Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта

Научно-теоретический Журнал

№ 2 (5) · 2022 · АПРЕЛЬ - ИЮНЬ

Выходит два раза в год. Основан в 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Транспорт

А.С. Пищулин, И.В. Тихонкин Совершенствование системы организации дорожного движения на участке от улицы Белинского до улицы Гаранина, октябрьского района г. Новосибирска 5

В.А. Беньковский , Н.А. Усатых Совершенствование организации дорожного движения на участке улицы Связистов от улицы Танкистов до улицы Пермской г. Новосибирска 11

Ю.С. Свешникова Анализ конструктивно-технических особенностей подвижного состава и инфраструктуры для скоростных и высокоскоростных перевозок грузов 18

Н.И. Соколов, О.А. Шаламова Анализ транспортной ситуации на перекрестках г. Новосибирска 25

В.В. Атапин, А.С. Нечушкин Анализ развития дефектных рельсов 30

Д.Ю. Журов, С.В. Речкин Оптимизация прогрева тракторных дизелей в условиях отрицательных температур 35

Н.С. Козлова, А.В. Скольский Определение склонности к риску как фактора влияния на безопасность труда на предприятиях транспортной отрасли 41

М.А. Тропина, И.В. Тихонкин Совершенствование организации дорожного движения и развитие улично-дорожной сети вблизи жилого комплекса «Никольский парк» города Новосибирска 48

А.С. Житина, К.А. Медведев Композитная тормозная колодка для железнодорожного транспорта 54

М.Ю. Карпенко, С.А. Петухов Оценка эффективности бортовых систем регистрации параметров работы тепловозов 60

В.Н. Анферов, С.А. Базанов, Н.А. Зайцев Испытательный стенд закрытой гидропередачи 68

М.А. Березкин, П.И. Федюнин Актуальные проблемы конвертации бензиновых двигателей на газовое топливо 73

В.А. Зайкова, С.В. Речкин Совершенствование организации дорожного движения маршрутного пассажирского транспорта на участке дорожной сети от улицы Каменское шоссе до улицы Гусинобродский тракт в г. Новосибирске. 80

Строительство и архитектура

Е.Д. Евсевнина И. Л. Сидоренко Формирование инвестиционных проектов и бизнес-плана на период производства строительно-монтажных работ 87

А. И. Круглов Ускорение сходимости метода итерационного перерасчета при проектировании равнопрочных конструкций в транспортной отрасли 101

А.А. Мартыненко, И.Л. Ким О гидравлическом сопротивлении водослива-измерителя расхода воды на малых реках. 115

Fundamental and applied transport issues

Scientific journal

№ 2 (5) · 2022 · APRIL - JUNE
Published twice a year. Established in 2020.

CONTENTS

Transport

Pishulin A.S. Tihonkin I.V.Organization of traffic on the section from Belinsky street to Garanin street, oktyabrsky district of Novosibirsk 5

V.A.Benkovsky , N.A Usatykh Improving the organization of traffic on the section of svyazistov street from Tankistov street to Permskaya street, Novosibirsk 11

Yu. S. Sveshnikova Analysis of structural and technical features of rolling stock and infrastructure for high-speed and high-speed cargo transportation 18

N. I. Sokolov, O. A. Shalamova Analysis of the transport situation at the crossroads of Novosibirsk 25

V.V. Atapin, A.S. Nechushkin Analysis of the development of defective rails 30

D. Yu. Zhurov, S. V. Rechkin Optimization of heating of tractor diesel engines in conditions of negative temperatures 35

N.S. Kozlova, A.V. Skolsky Determination of risk appetite as a factor influencing labor safety at transport industry enterprises 41

M.A. Tropina, I.V. Tikhonkin Improvement of the organization of road traffic and development of the street and road network near the residential complex "Nikolsky park" in Novosibirsk city 48

A.S. Zhitina, K.A. Medvedev Composite brake pad for railway transport 54

M.Y. Karpenko, S.A. Petukhov Evaluation of the effectiveness of on-board systems for recording the parameters of diesel locomotives 60

V.N. Anferov, S.A. Bazanov, N.A. Zaitsev Closed hydraulic system test stand 68

M.A. Berezkin, P.I. Fediunin The actual problems of conversion of gasoline engines to gas fuel 73

V.A. Zaikova, S.V Rechkin.Improving the organization of the traffic of route passenger transport on the section of the road Network from Kamenskoe highway street to Gusinobrodsky tract street in Novosibirsk. 80

Building and Architecture

E.D. Evsevnina, I.L. Sidorenko Formation of investment projects and business-plan for the period of construction and installation works 87

A. I. Kruglov Acceleration of the convergence of the iterative recalculation method in the design of equal-strength structures in the transport industry 101

A.A. Martynenko, I.L. Kim About the hydraulic resistance of the spillway-water flow meter on small rivers 115

УДК 656.11
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ОТ УЛИЦЫ БЕЛИНСКОГО ДО УЛИЦЫ ГАРАНИНА, ОКТЯБРЬСКОГО РАЙОНА Г. НОВОСИБИРСКА

А.С. Пищулин, И.В. Тихонкин
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, 630039, Россия

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы улучшения системы организации дорожного движения на участке от улицы Белинского до улицы Гаранина, Октябрьского района г. Новосибирска

Ключевые слова: транспортная безопасность, система транспортной безопасности, безопасность дорожного движения, безопасность на транспорте, снижение аварийности.

ORGANIZATION OF TRAFFIC ON THE SECTION FROM BELINSKY STREET TO GARANIN STREET, OKTYABRSKY DISTRICT OF NOVOSIBIRSK

Pishulin A.S. Tihonkin I.V.
Novosibirsk State Agrarian University, Engineering Institute, 147 Nikitina str., Novosibirsk, 630039, Russia

Abstract: This article discusses the issues of improving the traffic management system on the section from Belinsky Street to Garanin Street, Oktyabrsky district of Novosibirsk

Keywords: transport safety, transport security system, road safety, transport safety, accident reduction.

Автотранспорт стал неотъемлемой частью жизни общества, особенно в крупных городах. В настоящее время наблюдаются тенденция к глобальному увеличению количества автомобилей на дорожном пространстве страны, что оказывает большое влияние на рост экономики государства.

Вместе с увеличением числа автомобилей затрудняется движение по дорогам городов, появились такие явление, как пробки, которые грозят многочасовыми простоями. Во дворах домов, на обочинах проезжей части как в дневное, так и в ночное время большое пространство занято припаркованными автомобилями. Геометрические размеры городских улиц не соответствуют быстрому росту парка автотранспортных средств.

Основные транспортные коридоры Октябрьского района ул. Бориса Богаткова и ул. Никитина не справляются с растущей потребностью автомобилистов. Небольшой альтернативой им является участок ул. Добролюбова – ул. Гурьевская, но он ввиду недостаточной ширины проезжей части не может обеспечить необходимую пропускную способность, особенно в утренние и вечерние часы пик.

Дополнительное затруднение для автомобилистов связано с распределением потоков на перекрестке ул. Воинская – ул. Гурьевская. Проблема проезда перекрестка сохранилась даже после установки светофорного объекта. В зимний период времени ситуация усугубляется на всем рассматриваемом участке из-за снежных насыпей вдоль дороги, формируемых снежных накатов и колейности. Сужение ширины проезжей части даже на 0,5 метра зачастую приводит к возникновению аварийных ситуаций и остановке движения на прилегающих участках [1].

В непосредственной близости от перекрестка ведется строительство жилых комплексов «Гурьевский» и «Никольский парк» (рис.1, а), в ближайшее время ожидаемый прирост составит от 700 до 900 собственников квартир. В среднем согласно статистике по России на 1000 человек приходится до 400 личных автомобилей. При условии, что современная семья владеет одним-двумя автомобилями, то рост автопарка в данном микрорайоне составит от 400 до 600 автомобилей, что помимо загруженности прилегающих участков дорог дополнительно создаст проблемы с парковкой транспорта, в том числе на прилегающих территориях, сужению и без того достаточно ограниченной по ширине проезжей части [2].

