

Режим работы отстойников. Особенность работ отстойников с непрерывной промывкой состоит в том, что одновременно с осаждением и удалением взвешенных наносов происходит подача осветленной воды потребителю. Глубина воды в таких отстойниках постоянная, но режим потока неравномерный вследствие изменения расхода по длине камеры при отборе части его на промывку.

Особенность этих отстойников заключается также в том, что они не имеют мертвого объема для осаждения наносов и длина камер у них меньше длины камер отстойников с периодической промывкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Р.С.Абилов «Разработка облегченной конструкции горного водозабора и результаты его экспериментальных исследований /Водные ресурсы и водопользование. г. Астана.: 7(90) 2011, с. 39-41.

Г.И.Журавлев «Гидротехнические сооружения», М.: 1979, с. 345-348.

Н.М.Иванов «Отстойники в очистных системах». Режим доступа: <http://gkhprofi.ru/actual-subjects/vodosnabzhenie-i-ochistka-vody/otstojniki-v-ochistnyh-sistemah-m-ivan/> Дата обращения 01.07.2017г.

*Аманжулова Жанна **

Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 97.

Wójcik Waldemar

Люблинский политехнический университет, Польша, г. Люблин, Ul. M.Brzeskiej 11/11

Избаирова Алия

Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 97.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МАНЕВРОВЫХ РАБОТ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье описываются проблемы обеспечения безопасности движения при выполнении маневровых работ в целом и на станции Алматы 1 в частности. На основании анализа существующих проблем обеспечения безопасности движения, предлагается внедрение системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации на станции Алматы 1. Основная цель заключается в выявлении преимуществ, которые приносит в процесс маневровой работы на станции данная система. В статье рассмотрена структура технических средств системы, описаны функциональные составляющие. Внедрение системы МАЛС обеспечит безопасность движения, сократит риски вреда станционных перегонов; сократит риски влияния человеческого фактора на управление маневровым локомотивом, благодаря спутниковым технологиям управления появится возможность автоматизированного планирования работ, уменьшится время простоя транзитных поездов с переработкой, увеличится перерабатывающая способность станции.

Ключевые слова: безопасность, локомотив, железнодорожная станция, маневровая работа, маневровая автоматическая локомотивная сигнализация.

Введение

Работа железных дорог в современных рыночных условиях требует поиска и внедрения новых эффективных технологий организации перевозок и методов их реализации, направленных на улучшение экономических показателей отрасли и совершенствования качества перевозок. Необходимо обеспечить регулярность, пунктуальность и ритмичность эксплуатационной работы на железнодорожных направлениях, дифференцированный подход к организации перевозок.

Среди многочисленных факторов, характеризующих деятельность железнодорожного транспорта, безопасность движения играет первостепенную, главенствующую роль. Безопасность движения поездов – центральный

системообразующий фактор, объединяющий различные составляющие железнодорожного транспорта в единую систему [1].

Безопасность движения поездов — состояние защищенности перевозочного процесса от аварийных ситуаций в работе, обеспечивающее сохранность грузов, безопасность пассажиров и персонала, сохранение окружающей природной среды и бесперебойное функционирование железных дорог. Безопасность движения обеспечивается надежной работой, исправным состоянием и резервированием основных технических средств железнодорожного транспорта: сооружений и устройств железных дорог, подвижного состава, а также правильной организацией движения поездов (рис. 1).



Рисунок 1. Составляющие безопасности движения поездов

Нарушения безопасности движения в поездной и маневровой работе на железных дорогах классифицируются: крушения поездов, аварии, особые случаи брака в работе, случаи брака в работе.

Материалы и методы

За 12 месяцев 2018 года по Алматинскому отделению грузовых перевозок при АО «КТЖ» было допущено 52 случая нарушения безопасности движения против 40 случаев за аналогичный период 2017 года, увеличено на 12 случаев или на 23%. Только за декабрь 2018 года по станции Алматы-1 задержано по отправлению 197 грузовых поездов на 1 685,93 ч.

Как показывает анализ аварийных ситуаций, возникающих при выполнении маневровой работы на станции, чаще всего виной всему является пресловутый человеческий фактор. Ошибочное восприятие сигнала с соседнего пути, приведение локомотива в движение без команды, превышение установленной скорости при манёврах, субъективная оценка расстояния до группы стоящих вагонов и нерасчётливое управление тормозами – вот неполный перечень причин, которые приводят к взрзу стрелочных переводов, повреждениям вагонов и локомотивов, утрате грузов и другим негативным последствиям [2].

Решение задач поставленных перед железнодорожным транспортом невозможно без ускорения оборота вагонов, повышения перерабатывающих способностей станций и производительности труда без увеличения численности штатного контингента на транспорте. В значительной мере эти задачи могут быть решены на базе внедрения эффективных технических средств автоматизации транспортных процессов, способствующих совершенствованию

технологии выполнения поездной и маневровой работы. Основной функцией системы Маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС) является обеспечение не проезда маневровыми локомотивами светофоров с запрещающими показаниями на станции. Объектом управления системы являются маневровые локомотивы, оборудованные устройствами МАЛС [3].

