|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| акционерное общество  **«Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодороном транспорте»**  **АО «НИИАС»**   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  | УТВЕРЖДАЮ | |  |  | Заместитель генерального директора | |  |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Замышляев А.М.  \_\_\_\_. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. 2020 г |   **ОТЧЁТ О РЕЗУЛЬТАТАХ  Построения имитационной модели Филёвской линии  ГУП «Московский метрополитен» и моделирования работы системы автоматики и телемеханики движения поездов с различным числом поездов на основании математического расчета**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  на \_\_\_\_ листах   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  | Начальник отделения \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  АО «НИИАС» | |  |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Гургенидзе И.Р.  \_\_\_\_. \_\_\_\_. 2020 | |  |  |

МОСКВА 2020 г.

Оглавление

[Введение 5](#_Toc57291613)

[1. Принципы моделирования, описание системы ИСУЖТ ТС и проведенной работы по подготовке модели Филёвской линии, полное описание модели 6](#_Toc57291614)

[1.1. График исполненного движения 9](#_Toc57291615)

[1.2. Динамическая мнемосхема станции 10](#_Toc57291616)

[2. Моделирование работы в условиях действующей системы интервального регулирования движения поездов на основе автоблокировки; 12](#_Toc57291617)

[2.1. Исходные данные 12](#_Toc57291618)

[2.2. Аналитическая оценка результатов расчётов 12](#_Toc57291619)

[2.2.1. Оценка пропускной способности линии 12](#_Toc57291620)

[2.2.2. Минимальные реализуемые интервалы движения поездов 13](#_Toc57291621)

[2.3. Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы 13](#_Toc57291622)

[2.3.1. Человек или посторонний предмет на пути 14](#_Toc57291623)

[2.3.2. Потеря управления подвижным составом 18](#_Toc57291624)

[2.3.3. Заклинивание колесных пар 22](#_Toc57291625)

[2.3.4. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия 24](#_Toc57291626)

[2.3.5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка) 27](#_Toc57291627)

[2.4. Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов 31](#_Toc57291628)

[3. Моделирование работы в условиях планируемой к внедрению системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) в качестве основного типа сигнализации 33](#_Toc57291629)

[3.1. Исходные данные 33](#_Toc57291630)

[3.2. Аналитическая оценка результатов расчётов 33](#_Toc57291631)

[3.2.1. Оценка пропускной способности линии (максимальная реализуемая парность поездов в час при моделировании) 33](#_Toc57291632)

[3.2.2. Минимальные реализуемые интервалы движения поездов 33](#_Toc57291633)

[3.3. Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы 34](#_Toc57291634)

[3.3.1. Человек или посторонний предмет на пути 34](#_Toc57291635)

[3.3.2. Потеря управления подвижным составом 36](#_Toc57291636)

[3.3.3. Заклинивание колесных пар 39](#_Toc57291637)

[3.3.4. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия 41](#_Toc57291638)

[3.3.5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка) 41](#_Toc57291639)

[3.4. Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов 44](#_Toc57291640)

[4. Моделирование работы в условиях использования в зарубежных метрополитенах системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы 47](#_Toc57291641)

[4.1. Исходные данные 47](#_Toc57291642)

[4.2. Аналитическая оценка результатов расчётов 47](#_Toc57291643)

[4.2.1. Оценка пропускной способности линии 47](#_Toc57291644)

[4.2.2. Минимальные реализуемые интервалы движения поездов 47](#_Toc57291645)

[4.3. Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы 48](#_Toc57291646)

[4.3.1. Человек или посторонний предмет на пути 48](#_Toc57291647)

[4.3.2. Потеря управления подвижным составом 49](#_Toc57291648)

[4.3.3. Заклинивание колесных пар 50](#_Toc57291649)

[4.3.4. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия 51](#_Toc57291650)

[4.3.5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка) 51](#_Toc57291651)

[4.4. Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов 54](#_Toc57291652)

[5. Оценка элементов инфраструктуры Филёвской линии, ограничивающих пропускную способность 57](#_Toc57291653)

[5.1. Наличие постоянно действующих ограничений инфраструктуры 57](#_Toc57291654)

[5.2. Необеспечение требуемого межпоездного интервала устройствами СЦБ 58](#_Toc57291655)

[5.3. Взаимное расположение платформ остановочных пунктов и рельсовых цепей 58](#_Toc57291656)

[5.4. Враждебность передвижений 59](#_Toc57291657)

[5.5. Профиль пути 60](#_Toc57291658)

[5.6. Недостаточная емкость путей станций отстоя/оборота составов поездов 61](#_Toc57291659)

[5.7. Топология Филёвской линии 61](#_Toc57291660)

[6. Сравнительная таблица показателей работы рассмотренных систем сигнализации 63](#_Toc57291661)

[7. Рекомендации по совершенствованию технологии управления 66](#_Toc57291662)

[Приложение №1. Графики исполненного движения поездов 67](#_Toc57291663)

[Приложение №2. Рекомендации по совершенствованию технологии управления 68](#_Toc57291664)

[Приложение №3. Перечень использованных исходных данных 69](#_Toc57291665)

[Приложение №4. Видеоматериалы, отображающие работу линии в динамике 71](#_Toc57291666)

# **Введение**

В настоящем документе представлены результаты моделирования работы Филёвской линии ГУП «Московский метрополитен» в условиях действующей системы интервального регулирования движения поездов на основе автоблокировки, в условиях планируемой к внедрению системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) в качестве основного типа сигнализации, а также в условиях использования перспективной системы интервального регулирования – системы используемой в зарубежных метрополитенах системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы.

1. **Принципы моделирования, описание системы ИСУЖТ ТС и проведенной работы по подготовке модели Филёвской линии, полное описание модели**

Имитационное моделирование работы Филёвской линии ГУП «Московский метрополитен» производилось на программном комплексе Моделирования технологии организации движения поездов.

Данный программный комплекс предназначен для:

воспроизведения технологии работы станции/участка на заданные условия;

анализа работы станции/участка в условиях заданных инфраструктурных и кадровых ресурсов, технологии, объемов и структуры поездо- и вагонопотоков;

выявления «узких» мест по всему взаимоувязанному комплексу станции/участка;

формирования и оценки вариантов развития существующего состояния инфраструктуры и численности кадрового состава станции/участка, вариантов изменения технологии работы.

В основе программного комплекса лежит метод имитационного моделирования работы станции/участка. Процесс расчета представляет собой максимально приближенное к реальности моделирование работы станции/участка с учетом местных технологических особенностей непосредственно на цифровой модели станции/участка.

Для воспроизведения технологии работы Филёвской линии ГУП «Московский метрополитен» на заданные условия создана цифровая модель участка, включающая в себя комплекс исходных данных: техническое оснащение Филёвской линии ГУП «Московский метрополитен»; размеры движения поездов по участку, наличие постоянно действующих ограничений инфраструктуры, необеспечения требуемого межпоездного интервала устройствами СЦБ; взаимного расположения платформ остановочных пунктов и рельсовых цепей; профиля пути. Для воспроизведения технологии работы Филёвской линии на заданные условия создана цифровая модель участка, включающая в себя комплекс исходных данных: техническое оснащение Филёвской линии; технология работы станций, входящих в состав Филёвской линии; размеры движения поездов по участку.

