

- превратить сжатую картинку в тензор;
- прогнать этот тензор через модель и получить сырые предсказания;
- сырые предсказания конвертировать в понятный для MediaPipe тип Detections;
- получить этот тип на выходе графа.

При тренировке модели были использованы датасеты изображений водителей, собранные при тестировании предыдущей системы анализа действий водителей [1]. Дополнительно были использованы изображения водителей, держащих в руке мобильный телефон или управляющих (прикасающихся к поверхности) устройством, закрепленным на панели ТС. Это позволило выявлять такие события, как использование мобильного телефона или навигатора во время управления ТС.

Также в работе были учтены вопросы, выявленные в [5], что позволило всесторонне обсудить ограничения системы на этапе создания прототипа.

Одной из основных проблем, с которыми пришлось столкнуться при разработке системы, являлось качество изображения. В условиях плохого освещения или под неправильным углом алгоритм может ошибочно идентифицировать события, на которые он обучен. Например, при недостаточной освещенности системы могут не различать детали лиц, что ведет к повышению уровня ложных срабатываний.

Второй существенной проблемой являлась вибрация, а именно вертикальные перемещения водителя на пневматическом сидении при движении по неровностям. Это создавало нечеткие изображения водителя, что снижало качество распознавания.

На финальной стадии апробации системы были достигнуты высокие результаты распознавания действий водителя, классифицируемые как отвлечение от управления ТС. Незначительные отклонения от правильного распознавания изображений лица и рук водителя связаны с постоянно изменяющейся освещенностью лица, особенно в ночное время суток, когда свет фар встречных ТС резко изменяет освещенность кабины грузовика. Также были выявлены некоторые неточности распознавания наличия предметов в руках водителя.

Практическое применение методики в разработанной системе показало, что у разработанной системы есть потенциал расширения функций в части детектирования большего числа событий, связанных с отвлечением внимания от вождения ТС, например прием пищи и разговор по рации. Реализация этих функций позволит существенно увеличить вероятность соблюдения водителем ПДД во время движения.

#### Список литературы

- 1 Алуев, Е. А. Применение каскада Хаара для детектирования отвлечения водителя от управления транспортным средством / Е. А. Алуев // Международная конференция – выставка «Электронные услуги и информационные системы для транспорта и логистики» – (IT2TLT-2017) : материалы Междунар. конф., Минск, 12 окт. 2017 г. / Ассоциация «Инфопарк». – Минск, 2017.
- 2 Texting & Driving. Detection Using Deep Convolutional Neural Networks / J. Celaya-Padilla, C. Galván Tejada, J. Lozano-Aguilar [et al.] // Applied Sciences. – 2019. – № 9 (15). – 2962. – DOI: 10.3390/app9152962.
- 3 Raspberry Pi hardware. – URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html> (date of access: 10.09.2025).
- 4 MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines / C. Lugaresi, J. Tang, H. Nash [et al.]. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172> (date of access: 10.09.2025).
- 5 Одинец, Д. Н. Методика анализа больших массивов данных для оценки качества работы водителя и технического состояния автомобиля / Д. Н. Одинец, Е. А. Алуев // BIG DATA и анализ высокого уровня : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13 марта 2024 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 194–200.

УДК 656.259.12

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

*К. А. БОЧКОВ, Д. Д. МЕДВЕДЕВ, И. О. ЖИГАЛИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современной системе железнодорожной автоматики и телемеханики тональные рельсовые цепи (ТРЦ) получили наибольшее распространение в качестве основного средства для контроля со-

стояния рельсовой линии. Их ключевая функция заключается в непрерывном мониторинге и предоставлении достоверной информации о статусе участка пути, что является фундаментальным требованием для обеспечения безопасности движения.

Данные устройства функционируют в четырех критически важных режимах, каждый из которых отвечает за определенный эксплуатационный сценарий:

- нормальный режим: фиксирует состояние свободности участка, когда колесные пары подвижного состава отсутствуют в пределах контролируемой секции;
- шунтовой режим: определяет занятость участка путем регистрации факта шунтирования рельсовой линии колесными парами подвижного состава;
- режим короткого замыкания: соответствует моменту шунтирования питающего конца рельсовой цепи колесными парами подвижного состава;
- контрольный режим: обеспечивает диагностику целостности самой рельсовой линии (обрыв рельсов) и исправности функционирования аппаратуры, гарантируя, что система находится в работоспособном состоянии.

Таким образом, ТРЦ формируют информационную основу для работы систем интервального регулирования движения поездов и автоматической блокировки, обеспечивая их актуальными данными о состоянии путевой инфраструктуры.