В структуру МАЛС входит:

- станционное устройство (СУ) связанное с системой ЭЦ на станции и автоматизированное рабочее место (АРМ) управляемое дистанционно дежурным по станции, горке и прочие;
- бортовая аппаратура сигнализации, установленная на локомотиве;
- радиоканал для передачи данных (РПД);
- комплект спутниковой навигации;
- средства контроля и диагностирования системы Система МАЛС передает на локомотив такие команды, как:
 - самостоятельное-автоматизированное торможение и остановку перед запрещающим сигналом светофора;
 - заблаговременное уменьшение скорости движения вблизи предупреждающих показаний и участками пути, на которых производятся станционные работы;
 - автоматический контроль скорости движения по станции, согласно ПТЭ;
 - возможность экстренной остановки локомотива с бортовой аппаратурой сигнализации, с приказа дежурного по станции;
 - разрешение/запрет выезда локомотива на перегон. Данная система обеспечивает:
 - мониторинг параметров и местоположение локомотива;

- маневровое движение по маршруту, не изолированного от поездного движения;
- контроль работы станционных и локомотивных устройств, радиосвязи;
- автоматизированное формирование статистической справки по показателям работы локомотивов (без ручного ввода).

Дежурные по станции посредством АРМ МАЛС контролируют скорость движения и перемещения маневрового локомотива, производится мониторинг экстренных остановок и команд, подаваемых машинистом с использованием бортовой аппаратуры МАЛС [4].

Система МАЛС кроме вышеперечисленного обладает возможностью:

- сбор статических данных, о работе маневрового локомотива с БА МАЛС;
- предусмотрен анализ технологических ситуаций, рассматриваемых в масштабе реального времени совместной работы устройств ЭЦ, РПД, БА МАЛС, машинистов, а также дежурных по станции;
- просмотр в реальном времени электронной скоростемерной ленты.

Данная система позволяет значительно разгрузить работников организации движения поездов. Возрастает автоматизация процесса, а также безопасность движения поездов маневрового порядка. [2]

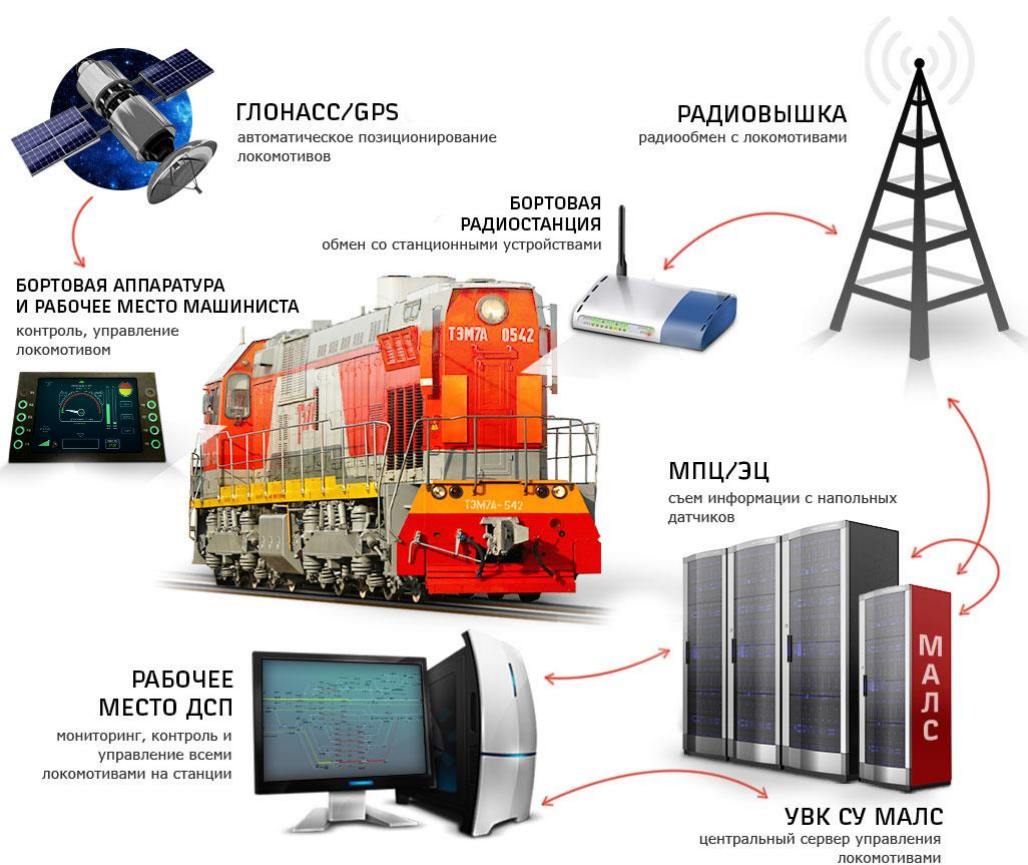


Рисунок 2. Структура технических средств МАЛС

Система МАЛС предназначена для передачи на локомотивные устройства команд, обеспечивающих набор и снижение скорости, экстренное торможение, в том числе обеспечивается выдача команд на:

- автоматическую остановку маневрового локомотива (состава) перед светофором с запрещающим показанием, при скатывании локомотива или при таких типичных ошибках машинистов, как: неправильное восприятие или неправильная интерпретация машинистом команд составителя или дежурного по станции;
- снижение скорости при приближении к светофору с запрещающим показанием или месту проведения работ на станционных путях;

- запрет движения маневрового локомотива по станции со скоростью выше разрешенной ПТЭ, приказом начальника дороги, введенными предупреждениями;
- экстренную остановку маневрового локомотива, оборудованного БА, по приказу дежурного по станции;
- выдачу разрешения или запрета на выезд маневрового локомотива на перегон.

