

**БАЗИ ДАНИХ, БАЗИ ЗНАНЬ ТА ИНЖЕНЕРИЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕНИЯ**  
УДК 622: 65.011.56: 658.562.4: 004.77.

**Азарян А.А., Азарян В.А., Гриценко А.Н.**  
**Криворожский национальный университет**  
**Кайгородов Р.А., Мирошник Д.Ю.**  
**ООО «РУДПРОМГЕОФИЗИКА»**

# **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ДОБЫЧЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРОВ**

Целью данной работы является обоснование проекта по решению проблемы связанной с контролем качества и оперативного управления добычей железорудного сырья на всех стадиях технологической цепи от забоя до отгрузки товарной руды потребителям, обзор основных положений проекта таких как актуальность, постановка задачи, функциональная схема и ее проблемные зоны, алгоритм работы системы.

Метою даної роботи є обґрунтування проекту за рішенням проблеми пов'язаної з контролем якості й оперативного керування здобиччю залізорудної сировини на всіх стадіях технологічного ланцюга від забою до відвантаження товарної руди споживачам, огляд основних положень проекту таких як актуальність, постановка задачі, функціональна схема і її проблемні зони, алгоритм роботи системи.

*The aim of this work is to substantiation of the project to address the issue associated with quality control and operational management of mining of iron ore at all stages of the chain from slaughter to the consumers of commodity ore, An overview of the project such as relevance, problem statement, functional diagram and problem areas, algorithm of the system.*

**Ключевые слова:** контроль качества железорудного сырья, управление добычей и переработкой, автоматизированная система контроля качества.

## **Введение**

Горно-металлургическая отрасль представляет собой стратегическую отрасль экономики страны, роль которой состоит в обеспечении сырьем производства высокотехнологичной и наукоемкой конечной продукции (машиностроения, стройиндустрии, авиационной, космической и оборонной промышленности).[1] Сегодня, добыча сырья и производство конечной продукции требует больших физических и материальных затрат. С каждым днем потребности в новом оборудовании, устройствах и автоматизированных системах управления растут с геометрической прогрессией.

На данный момент, ООО «РУДПРОМГЕОФИЗИКА» совместно с проблемной лабораторией Криворожского национального университета (КНУ) и ООО

«НПП «Тетра» активно принимает участие в развитии горно-металлургической отрасли.

Основное направление научной деятельности предприятия:

– оперативный контроль и управление качеством минерального сырья при добыче, переработке и транспортировке горной массы;

– разработка, изготовление и внедрение полевой и стационарной аппаратуры для контроля и управления качеством минерального сырья в рудах, пульпе и концентрате;

– предоставление сервисных услуг по гарантийному обслуживанию, ремонту и модернизации геофизического оборудования;

– предоставление услуг по каротажу шарошечных и колонковых скважинах по определению содержания магнитного и общего железа. [2]

Все системы и устройства активно функционируют во многих горно-металлургических комбинатах, заводах, карьерах, шахтах и т.д. Их эффективность и польза проверенна годами и подтверждена потребителем. Однако, время не стоит на месте и возникает новая проблема – автоматизация передачи результатов исследований с рабочих станций на сервер, возможность просмотра информации об измерениях и использования данных удаленным пользователем в режиме реального времени для управления горными работами, ведения контроля качества и оформление отчетов.

#### **Актуальность проблемы контроля качества сырья**

Добыча и обогащение руды является трудоемким и сложным процессом. В настоящее время на каждом этапе происходит перераспределение качества минерального сырья в рудах при помощи специализированных устройств и методов. Это вызвано большим количеством факторов влияющих на потерю качества во время процесса добычи и переработки. Одним из них является «человеческий фактор». В настоящее время все результаты исследований снимаются вручную и в последующем передаются далее, а значит и возможность ошибки не исключена. Для решения этой проблемы необходимо произвести автоматизацию процесса снятия показаний с приборов и отправки их на сервер. Так же необходимо обеспечить возможность удаленного контроля и управления горными работами, что значительно облегчит и ускорит процесс производства, улучшит качество конечного продукта и сырья на промежуточных этапах. В отличии от своих аналогов система обеспечивает ведение контроля качества железорудного сырья на всех этапах добычи и переработки, отслеживает результаты исследований в режиме реального времени и за определенный период, обеспечивает возможность составления отчетов в виде текста, графиков и таблиц. Данная задача является глобальной и востребованной. Чтобы решить ее, было принято разработать проект, а в последующем разработать рабочую автоматическую систему по контролю и решения управлению качеством железорудного сырья на всех стадиях технологической цепи.