а) *б)*

Рисунок 1 – Расположение рассматриваемого участка улично-дорожной сети

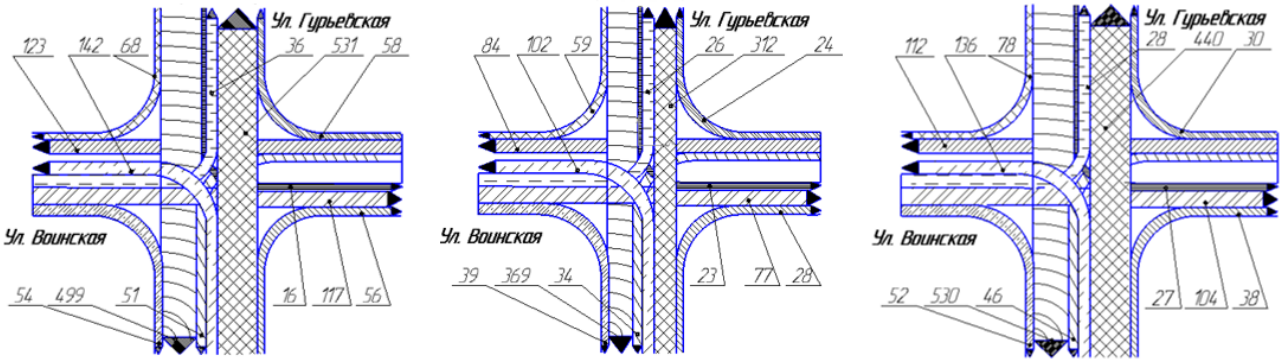
Точечная застройка многоэтажных зданий и значительная территория, занятая под индивидуальным частным домовладением, исторически сложившимся в данном районе города на данном этапе не позволят проводить кардинальную реконструкцию, расширение транспортных коридоров и строительство современных развязок. При этом высока востребованность у автовладельцев по обеспечению связности основных транспортных артерий района. Ремонт отдельных участков дорог не решил главной задачи – увеличения пропускной способности.

Анализ часовой интенсивности движения транспорта на перекрестке ул. Воинская – ул. Гурьевская показывает, что наиболее востребованным является прямолинейное движение в сообщении ул. Добролюбова – ул. Кирова. Основную транспортную нагрузку воспринимает ул. Гурьевская, до 60% от общего потока транспорта приходится именно на этот участок. Количество единиц автомобильного транспорта, выезжающего со стороны улицы

Добролюбова в утренние часы 32,15 % практически равна потоку – 33,75 %, въезжающему на данный участок (рис.2, а).

В дневные и вечерние часы наиболее востребован выезд из микрорайона 36,6 % и 37,51 %, соответственно, при практически равных значениях 28,55 % и 28,99 % автомобилей, въезжающих на территорию микрорайона (рис.2, б, в).

Установка на перекрестке светофорного объекта несколько облегчила проезд автомобилистам, совершающим маневры, связанные с изменением направления движения. Наиболее востребованным оказался левый поворот с ул. Гурьевская на ул. Б. Богаткова – 8-9 %. На протяжении всего дня практически не изменяется потребность в прямолинейном движении по ул. Воинская в каждом направлении по 7 % в каждом направлении. Иные разрешенные дорожными знаками и сигналами светофора направления движения востребованы в 2-3 % случаев (рис.2).



а) *б)* *в)*

Рисунок 2 – Интенсивность движения на перекрестке в течение дня, интервалы: а) с 8:00 до 9:00 час; б) с 13:00 до 14:00 час; в) с 18:00 до 19:00 час.

В ходе наблюдений выявлено, что от одного до двух процентов водителей – нарушители ПДД, совершающие левый поворот с ул. Гурьевская на ул. Воинская в направлении ул. Никитина, что частично может быть связано с психологическими факторами – привыканием жителей микрорайона к дорожной обстановке и не принятием во внимание недавно установленных дорожных знаков. В пиковые часы несогласованность режимов работы светофорных объектов на близлежащих перекрестках не обеспечивает достаточную пропускную способность рассматриваемого перекрестка.

Исследование не учитывает возможное увеличение транспорта в ближайшее время, связанное ростом строительства многоэтажных жилых комплексов в районе. В дальнейшее транспортный поток по ул. Гурьевская увеличится, что предполагает необходимость предусмотреть мероприятия по реконструкции участка улично-дорожной сети.

На этапе проектирования основных улиц города архитекторами были предусмотрены возможности развития уличной сети. Традиционно в ряде крупных городов трамвайные полосы прокладывались в центре проезжей части, разделяя встречные потоки автомобильного транспорта. Новосибирск не исключение, однако, в силу разных причин на отдельных улицах города часть участков улично-дорожной сети оказалась не используемой по назначению.

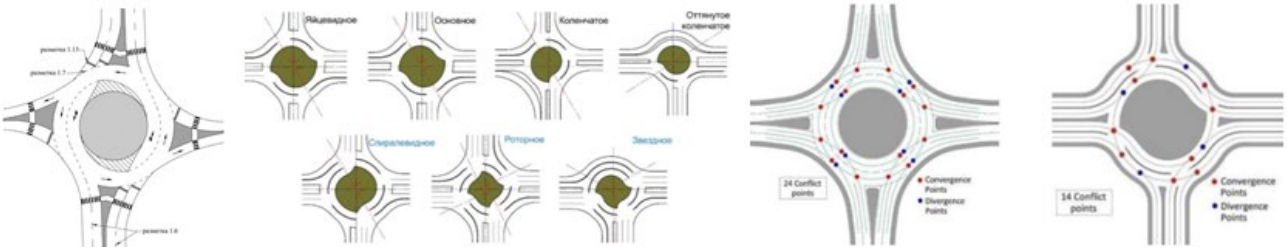
Тщательное изучение межквартальных проездов и дорог на участке улично-дорожной сети от ул. Кирова до ул. Панфиловцев, позволило оценить потенциальные возможности территории по возможному увеличению пропускной способности улиц. Одним из таких мероприятий может быть реконструкция участка дороги, с обустройством двухполосного движения с правой стороны трамвайных путей от ул. Белинского до ул. Пролетарской.

Для повышения безопасности движения целесообразно на всем протяжении трамвайных путей от ул. Зыряновская до ул. Никитина в межрельсовое пространство уложить дорожные плиты, обеспечив на отдельных участках дороги один уровень с проезжей частью. Данные мероприятия позволят при необходимости на определенных участках дороги создать условия для выполнения маневров автомобилей при поворотах, незначительно увеличить ширину проезжей части, что особенно актуально в зимний период эксплуатации, в т.ч. при механизированной уборке улиц от снега. На участках, примыкающих к остановочным пунктам, площадки для посадки пассажиров и места ожидания транспорта могут быть незначительно приподняты и выделены ограждениями со светоотражающими элементами для лучшего обзора в темное время суток.

Размещение информационных указателей и панелей, динамически отображающих загруженность близлежащих улиц и перекресток, позволит обеспечить плановое перераспределение транспортного потока по параллельным улицам и перенаправить часть автомобилей по улицам Карла Либкнехта и Пролетарская. Участок автомобильной дороги от ул. Пролетарская до ул. Воинская может быть однополосным. Использование участка трамвайных путей для движения в попутном направлении легкового автомобильного транспорта на участке протяженностью 200 м не создаст особых препятствий для трамвая, даже при значительном сокращении интервалов движения по сравнению с существующим графиком.

Участок дороги по ул. Воинская в направлении ул. Никитина предлагается расширить, организовав движение по две полосы в каждом направлении, а на пересечении с ул. Добролюбова организовать движение с элементами турбокольцевых пересечений с последующим соединением с прямолинейным участком ул. Добролюбова (см. рис.1, б).

Схема организации движения и пример построения упрощенной спиральной разметки, а также варианты турбокольцевых пересечений представлены соответственно на рис. 3, а и рис. 3, б.