Система обеспечивает:

- 1) контроль местоположения и параметров движения маневрового локомотива;
- 2) проведение маневров по маршрутам, не изолированным от поездного движения, в зоне ЭЦ при движении локомотивом вперед;

3) регистрацию и протоколирование работы локомотивных, станционных устройств и средств радиосвязи.

4) автоматизированное формирование статистической справки по показателям работы локомотивов (без ручного ввода).

Дежурные по станции, диспетчерский и командный персонал через АРМ МАЛС могут контролировать перемещение и скоростные режимы движения маневровых локомотивов, причины экстренной остановки локомотивов, команды задаваемые машинистом с использованием БА МАЛС в пределах зоны контроля системы МАЛС [6].

Литературный обзор

С первых лет появления и развития железных дорог учёные и практики-железнодорожники уделяли значительное внимание совершенствованию маневровой работы на станциях. К середине XX века учеными были выработаны теоретические основы рациональной организации процесса составообразования, которые в дальнейшем легли в основу работ по исследованию вопросов организации маневровых работ на станциях сети железных дорог. Работы многих ученых посвящены разработке автоматизированных систем управления станционными процессами. Статья [4] является логическим продолжением научных исследований, в которых предложено, что для удовлетворения заданных ограничений в задачах маневрового планирования должны быть определены не только заказы работ, но и сроки их выполнения. В статье [5] была описана теория зависимости между вероятностью своевременного выполнения операций и психофизиологического состоянии дежурного по станции. Авторы статьи [6] S.A. Branishtov, D.A. Tumchenok и другие предлагают автоматизированную систему поддержки принятия решений по управлению поездами и маневровой работой, в реальном масштабе времени контролировать вставки в расписания и соответствие; перепланировка поездной и маневровой работы на предстоящие мероприятия с целью минимизации задержки поезда в пути. В статье [7] разработана оптимизационная формулировка и процедура решения для определения емкости железнодорожных станций в отношении оптимального числа маневровых и классификационных операций на узлах железнодорожной сети. Авторы статьи [8] В.В. Журавель и И.Л. Журавель выполнив имитационное моделирование работы станции, на основании его установили основные причины задержек и сложностей в работе. Предложено с целью улучшения показателей функционирования станции усовершенствовать конструкцию путевого развития, что позволит уменьшить продолжительность маневровых передвижений и соответствующие эксплуатационные расходы. В статье [9] в качестве критерия эффективности порядка разбиения поездов использовались

эксплуатационные расходы сортировочной станции, в том числе затраты, связанные с нахождением вагонов и локомотивов на станции и ее подходах, а также затраты, связанные с дополнительными маневровыми работами. С помощью имитационного моделирования получена зависимость, описывающая влияние погрешности прогнозирования прибытия поездов и объемов обрабатываемых вагонов на снижение эксплуатационных затрат сортировочных станций за счет управления порядком расформирования поездов. В исследовании [10] планирование маневровых поездов рассматривается как хороший пример вида планирования, который не поддерживается основным планированием инструментов. Описывается объектно-ориентированный фреймворк и сопутствующая библиотека компонентов проектирования и разработка передовых систем планирования. Предлагается использование библиотеки в целях быстрой разработки прототипа для планирования поддержки шунтирования планирования, включая алгоритмы, ориентированные на задачи и расширенное интерактивное управление.

Результаты

Система МАЛС состоит из:

а) станционных устройств (СУ), увязанных с системами ЭЦ станции и включающих в себя устройства управляющего вычислительного комплекса, контроллер сбора данных (для релейных систем ЭЦ), автоматизированные рабочие места (АРМ) системы (для руководителей станции, дежурных по станции, по горке, маневровых диспетчеров и т.п.);

б) бортовой аппаратуры (БА МАЛС), устанавливаемой на маневровых локомотивах;

в) стационарного и мобильных комплектов оборудования радиоканала передачи данных (РПД);

г) стационарного и мобильных комплектов средств спутниковой навигации (ССН);

д) средств мониторинга системы (для электромехаников СЦБ и машинистов-инструкторов эксплуатационных локомотивных депо) в том числе удалённого.

Перечень подсистем и их назначение:

1 подсистема - устройство станционное маневровой автоматической локомотивной сигнализации (СУ МАЛС), предназначенное для реализации функций и задач системы МАЛС, связанных с повышением безопасности движения при проведении маневровых работ, повышением безопасности при проведении работ на путях, а также с работой ЭЦ, действиями дежурных по станции, маневровых диспетчеров, электромехаников СЦБ и связи.

2 подсистема - аппаратура бортовая маневровой автоматической локомотивной сигнализации (БА МАЛС), предназначенная для приема и обработки данных, передаваемых с СУ МАЛС по каналу радиосвязи, для измерения скорости и направления движения локомотива, а

также отображения необходимой информации для машиниста на экране монитора.

3) подсистема - оборудование сервисное маневровой автоматической локомотивной сигнализации (СО МАЛС), предназначенное для проверки работоспособности, диагностики и выявления дефектов в СУ МАЛС и БА МАЛС.