Структурная схема цифровой модели Филёвской линии представлена на   
рисунках (Рисунок 1, Рисунок 2)

Детализация учета параметров в процессе имитационного моделирования отображен на Рисунок 3. Выходные отчетные формы по итогам имитационного моделирования представлены на Рисунок 4.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 1– Структурная схема цифровой модели Филёвской линии

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 2 – Структурная схема цифровой модели Филёвской линии

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 3 – Детализация учета параметров в процессе имитационного моделирования Филёвской линии

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 4 – Выходные формы по итогам имитационного моделирования

Для оценки результатов имитационного моделирования движения поездов на Филёвской линии при различных системах интервального регулирования используется две основные выходные формы отчетности системы моделирования работы станций.

## **График исполненного движения**

График исполненного движения имеет следующий вид (Рисунок 5):

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 5 - Пример графика исполненного движения

Слева отображается список станций, перегонов между ними. Список разделен на два участка линии – Александровский Сад – Кунцевская, Александровский Сад – Международная.

* 1. **Динамическая мнемосхема станции**

Процесс моделирования работы станции (движения поездов) в динамическом режиме отображается на мнемосхеме станции (воспроизводится непосредственно в программном обеспечении Комплекса МСУ)

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 6 - Фрагмент динамической мнемосхемы в процессе имитационного моделирования

В отчете представлены выборочные фрагменты состояния устройств ЖАТ линии в моменты приема/отправления/проследования поездов.

1. **Моделирование работы в условиях действующей системы интервального регулирования движения поездов на основе автоблокировки;**
   1. **Исходные данные**

Исходные данные для создания цифровой модели Филёвской линии:

* Схемы путевого развития станций и перегонов;
* Схемы расположения оборудования и кабельные планы станций и прилегающих перегонов;
* Характеристика действующих устройств сигнализации, централизации и блокировки;
* Продольные профили путей;
* Расположение и характеристика стрелочных переводов;
* Данные о действующих допускаемых скоростях движения и существующих ограничениях;
* Порядок производства работ при нарушения нормальной работы устройств.

Использование указанных данных при построении цифровой модели участка позволило учесть все аспекты движения поездов на станциях и перегонах, принципы взаимозависимости устройств СЦБ, влияние продольного профиля и действующих ограничений скорости на тяговые кривые.

Перечень всех использованных документов приведен в приложении №3.

* 1. **Аналитическая оценка результатов расчётов**

Результаты имитационного моделирования в условиях действующей системы интервального регулирования движения поездов на основе автоблокировки позволяют оценить текущие возможности пропуска электропоездов на линии и определить резервы без модернизации существующих устройств СЦБ.

* + 1. **Оценка пропускной способности линии**

Максимальная реализуемая парность поездов в час при моделировании в условиях действующей системы интервального регулирования движения поездов на основе автоблокировки составляет 30 пар поездов в час пик на участке Александровский Сад – Киевская, 15 пар поездов в час пик на участках Киевская – Кунцевская и Киевская – Международная. График движения поездов, построенный в результате имитационного моделирования, отображен в приложении №1 и соответствует нормативному.

* + 1. **Минимальные реализуемые интервалы движения поездов**

Согласно проведенному моделированию, минимально реализуемыми интервалами движения поездов являются установленные текущим нормативным графиком движения поездов – 4 минуты в час пик.

* 1. **Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы**

В процессе имитационного моделирования реализованы следующие сценарии нарушения нормальной работы:

* Человек или посторонний предмет на пути;
* Потеря управления подвижным составом;
* Заклинивание колесных пар;
* Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия;
* Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка).

Порядок устранения неисправностей определен исходя из нормативной документации:

Правила технической эксплуатации метрополитена в городе Москве, утвержденные постановлением Правительства Москвы от 28 апреля 2020 г.   
№468-ПП;

Инструкция по движению поездов и маневровой работе на метрополитенах Российской Федерации;

Порядок действий работников метрополитена при падении человека на путь, утвержденный приказом ГУП «Московский метрополитен» от 7 августа 2015 г. №800;

Инструкция О порядке снятия и подачи напряжения на контактный рельс линий Московского метрополитена, утвержденная приказом ГУП «Московский метрополитен» от 9 июля 2015 г. №705;

Инструкция О порядке действий работников метрополитена и сотрудников полиции УВД на ММ ГУ МВД России по г. Москве при обнаружении бесхозяйного предмета на территории метрополитена, утвержденная приказом от 18 июля   
2017 г. №755/574

Инструкция О порядке действий машиниста по выходу из случаев неисправностей на электроподвижном составе, устройствах и сооружениях метрополитена, утвержденная указанием от 27 февраля 2010 г. №130;

Типовая инструкция о порядке действий машиниста при возникновении неисправностей на составах, состоящих из вагонов модели 81-765\766\767 и их модификаций, утвержденная распоряжением от 28 марта 2018 г. №УД-09-550\18;

* + 1. **Человек или посторонний предмет на пути**

За основу имитации нарушения нормальной работы – наличия человека или постороннего предмета на пути принято возникновение случая в границах станции Киевская, II гл. путь (в сторону метромоста).

При моделировании случая принято наличие (падение) человека на пути при условии остановки электропоезда в пределах станции Киевская. Пострадавший оказался на пути станции в пределах пассажирской платформы и не может самостоятельного передвигаться, дежурный по станции, дает заявку поездному диспетчеру на снятие напряжения с контактного рельса. Установленным порядком дежурный по станции спускается с платформы на путь и устанавливает переносное заземление (закоротку). Далее, с помощью других работников метрополитена, сотрудников полиции УВД на Московском метрополитене, сотрудников подразделений МЧС или пассажиров, не допуская последних на путь, происходит поднятие пассажира на платформу или, по возможности, вывод его по лестнице, находящейся в торце пассажирской платформы. После вывода пострадавшего с путей, снятия закоротки и дежурный по станции запрашивает подачу напряжения на контактный рельс.

На данные мероприятия, с учетом остановки состава на станции, при моделировании заложен простой в 10 минут.

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем прибытия на станцию Киевская в 7 час. 41 мин. На рисунке (Рисунок 7) отражен простой электропоезда в 10 минут перед станцией Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 7 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №44, с временем отправления 7 час. 42 мин. был отправлен со станции Киевская в 7 час. 52 мин.

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Увеличены стоянки поездов № 46, 48, 50, 52, 56, 58, 62 на станциях от Кунцевской до Александровского Сада.

Поезд №54 со станции Кунцевская отправлен до станции Багратионовская с последующей уборкой в депо.

Увеличены стоянки поездов № 33, 35, 37, 39, 41 на станциях от Александровского Сада до Кунцевской.

На нитку поезда № 49 состав выдан из депо (от поезда №54) на станцию Багратионовская.

Увеличены стоянки поездов № 1729, 1730 на станциях Александровский Сад, Арбатская.

Увеличены стоянки поездов № 1732, 1734, 1736, 1723, 1725, 1744 на станциях от Киевской до Международной.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 36 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 31, прибытием на станцию Кунцевская в 7 часов 45 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 49, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 21 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 22 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 39, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 43 минуты.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 1737, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 5 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 53 минуты.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 42, прибытием в 7 часов 37 минут

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 68, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 30 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 16 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1728, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 42 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1736, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 58 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 17 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1723бис, прибытием на станцию Международная в 7 часов 44 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1731, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 01 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 22 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1730, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 39 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1736, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 01 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* + 1. **Потеря управления подвижным составом**

За основу имитации нарушения нормальной работы – потери управления подвижным составом принято возникновение случая на перегоне станция Киевская – станция Смоленская II гл. путь (на метромосту).

При моделировании случая принята задержка электропоезда на перегоне станция Киевская – станция Смоленская II гл. путь продолжительностью 16 минут.