а) *б)* *в)*

Рисунок 3 – Схема организации турбокольцевого движения

Применение на кольцевых пересечениях со спиральными полосами движения разделителей между полосами движения на кольцевой проезжей части позволяет исключить все конфликтные точки, кроме конфликта на въезде на кольцевое пересечение, и снизить при необходимости скорость движения. По данным исследователей число конфликтных точек сокращается практически в два раза с 24 до 14, (см. рис.3, в) [3,4].

Общей реконструкции может быть подвергнуто около трех километров улично-дорожной сети Октябрьского района, в т.ч. необходима прокладка дорожного полотна на проектируемом участке протяженностью 1,5 км, включая организацию движения на двух кольцевых пересечениях. Проектируемый участок дороги позволит организовать движение автомобилей, создать условия для благоустройства пешеходной зоны в непосредственной близости от сквера «Воинский» и жилого комплекса «Никольский парк».

В результате проводимых мероприятий может быть достигнуто повышение пропускной способности основных улиц района города, снижение заторов, повышение безопасности движения, как автомобильного транспорта, так и пешеходов на регулируемых и нерегулируемых перекрестках [5,6].

Библиографический список

1. Способ уборки снега на перекрестках и второстепенных улицах улично-дорожной сети г. Новосибирска / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Л.Д. Стороженко [и др.] // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 148-149.

2. Тихонкин, И.В. Организация сезонных экологических парковок в условиях города Новосибирска / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции, Новосибирск, 20 декабря 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 1278-1283.

3. Немчинов, Д.М. Кольцевые пересечения со спиральными полосами движения / Д.М. Немчинов // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 24–25 мая 2017 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 197-211.

4. Немчинов, Д.М. Спиральные полосы движения на кольцевых пересечениях / Д.М. Немчинов // Проектирование автомобильных дорог: Сборник докладов 77-й научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 29–30 января 2019 года / Под научной редакцией П.И. Поспелова. –

Москва: Общество с ограниченной ответственностью "А-проджект", 2019. – С. 145-162.

5. Тихонкин, И. В. Совершенствование организации движения пешеходов на нерегулируемых переходах в условиях г. Новосибирск / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Т.В. Возженникова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 347-350.

6. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения на регулируемых пешеходных переходах в условиях города / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, А.В. Сухосыр // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 350-353.

УДК. 625
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ УЛИЦЫ СВЯЗИСТОВ ОТ УЛИЦЫ ТАНКИСТОВ ДО УЛИЦЫ ПЕРМСКОЙ Г. НОВОСИБИРСКА

В.А.Беньковский , Усатых Н.А.
ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия, 630039, ул. Добролюбова, 160

Аннотация. Совершенствование улично-дорожной сети предполагает меры, направленные на повышение пропускной способности, безопасности и комфорта всех участников движения

В данной статье приводится анализ деятельности существующей маршрутной сети на участке улицы Связистов от улицы Танкистов до улицы Пермской г. Новосибирска. В результате анализа были выявлены проблемы участка улично-дорожной сети и предложены меры, позволяющие их решить.

Ключевые слова: Организация дорожного движения, безопасность дорожного движения, совершенствование участка дорожной сети, технические средства организации движения.

IMPROVING THE ORGANIZATION OF TRAFFIC ON THE SECTION OF SVYAZISTOV STREET FROM TANKISTOV STREET TO PERMSKAYA STREET, NOVOSIBIRSK

V.A.Benkovsky , Usatykh N.A
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia, 630039, Dobrolyubova str., 160

Annotation. The improvement of the road network involves measures aimed at increasing the capacity, safety and comfort of all road users

This article provides an analysis of the activities of the existing route network on the section of Svyazistov Street from Tankistov Street to Permskaya Street in Novosibirsk. As a result of the analysis, the problems of the section of the road network were identified and measures were proposed to solve them.

Keywords: Traffic management, road safety, improvement of a section of the road network, technical means of traffic management.

Удобство городов для людей во многом определяется развитием его транспортной инфраструктуры, ведь в современных мегаполисах люди постоянно находятся в движении и им необходимо то, что будет перемещать их в этом бурном потоке. Другую, не менее важную роль, автомобиль играет в грузообороте. Более 65 процентов грузов в России перевозятся автомобилями. Постоянное наличие продуктов, товаров и услуг в городе обеспечивается именно за счёт автомобильных перевозок.[4]

Однако автомобиль является источником повышенной опасности и провоцирует большое количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых наносится большой материальный вред, но, что ещё хуже –

вред здоровью. Государство и простые водители обязаны совместно, комплексно и ответственно работать над сокращением числа ДТП и тяжести их последствий. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется более 20% всех ДТП (рис. 1). [5]

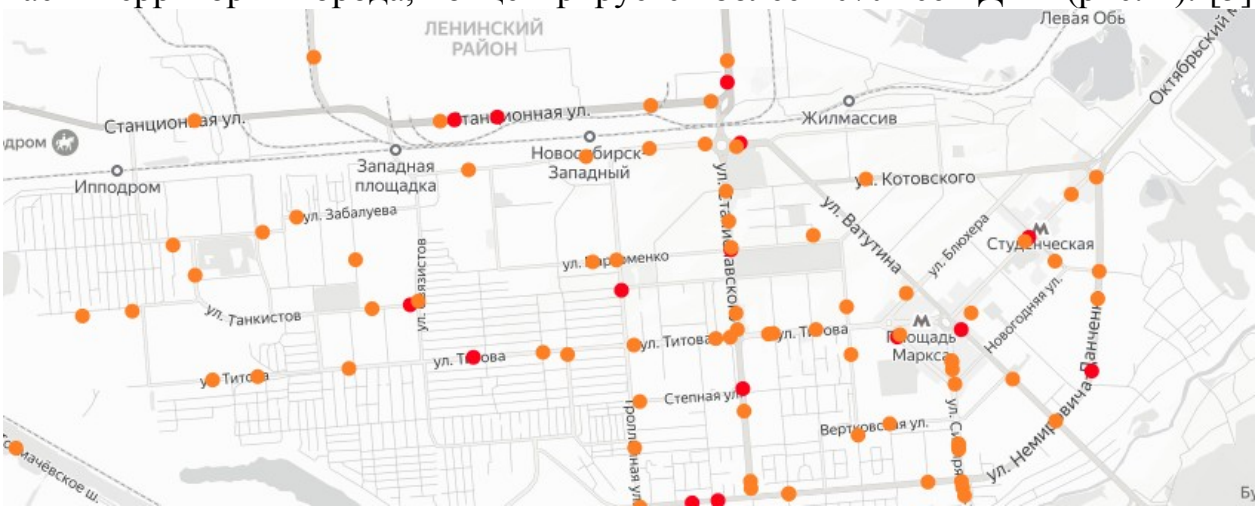


Рисунок 1 - ДТП в Ленинском районе города Новосибирска в 2021 году

Обеспечение быстрого и безопасного движения в современных городах требует применения комплекса мероприятий архитектурно-планировочного и организационного характера. К числу архитектурно-планировочных мероприятий относятся строительство новых и реконструкция существующих улиц, строительство транспортных пересечений в разных уровнях, пешеходных тоннелей, объездных дорог вокруг городов для отвода транзитных транспортных потоков и т.д. [2]

При реализации мероприятий по организации дорожного движения особая роль принадлежит внедрению технических средств: дорожных знаков и дорожной разметки, средств светофорного регулирования, дорожных ограждений и направляющих устройств. При этом светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках как для автомобилей, так и для пешеходов. Разделив поток автомобилей во времени, мы снижаем количество конфликтных точек, а с ними и потенциальные аварийные ситуации. В то же время, по одному (или нескольким) направлениям движения автомобили двигаться не будут, что позволит безопасно пустить там пешеходный поток. [3]

Город Новосибирск является третьим городом по населению в Российской федерации и крупнейшим городом за Уралом. На 2021 год в нём проживает 1 620 162 чел. и зарегистрировано 467 154 автомобиля. Количество автомобилей в Новосибирске стремительно растёт, ведь ещё в 2014 году в нём было зарегистрировано лишь 352 143 автомобиля. В данный момент Новосибирск является 4-м городом России по количеству автомобилей. Объясняется это его географическим расположением, а также тем что Новосибирск является одним из городов-милионников в России . Когда город проектировался, никто не рассчитывал на такую плотность населения и уровень автомобилизации, поэтому на многих магистралях Новосибирска в

часы пик закономерно наблюдаются заторы.