Требования к способам и средствам связи для информационного обмена:

1) подсистемы СУ МАЛС и БА МАЛС в условиях эксплуатации должны быть связаны между собой только по цифровому радиоканалу связи;

2) подсистема СО МАЛС должна быть связана с подсистемами СУ МАЛС и БА МАЛС по цифровому радиоканалу, а также должна иметь возможность кабельного соединения при проведении работ по проверке работоспособности составных частей системы.

3) частотный диапазон радиостанции цифрового радиоканала должен быть 150 МГц или 460 МГц, в зависимости от региона поставки системы.

Режимы функционирования системы:

1) ручной - работа системы в режиме отображения информации без информационного обмена по цифровому радиоканалу;

2) автономный - работа системы в режиме информационного обмена по цифровому радиоканалу без задания маршрутов;

3) телеуправление - работа системы с реализацией всех заложенных функций [11, 12].

Состав многоканального аппаратно-программного комплекса системы передачи данных маневровой автоматической локомотивной сигнализации показан на рисунке 3.

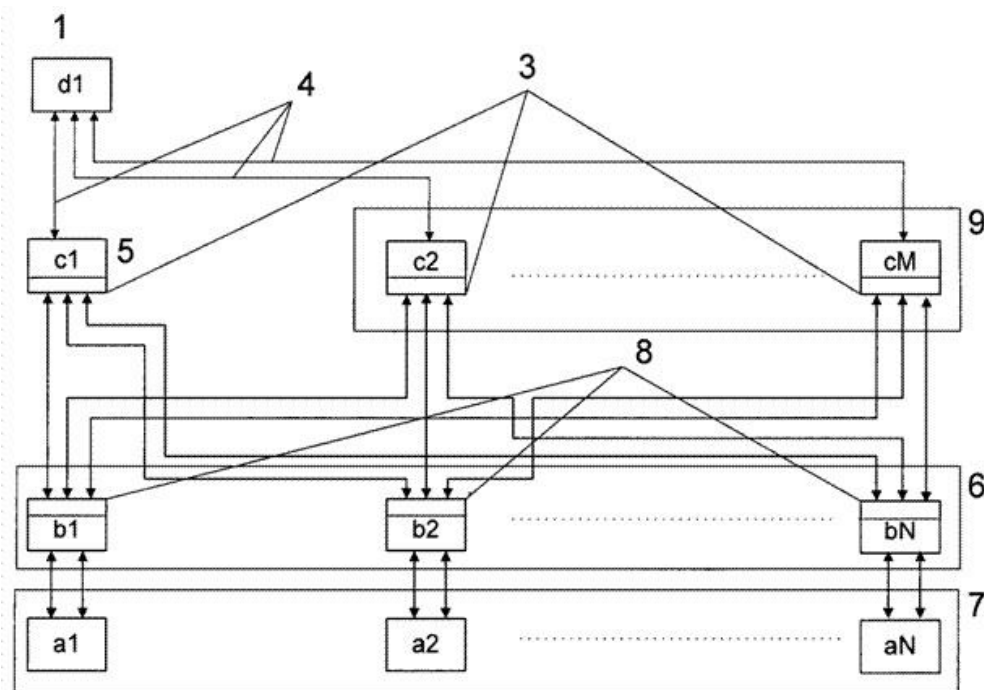


Рисунок 3. Состав многоканального аппаратно-программного комплекса системы передачи данных маневровой автоматической локомотивной сигнализации

Где 1 - размещенное на железнодорожной станции станционное устройство, соединенное по кабельным линиям связи - 4, со станционным комплектом радиооборудования - 5, включающим станционный радиомодем - 3, связанный по радиоканалу с бортовыми комплектами радиооборудования - 6, включающими бортовые радиомодемы - 8, соединенные с бортовой аппаратурой МАЛС - 7. По всей зоне контроля

системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации установлены дополнительные станционные комплекты радиооборудования - 9, подключенные по кабельным линиям связи - 4 к станционному устройству - 1 и по радиоканалам к бортовым комплектам радиооборудования - 6.

Схема процедуры регистрации локомотива в частотном канале показана на рисунке 4.