В данную продолжительность заложено:

время на попытку восстановления управления машинистом поезда – 5 минут,

время на передачу приказа диспетчером машинисту вслед идущего поезда о необходимости высадки пассажиров и следовании вспомогательным поездом, время на следование вспомогательного поезда к поезду, потерявшему управление, сцепление, проведение сокращенной проверки пневматических тормозов –   
11 минут.

следование сцепа до станции для высадки пассажиров со скоростью не более   
20 км/ч – 4 минуты.

Далее моделированием заложено следование сцепа со скоростью не более   
20 км/ч до станции Александровский Сад для уборки сцепа с главных путей за сигнал АС-302М.

Следом идущий поезд в четном направлении – поезд №46 производит высадку пассажиров на станции Киевская и отправляется на перегон за поездом №1732 с целью освобождения II пути станции Киевская. На станции Смоленская осуществляется посадка пассажиров в данный поезд.

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем отправления со станции Киевская в 7. час. 43 минуты. На рисунке (Рисунок 8) отражен простой электропоезда, с учетом прицепки вспомогательного поезда, в 16 минут на перегоне станция Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 8 – фрагмент исполненного графика движения поездов

На рисунке (Рисунок 9) приведен фрагмент динамической мнемосхемы в момент сцепления поездов №44 и №1732 на перегоне Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 9 – фрагмент динамической мнемосхемы. Прицепка вспомогательного поезда

После уборки сцепа за сигнал АС-302М происходит его отстой для уборки в депо в ночное время (Рисунок 10).

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 10 – фрагмент динамической мнемосхемы. Уборка неисправного состава

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Увеличены стоянки поездов № 46, 48, 50, 52, 54, 58, 62, 66, 70 на станциях от Кунцевской до Александровского Сада.

Увеличены стоянки поездов № 35, 37, 39, 41, 45, 47 на станциях от Александровского Сада до Кунцевской.

На нитку поезда № 76 состав выдан из депо на станцию Фили, на нитку поезда № 88 состав выдан из депо на станцию Багратионовская.

Увеличены стоянки поездов № 45, 46, 1738, 1737 на станциях от Киевской до Александровского Сада.

Увеличены стоянки поездов № 1734, 1736, 1738, 1740, 1742, 1748, 1750, 1754, 1756, 1729, 1733 на станциях от Киевской до Международной.

Поезд № 1734 направлен под оборот поезда № 1733 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 1736 направлен под оборот поезда № 1743 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 48 направлен под оборот поезда №47 через станционные тупики станции Киевская.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 72 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 33, прибытием на станцию Кунцевская в 7 часов 52 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 69, прибытием на станцию Кунцевская в 9 часов 04 минуты, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 55 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1729, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 50 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 1755, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 45 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 89 минут.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 44, прибытием в 7 часов 41 минут

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 86, прибытием на станцию Киевская в 9 часов 10 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 93 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1730, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 46 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1776, прибытием на станцию Александровский Сад в 9 часов 19 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 45 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1723бис, прибытием на станцию Международная в 7 часов 44 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1743, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 29 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 40 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1734, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 48 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1754, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 28 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* + 1. **Заклинивание колесных пар**

За основу имитации нарушения нормальной работы – заклинивания колесных пар принято возникновение случая в границах станции Студенческая   
на I главном пути.

При моделировании случая принята задержка электропоезда на станции Студенческая и дальнейшее его следование в депо с уменьшенной скоростью продолжительностью 30 минут.

В данную продолжительность заложено:

время на сообщение диспетчеру о заклинивании колесной пары, затормаживание состава – 2 минуты;

определение возможности дальнейшего следования, доклад поездному диспетчеру и вызов на поезд машиниста-инструктора – 10 минут.

Далее при моделировании заложено следование поезда со скоростью не более 10 км/ч до станции Багратионовская для разворота электродепо «Фили» для уборки состава с главных путей.

Для данного сценария выбран поезд № 45 с временем отправления со станции Студенческая в 7 час. 58 мин. На рисунке (Рисунок 11) отражен простой электропоезда в 12 минут на станции Студенческая I главном пути.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 11 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №45, с временем отправления 7 час. 58 мин. был отправлен со станции Студенческая в 8 час. 10 мин.

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Установлен оборот через станционные тупики станции Киевская для поездов №47 (под № 56), №49 (под №60), №51 (под №64), №55 (под №68), №63 (под №74), №65 (под №80), №71 (под №84).

Увеличены стоянки поездов № 56, 58, 60, 62, 70, 74, 80 на станциях от Кунцевской до Александровского Сада.

Увеличены стоянки поездов № 53, 57, 61, 67 на станциях от Александровского Сада до Кунцевской.

На нитку поезда № 51 состав выдан из депо на станцию Багратионовская (для оборота под поезд №74).

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 68 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 39, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 01 минуту.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 73, прибытием на станцию Кунцевская в 9 часов 09 минуты, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 64 минуты.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 54, прибытием в 8 часов 02 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 86, прибытием на станцию Киевская в 9 часов 06 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

На участке Александровский Сад - Киевская в четном и нечетном направлениях интервал следования поездов в результате возникновения данной неисправности не изменен.

На участке Киевская – Международная в четном и нечетном направлениях интервал следования поездов в результате возникновения данной неисправности не изменен.

* + 1. **Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия**

За основу имитации нарушения нормальной работы – проезда запрещающего сигнала поездом принят проезд выходного светофора станции Арбатская II гл. путь.

При моделировании случая принята задержка электропоезда на станции Арбатская продолжительностью 7 минут.

В данную продолжительность заложено:

время на остановку поезда, закрытие срывного клапана автостопа, восстановление контактов универсального автоматического выключателя автостопа – 7 минут.

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем отправления со станции Арбатская в 7 час. 46 минут. На рисунках (Рисунок 12, Рисунок 13) отражена задержка электропоезда в 7 минут на перегоне Арбатская – Александровский Сад.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 12 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 13 – фрагмент динамической мнемосхемы. Проезд поездом №44 запрещающего показания светофора на станции Арбатская и срабатывание автостопа

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №44, с временем прибытия на станцию Александровский Сад в 7 часов 50 минут прибыл в 7 часов 56 минут

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Увеличены стоянки поездов № 46, 48, 50, 52 на станциях от Кунцевской до Александровского Сада.

Поезд № 54 отправлен со станции Кунцевская до станции Багратионовская для дальнейшей уборки в депо.

Под поезд № 68 из депо выдан состав (из-под поезда № 54) на нитку поезда № 45.

Увеличены стоянки поездов № 48, 1732, 1731 на станциях от Киевской до Александровского Сада.

Увеличены стоянки поездов № 1734, 1736, 1725, 1727 на станциях от Киевской до Международной.

Поезд № 46 направлен под оборот поезда № 47 через станционные тупики станции Киевская.

Поезду № 44 назначен оборот под поезд № 1735 на станции Александровский Сад, № 1735 направлен под оборот поезда № 1743 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 48 направлен под оборот поезда №47 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 1729 направлен под оборот поезда №1750 через станционные тупики станции Киевская.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 18 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 43, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 12 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 53, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 30 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 31 минута.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 43, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 54 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 59, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 25 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 56 минут.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 46, прибытием в 7 часов 47 минут

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 74, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 43 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 31 минуту.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1730, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 48 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1744, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 19 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 49 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1723бис, прибытием на станцию Международная в 7 часов 40 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1743, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 29 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 48 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1732, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 43 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1754, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 31 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* + 1. **Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)**

За основу имитации нарушения нормальной работы – ложной занятости участка принята ложная занятость стрелочного перевода №7 на станции Киевская.