Рассмотрим дорожную ситуацию на левом берегу города Новосибирска, ведь в нём расположен совершенствуемый участок. Левый берег города преимущественно состоит из двух районов: Ленинского и Кировского

В районах недостаточное количество транспортных развязок для разъезда из многочисленных спальных районов и новых микрорайонов на окраинах. Застройщики не создают необходимой инфраструктуры, тем самым перегружая и без того нагруженные участки улично-дорожной сети. Неразвитая структура метрополитена на левом берегу негативно сказывается на пассажирском транспорте и косвенно увеличивает количество личного транспорта. Недостаточное количество пассажирского транспорта, а также его неудовлетворительное состояние, высокий моральный износ снижают скорость сообщения и пассажиропоток.

Ежедневные заторы появляются на (рис. 2,3):

- магистральных улицах, ведущих к Октябрьскому мосту, улице Котовского, проспекте Карла-Маркса и улице Немировича-Данченко. Объясняется тем, что многие жители левого берега учатся или работают на правом берегу и отдают предпочтение личному транспорту.

- всех путях на улицу Станционную и площадь Труда. Улицах Станиславского, Широкая и Ватутина, а также Невельского и переезде на Ипподроме. Объясняется стремлением людей выехать на Димитровский мост, либо в промышленные районы Новосибирска и аэропорт через улицу Станционную

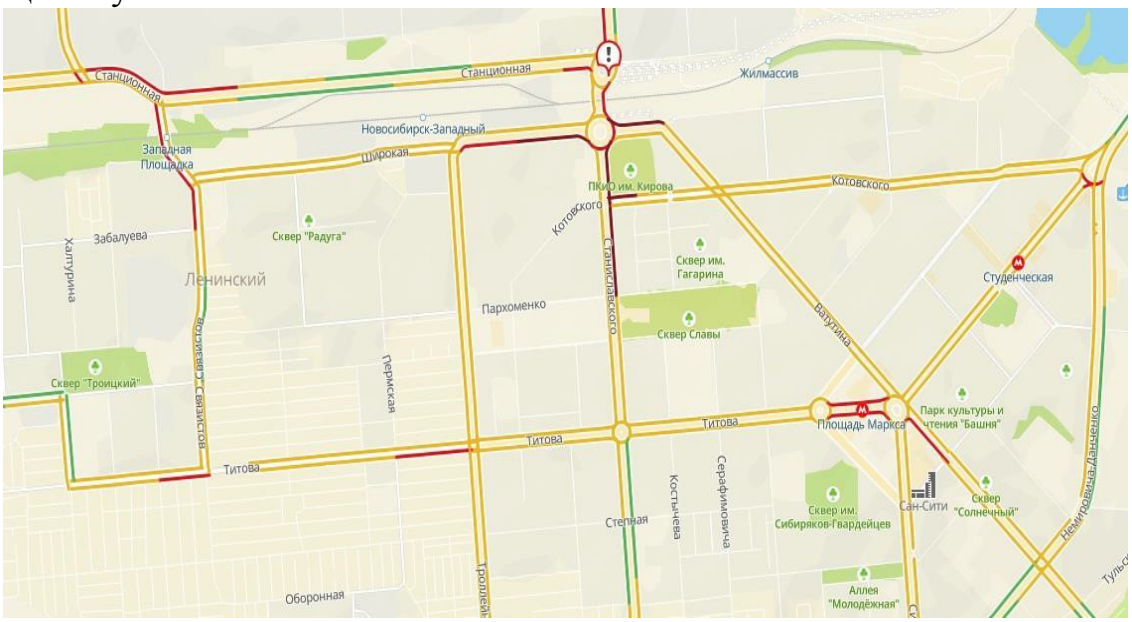


Рисунок 2 Заторы в утренние часы

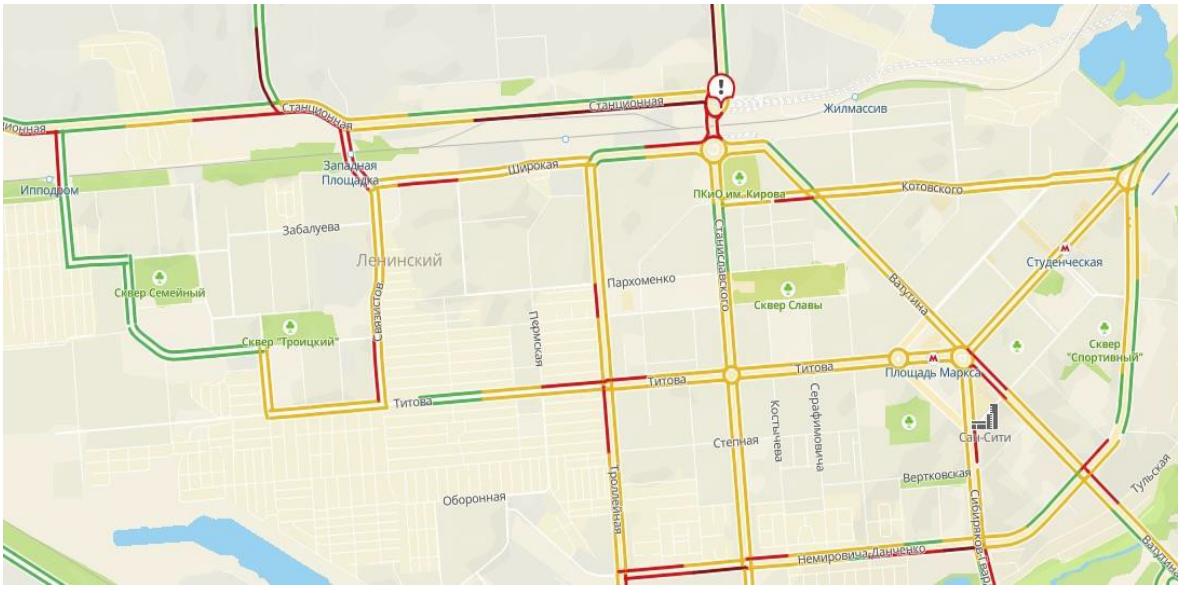


Рисунок 3 Заторы в вечерние часы

В рамках данной статьи будет рассмотрен элемент представленной улично-дорожной сети на пересечении улиц Титова-Связистов.

Для данного перекрёстка характерны высокие транспортные задержки по улице Титова в утреннее и вечернее время, данная проблема возникла из-за микрорайона «Чистая слобода», который существенно повысил нагрузку на улицу Титова.

По улице Связистов большие задержки наблюдаются в течение всего дня, причиной является узкая однополосная дорога, по которой движется не рассчитанный на неё поток автомобилей и короткая фаза разрешающего сигнала светофорного регулирования (рис. 4).