Синтезом рельсовой цепи называют ее проектирование при заданных исходных данных. Исходными данными выступают минимальное сопротивление изоляции рельсовой линии и частота сигнального тока, зависящая от рода тяги, системы кодирования и характеристик аппаратуры. На их основе рассчитывают максимальную длину рельсовой цепи, подбирают структурную схему и оптимальные параметры приборов.

Допустимая максимальная длина рельсовой цепи определяется из условия выполнения её основных режимов работы: нормального, шунтового, короткого замыкания и контрольного [1]. Их устойчивость зависит от входных сопротивлений на концах линии, причем требования к ним для шунтового и контрольного режимов противоположны: высокое сопротивление улучшает шунтовой режим, а низкое – контрольный. Разрешение этого противоречия – центральная задача синтеза. Компромисс достигается при такой длине цепи, где минимально допустимое сопротивление для шунтового режима равно максимально допустимому для контрольного. Это оптимальное значение сопротивления обеспечивает предельную длину участка.

Количественная оценка качества работы рельсовых цепей в нормальном, шунтовом, контрольном режимах и режиме короткого замыкания определяется с помощью ряда критериев. Работу рельсовой цепи характеризует: в нормальном режиме – коэффициент перегрузки ( $k_n \geq 1$ ), в шунтовом – коэффициент чувствительности к нормативному шунту ( $k_{ш} \geq 1$ ), в контрольном – коэффициент чувствительности к обрыву рельса ( $k_k \geq 1$ ), в режиме короткого замыкания – коэффициент максимальной шунтовой мощности ( $k_{кз} \geq 1$ ).

Помимо классического метода синтеза [1] авторами в [2] предложен способ определения максимальной длины тональной рельсовой цепи на основе определения необходимой и достаточной мощности сигнала ( $S_{шт}$ ) в зависимости от исходных данных.

Проектирование тональных рельсовых цепей (ТРЦ3) сопряжено с комплексной задачей выбора одной из пяти стандартизированных сигнальных частот. Данный выбор не является произвольным и обусловлен необходимостью учета множества взаимосвязанных технических и эксплуатационных факторов. Ключевым аспектом в этом процессе является организация правильного чередования частот между смежными рельсовыми цепями.

Для корректного определения максимальной длины тональной рельсовой цепи предлагается использовать два описанных выше метода совместно, так как это нам позволит говорить о том, что в синтезированной рельсовой цепи не только будут выполняться все основные режимы, но и мы четко будем уверены, что такая рельсовая цепь будет существовать физически.

Задача синтеза тональных рельсовых цепей несколько упрощается за счет того, что параметры дроссель-трансформаторов и согласующих устройств, а также их схемы включения уже описаны и типизированы.

В качестве примера приведем графики, по которым определялась максимальная длина станционной ТРЦ3 с дроссель-трансформаторами при электротяге переменного тока с несущей частотой сигнального тока 420 Гц [3]. Графики на рисунках 1–3 получены по результатам моделирования в среде MATLAB.

Определение максимальной длины заключается в следующем:

1) сравнение критериев выполнения нормального режима  $k_n$  и режима короткого замыкания  $k_{кз}$  с критериями выполнения шунтового  $k_{ш}$  и контрольного режимов  $k_k$ ;

2) сравнение необходимой и достаточной мощности сигнала на выходе путевого генератора в нормальном режиме работы  $S_{пг(н)}$  и режиме короткого замыкания  $S_{пг(кз)}$  с мощностью сигнала в шунтовом  $S_{пг(ш)}$  и контрольном  $S_{пг(к)}$  режимах работы должно соблюдаться соответствие  $S_{пг(н, кз)} < S_{пг(ш, к)}$ .

Результаты сравнения (см. рисунки 1 и 2) демонстрируют, что в заданных условиях эксплуатации шунтовой и контрольный режимы выполняются для всех рассмотренных длин рельсовой цепи. Это подтверждается соответствием расчетных коэффициентов нормативным требованиям и достаточностью мощности генератора для обеспечения данных режимов.

Полученные результаты создают обоснование для определения предельной длины рельсовой линии  $l_{рл}$  при нормативном минимальном сопротивлении изоляции (1 Ом·км). Определение данного параметра позволяет оптимизировать проектные решения и гарантировать надежную работу рельсовой цепи в рамках заданных технических условий (рисунок 3).