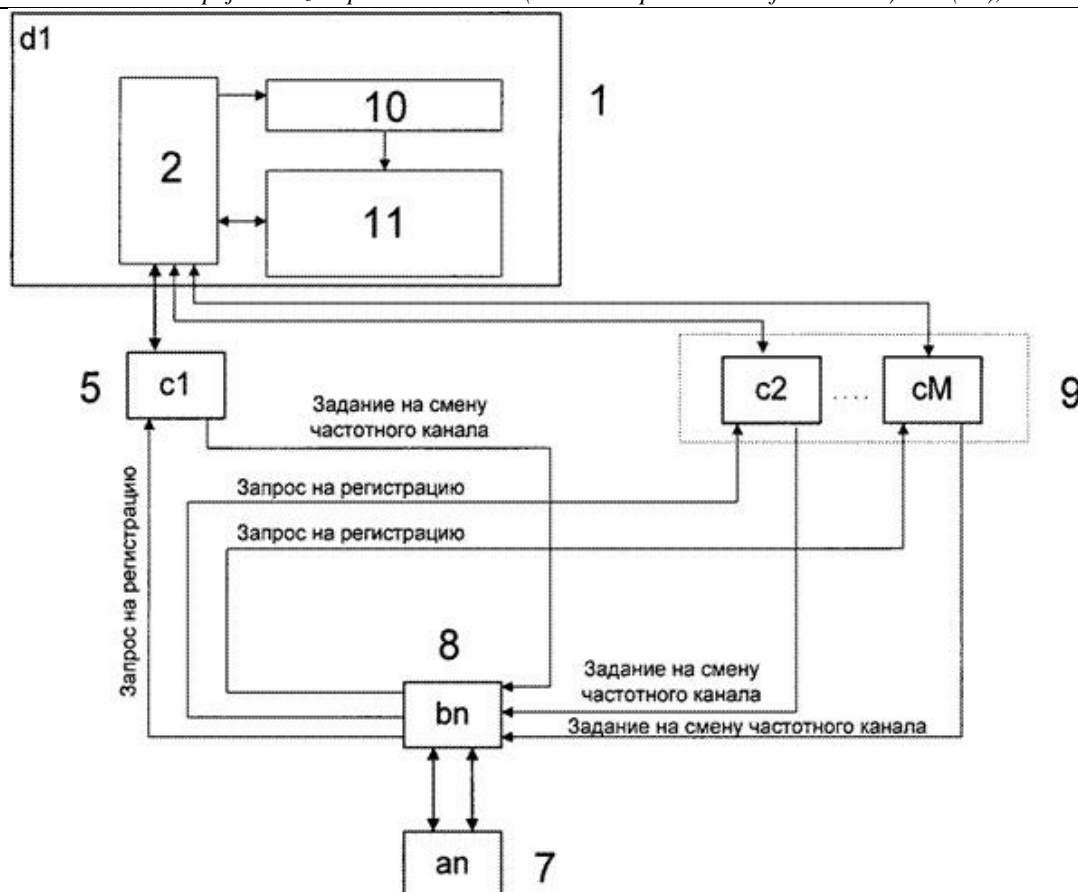


Рисунок 4. Процедура регистрации локомотива в частотном канале

При этом станционное устройство - 1 включает управляющий вычислительный комплекс - 2, а также модуль регистрации размещения локомотивов - 10 и модуль счетчика распределения локомотивов по частотным каналам - 11. Выход модуля счетчика распределения локомотивов по частотным каналам соединен с управляющим вычислительным комплексом - 2, который

соединен с входом модуля регистрации размещения локомотивов, к выходу которого подключен модуль счетчика распределения локомотивов по частотным каналам [13].

Блок-схема алгоритма выбора частотного канала аппаратно-программного комплекса системы передачи данных МАЛС показана на рисунке 5.