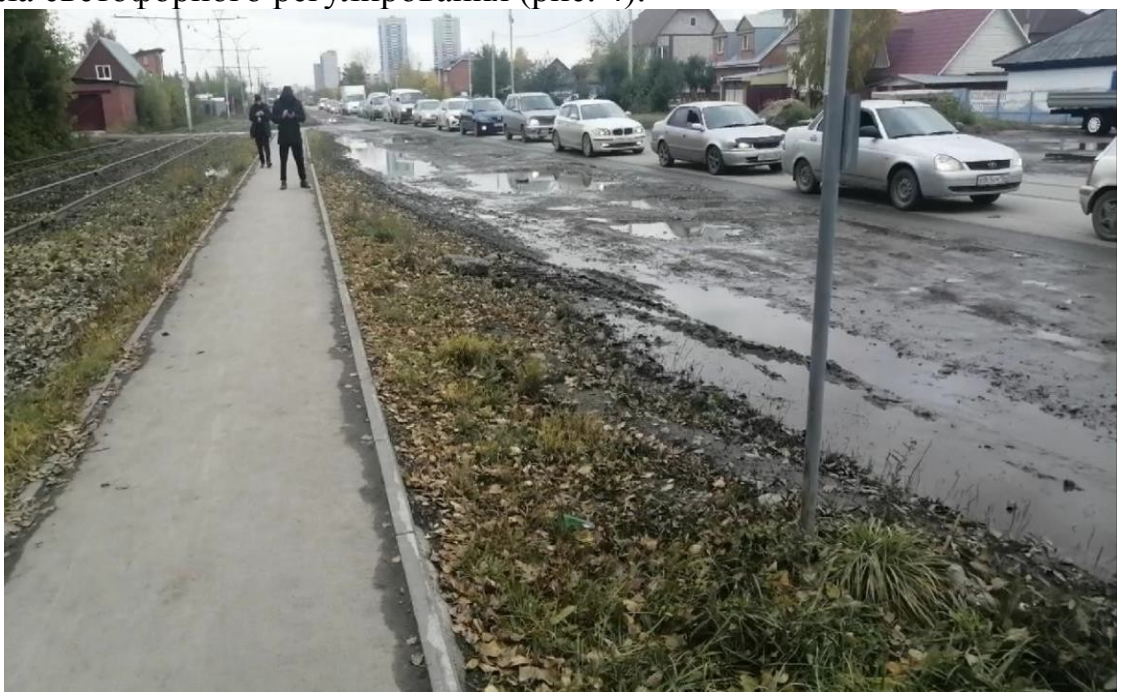


Рисунок 4. Очередь транспортных средств по улице Связистов в середине буднего дня

Также на данном перекрёстке часто происходят аварии, 2-3 в год. Такая высокая аварийность обусловлена нестандартной формой перекрёстка (рис. 5), ненормативным состоянием дорожного покрытия[1] и недостаточным освещением перекрёстка в тёмное время суток.

Рисунок 5. Нестандартная форма перекрёстка

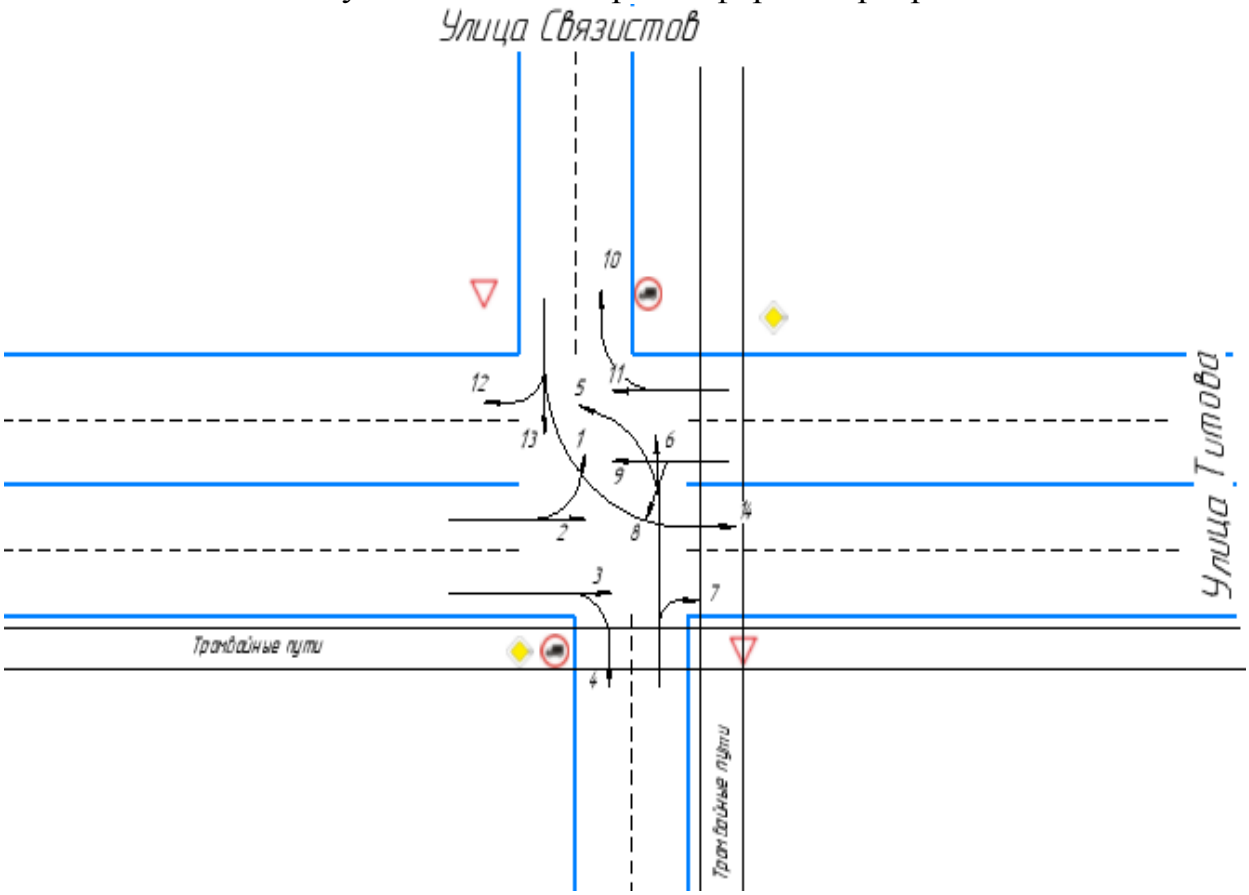


Рисунок 6 Схема организации движения на перекрёстке Титова – Связистов.

В результате анализа перекрёстка наблюдаются следующие проблемы (соответствующие им цифры отображены на рисунке 6)»:

1) Поворот направо с улицы Титова (направление 4 на схеме) затруднён в часы пик;

2) Нестандартная форма перекрёстка усложняет проезд транспортных средств, понижает скорость проезда перекрёстка и снижает безопасность;

3) Недостаточная ширина проезжей части по улице Связистов, для существующей интенсивности движения;

4) Несоответствие освещения и дорожного покрытия существующим ГОСТам.

В данной статье будут предложены меры, позволяющие положительно повлиять на пропускную способность перекрёстка в утренние часы пик и повысят его безопасность.

Предлагаемые меры:

1) Добавить полосы движения по улице Связистов с обоих сторон от перекрёстка.

2) Изменить направление существующей полосы по улице Связистов сверху от перекрёстка.

3) Организовать съезд направо с улицы Титова на улицу Связистов.

4) Добавить знаки и разметку, в соответствии с новой организацией движения.