#### **Постановка задачи**

Учитывая актуальность проблемы и возможности реализации решения, была сформирована основная цель проекта: создание комплексной системы оперативного контроля качества железорудного сырья, объединяющую все локальные системы на различных этапах добычи и переработки; разработка автоматизированной системы управления и обработки данных, полученных от устройств по контролю качества сырья, находящиеся в эксплуатации на производстве; передача информации между узлами системы; шифрование и хранение результатов исследований в базе данных (БД); разработка программного обеспечения (ПО) для взаимодействия пользователя и сервера, ведение статистики и контроля качества по добыче железорудного сырья, формирование отчетов.

#### **Функциональные узлы**

Разрабатываемая автоматизированная система представляет собой сложную систему взаимодействия основных функциональных узлов с использованием различных способов связи на разных этапах работы. Основными функциональными узлами являются:

**1. Станция** является важным узлом системы. Ее основной задачей является получение значения качества железорудного сырья и отправка данных исследования удаленному серверу.

В качестве станций предполагается использовать:

– каротажная станция «Карьер-Кривбасс» (многофункциональная мобильная станция предназначена для одновременного оперативного контроля (каротажа) содержания железа магнитного и общего в шарошечных и колонковых скважинах глубиной до 30 м);

– ПАКС-5КК (устройство предназначено для каротажа скважин диаметром до 300 мм с целью определения распределения содержания железа магнитного по глубине скважины. Критерием содержания железа является величина магнитной восприимчивости пород);

– ПАКС-5МК (устройство предназначено для экспрессного определения железа магнитного в навалах дробленной руды, обеспечивает определение содержания магнетита, предоставляет возможность длительного хранения средних значений содержания полезного компонента);

– ДЖМ-4 (устройство предназначено для экспрессного определения массовой доли железа магнитного в пробах дробленого рудного материала).[3]

Каждая станция должна состоять из таких основных элементов:

- датчик железа;
- память устройства;
- модуль связи;
- внешний интерфейс устройства.

В целях проекта необходимо разработать принципиальную схему и печатную плату модуля передачи данных. Так как в условиях производства использование оптоволоконной сети не допустимо, а передача информации при помощи Wi-Fi крайне затруднительна, в связи с малым радиусом действия и слабой проходимостью сигнала, было принято решение использовать GSM канал связи. Его преимущество - это независимость расстояния между объектами связи, а так же возможность доступа в всемирную систему Internet и использование TCP/IP протоколов связи, что облегчает разработку ПО системы, обеспечивает надежность и быстроедействие передачи данных. В связи с этим в качестве модуля связи станции должен выступать встраиваемый GSM-модуль и GSM-интерфейс для полного его функционирования. Важным и обязательным фактором работы системы является наличие GSM-покрытия сотовой сети оператора связи в зоне работы устройств. Можно использовать мобильную базовую станцию в качестве соединительного узла между устройством и сервером, однако это очень дорогостоящая система приборов, которая не окупает затрат на ее приобретение. Как следствие, в случае отсутствия GSM-покрытия оператором сотовой связи отправка данных на сервер будет не возможна.

Каждая рабочая станция должна обеспечивать следующие возможности:

- сбор данных о результатах исследования качества сырья;
- получение координат местоположения при помощи GPS;
- кодирование и шифрование данных;
- формирование к отправке по защищенному GSM каналу;
- интерактивный обмен пакетами с удаленным сервером системы.

Так же при разработке должна быть учтена помехозащищенность канала связи в условиях

промышленного производства и защита от внешнего проникновения и перехвата пакетов.

**2. Сервер** должен быть реализован как удаленная ЭВМ с возможностью доступа к глобальной сети Internet. Сервер является ключевым узлом всей системы, т.к. предоставляет возможность связи между клиентом, станциями и администратором. Так же на сервере находится БД со всеми результатами исследования, полученными на протяжении работы системы. На машине сервера должна быть установлено разработанное ПО для взаимодействия всех узлов системы.