При моделировании случая принята продолжительность ложной занятости   
1 час. Согласно руководящим документам, с целью обеспечения гарантированной безопасности движения, проследование светофором КИ-701 (с запрещающим показанием), КИ-703 (с запрещающим показанием) производится со скоростью не более 5 км/ч. Между данными светофорами, а также между светофорами КИ-703 и 705 следование составов осуществляется со скоростью не более 20 км/ч. От сигнала 707 следование поездов осуществляется с установленной скоростью.

Продолжительность ложной занятости участка 40 минут. Начало неисправности в 7 часов 55 минут, устранение неисправности – восстановление нормальной работы устройств ЖАТ в 8 часов 35 минут.

На рисунке (Рисунок 15) отражены задержки электропоездов вследствие ложной занятости стрелочного перевод №7 на станции Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 14 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 15 – фрагмент динамической мнемосхемы. Проезд поездами запрещающего показания светофор по причине ложной занятости участка стрелочного перевода №7

С уменьшенной скоростью, под запрещающее показание светофора КИ-701 со станции Киевская отправились поезда №№ 47, 51, 53, 55, 59, 63, 65.

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Поезд № 41 направлен под оборот поезда № 76 через станционный тупик станции Багратионовская.

Увеличены стоянки поездов № 37, 39, 43, 49, 51, 53, 57, 59, 63 на станциях от Киевской до Кунцевской.

Поезд № 58 отправлен со станции Кунцевская до станции Багратионовская для дальнейшей уборки в депо.

Увеличены стоянки поездов № 58, 62, 70, 76 на станциях от Кунцевской до Киевской.

Увеличены стоянки поездов № 1731, 1735, 1743, 1745 на станциях от Киевской до Международной.

Поезд № 45 направлен под оборот поезда № 54 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 49 направлен под оборот поезда № 62 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 55 направлен под оборот поезда №84 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 57 направлен под оборот поезда №1756 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 59 направлен под оборот поезда №86 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 61 направлен под оборот поезда №1758 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 1739 направлен под оборот поезда №80 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 1741 направлен под оборот поезда №1750 через станционные тупики станции Киевская.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 60 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 37, прибытием на станцию Кунцевская в 7 часов 57 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 69, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 57 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Межпоездной интервал на участке Александровский Сад - Киевская в четном и нечетном направлениях не нарушается за исключением отсутствия поезда №52 на данном участке (интервал между поездами №1738 и №1740 – 4 минуты).

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 67 минут.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 50, прибытием в 7 часов 54 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 84, прибытием на станцию Киевская в 9 часов 01 минута, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 40 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1731, прибытием на станцию Международная в 8 часов 00 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1749, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 40 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 36 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1742, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 03 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1760, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 39 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* 1. **Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов**

С целью определения возможности пропуска увеличенного количества поездов на линии в график движения поездов внесены следующие корректировки.

Для первого шага добавлена пара поездов на участке Александровский Сад – Кунцевская – нитка поезда № 7415 отправлением со станции Багратионовская в 7 час. 54 мин. с оборотом на станции Кунцевская под поезд №54 (Рисунок 16). В связи с этим нитка поезда №15 увязана под нитку поезда №36, нитка поезда №37 увязана под нитку поезда №58, нитка поезда №17 увязана под нитку поезда №3736, нитка поезда №3736 увязана под нитку поезда №3737, нитка поезда №3737 увязана под нитку поезда №60.

Начиная с поезда №37 на станции Пионерская происходит длительная стоянка (от 2 до 4 минут), а также увеличивается время хода на перегоне Пионерская – Кунцевская ввиду несвоевременного освобождения пути на станции Кунцевская (Рисунок 17, Рисунок 18).

В итоге на участке Киевская – Кунцевская размеры движения составляют   
14 пар поездов в час (с 8 до 10 часов).

Увеличение количества пар поездов при текущем развитии инфраструктуры невозможно. Резерв в графике движения отсутствует

На возможность увеличения парности графика движения влияют постояннодействующие ограничения скорости и инфраструктурное развитие станции. Подробно об этом указано в разделе 5 данного отчета.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 16 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 17 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 18 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

1. **Моделирование работы в условиях планируемой к внедрению системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) в качестве основного типа сигнализации**
   1. **Исходные данные**

Исходными данными для создания цифровой модели Филёвской линии явились:

* Данные, перечисленных в пункте 2.1;
* Расчеты расстановки сигнальных точек АЛС-АРС;
* График сигнализации АЛС-АРС;
* Принципы работы системы АЛС-АРС.
  1. **Аналитическая оценка результатов расчётов**

Результаты имитационного моделирования в условиях проектируемой системы интервального регулирования движения поездов на основе автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) позволяют оценить возможности пропуска электропоездов на линии в условиях функционирования данной системы.

* + 1. **Оценка пропускной способности линии (максимальная реализуемая парность поездов в час при моделировании)**

Максимальная реализуемая парность поездов в час при моделировании в условиях рассматриваемой системы интервального регулирования движения поездов на основе автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) составляет 30 пар поездов в час пик на участке Александровский Сад – Киевская, 15 пар поездов в час пик на участках Киевская – Кунцевская и Киевская – Международная. График движения поездов, построенный в результате имитационного моделирования, отображен в приложении №1 и соответствует нормативному.

* + 1. **Минимальные реализуемые интервалы движения поездов**

Согласно проведенному моделированию, минимально реализуемым интервалом движения поездов является интервал движения поездов раз в 4 минуты в час пик участках Киевская – Кунцевская и Киевская – Международная.

* 1. **Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы**
     1. **Человек или посторонний предмет на пути**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.1

На данные мероприятия, с учетом остановки состава на станции, при моделировании заложен простой в 10 минут.

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем прибытия на станцию Киевская в 7 час. 41 мин. На рисунке (Рисунок 19) отражен простой электропоезда в 10 минут перед станцией Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 19 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №44, с временем отправления 7 час. 42 мин. был отправлен со станции Киевская в 7 час. 52 мин.

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 2.3.1

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 36 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 31, прибытием на станцию Кунцевская в 7 часов 45 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 49, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 21 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 22 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 39, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 43 минуты.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 1737, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 5 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 53 минуты.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 42, прибытием в 7 часов 37 минут

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 68, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 30 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 16 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1728, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 42 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1736, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 58 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 11 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1725, прибытием на станцию Международная в 7 часов 47 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1731, прибытием на станцию Международная в 7 часов 58 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 29 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1730, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 42 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1746, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 11 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* + 1. **Потеря управления подвижным составом**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.2

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем отправления со станции Киевская в 7. час. 43 минуты. На рисунке (Рисунок 20) отражен простой электропоезда, с учетом прицепки вспомогательного поезда, в 16 минут на перегоне станция Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 20 – фрагмент исполненного графика движения поездов

На рисунке (Рисунок 21) приведен фрагмент динамической мнемосхемы в момент сцепления поездов №44 и №1732 на перегоне Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 21 – фрагмент динамической мнемосхемы. Прицепка вспомогательного поезда

После уборки сцепа за сигнал АС-302М происходит его отстой для уборки в депо в ночное время.

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 2.3.2

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 64 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 33, прибытием на станцию Кунцевская в 7 часов 49 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 65, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 53 минуты, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 48 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1729, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 50 минут.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 1753, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 38 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 69 минут.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 44, прибытием в 7 часов 42 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 78, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 51 минуту, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Александровский Сад - Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 52 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1730, прибытием на станцию Александровский Сад в 7 часов 46 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1756, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 38 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 43 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1727, прибытием на станцию Международная в 7 часов   
52 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1747, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 35 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 40 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1734, прибытием на станцию Киевская в 7 часов 47 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1754, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 27 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* + 1. **Заклинивание колесных пар**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.3

Для данного сценария выбран поезд № 45 с временем отправления со станции Студенческая в 7 час. 58 мин. На рисунке (Рисунок 22) отражен простой электропоезда в 12 минут на станции Студенческая I главном пути.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 22 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №45, с временем отправления 7 час. 58 мин. был отправлен со станции Студенческая в 8 час. 10 мин.