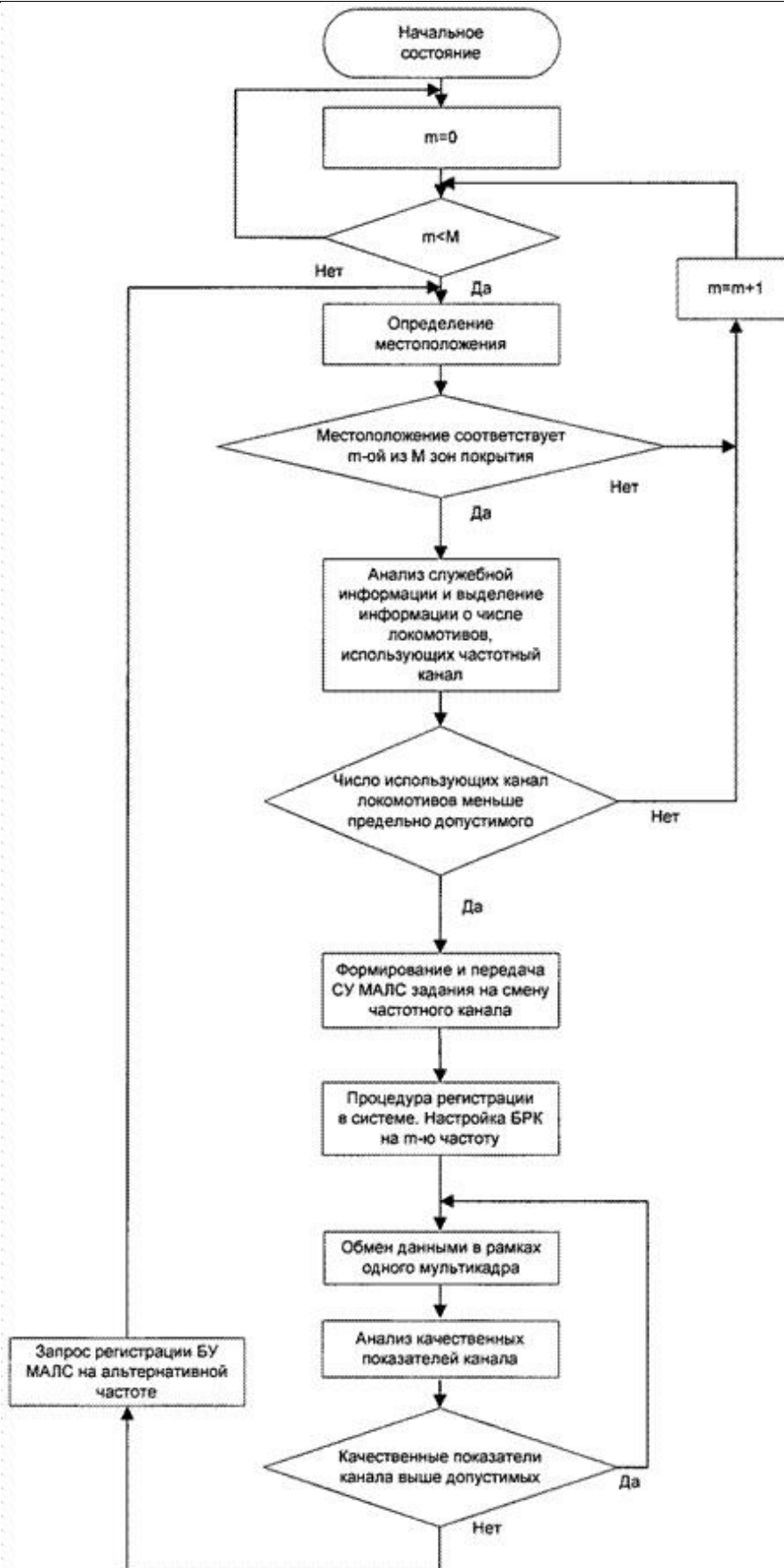


Рисунок 5. Блок-схема алгоритма выбора частотного канала аппаратно-программного комплекса системы передачи данных МАЛС

Алгоритм выбора частотного канала (АВЧК) выполняется вычислительными средствами СУ МАЛС и БА МАЛС. АВЧК использует следующую априорную информацию:

- геометрические параметры зон радиопокрытия, создаваемые М СКР, существующих на станции;
- набор всех числом М значений рабочих частот СКР, используемых на станции;
- местоположение локомотива на плане зоны контроля и управления;
- максимально допустимое число обслуживаемых в одном частотном канале локомотивов;
- допустимый уровень вероятности битовой ошибки;
- допустимый уровень пакетной ошибки.

Геометрические параметры зон радиопокрытия представляют собой координатно-зависимую функцию, определяющую положение границ зон радиопокрытия на плане зоны контроля и управления системы МАЛС в пределах станции и на подъездных путях.

Набор всех значений рабочих частот представляет собой матрицу соответствия значений рабочих частот и номеров зон радиопокрытия в пределах зоны контроля и управления системы МАЛС [14].

Алгоритм выбора частоты основан на следующих основных критериях:

- позиция локомотива в зоне контроля и управления системы МАЛС;
- наличие свободного ресурса в частотном канале;
- качественные показатели канала.

Критерий выбора частотного канала по позиции локомотива в зоне контроля и управления системы МАЛС основан на использовании приемников сигналов спутниковой навигации, устанавливаемых на локомотиве, и априорной информации о геометрических параметрах зон радиопокрытия от всех СКР.

Критерий наличия свободного ресурса в канале основан на анализе служебной информации АПК СПД МАЛС, передаваемой во временных интервалах типа DL1.

Критерий качественных показателей канала основан на определении и сравнении с допустимыми значениями уровней вероятности битовой и пакетной ошибок в канале. Уровень битовой ошибки определяется посредством диагностических сообщений от БКР 6, передаваемых в информационном потоке ИПЗ. Уровень битовой ошибки определяется посредством использования помехоустойчивого кода, который кроме исправления ошибок обеспечивает и вычисление числа ошибок в пакете. Уровень пакетной ошибки определяется посредством анализа числа утраченных или поврежденных до степени невозможности восстановления пакетов. Для определения числа утраченных пакетов используется анализ служебной информации. Критериями утраты пакета являются следующие события:

- отсутствие ответа на запрос регистрации в системе;
- отсутствие в данных от СУ МАЛС, предназначенных для БА МАЛС, квитанции о приеме предыдущего пакета.

На рисунке 6 представлена структурная схема радиомодемов. Использование такого радиомодема позволяет увеличить скорость передачи информации 19200 бит, обеспечить возможность дистанционного управления радиомодемом. При этом диагностика радиомодема может быть осуществлена как локально, так и удаленно по радиоканалу, а передача данных может быть осуществлена с исправляющим кодированием (помехоустойчивое кодирование).

COM порт RS-232 предназначен для приема и передачи данных по радиоканалу и обеспечивает подачу питания. COM порт RS 485-422 также предназначен для приема и передачи данных. Если прием и передача данных осуществляется через COM порт RS 485-422, то через COM порт RS 232 С подается только питание.

Setup порт RS-232 предназначен для конфигурирования и диагностики радиомодема локально. Ethernet порт обеспечивает доступ для дистанционного управления и передачи диагностических данных [15].

