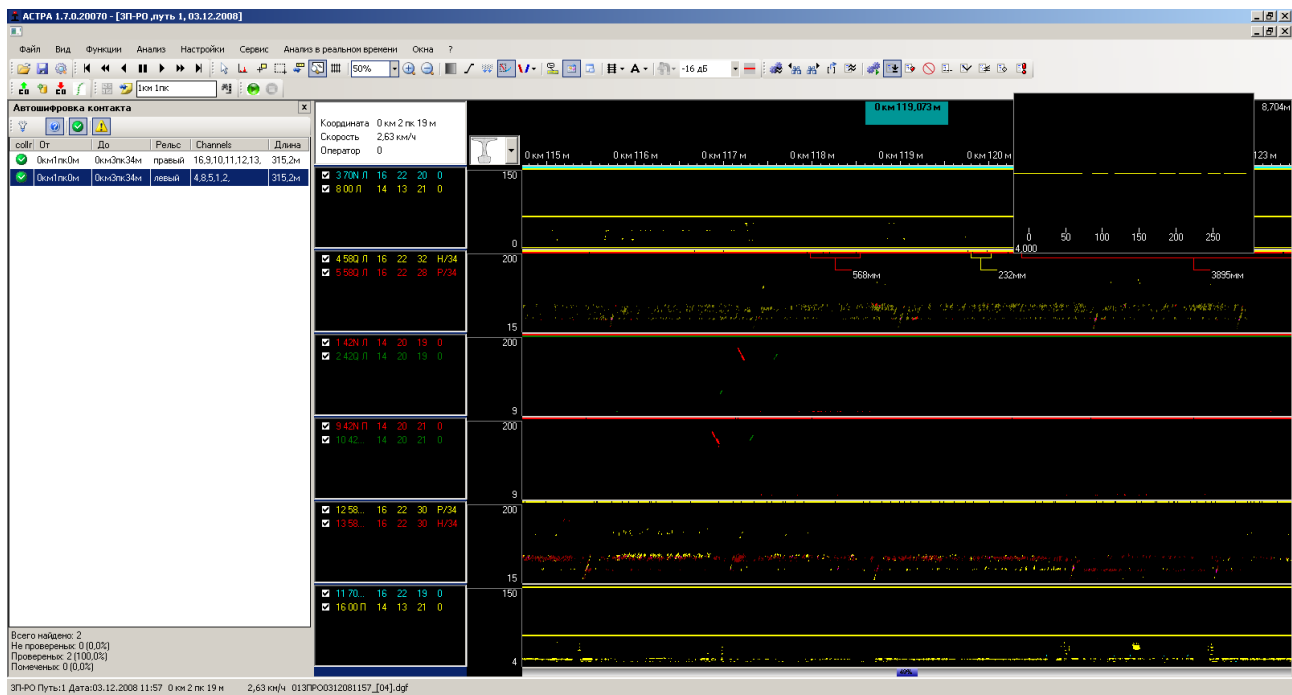


Рис. 16. Панель «Анализ акустического контакта»

Комплекс выполняет расшифровку дефектограмм и автоматическое формирование ведомостей по мере просмотра экспертом выданных отметок в системе отчетов КАСКАД СО, который входит в комплект АПК. Результаты анализа дополнительных параметров передаются в систему отчетов автоматически и не требуют просмотра. Преимущество данного решения в том, что, не вмешиваясь в программный код блока визуализации, можно расширять, изменять формы отчетной документации.

Часть отчетной документации, формируемой системой отчетов АПК «АСТРА», представлена на рисунке 17.

Пакет результатов анализа АПК «АСТРА» автоматически экспортируется в АПК «КАСКАД-Деф», в котором проводится мониторинг результатов анализа данных средств НК.