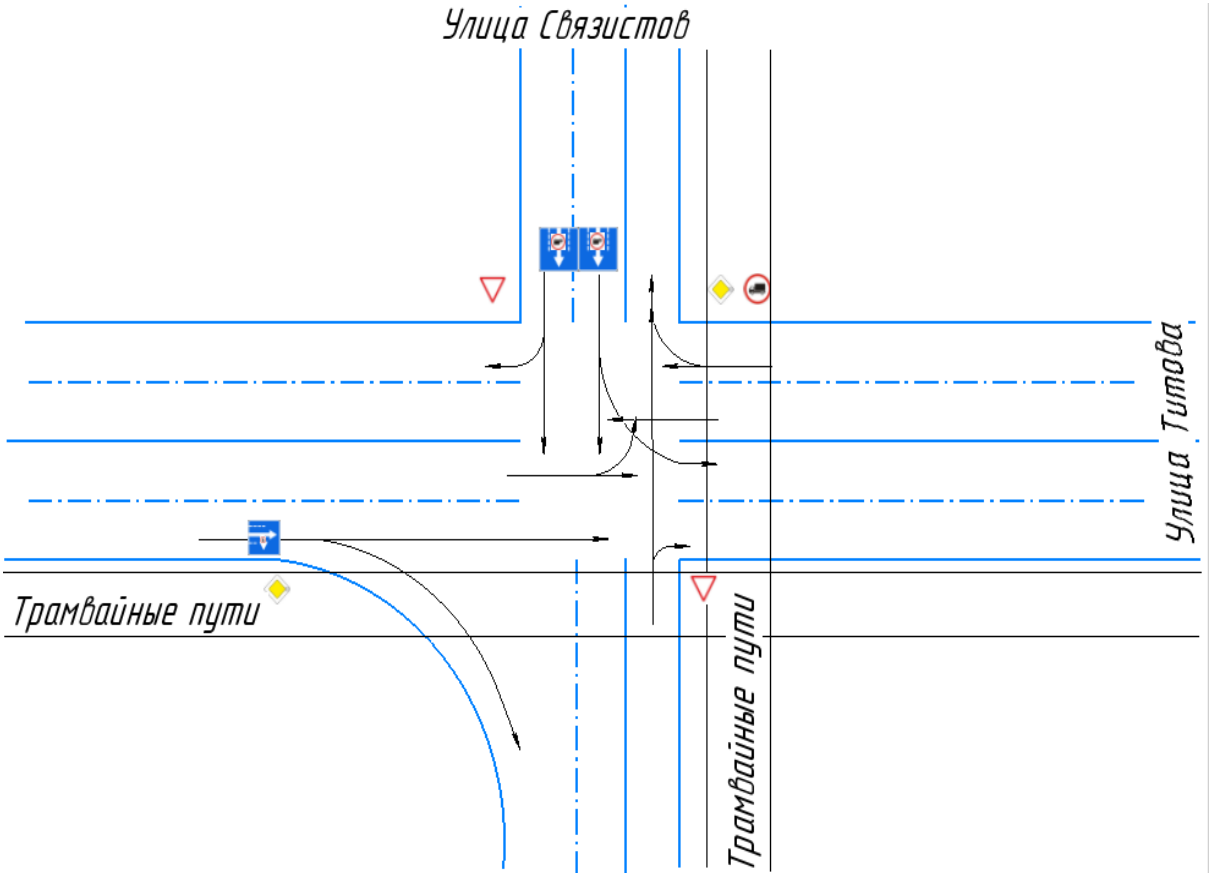


Рисунок 7. Предлагаемая схема организации движения на перекрёстке Титова – Связистов.

В результате применения данных мер повысится пропускная способность по обоим улицам, перекрёсток примет вид стандартного четырёхстороннего перекрёстка, что положительно повлияет как на пропускную способность, так и на безопасность. Отдельно стоит выделить

добавленный съезд, ведь движение по нему будет происходить независимо от фазы светофора.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками) Применяется с 01.09.2018.

2. Бадагуев, Б.Т. Эксплуатация транспортных средств (организация и безопасность движения) / Б.Т. Бадагуев. — М.: Альфа-Пресс, 2018. — 240 с.

3. Блинкин, М.Я Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции / М.Я Блинкин. — М.: ИД ВШЭ, 2018. — 240 с.

4. Горев, А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. — М.: ИЦ Академия, 2018. — 256 с.

5. Статистика ДТП в России // Карта ДТП URL: https://dtp-stat.ru/ (дата обращения: 21.03.2022).

УДК 656
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_18

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Ю. С. Свешникова[1]

1. Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: Рассмотрены перспективы перевозок легковесных экспресс-грузов с использованием скоростных и высокоскоростных грузовых поездов. Выполнен анализ типов универсальных и специализированных контейнеров, определены особенности подвижного состава для высокоскоростных перевозок, специфика компоновки и работы контейнерных терминалов для работы с такими поездами.

Ключевые слова: высокоскоростной поезд, экспресс-грузы, контейнеры, транспортная система, контейнерный терминал.

ANALYSIS OF STRUCTURAL AND TECHNICAL FEATURES OF ROLLING STOCK AND INFRASTRUCTURE FOR HIGH-SPEED AND HIGH-SPEED CARGO TRANSPORTATION

Yu. S. Sveshnikova[1]

1. Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: Prospects of light-weight express cargo transportation using high-speed and high-speed freight trains are considered. An analysis of the types of universal and specialized containers was carried out, the features of rolling stock for high-speed transportation, the specifics of the layout and operation of container terminals for working with such trains were determined.

Keywords: high-speed train, express cargo, containers, transport system, container terminal.

Грузовые железнодорожные перевозки обычной скоростью давно известны. Разработаны и успешно используются все компоненты транспортно-логистической системы.

При этом в последние годы в ряде стран появился новый вид перевозок – перевозка определенных грузов скоростными и высокоскоростными поездами [1].

Новая технология, в средне- и долгосрочной перспективе, возможная и в России, требует новых решений.

В связи с этим целью представляемой работы было определение конструктивно-технических особенностей железнодорожных транспортных единиц и инфраструктуры для скоростных и высокоскоростных перевозок грузов.

В последние несколько лет во многих странах мира наблюдается быстрый рост объемов электронной торговли [2]. Соответственно, растут и объемы перевозок грузов, требующих быстрой доставки. Перевозки воздушным транспортом не всегда справляются с растущими объемами отправлений, а традиционные контейнерные перевозки железнодорожным и автомобильным транспортом оказываются слишком медленными.

Рынок Интернет-торговли (см. рис. 1) демонстрировал стабильные двузначные темпы роста и до пандемии, а с вводом ограничений на передвижения он начал расти еще активнее – на ее фоне люди стали чаще заказывать и приобретать те или иные товары в сети.

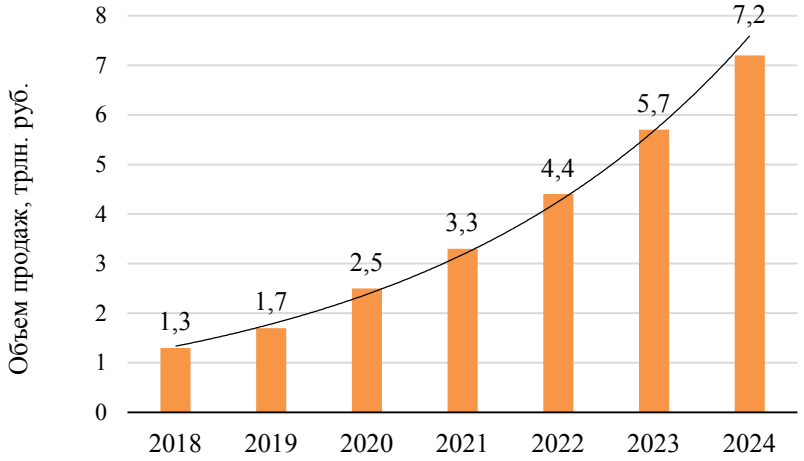


Рисунок 1 – Оборот электронной торговли с прогнозом до 2024 г

К грузам, которые потенциально могут перевозиться в скоростном сообщении можно отнести грузы, которые могут перевозиться в универсальных и спецконтейнерах стандартных типоразмеров.

В высокоскоростном сообщении это грузы [3], которые могут перевозиться в малоразмерных спецконтейнерах в вагонах высокоскоростных поездов (дорогостоящие, легковесные и малогабаритные грузы, к примеру, электроника и бытовая техника).

Для движения скоростных поездов могут использоваться существующие линии при условии их модернизации, для высокоскоростных перевозок, исходя из мирового опыта, требуются специализированные высокоскоростные магистрали (ВСМ) [4]. Развитые страны мира либо уже имеют сеть таких дорог, либо рассматривают возможность ее строительства [5]. В России известны проекты Москва-Казань и Центр-Юг.

ВСМ являются надежным и пунктуальным видом сообщения. Такие магистрали в настоящее время имеются во многих странах Европы, в США и ряде стран Азии. В 2018 г. ВСМ появилась на Африканском континенте, в Марокко.

Однако ВСМ используются преимущественно для пассажирского движения.

Опыт высокоскоростных грузовых перевозок впервые получила Китайская Народная Республика, когда в 2020 г. начала экспериментальные перевозки экспресс-грузов с использованием высокоскоростных пассажирских поездов, внутреннее пространство которых стали адаптировать для перевозки легковесных дорогостоящих грузов, требующих срочной доставки.