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 2.3.3

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 68 минуты.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 39, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 01 минуту.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 73, прибытием на станцию Кунцевская в 9 часов 09 минуты, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 64 минуты.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 54, прибытием в 8 часов 02 минуты.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 86, прибытием на станцию Киевская в 9 часов 06 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

На участке Александровский Сад - Киевская в четном и нечетном направлениях интервал следования поездов в результате возникновения данной неисправности не изменен.

На участке Киевская – Международная в четном и нечетном направлениях интервал следования поездов в результате возникновения данной неисправности не изменен.

* + 1. **Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия**

Данная неисправность не рассматривается по причине заложенных в цифровую модель принципов работы устройств АЛС-АРС, автоматически включающих торможение состава поезда и исключающих возможность отправления на занятый участок.

* + 1. **Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.5

Согласно руководящим документам, с целью обеспечения гарантированной безопасности движения, проследование светофоров КИ-701 (с запрещающим показанием), КИ-703 (с запрещающим показанием) производится со скоростью не более 20 км/ч при нажатой педали бдительности. От сигнала 707 следование поездов осуществляется с установленной скоростью.

Продолжительность ложной занятости участка 40 минут. Начало неисправности в 7 часов 55 минут, устранение неисправности – восстановление нормальной работы устройств ЖАТ в 8 часов 35 минут.

На рисунке () отражены задержки электропоездов вследствие ложной занятости стрелочного перевод №7 на станции Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 23 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 24 – фрагмент динамической мнемосхемы. Проезд поездами запрещающего показания светофор по причине ложной занятости участка стрелочного перевода №7

С уменьшенной скоростью, под запрещающее показание светофора КИ-701 со станции Киевская отправились поезда №№ 47, 51, 53, 55, 59, 63, 65.

В рамках регулирования движения внесены изменения в график движения поездов.

Увеличены стоянки поездов № 39, 41, 43, 47, 49 на станциях от Киевской до Кунцевской.

Увеличена стоянка поезда № 62 на станции Студенческая.

Увеличены стоянки поездов № 1729, 1731 на станциях от Киевской до Международной.

Поезд № 45 направлен под оборот поезда № 62 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 1733 направлен под оборот поезда № 1746 через станционные тупики станции Киевская.

Поезд № 49 отправлен со станции Александровский Сад до станции Багратионовская для дальнейшей уборки в депо.

Под поезд № 68 из депо выдан состав (из-под поезда № 49) на нитку поезда № 68.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Кунцевская после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 46 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Александровский Сад с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 39, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 01 минуту.

Поезда, следующие в нечетном направлении за поездом № 61, прибытием на станцию Кунцевская в 8 часов 47 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Межпоездной интервал на участке Александровский Сад - Киевская в четном и нечетном направлениях в целом не нарушается (отклонения от нормативного до +1 минуты)

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Кунцевская – Киевская после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 28 минут.

Последний поезд, прибывший до начала события на станцию Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд №60, прибытием в 8 часов 14 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 74, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 42 минуты, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в нечетном направлении, составляет 13 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Киевская с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1729, прибытием на станцию Международная в 7 часов 56 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1735, прибытием на станцию Александровский Сад в 8 часов 09 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

Время, требующееся для восстановления межпоездных интервалов на участке Киевская – Международная после устранения сбоя на линии в четном направлении, составляет 8 минут.

Последний поезд, отправленный до начала события со станции Международная с установленным интервалом следования и в соответствии с нормативным графиком движения – поезд № 1744, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 08 минут.

Поезда, следующие в четном направлении за поездом № 1748, прибытием на станцию Киевская в 8 часов 16 минут, следуют с нормативным интервалом и согласно графику движения поездов.

* 1. **Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов**

С целью определения возможности пропуска увеличенного количества поездов на линии в график движения поездов внесены следующие корректировки.

Для первого шага добавлена пара поездов на участке Александровский Сад – Кунцевская – нитка поезда № 4003 отправлением со станции Багратионовская в 7 час. 00 мин. с оборотом на станции Кунцевская под поезд №36 (Рисунок 25), а также добавлена пара поездов на участке Александровский Сад – Международная – нитка поезда № 3806 отправлением со станции Багратионовская в 7 час. 21 мин. с оборотом на станции Александровский Сад под поезд №4725 (Рисунок 26)

В связи с этим нитка поезда №17 увязана под нитку поезда №3036. Установлены обороты по станции Александровский Сад №3036-3037, №3806-4725, №3740-3741, №3625-3653, №3764-3781, №3678-3779.

По результатам моделирования установлено, что при данных условиях возможно организовать движение 16 пар в час пик на участке Александровский Сад – Кунцевская, 16 пар в час пик на участке Александровский Сад – Международная, 32 пар в час пик на участке Киевская – Александровский Сад.

Однако при данных условиях не гарантировано соблюдение межпоездных интервалов, а также не выполняется график движения поездов.

Резерв в графике движения отсутствует. При возникновении нарушения в нормальной работе устройств увеличенное количество поездов на линии будет способствовать увеличению периода времени для нормализации движения на линии.

Узкими местами, не позволяющими пропустить увеличенный поездопоток, являются концевые станции Кунцевская и Александровский Сад. Движение у данных станций производится с уменьшенным расстоянием между поездами, и, соответственно, скоростью. Данные факты отражены на рисунках (Рисунок 27, Рисунок 28, Рисунок 29).

На возможность увеличения парности графика движения влияют постояннодействующие ограничения скорости и инфраструктурное развитие станции. Подробно об этом указано в разделе 5 данного отчета.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 25 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 26 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 27 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 28 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 29 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

1. **Моделирование работы в условиях использования в зарубежных метрополитенах системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы** 
   1. **Исходные данные**

Исходными данными для создания цифровой модели Филёвской линии явились:

* Данные, перечисленных в пункте 2.1;
* Алгоритмы расчета области разрешения движения;
* Алгоритмы взаимного влияния поездов в движении;
* Принципы работы системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы.
  1. **Аналитическая оценка результатов расчётов**

Результаты имитационного моделирования в условиях перспективной системы интервального регулирования движения поездов на основе управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы позволяют оценить возможности пропуска электропоездов на линии в условиях функционирования данной системы.

* + 1. **Оценка пропускной способности линии**

Максимальная реализуемая парность поездов в час при моделировании в условиях рассматриваемой системы интервального регулирования движения поездов составляет 30 пар поездов в час пик на участке Александровский Сад – Киевская, 15 пар поездов в час пик на участках Киевская – Кунцевская и Киевская – Международная. График движения поездов, построенный в результате имитационного моделирования, отображен в приложении №1 и соответствует нормативному.

* + 1. **Минимальные реализуемые интервалы движения поездов**

Согласно проведенному моделированию, минимально реализуемым интервалом движения поездов является интервал движения поездов раз в 4 минуты в час пик участках Киевская – Кунцевская и Киевская – Международная.

* 1. **Время восстановления движения поездов при нарушении нормальной работы**
     1. **Человек или посторонний предмет на пути**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.1

На данные мероприятия, с учетом остановки состава на станции, при моделировании заложен простой в 10 минут.

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем прибытия на станцию Киевская в 7 час. 41 мин. На рисунке (Рисунок 30) отражен простой электропоезда в 10 минут перед станцией Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 30 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 3.3.1.