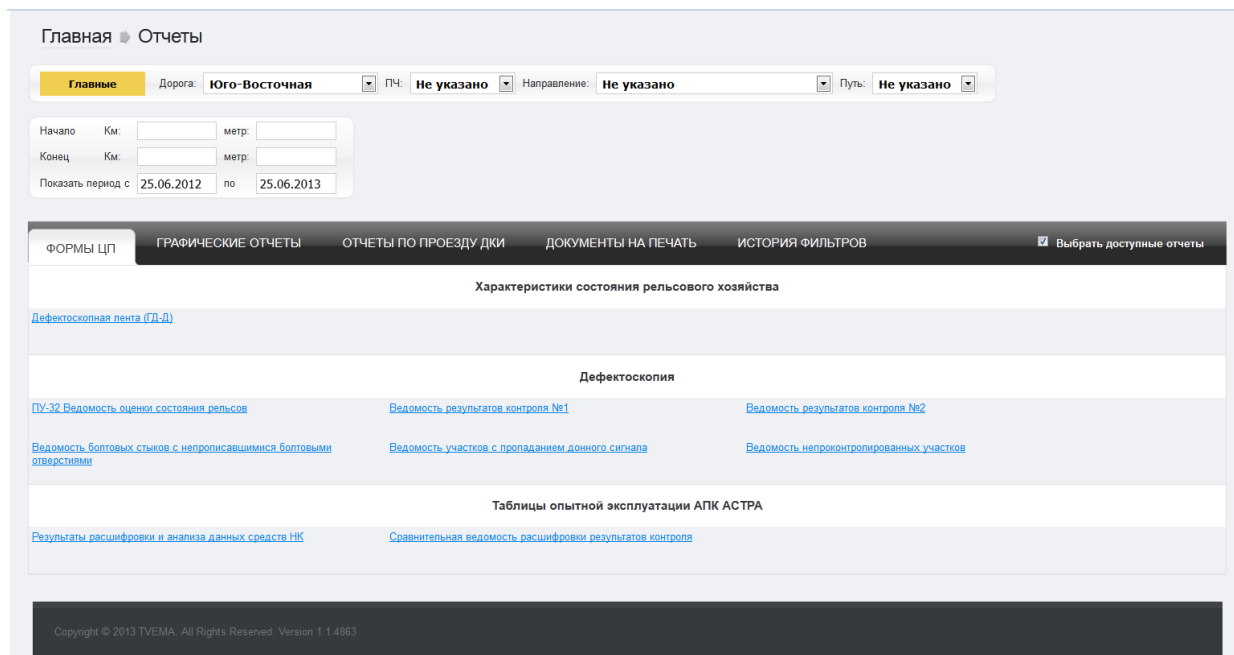


Рис. 17. Комплект отчетной документации, формируемой системой отчетов АПК «АСТРА»

В 2011-2012гг. АПК «АСТРА» успешно прошёл испытания, как в России, так и за рубежом. В 2012 г. в составе мобильной лаборатории на базе автомобиля на комбинированном ходу

LandRoverDefenderc использованием дефектоскопа «Эхо-комплекс-2» проведены испытания АПК «АСТРА» на контрольном тупике Дойчебана в г. Кирхмёзер, подтвердившие хорошую выявляемость дефектов.

Результатом опытного внедрения в ОАО «РЖД», Укрзалізнице, Московском метрополитене стали сотни выявленных острodefekтных рельсов, угрожающих безопасности движения поездов.

Выводы

Промышленное внедрение проекта позволит избежать чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте из-за изломов рельсов по причине образования в них дефектов, обеспечить решение задач мониторинга рельсового хозяйства эксплуатационной инфраструктуры ОАО «РЖД» на основе внедрения современной автоматизированной системы, обеспечивающей механизмы комплексирования и достичь следующих результатов:

- снижение затрат на ремонт дорожного полотна, возникающих из-за изломов рельсов, явившихся следствием пропуска дефекта оператором и расшифровщиком;
- снижение временных, трудовых и материальных затрат на расшифровку дефектограмм;
- оптимизация периодичности контроля рельсов в пути;
- предотвращение непредвиденных «окон» в движении поездов;
- автоматизация формирования основных управленческих и аналитических отчётов для автоматизированных систем верхнего уровня;
- создание единой технологической базы данных по состоянию рельсового хозяйства;
- внедрение комплексной системы мониторинга и диагностики рельсов и элементов стрелочных переводов;
- создание единой точки контакта сотрудников в части управления средствами НК и наблюдения за объектами эксплуатационной инфраструктуры.

АПК «АСТРА» постоянно развивается и совершенствуется.

В.Ф. Тарабрин, А.В. Зверев, О.Е. Горбунов(ЗАО «Фирма ТВЕМА», Москва)