Основные функции сервера:

- прием и передача данных между узлами;
- хранение данных исследований в БД;
- хранение данных пользователей в БД;
- идентификация пользователей и рабочих станций;
- интерактивность со всеми узлами системы;
- обработка запросов пользователей и администратора системы;
- кодирование и шифрование данных;
- проверка и подтверждение целостности приема и передачи пакетов данных;
- ведение истории запросов пользователей и добавления данных исследований.

Связь между узлами системы происходит при помощи TCP/IP протокола, что позволяет сделать обмен пакетами данных быстрее, проще и надежнее.

Важным фактором для функционирования системы является наличие статического внешнего IP-адреса. Возможность подключения следует уточнить у Internet-провайдера, предоставляющего услуги Internet-связи предприятию. В случае его отсутствия реализация системы становится крайне затруднительной.

Серверное ПО должно быть выполнено как консольное или Windows Forms приложение. Для большей наглядности и удобства рекомендуется использовать второй тип, т.к. это упрощает использование ПО, делает его более гибким, интуитивно понятным и привычным обывателю ПК.

Программное обеспечение будет выполнено на платформе Net Framework 4.x и языке программирования С#. Выбор обоснован его новизной, возможностями, быстродействием и постоянным развитием. На данный момент необходимо использовать операционную систему (ОС) семейства Windows. При использовании ОС сторонних производителей система не будет функционировать.

Для обеспечения защиты информации доступ к машине сервера должен быть ограничен доверенным кругом лиц. Для обеспечения защиты внутри сети будет использоваться система идентификации пользователей.

**3. Пользователь (Клиент)** представляет собой управляемый человеком ЭВМ с установленным специализированным ПО для взаимодействия и интерактивности с удаленным сервером системы. Клиентом является любой пользователь сети, который авторизовался в системе при помощи ПО. Принцип работы заключается в формировании запроса пользователем, отправка его на сервер и ожидание результатов выборки.

Клиентское ПО должно предоставлять следующие минимальные возможности:

- доступ к глобальной и/или локальной сети Internet;
- доступ к портам сети необходимым для взаимодействия сервера и клиента;
- возможность ведения интерактивности с сервером системы;
- отправка и получение пакетов от сервера;

**4. Администратор.** Узел администратора представляет собой управляемую человеком удаленную ЭВМ с установленным специализированным ПО и возможностью доступа ко всем функциональным узлам системы. Администратором системы может быть как доверенное лицо предприятия, так и лицо со стороны разработчиков.

Администратор необходим для контроля и удаленного обслуживания системы в случае возникновения проблем при работе клиентского или серверного узла. В случае необходимости, администратор при помощи разработанного ПО может:

- получить доступ к БД хранящимся на сервере;

- возможность регистрации и авторизации пользователей системы;
- выбор критериев поиска для формирования запроса серверу;
- формирование результатов поиска в табличной и графичной форме представления;
- возможность сохранения результатов запроса в электронной и печатной форме;
- возможность составления и формирования отчетов;
- возможности ведения статистических данных, формирования графиков и таблиц для анализа и контроля качества сырья на всех этапах производства.

Так же, важным фактором является наличие на каждой машине клиента Net Framework 4.x. В случае отсутствия такового его необходимо установить.

Связь между клиентом и сервером должна происходить посредством TCP/IP протокола. Между каждым узлом системы «клиент-сервер» необходимо постоянное, качественное соединения, дабы избежать потерю и повреждение данных во время обмена пакетами.

Стоит отметить, что подключение к серверу возможно как внутри сети предприятия, так и извне. Это позволяет технологам, независимо от его текущего местоположения, при помощи глобальной сети Internet контролировать процесс добычи и обогащения на всех этапах. Это значительно упрощает процесс контроля, улучшает организацию труда и позволяет моментально реагировать на поступающие данные.

- просматривать историю запросов пользователей;
- просматривать историю добавления данных исследований;
- выполнить необходимые операции по выборке из БД;
- включать/выключать/перезапустить ПО сервера;
- просмотреть список подключенных пользователей;
- отключать при необходимости пользователей;
- рассылать сообщения как конкретному пользователю, так и всем одновременно, находящимся в сети.