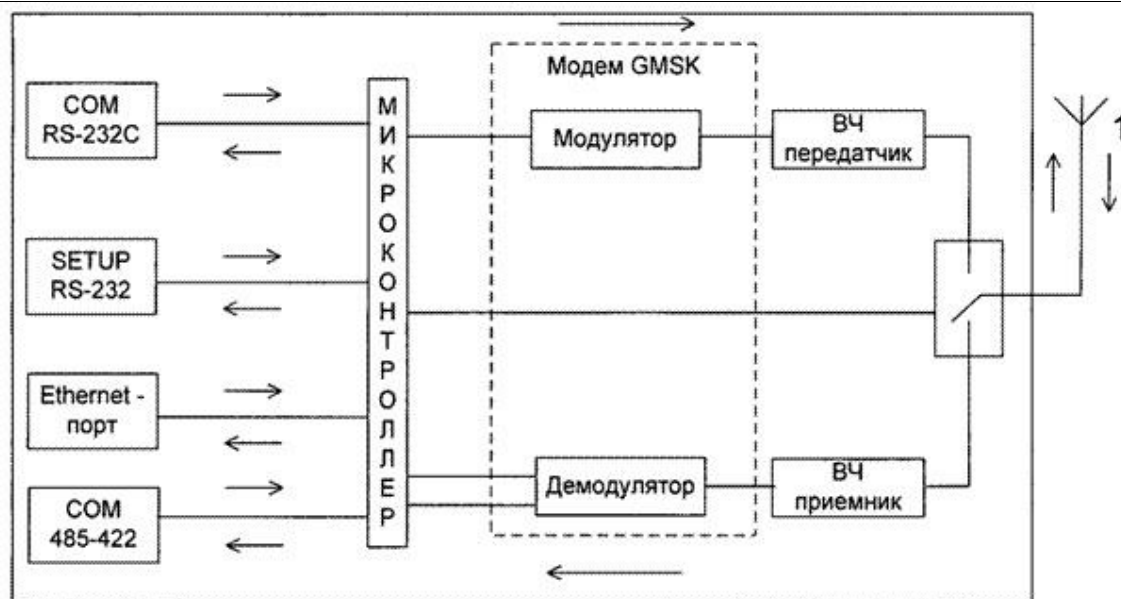


Рисунок 6. Структурная схема радиомодемов

Микроконтроллер (12) обеспечивает:

- помехоустойчивое кодирование;
- добавление контрольной суммы;
- выгрузку дистанционных сообщений;
- осуществляет анализ качества радиоканала;
- выполняет функции синхронизации в сети;
- управляет выходным коммутатором, переключая тракт в режим приема или передачи информации и т.д.

Модулятор осуществляет GMSK модуляцию сформированного на передачу сигнала. ВЧ-передатчик усиливает модулированный сигнал и передает в коммутатор. Коммутатор при этом переключен в режим передачи микроконтроллером. Далее сигнал поступает в антенно-фидерный тракт.

В процессе приема сигнала коммутатор переключается микроконтроллером в режим приема. Принимаемый сигнал поступает на вход ВЧ-приемника, где осуществляется усиление и двойной перенос сигнала на промежуточные частоты. Демодулятор осуществляет выделение импульсного сигнала из входного модулированного GMSK сигнала. Далее сигнал поступает в микроконтроллер, где осуществляется его декодирование и исправление ошибок, сверка контрольной суммы. Полученный информационный сигнал через COM порт RS-232, COM порт RS 485-422 или Ethernet порт передается в СУ 1 МАЛС.

Требуемый объем передачи данных с заданным временем восприятия в СПД МАЛС обеспечивается изменением способа организации обмена между стационарными и бортовыми устройствами СПД МАЛС. СУ 1 МАЛС (d1) и стационарные комплекты радиооборудования СКР (с1...сМ) работают циклически и параллельно, но каждый стационарный СКР передает телеграмму и принимает ответ только тех бортовых комплектов радиооборудования БКР, которые

зарегистрированы в данном радиоканале (на данной частоте), а также принимает заявки от БА МАЛС на регистрацию в данном канале.

Таким образом, происходит процесс перераспределения потоков команд от СКР и потока ответов от БКР между частотными каналами, что позволяет получить следующие преимущества при использовании диапазона 160 МГц:

- сокращение временного цикла обмена между постовыми и бортовыми устройствами МАЛС и СПД МАЛС;

- увеличение пропускной способности для каждого БА МАЛС, что позволяет применять точные методы спутникового позиционирования, передавать в СУ МАЛС диагностическую информацию;

- повышение помехоустойчивости СПД МАЛС за счет возможности перехода на альтернативный частотный канал с меньшей нагрузкой и лучшей помеховой обстановкой;

- расширение числа абонентов сети СПД МАЛС, в том числе для дистанционного управления локомотивами с пультов составителей.

Алгоритм выбора частотного диапазона в СПД МАЛС учитывает три критерия:

- местоположение локомотива определяет первоначальный перечень частотных каналов, на которых данному локомотиву целесообразно регистрироваться;

- загрузка данного частотного канала (не более 6 БКР);

- качество связи в данном частотном канале.

Таким образом, каждый СКР в служебной части телеграммы выделяет короткие временные интервалы (слоты) для адресов, зарегистрированных в канале БКР, и запроса на регистрацию новых БКР. Каждый БКР настраивается на определенный канал, указанный в задании на смену частотного канала в телеграмме

СУ МАЛС, сформированной по результатам позиционирования локомотива. После приема и анализа телеграммы от СУ МАЛС, БА МАЛС посылает в выделенном ему слоте заявку на регистрацию в данном канале. Если в следующем цикле обмена его адрес в служебной части телеграммы СУ МАЛС находится в перечне зарегистрированных БКР, то выполняется процедура приема телеграммы с маршрутным заданием и передачи контрольной информации. В последующем процессе радиообмена БА МАЛС анализирует качественные показатели текущего частотного канала, что обеспечивает своевременный выбор альтернативного частотного канала согласно описанным выше критериям.