В том же году в Китае был выпущен первый грузовой высокоскоростной поезд, развивающий скорость до 350 км/ч (см. рис. 2) [6]. Внутри вагона этого

поезда, на полу и стенках, предусмотрены места для фиксации спецконтейнеров (см. рис. 3).

Также осенью 2021 года в Великобритании были запущены первые высокоскоростные легковесные грузовые поезда компании Rail Operations,

Рисунок 2 – Первый высокоскоростной поезд для перевозки грузов (КНР)

Рисунок 3 – Специализированный контейнер для высокоскоростных перевозок

оказывая сервис скоростных перевозок почтовых и легковесных грузов поездами [7]. В будущем компания планирует организовать скоростные железнодорожные перевозки крупногабаритных грузов, включая морские контейнеры.

В определенных обстоятельствах опыт этих стран может оказаться полезным и для России.

Говоря об увеличении скорости перевозок, стоит уделить особое внимание контейнерным железнодорожным перевозкам – ускоренным контейнерным поездам.

Преимущества перевозки грузов в контейнерных поездах перед перевозкой грузов в обычных грузовых поездах:

– возможность перевезти любой груз, исключив лишнюю сортировку благодаря минимальному количеству остановок в пути;

– повышение качества доставки и сокращение времени на перевозку грузов;

– за счёт ускоренного пропуска контейнерных поездов достигается существенное повышение маршрутной скорости движения.

Транспортная система контейнерных перевозок включает в себя:

– универсальный и специализированный подвижной состав разных видов транспорта, учитывающий особенности перевозимых грузов;

– парк контейнеров различных типов, параметров, конструкций и характеристик;

– грузовые терминалы в пунктах перевалки контейнеров с одних видов транспорта на другие;

– информационная база, которая позволяет обеспечивать контейнерные перевозки разными видами транспорта в их взаимодействии.

На сегодняшний день существует широкая номенклатура грузовых контейнеров [8]. В целом все они делятся на универсальные и специализированные. Чаще всего в контейнерных железнодорожных перевозках применяются контейнеры общего значения – универсальные.

Существуют также и контейнеры специального назначения – они служат для перевозки и временного хранения грузов ограниченной номенклатуры или отдельных видов – сыпучих, жидких, скоропортящихся или чувствительных к температуре, опасных.

– контейнер-рефрижератор;
– контейнер с термоизоляцией;
– вентилируемый контейнер;
– танк-контейнер;
– контейнер-платформа;
– контейнер с открытым верхом.

Для того, чтобы еще больше ускорить контейнерные перевозки, в настоящее время проектируются и выпускаются новые фитинговые платформы, которые позволяют развивать скорость контейнерных поездов до 140-160 км/ч.

Для обслуживания контейнеров и формирования контейнерных поездов в России существуют контейнерные терминалы [9]. Российские контейнерные перевозки базируются на крупных терминалах, которые приспособлены для работы со стандартными контейнерами.

Контейнерный терминал — это транспортный пункт, предназначенный для перевалки контейнерных грузов, временного хранения и обслуживания контейнеров разного типа. Открытые площадки, оснащенные необходимым оборудованием, имеют транспортные магистрали для оперативного распределения потока грузов. Предприятие включает в себя комплекс служебных помещений, необходимых для досмотра грузов, ремонта оборудования и контейнеров. Существуют терминалы общего пользования и специальные пункты, расположенные на территории режимных предприятий или организаций.

В настоящее время существует несколько основных схем планировки контейнерных терминалов [10]. Классификация терминала устанавливается на стадии проектирования объекта. Расположение рабочих зон может быть поперечным, продольным, кольцевым, сквозным или тупиковым.

Для организации скоростных и, особенно, высокоскоростных грузовых перевозок на железнодорожном транспорте требуется наличие

соответствующей инфраструктуры, параметры которой являются неотъемлемой частью технологии перевозок, а также тесно связаны с конструктивными особенностями железнодорожного подвижного состава.

Конструктивные особенности вагонов, а также особенности формирования поездов требуют соответствующей инфраструктуры железнодорожных станций. Для обслуживания таких поездов необходимы приемоотправочные пути, а также грузовые устройства.

Главное отличие при перевозках контейнеров в обычном и ускоренном поезде – скорость. Так как движение скоростное, то и все операции на контейнерном пункте необходимо выполнять в ускоренном режиме для того, чтобы не был утерян эффект от большой скорости следования поезда.

В таком случае самым оптимальным и выгодным в отношении скорости вариантом будет тот, в котором приемоотправочный путь станции одновременно является погрузочно-выгрузочным путем на контейнерном терминале. Так как в ином случае, если приемоотправочный путь будет расположен на ж.-д. станции, и подача групп контейнеров на терминал будет осуществляться в маневровом порядке, такая технология работы будет значительно замедлять процесс.

Предлагается два варианта конструктивно-компоновочных решений контейнерного терминала:

– терминал располагается интегрируется с железнодорожной станцией, приемоотправочный путь расположен на самом терминале (рис. 3).

– приемоотправочный путь расположен на станции, путь выполнения грузовых операций – на удаленном терминале (рис. 4); подача вагонов на терминал осуществляется маневровым порядком.

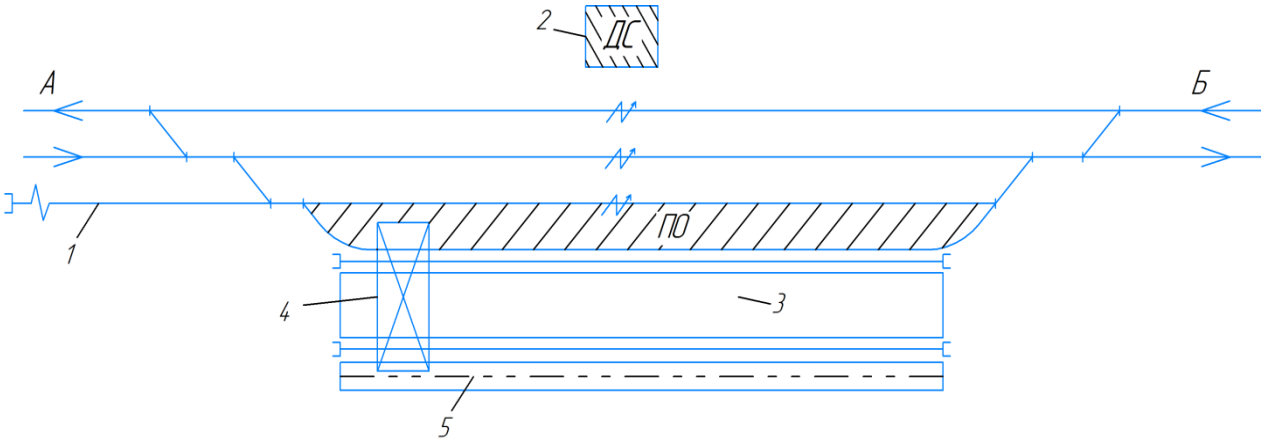


Рисунок 3 – Схема контейнерного терминала с расположением приемоотправочного пути на самом терминале. Условные обозначения: ПО – приемоотправочные пути, 1 – вытяжной путь, 2 – контора ДС, 3 – контейнерная площадка, 4 – козловой кран, 5 – автодорога

На текущем этапе исследований определен состав технологических операций, выполняемых с поездом в случае скоростной и высокоскоростной перевозки, разработаны основные компоновочные решения терминалов и

выполнен расчет технологических карт на выполнение маневровой работы. Полученные затраты времени по элементам операций являются частью исходных данных и будут использованы в разрабатываемой модели работы терминала.