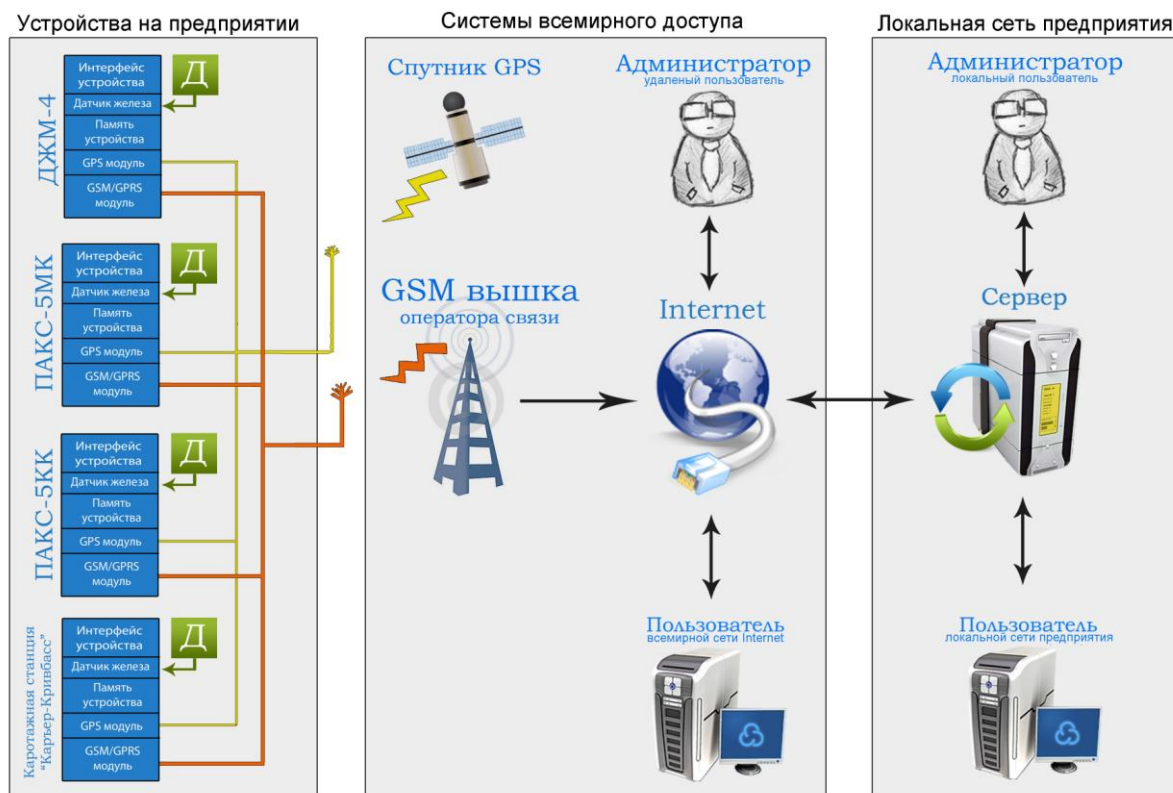


Рис. 1. Функциональная схема работы автоматизированной системы управления горными работами и контроля качества железорудного сырья

### Функциональная схема

Рассмотрев и определившись с основными функциональными узлами была разработана функциональная схема автоматизированной системы управления горными работами и контроля качества железорудного сырья (рис. 1).

На первом этапе работы получаем, при помощи специализированных устройств и оборудования, содержание полезного компонента в процентном эквиваленте. Как только операция закончена, устройство автоматически определяет координаты своего местоположения со спутника GPS и отправляет данные на сервер. На отрезке «устройство-сервер» информация передается по GSM-каналу связи - определяется ближайшая базовая станция оператора сотовой связи; результаты исследования передаются по GSM-каналу на нее, а после перенаправляются непосредственно через всемирную сеть Internet. При поступлении на сервер, результаты проверяются и сохраняются для последующей возможности работы с ними. При необходимости любой

зарегистрированный пользователь системы может запросить необходимую информацию находящуюся на сервере и получить результаты в виде таблиц и графиков, как за конкретный промежуток, так и в режиме реального времени. Пользователь может находиться внутри сети предприятия и во всемирной сети Internet. Администратор системы имеет более расширенные возможности доступа и управления, чем пользователь. Вся система тщательно защищается от внешнего проникновения.

### Алгоритмы работы системы

В этой статье рассмотрены два основных этапа работы системы по контролю качества железорудного сырья:

- передача и получение информации с устройства на сервер;
- получение, обработка, и отправка результатов запроса пользователя.