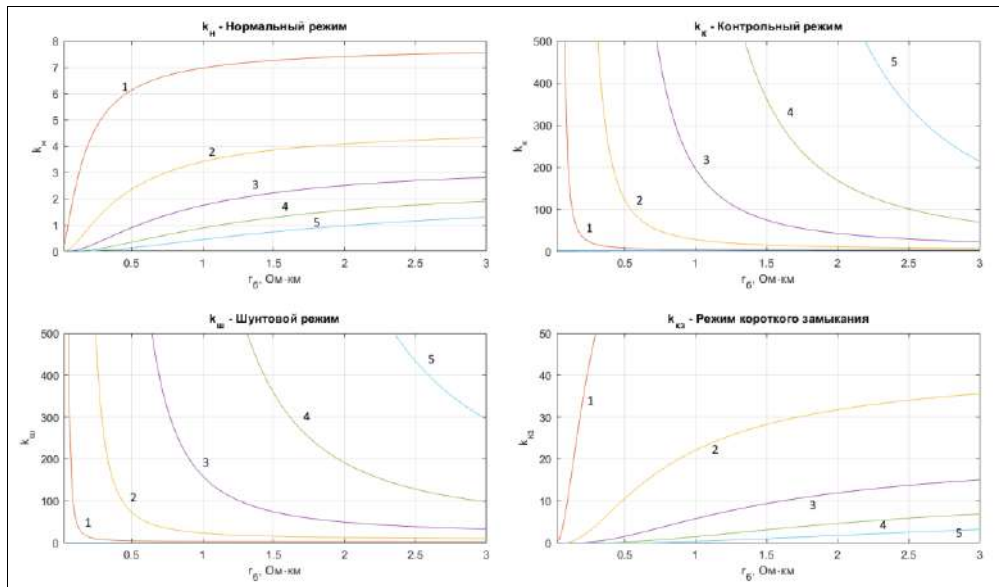


Рисунок 1 – Зависимости коэффициентов выполнения режима работы ТРЦ от сопротивления изоляции.  
Длина рельсовой линии: 1 – 400 м, 2 – 800 м, 3 – 1200 м, 4 – 1600 м, 5 – 2000 м

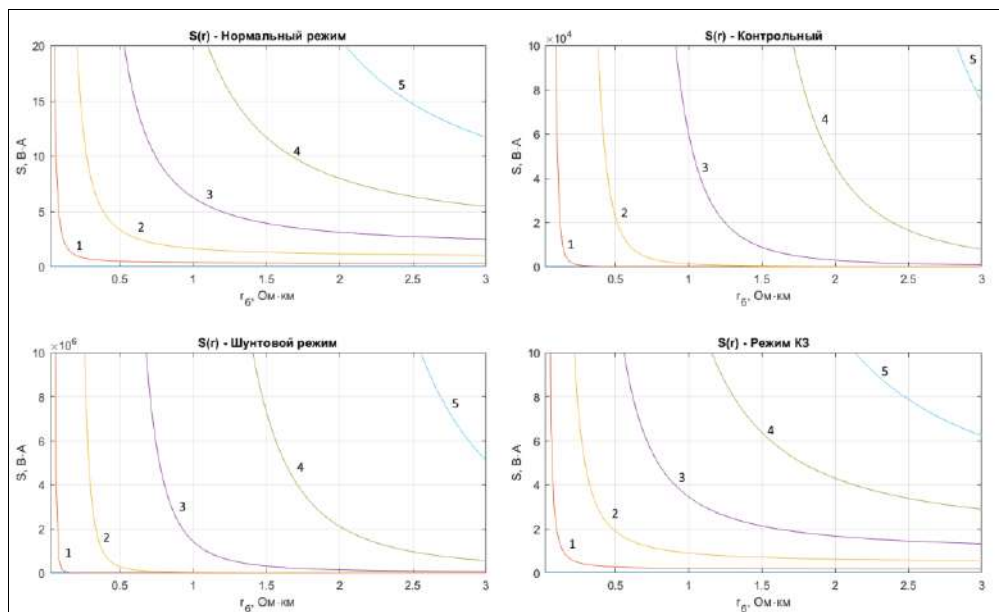
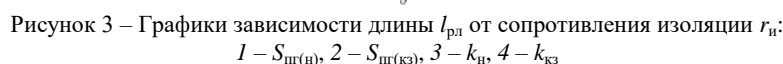


Рисунок 2 – Зависимости мощности сигнала от сопротивления изоляции.  
Длина рельсовой линии: 1 – 400 м, 2 – 800 м, 3 – 1200 м, 4 – 1600 м, 5 – 2000 м



## Список литературы

- УДК 656.25

АСУ ОТП относится к классу систем повышенной ответственности, где основным критерием эффективности является функциональная безопасность (ФБ) – способность сохранять безопасное состояние при любых отказах оборудования или ошибках персонала. Наряду с этим, в условиях цифровизации возрастает роль информационной безопасности (ИБ), предотвращающей вмешательство в управляющие и диагностические каналы.