Обсуждение

Эффективность системы передачи данных маневровой автоматической сигнализации для крупных железнодорожных станций обеспечивается посредством следующих функций:

- увеличение суммарной пропускной способности системы передачи данных посредством распределения информационных потоков между СУ МАЛС и БА МАЛС в нескольких частотных каналах;

- уменьшение времени выбора альтернативного частотного канала посредством использования информации о местоположении локомотива;

- повышение целостности передаваемых данных посредством внедрения помехоустойчивого кодирования, анализа местоположения локомотива и качественных показателей текущего частотного канала, что обеспечивает своевременный выбор альтернативного частотного канала;

- повышение эффективности использования пропускной способности системы посредством передачи маршрутных заданий только для зарегистрированных в данном частотном канале БА МАЛС [16].

Заключение

Внедрение системы МАЛС и оптимизация выбора очередности маневровых и поездных маршрутов на станции «Алматы 1» обеспечивает:

- безопасность движения;
- сокращение рисков вреда станционных перегонов;

- сокращение рисков влияния человеческого фактора на управление маневровым локомотивом;

- благодаря спутниковым технологиям управления появляется возможность автоматизированного планирования работ.

- уменьшение времени простоя транзитных поездов с переработкой;

- увеличение перерабатывающей способности станции.

Система МАЛС имеет широкие возможности для применения и дальнейшего развития беспилотных технологий управления железнодорожным подвижным составом при осуществлении маневров на станциях при

безусловном выполнении требований безопасности движения.

Список литературы:

1. Зябиров Х.Ш., Шаров В.А. (2004). Оптимизация эксплуатационной работы и обеспечение безопасности перевозок. Железнодорожный транспорт, №1,

2. Журнал «Гудок» Система МАЛС не даст проехать на красный. Выпуск №207 (25646) 20.11.2014 г.

3. «Железнодорожные станции и узлы» учебник/ В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. – М.: УМЦ ЖДТ, 2014.

4. Tomii, N., Zhou, L. J., & Fukumura, N. (2017). An Algorithm for Shunting Scheduling Problems combining Probabilistic Local Search and PERT. IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 119(3), 289–295. https://doi.org/10.1541/ieejieiss1987.119.3_289

5. Zmii, S., Siroklyn, I., Dudin, O., & Nikolajevs, A. (2019). Operations simulating of station duty officer in the case of breakdown in control system. Procedia Computer Science, 149, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.105>

6. Branishtov, S. A., Tumchenok, D. A., Shirvanyan, A. M., & Vershinin, Y. A. (2016). Automated traffic control system in railways. Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2015, 1–5. <https://doi.org/10.1109/MEACS.2015.7414880>

7. Javadian, N., Sayarshad, H. R., & Najafi, S. (2011). Using simulated annealing for determination of the capacity of yard stations in a railway industry. Applied Soft Computing Journal, 11(2), 1899–1907. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.06.006>

8. Журавель, В. В., & Журавель, И. Л. (2015). Improvement of the industrial station design for better performance. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(3(74)), 61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40402>

9. BARDAS, O., SKOVRON, I., DEMCHENKO, Y., & DOROSH, A. (2017). Research of Traffic Prediction Accuracy Influence on the Effectiveness of Trains Breaking-Up Order Control. Transport Problems, 12(1), 151–158. <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.14>

10. Fransoo, J. C., Wäfler, T., & Wilson, J. R. (2011). Behavioral operations in planning and scheduling. Behavioral Operations in Planning and Scheduling, 1–471. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13382-4>

11. Морозов В.Н. Перспективные направления внедрения спутниковых технологий // "Железнодорожный транспорт" - М.-№9.-2009 г.-С. 16-17

12. Поплавский А.А. Автоматизированная система управления перевозочным процессом железнодорожного транспорта в оперативном режиме (сетевой и региональный уровни) // М.: Интекст. - 2008. - 212 с.

13. Зорин В.И. Системы обеспечения безопасности движения подвижного состава нового поколения // Евразия Вести.- М.: 2008.-№7.-8 с
14. О.О. Гренкевич. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук //2004. -5-10 с.
15. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан. Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте // 2011 г.
16. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира // под ред. Г. Теера, С. Власенко.- М.: Интекст, 2010.-496 с.
17. Уманский В.И. Основные принципы построения автоматизированной системы управления маневровой работой на основе данных о навигационном позиционировании локомотивов // Вестник РГУПС - Научно-технический журнал-Р.-н.-Д.: 2009. - №4-С. 112-121.
18. Каинов В.М. Направление развития современных средств ЖАТ // М.: "Автоматика, связь, информатика".- 2004.-№6-С.2-3.
19. Уманский В.И. Создание автоматизированной системы управления маневровыми и поездными маршрутами на станциях.// // Железнодорожный транспорт-М.: 2011-№ 11 - С.
20. TOMII, N., FUKUMURA, N., & Jian ZHOU, L. (2001). Development of Station Shunting Scheduling Algorithm. Quarterly Report of RTRI, 42(4), 190–194. <https://doi.org/10.2219/rtriqr.42.190>