При рассмотрении будет представлена блок-схема каждого алгоритма с детальным пошаговым описанием. Алгоритмы работы с БД и получение значения качества

железрудного сырья рассматриваться не будут, т.к. это не является основной задачей статьи.

### 1. Алгоритм передачи и получения информации с устройства на сервер.

Передача информации между устройством и сервером происходит посредством двух

типов связи, а именно с помощью GSM-канала и Internet. Каждое устройство системы имеет свой алгоритм определения количества полезного компонента в железорудном сырье. В данном разделе мы рассмотрим общую блок-схему алгоритма получения данных и отправка их на сервер (рис.2).

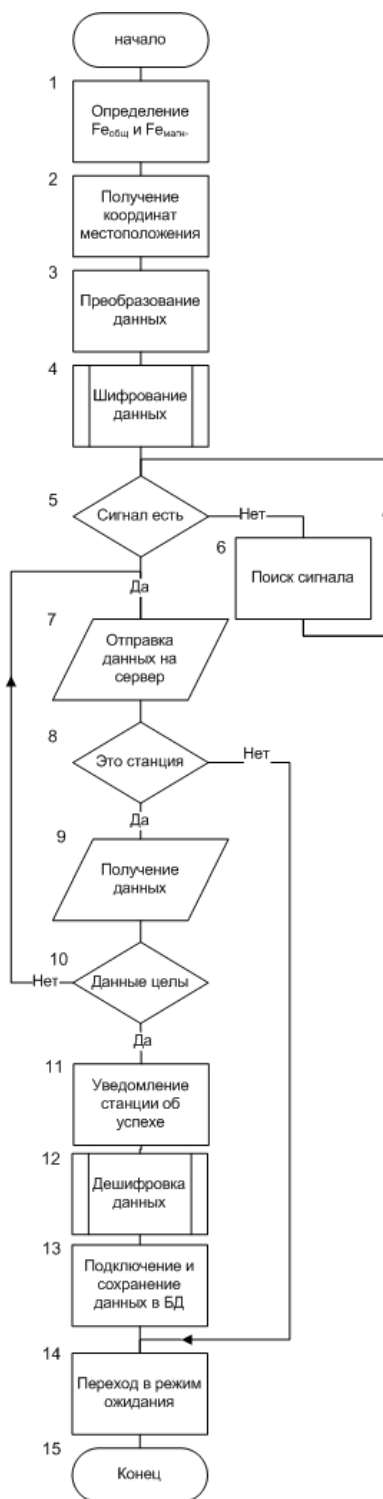


Рис. 2. Блок-схема алгоритма передачи и получения информации от устройства к серверу

Первым этапом работы станции является определение и вычисление усредненных значений  $F_{e_{общ}}$  и/или  $F_{e_{магн}}$  (1). После того как результаты исследования получены, станция определяет свое местоположение используя технологию GPS (2). Все данные необходимо подготовить к отправке, поэтому происходит их преобразование до нужной формы (3). В целях безопасности информацию необходимо шифровать согласно одному из распространенных методов кодирования(4). Так же следует проверить возможность подключения к серверу и уровень сигнала, в случае проблем необходимо устранить проблему, а именно проверить антенну станции и немного изменить расположение и найти точку, где сигнал присутствует (если это возможно)(5, 6). По окончании формирования данных и проверки подключения информация передается на удаленный сервер, после чего станция переходит в режим ожидания ответа об успехе передачи (7). При запросе на прием от станции, сервер идентифицирует станцию и, в случае успеха, получает результаты исследования (8, 9). По окончании приема происходит проверка данных на целостность (10). Если данные повреждены, то сервер уведомляет об этом станцию и ожидает повторной передачи. Если же данные целы и не модифицированы, то сервер дешифрует их и уведомляет станцию об успехе - станция вновь готова к отправке (11, 12). На следующем этапе сервер подключается к БД, присваивает данным уникальный идентификатор и сохраняет их (13) По завершению сервер снова становится в режим ожидания запросов (14). Так же предусматривается хранения информации в локальной БД станции на случай не корректного завершения работы устройства и просмотра ранее проведенных исследований.