Время, необходимое для восстановления межпоездных интервалов в обоих направлениях на всех участках, аналогично указанному в пункте 3.3.1

* + 1. **Потеря управления подвижным составом**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.2

Для данного сценария выбран поезд №44 с временем отправления со станции Киевская в 7. час. 43 минуты. На рисунке (Рисунок 31) отражен простой электропоезда, с учетом прицепки вспомогательного поезда, в 16 минут на перегоне станция Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 31 – фрагмент исполненного графика движения поездов

На рисунке (Рисунок 32) приведен фрагмент динамической мнемосхемы в момент сцепления поездов №44 и №1732 на перегоне Киевская – станция Смоленская II гл. путь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 32 – фрагмент динамической мнемосхемы. Прицепка вспомогательного поезда

После уборки сцепа за сигнал АС-302М происходит его отстой для уборки в депо в ночное время.

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 3.3.2.

Время, необходимое для восстановления межпоездных интервалов в обоих направлениях на всех участках, аналогично указанному в пункте 3.3.2

* + 1. **Заклинивание колесных пар**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.3

Для данного сценария выбран поезд № 45 с временем отправления со станции Студенческая в 7 час. 58 мин. На рисунке (Рисунок 33) отражен простой электропоезда в 12 минут на станции Студенческая I главном пути.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 33 – фрагмент исполненного графика движения поездов

Вследствие возникновения данного инцидента поезд №45, с временем отправления 7 час. 58 мин. был отправлен со станции Студенческая в 8 час. 10 мин.

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 3.3.3.

Время, необходимое для восстановления межпоездных интервалов в обоих направлениях на всех участках, аналогично указанному в пункте 3.3.3

* + 1. **Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия**

Данная неисправность не рассматривается по причине заложенных в цифровую модель принципов работы устройств CBTC, автоматически включающих торможение состава поезда и исключающих возможность отправления на занятый участок.

* + 1. **Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)**

Моделирование нарушения нормальной работы произведено на параметры и условия, аналогичные указанным в пункте 2.3.5

С целью обеспечения гарантированной безопасности движения, проследование светофоров КИ-701 (с запрещающим показанием), КИ-703 (с запрещающим показанием) производится со скоростью не более 20 км/ч. От сигнала 707 следование поездов осуществляется с установленной скоростью.

Продолжительность ложной занятости участка 40 минут. Начало неисправности в 7 часов 55 минут, устранение неисправности – восстановление нормальной работы устройств ЖАТ в 8 часов 35 минут.

На рисунке (Рисунок 34) отражены задержки электропоездов вследствие ложной занятости стрелочного перевод №7 на станции Киевская.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 34 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 35 – фрагмент динамической мнемосхемы. Проезд поездами запрещающего показания светофор по причине ложной занятости участка стрелочного перевода №7

Порядок регулирования движения поездов заложен аналогично указанному в пункте 3.3.5.

Время, необходимое для восстановления межпоездных интервалов в обоих направлениях на всех участках, аналогично указанному в пункте 3.3.5

* + 1. **Потеря радиоканала**

За основу имитации нарушения нормальной работы – потере радиоканала поездом принята потеря радиоканала поездом №45 на перегоне между станциями Фили и Багратионовская I главного пути.

С целью обеспечения безопасности движения на линии прекращается движение поездов, все составы следуют до станций, происходит переключение всех поездов на систему АЛС-АРС и дальнейшее следование согласно сигнализации. Продолжительность стоянки поездов и переключения поездов на систему АЛС-АРС составляет 9 минут.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 36 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 37 – фрагмент исполненного графика движения поездов

После переключения на систему сигнализации АЛС-АРС межпоездной интервал в обоих направлениях на всех участках сохраняется. Нарушения графика движения поездов отсутствуют.

* 1. **Оценка возможности пропуска увеличенного количества поездов**

С целью определения возможности пропуска увеличенного количества поездов на линии в график движения поездов внесены следующие корректировки.

Для первого шага добавлена пара поездов на участке Александровский Сад – Кунцевская – нитка поезда № 3766 отправлением со станции Багратионовская в   
8 часов 35 минут (Рисунок 38), а также добавлена пара поездов на участке Александровский Сад – Международная – нитка поезда № 3772 отправлением со станции Багратионовская в 8 часов 36 минут (Рисунок 39)

Установлены обороты по станциям Александровский Сад и Кунцевская №3766-3067, №3067-3092, №3092-3093, №3093-3114.

Установлены обороты по станциям Александровский Сад и Международная №3772-3773, №3773-3774, №3774-3775, №3775-3776, №3776-3777

По результатам моделирования установлено, что при данных условиях возможно организовать движение 16 пар в час пик на участке Александровский Сад – Кунцевская, 16 пар в час пик на участке Александровский Сад – Международная, 32 пар в час пик на участке Киевская – Александровский Сад.

Однако при данных условиях не гарантировано соблюдение межпоездных интервалов, а также не выполняется график движения поездов.

Резерв в графике движения отсутствует. При возникновении нарушения в нормальной работе устройств увеличенное количество поездов на линии будет способствовать увеличению периода времени для нормализации движения на линии.

Узкими местами, не позволяющими пропустить увеличенный поездопоток, являются концевые станции Кунцевская и Александровский Сад. Движение у данных станций производится с уменьшенным расстоянием между поездами, и, соответственно, скоростью. Данные факты отражены на рисунках (Рисунок 40, Рисунок 41).

На возможность увеличения парности графика движения влияют постояннодействующие ограничения скорости и инфраструктурное развитие станции. Подробно об этом указано в разделе 5 данного отчета.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 38 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 39 – фрагмент исполненного графика движения поездов

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 40 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 41 – следование поездов с уменьшенным расстоянием между ними

1. **Оценка элементов инфраструктуры Филёвской линии, ограничивающих пропускную способность**
   1. **Наличие постоянно действующих ограничений инфраструктуры**

По результатам моделирования установлено, что наличие постоянно действующих ограничений скорости в следствие наличия кривых малого радиуса, искусственных сооружений, в том числе метромоста, в условиях использования планируемой к внедрению системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) в качестве основного типа сигнализации, или системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) в качестве основной системы и использованием АЛС-АРС в качестве резервной системы, является одним из ключевых лимитирующих факторов, не позволяющих увеличить пропускную способность линии, даже в условиях использования более совершенных систем интервального регулирования.

На рисунке (Рисунок 42) отображен фрагмент графика исполненного движения в условиях функционирования системы управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC) с добавлением дополнительной пары поездов на участке Александровский Сад и дополнительной пары на участке Международная – Александровский Сад. Для наглядности примера, на данном графике отображены нормативные нитки (серым цветом). Из данного графика видно, что в условиях отсутствия постоянно действующих ограничений скорости, возможен нагон поездами графика движения на участках, где расстояние между поездами позволяет этого достичь.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 42 – фрагмент исполненного графика движения поездов

* 1. **Необеспечение требуемого межпоездного интервала устройствами СЦБ**

По результатам моделирования установлено, что текущее взаимное расположение светофоров КЦ-131 (выходной со станции Пионерская) и КЦ-133 (проходной на перегоне Пионерская – Кунцевская), расположение светофора   
КЦ-133 относительно перегона Пионерская – Кунцевская (Рисунок 43) не позволяют гарантировать обеспечение требуемого интервала движения поездов.

На рисунке (Рисунок 44) отображен фрагмент графика исполненного движения поездов при текущих условиях. Кружки зеленого и голубого цветов у основания линий ниток поездов означают отклонения от нормативного графика поездов в интервалах от 30 секунд до 1 минуты и от 1 минуты до 1,5 минут соответственно.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 43 – фрагмент плана расположения оборудования АТДП

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 44 – фрагмент исполненного графика движения поездов

* 1. **Взаимное расположение платформ остановочных пунктов и рельсовых цепей**

К данному пункту относится все перечисленное в пункте 5.2.