## **2. Алгоритм приема, обработки, и передачи результатов запроса пользователя.**

Важным этапом и основной возможностью системы является участок «пользователь-сервер». На этом промежутке цепи предоставляется возможность каждому удаленному пользователю произвести не явную выборку по необходимым параметрам для последующего анализа, ведения

оперативного контроля качества и формирования отчетных данных. Стоит заметить, передача информации происходит по ТСР/IP протоколу, что значительно облегчает организацию пересылки пакетов данных для разработчиков. Блок-схема алгоритма и пошаговое описание представлено ниже (рис.3).

При запуске ПО пользователю необходимо авторизоваться в системе с помощью ранее созданного администратором сети логина и пароля. Для каждого пользователя присваивается уникальные параметры входа (1). После того как авторизация прошла успешно, клиент может выбрать тип объекта и параметры поиска (время, период, показатели и т.п.)(2). Выбрав нужные параметры, запрос формируется и отправляется по защищенному каналу на сервер (3). Во время поиска сервером данных, клиент переходит в режим ожидания. При получении запроса на выборку от клиента сервер подключается к БД и производит поиск(4, 5). В случае если запрашиваемая информация отсутствует, сервер уведомляет об этом клиента и переходит в режим ожидания для последующего приема и обработки запросов (6, 7). Если же запрашиваемая информация найдена в БД, сервер шифрует ее (8), преобразовывает для отправки (9) и, по окончании всех этапов, отправляет (10). После чего ожидает возвращение флага успешности операции. Если результат положителен, то сервер возвращает в режим ожидания запросов от клиентов. При получении результатов от сервера (11), клиентское ПО проверяет целостность данных (12) и в случае их повреждения серверу отправляется сообщение о проблеме и повторный запрос на получение. Если данные прошли проверку целостности, они дешифруются (13) и отправляется сообщение серверу об успехе операции (14). После того как данные полностью дешифрованы, они представляются пользователю в виде таблицы с последующей возможностью работы с ними (формирование отчетов, ведение статистики, построение графиков для анализа) (15). По окончании пользователь может сделать новый запрос на выборку (2-16).

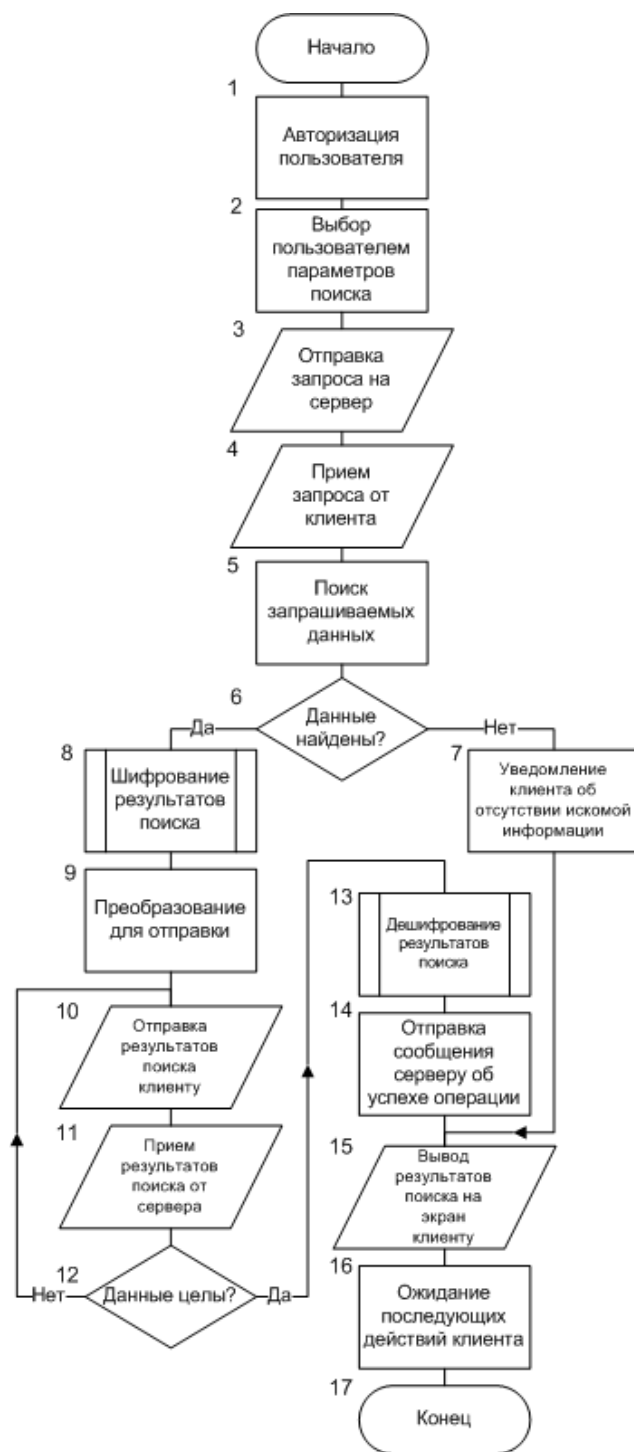


Рис. 3. Блок-схема алгоритма получения, обработки и отправки результатов запроса пользователя

Работа с каждым пользователем будет происходить в отдельном потоке, что позволит распараллелить работу сервера и значительно увеличить быстродействие системы. При поступлении запросов от пользователей и станций, на сервер будет сохраняться история в которую будет заноситься дата, время,

идентификатор пользователя/станции, IP-адрес, строка запроса для улучшения контроля и управления работами администратором сети.

### Выводы

В статье был проведен обзор проекта по автоматизации оперативного контроля



качества железорудного сырья и управления горными работами. Была определена актуальность проблемы во время добычи и переработки минерального сырья. Кратко рассмотрена функциональная схема системы и минимальные требования к ее ключевым узлам. Так же были представлены основные алгоритмы работы системы с подробным пошаговым описанием и графическим представлением в виде блок-схемы. Информация в статье является кратким обзором основных положений для реализации проекта автоматизации оперативного контроля железорудного сырья на всех этапах добычи и переработки разрабатываемой ООО «РУДПРОМГЕОФИЗИКА» совместно с проблемной лабораторией Криворожского

национального университета и ООО «НПП «Тетра».

#### Список литературы

1. А.А.Азарян Состояние проблемы контроля качества руд при добыче и переработке железорудного сырья. / А.А.Азарян, Ю.Г.Вилкул, В.А.Колосов и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность* №1, Днепропетровск. 2004.-С 88-90.

2. Спосіб градування зондів гамма-гамма каротажу свердловин які частково заповнені водою: патент №39985 - Україна / А.А.Азарян, В.С.Василенко, О.В.Швидкий; власник патенту ТОВ «Рудпромгеофізика».

Пристрій для оперативного контролю масової частки заліза магнітного у гірській масі : патент 80694 / Азарян А.А., Дрига В.В., Цибулевський Ю.С.; власник патенту ТОВ «Рудпромгеофізика».

#### Сведения об авторах



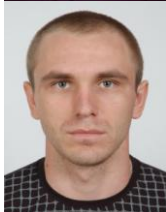
**Азарян Альберт Арамансович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры моделирования и программного обеспечения, Криворожский национальный университет, директор ООО «Рудпромгеофизика»; научные интересы: информационное обеспечение геофизических методов оперативного контроля и управления качеством минерального сырья.

**e-mail: aza1207@ya.ru**



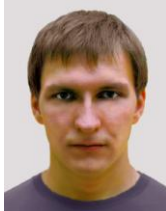
**Азарян Владимир Альбертович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра открытых горных работ, Криворожский национальный университет, заместитель директора ООО «Рудпромгеофизика»; научные интересы: оперативный контроль и управление качеством минерального сырья.

**e-mail: astp165@ukr.net**



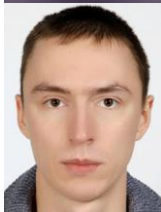
**Гриценко Андрей Николаевич**, аспирант, кафедра моделирования и программного обеспечения, Криворожский национальный университет; научные интересы: оперативный контроль и управление качеством минерального сырья.

**e-mail: andryuha\_person@mail.ru**



**Кайгородов Руслан Александрович**, инженер-программист, ООО «Рудпромгеофизика»; научные интересы: информационные технологии, разработка программного обеспечения для оперативного контроля и управления качеством минерального сырья.

**e-mail: kissblog@mail.ru**



**Мирошник Денис Юрьевич**, инженер-программист, ООО «Рудпромгеофизика»; научные интересы: информационные технологии, разработка программного обеспечения для оперативного контроля и управления качеством минерального сырья.

**e-mail: daldenis@yandex.ru**