Также одним из лимитирующих моментов является зависимость светофора АС-402Г от АС-404, при которой светофор АС-402Г может сигнализировать разрешающим показанием только при условии наличия разрешающего показания на светофоре АС-404, что означает возможность движения поездов со станции Арбатская в сторону станции Александровский Сад только на один из свободных путей стации Александровский Сад.

Расстояние между светофорами АС-402Г и АС-404, согласно нормативным документам, составляет 157,1 метра. Данная зависимость отрицательно сказывается на возможностях регулировки поездов в случаях нарушения нормальной работы устройств на линии.

* 1. **Враждебность передвижений**

По результатам моделирования установлено, что при функционировании всех рассмотренных систем интервального регулирования, сдерживающим элементом, не позволяющим увеличить пропускную способность линии или отдельных участков с соблюдением интервальности движения и графика движения поездов является путевое развитие концевых станций линии Александровский Сад, Кунцевская, Международная.

В случае увеличения поездопотока, а также в случаях нарушения нормальной работы устройств на линии, на данных станциях происходят потери пропускной способности вследствие наличия враждебных маршрутов поездов, прибывающих и отправляющихся с данных станций. Данные маршруты отображены на рисунках ниже (Рисунок 45, Рисунок 46, Рисунок 47).

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 45 – враждебные маршруты на станции Александровский Сад

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 46 – враждебные маршруты на станции Международная

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 47 – враждебные маршруты на станции Кунцевская

* 1. **Профиль пути**

По результатам моделирования установлено, что, не принимая во внимание тягово-энергетический комплекс, продольный профиль пути на участках линии не оказывает значительного влияния на движение поездов, кроме участка от станции Выставочная до станции Киевская.

На данном участке линии уклон продольного профиля на отдельных участках пути подъем достигает 49‰, что отражается на максимально достигаемой скорости подвижного состава.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 48 – графическое отображение пути с «трудным» продольным профилем

* 1. **Недостаточная емкость путей станций отстоя/оборота составов поездов**

При заложенных при моделировании алгоритмах диспетчерского регулирования недостаточности емкости станций отстоя и (или) оборота составов поездов не выявлено.

* 1. **Топология Филёвской линии**

Существующее инфраструктурное развитие Филёвской линии – примыкание главных путей одного участка (Международная – Киевская) к другому участку линии (Кунцевская – Александровский Сад) является одним из лимитирующих элементов, не позволяющих увеличить пропускную способность линии в целом, а также является существенным ограничением при диспетчерской регулировке движения.

Нарушение чередования следования поездов, следующих со станции Студенческая и следующих со станции Выставочная, напрямую влияет на пропускную способность и возникновение враждебных маршрутов на станции Александровский Сад.

|  |
| --- |
|  |

Рисунок 49 – фрагмент исполненного графика движения поездов

1. **Сравнительная таблица показателей работы рассмотренных систем сигнализации**

По результатам моделирования работы линии можно сделать вывод, что внедрение систем интервального регулирования (АСЛ-АРС, CBTC) при организации движения поездов позволит снизить зависимость от лимитирующих элементов при текущем обустройстве линии, таких как враждебные маршруты или зависимости устройств автоблокировки, а также позволит обеспечить гарантированное выполнение межпоездного интервала при существующих объемах движения.

Однако, факторы, снижающие эффект от внедрения систем интервального регулирования (АСЛ-АРС, CBTC), перечисленные в разделе 5, не позволяют получить преимущества систем интервального регулирования в полной мере.

Ниже в таблицах приведено сравнение рассмотренных систем интервального регулирования по различным критериям:

1. Минимально реализуемые интервалы движения поездов при сохранении равномерности межпоездных интервалов и графика движения поездов;
2. Время восстановления интервалов движения поездов на всех участках линии при возникновении внештатных ситуаций;
3. Максимально реализуемая парность поездов в час при сохранении равномерности межпоездных интервалов и графика движения поездов.

Таблица 1 - Минимально реализуемые интервалы движения поездов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Участок линии | Межпоездной интервал, минуты | | |
| Текущая система ИР, автоблокировка с автостопами | Проектируемая система ИР, АЛС-АРС | Перспективная система ИР, CBTC |
| Александровский Сад – Киевская | 2 | 2 | 2 |
| Киевская – Международная | 4 | 4 | 4 |
| Киевская – Кунцевская | 4 | 3,5 | 3,5 |

Таблица 2 - Время восстановления интервалов движения поездов на всех участках линии при возникновении внештатных ситуаций

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип ННР | Участок линии | Время восстановления межпоездного интервала, минуты (четное/нечетное направление) | | |
| Текущая система ИР, АБ с автостопами | Проектируемая система ИР, АЛС-АРС | Перспективная система ИР, CBTC |
| Человек или посторонний предмет на пути | А.Сад – Киевская | 16/22 | 16/22 | 16/22 |
| Киевская – Кунцевская | 53/36 | 53/36 | 53/36 |
| Киевская – Межд. | 22/17 | 29/11 | 29/11 |
| Потеря управления подвижным составом | А.Сад – Киевская | 93/55 | 52/48 | 52/48 |
| Киевская – Кунцевская | 89/72 | 69/64 | 69/64 |
| Киевская – Межд. | 40/45 | 40/43 | 40/43 |
| Заклинивание колесных пар | А.Сад – Киевская | не изменен | не изменен | не изменен |
| Киевская – Кунцевская | 64/68 | 64/68 | 64/68 |
| Киевская – Межд. | не изменен | не изменен | не изменен |
| Проезд поездом запрещающего показания светофора | А.Сад – Киевская | 31/31 | - | - |
| Киевская – Кунцевская | 56/18 | - | - |
| Киевская – Межд. | 48/49 | - | - |
| Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка) | А.Сад – Киевская | 4/ не изменен | не изменен | не изменен |
| Киевская – Кунцевская | 67/60 | 28/46 | 28/46 |
| Киевская – Межд. | 36/40 | 8/13 | 8/13 |
| Потеря радиоканала | А.Сад – Киевская | - | - | 9/9 |
| Киевская – Кунцевская | - | - | 9/9 |
| Киевская – Межд. | - | - | 9/9 |

Таблица 3 - Максимально реализуемая парность поездов в час

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Участок линии | Межпоездной интервал, минуты | | |
| Текущая система ИР, автоблокировка с автостопами | Проектируемая система ИР, АЛС-АРС | Перспективная система ИР, CBTC |
| Александровский Сад – Киевская | 30 | 31 | 31 |
| Киевская – Международная | 15 | 15 | 15 |
| Киевская – Кунцевская | 15 | 16 | 16 |

1. **Рекомендации по совершенствованию технологии управления**

В приложении №2 приведены рекомендуемые действия дежурно-диспетчерского персонала при возникновении внештатных ситуаций, позволяющие организовать движение поездов на линии с минимальным отклонением от нормативных межпоездных интервалов и графика движения поездов.

В нормальных условиях, по причинам, перечисленным в разделе 5 данного отчета, совершенствование технологии управления движением не позволит обеспечить увеличение пропускной способности линии.

**Приложение №1. Графики исполненного движения поездов**

1. **Текущая система интервального регулирования**
   1. Человек или посторонний предмет на пути
   2. Потеря управления подвижным составом
   3. Заклинивание колесных пар
   4. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия
   5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   6. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/SK_kTBo-MJNbvA?w=1>

1. **Проектируемая система интервального регулирования – АЛС-АРС**
   1. Человек или посторонний предмет на пути
   2. Потеря управления подвижным составом
   3. Заклинивание колесных пар
   4. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   5. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/q7k1kT9-KkjVFQ?w=1>

1. **Перспективная система интервального регулирования - система управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC)**
   1. Человек или посторонний предмет на пути
   2. Потеря управления подвижным составом
   3. Заклинивание колесных пар
   4. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   5. Потеря радиоканала (переключение с радиоканала на АЛС-АРС)
   6. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/xf-X4v4T6ZzJrQ?w=1>

**Приложение №2. Рекомендации по совершенствованию технологии управления**

1. Человек или посторонний предмет на пути для всех рассматриваемых систем интервального регулирования на 66 листах (https://yadi.sk/i/94yY3l\_qG3s\_ug)
2. Потеря управления подвижным составом для всех рассматриваемых систем интервального регулирования на 58 листах (https://yadi.sk/i/eERwiICggpsrHQ)
3. Заклинивание колесных пар для всех рассматриваемых систем интервального регулирования на 90 листах (https://yadi.sk/i/TyfZtMS5rvoRzw)
4. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия на 13 листах (https://yadi.sk/i/CfDnbRpxq5hTmw)
5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка) для всех рассматриваемых систем интервального регулирования на 45 листах (https://yadi.sk/i/VfsGZYAayxTF0Q)
6. Потеря радиоканала (переключение с радиоканала на АЛС-АРС) на 5 листах (https://yadi.sk/i/q8Y0FIEYCh1ZrQ)
7. Пропуск увеличенного количества поездов для всех рассматриваемых систем интервального регулирования на 12 листах (https://yadi.sk/i/yUfA0eol6Sq4RA)

**Приложение №3. Перечень использованных исходных данных**

1. Фактические размеры движения №УД-27-19088/20 от 27.02.2020 (/Служба движения/27.02.2020\_УД-27-19088\_20.pdf на 2 листах)
2. Данные по ночной расстановке составов №УД-27-36000/20 от 22.04.2020 (/Служба движения/22.04.2020\_УД-27-36000\_20.pdf на 3 листах)
3. Допускаемые скорости движения. Приказ от 1 ноября 2018 г. №УД-07-1092/18 «О внесении изменений в приказ от 09.01.2018 № УД-07-5/18 «Об установлении допускаемых скоростей движения электропоездов и электроподвижного состава по путям метрополитена» (/Служба движения/01.11.2018\_УД-07-1095\_18.pdf на 7 листах)
4. Плановые графики движения (/Служба движения/Плановые графики движения по ФЛ/ изображения на 34 листах)
5. Режим вождения на Филевской линии. Постоянно-действующий инструктаж от 07.02.2020 г. №3 «О порядке ведения поезда на участке от станции «Александровский Сад» до станции «Кунцевская» и на участке «Александровский Сад» до станции «Международная» по I и II главному пути Филевской линии» (/Служба подвижного состава/Режим вождения Филевская линия.pdf на 7 листах)
6. Тип и количество эксплуатируемого подвижного состава на линии №УД-27-19088/20 от 28.02.2020 (/Служба подвижного состава/28.02.2020\_УД-27-19088\_20.pdf на 2 листах)
7. Тяговые и тормозные расчет подвижного состава №УД-27-36000/20 от 23.04.2020 (/Служба подвижного состава/23.04.2020\_УД-27-36000\_20.pdf на 36 листах)
8. Ограничение по скоростям, уклоны и протяженность линии, схема путевого развития №УД-27-19088/20 от 04.03.2020 (/Служба пути и искусственных сооружений /04.03.2020\_УД-27-19088\_20.pdf на 10 листах)
9. Ограничение по скоростям, уклоны и протяженность линии, схема путевого развития №УД-27-36000/20 от 22.04.2020 (/Служба пути и искусственных сооружений / 22.04.2020\_УД-27-36000\_20.pdf на 8 листах)
10. Схемы расположения оборудования АДТП на Филевской линии №УД-27-19088/20 от 27.02.2020 (/Служба СЦБ/ 27.02.2020\_УД-27-19088\_20.pdf на 51 листе)
11. Таблицы рельсовых цепей (/Служба СЦБ/ШЧ-3 Арбатско-Покровская и Филёвская линии/Таблицы РЦ на 6 листах)
12. Схемы тяговой сети станции Филевской линии (/Служба электроснабжения/Схемы тяговой сети\_825 ФЛ/ на 16 листах)
13. Правила технической эксплуатации метрополитена в городе Москве, утвержденные постановлением Правительства Москвы от 28 апреля 2020 г.   
    №468-ПП (/регламенты/ 30.04.2020\_УД-01-274\_20.pdf на 69 листах)
14. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на метрополитенах Российской Федерации (/регламенты/ИПД нов.doc на 69 листах)
15. Порядок действий работников метрополитена при падении человека на путь, утвержденный приказом ГУП «Московский метрополитен» от 7 августа 2015 г. №800 (/регламенты/Приказ от 07.08.2015 № 800.doc на 6 листах)
16. Инструкция О порядке снятия и подачи напряжения на контактный рельс линий Московского метрополитена, утвержденная приказом ГУП «Московский метрополитен» от 9 июля 2015 г. №705 (/регламенты/Приказ от 09.07.2015 № 705.doc на 29 листах)
17. Инструкция О порядке действий работников метрополитена и сотрудников полиции УВД на ММ ГУ МВД России по г. Москве при обнаружении бесхозяйного предмета на территории метрополитена, утвержденная приказом от 18 июля 2017 г. №755/574 (/регламенты/Приказ от 18.07.2017 № 755-574.doc на 11 листах)
18. Инструкция О порядке действий машиниста по выходу из случаев неисправностей на электроподвижном составе, устройствах и сооружениях метрополитена, утвержденная указанием от 27 февраля 2010 г. №130 (/регламенты/Указание 27.02.2010 № 130.doc на 27 листах)
19. Типовая инструкция о порядке действий машиниста при возникновении неисправностей на составах, состоящих из вагонов модели 81-765\766\767 и их модификаций, утвержденная распоряжением от 28 марта 2018 г. №УД-09-550\18 (/регламенты/28.03.2018\_УД-09-550\_18.pdf на 41 листt)

**Приложение №4. Видеоматериалы, отображающие работу линии в динамике**

1. **Текущая система интервального регулирования**
   1. Без задержек на нормативный график
   2. Человек или посторонний предмет на пути
   3. Потеря управления подвижным составом
   4. Заклинивание колесных пар
   5. Проезд поездом запрещающего показания светофора автоматического или полуавтоматического действия
   6. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   7. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/1yQrb-xrnXU7gQ?w=1>

1. **Проектируемая система интервального регулирования – АЛС-АРС**
   1. Без задержек на нормативный график
   2. Человек или посторонний предмет на пути
   3. Потеря управления подвижным составом
   4. Заклинивание колесных пар
   5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   6. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/gxQ39vyA9r2STA?w=1>

1. **Перспективная система интервального регулирования - система управления по радиоканалу с плавающим блок-участком (CBTC)**
   1. Без задержек на нормативный график
   2. Человек или посторонний предмет на пути
   3. Потеря управления подвижным составом
   4. Заклинивание колесных пар
   5. Неисправность устройств СЦБ (ложная занятость участка)
   6. Потеря радиоканала (переключение с радиоканала на АЛС-АРС)
   7. Пропуск увеличенного количества поездов

<https://yadi.sk/d/MGWvZ0ncDtzj6A?w=1>