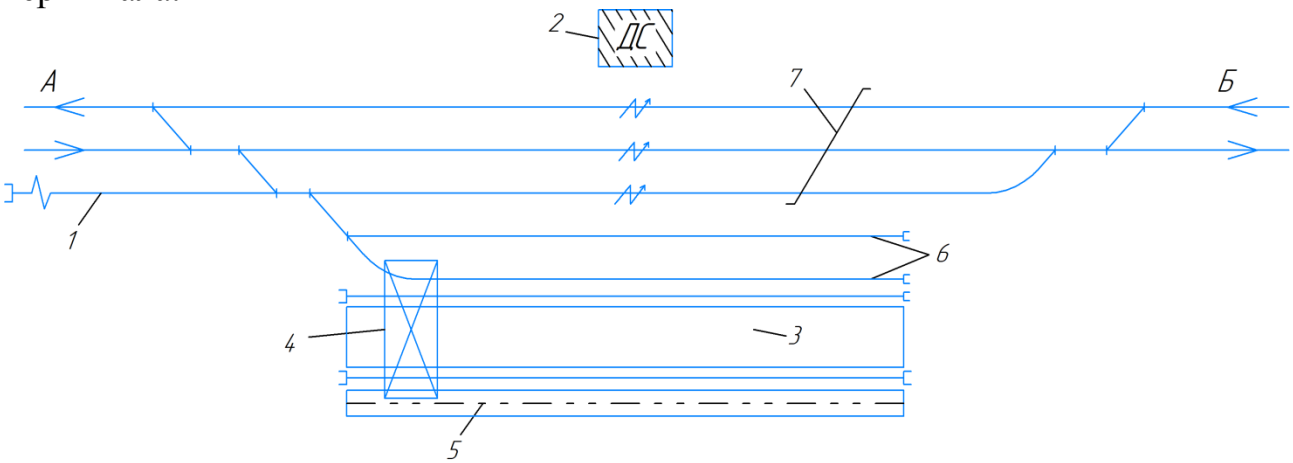


Рисунок 4 – Схема контейнерного терминала с расположением приемоотправочного пути на ж.-д. станции. Условные обозначения: 1 – вытяжной путь, 2 – контора ДС, 3 – контейнерная площадка, 4 – козловой кран, 5 – подъезд для автомашин, 6 – погрузочно-разгрузочные ж.-д. пути контейнерного терминала, 7 – пути ж.-д. станции

Определение необходимого и достаточного технического оснащения терминала для обслуживания скоростных и высокоскоростных перевозок, его перерабатывающей способности, на наш взгляд, требует создания имитационной модели, что является нашей следующей задачей. Разработка модели работы специализированного терминала позволит выполнять технико-экономическое обоснование рационального выбора того или иного варианта конструктивно-технических решений для обеспечения условий эффективной организации перевозок легковесных грузов, требующих срочной доставки, скоростными и, в перспективе, высокоскоростными поездами.

Библиографический список

1. Высокоскоростной наземный транспорт // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82 (дата обращения: 09.02.2022).

2. Логистика для электронной торговли - 2020. - URL: https://datainsight.ru/sites/default/files/Logistics_2020.pdf (дата обращения: 15.02.2022). - Текст: электронный.

3. Gerhard Troche. High-speed rail freight. Sub-report in Efficient train systems for freight transport. KTH Railway Group Report. – URL: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87134.1550157093!/Menu/general/column-

content/attachment/0512_inlaga.pdf (дата обращения: 15.02.2022). - Текст: электронный.

4. Карасев С.В. Специализация линейных объектов железнодорожной инфраструктуры как резерв повышения эффективности перевозочного процесса. // Политранспортные системы. Материалы X Международной научно-технической конференции. 2019. С. 165-168.

5. В.А. Родченко, Д.С. Зандарашвили Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт и перспективы в России: Учебное пособие. - Москва: МГУПС (МИИТ), 2015. - 116 с.

6. China takes rail transport to a new level. Freight trains running at 350 km/h. - URL: https://www.cargo-partner.com/trendletter/issue-25/highspeedrail-freight-in-china (дата обращения: 20.02.2022). - Текст: электронный.

7. В Великобритании в апреле запустят первые высокоскоростные грузовые поезда // ЦТС - Центр транспортных стратегий URL: https://cfts.org.ua/news/2021/02/25/v_velikobritanii_v_aprele_zapustyat_pervye_vysokoskorostnye_gruzovye_poezda_63519 (дата обращения: 19.02.2022). - Текст: электронный.

8. Виды контейнеров для перевозок грузов // Contship.ru URL: https://www.contship.ru/publikacii/vidy-konteynerov-dlya-perevozki-gruzov/ (дата обращения: 20.02.2022).

9. Крупнейшие терминалы России // Контейнер плюс URL: http://contplus.ru/spravka/kontejnernyie-terminalyi-rossii.html (дата обращения: 20.02.2022).

10. Какие типы контейнерных терминалов существуют // Фут контейнер URL: Какие типы контейнерных терминалов существуют | Компания «Фут Кон-тейнер» (foot-container.ru) (дата обращения: 20.02.2022).

УДК 656.1
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_25

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ Г. НОВОСИБИРСКА

Н. И. Соколов[1], О. А. Шаламова[2]
Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: в работе выполняется обзор потенциально аварийных и загруженных перекрестков.

Ключевые слова: аварийный перекресток, трафик дорожно-транспортной сети Новосибирска, транспортный поток, ДТП, ПДД.

ANALYSIS OF THE TRANSPORT SITUATION AT THE CROSSROADS OF NOVOSIBIRSK

N. I. Sokolov[1], O. A. Shalamova[2]
Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: the work provides an overview of potentially emergency and busy intersections.

Key words: emergency intersection, traffic of the road transport network of Novosibirsk, traffic flow, traffic accident, traffic rules.

Транспорт — одна из ключевых систем городского организма. В наше время большое внимание уделяется проблемам, связанным с управлением транспортной сетью и транспортными потоками и в приоритете, в первую очередь, стоят города с наибольшей численностью населения - города миллионники.

Актуальность темы определяется тем, что в Новосибирске достаточное количество перекрестков с затрудненной пропускной способностью, на которых необходимо автоматизировать основные потоки движения транспортных средств для стабилизирования транспортной ситуации в г. Новосибирске.

Поставленные задачи:

1. Произвести обзор перекрестков Новосибирска с затрудненной пропускной способностью;
2. Собрать статистику ДТП на участке ул. Георгия Колонды – ул. Окружная.

Новосибирск расстраивается и образуются «спальные районы» на окраинах города. По данным за 2019 год численность населения микрорайона Родники превысила 65 тысяч человек. [1] Население отдает предпочтение личным автомобилям вместо общественного транспорта. Анатолий Локоть заявил: «Почти полмиллиона единиц личного транспорта зарегистрировано в Новосибирске, за семь лет их стало больше почти на треть». [2] Обращаясь к статистике в период с 2014-го по 2020 год в столице Сибири дополнительно зарегистрировано 115 тысяч новых автомобилей. [2] Растущая транспортная

нагрузка закономерно усугубляет ситуацию с «пробками» в городе. Население города Новосибирска на 2021 год составляет 1620162 человека, [3] опираясь на данную статистику делаем вывод, что каждый третий житель города является автовладельцем. Нынешняя инфраструктура города не рассчитана на такие высокие показатели, о чем свидетельствуют ежедневные утренние и вечерние восьми, а то и девяти бальные «пробки».

Практически вся инфраструктура Новосибирска заложена по генеральному плану Советского времени с привязкой к тому количеству машин и населения. Отсюда и образуются дорожные заторы на улицах города. Нидерландская компания TomTom, которая специализируется на геопозиционировании привела статистику, согласно которой Новосибирск в мире занял девятое место по пробкам. Он опередил Санкт-Петербург, Токио, Нью-Йорк и другие перегруженные мировые столицы. [3]

Хочется отметить, что регулируемый перекресток ул. Г. Колонды – ул. Окружная является не единственной транспортной развязкой улиц г. Новосибирска с проблематичным проездом. Перекрестки, схемы движения по которым описаны ниже вошли в раздел «Самый глупый перекресток Новосибирска». [3] Пересечение ул. Дуси Ковальчук – Залесского, где используется только одна полоса для того, чтобы проехать прямо в сторону Сухого лога, т.к. правая полоса всегда занята общественным транспортном, которые совершают остановку на «Гор. больнице», а согласно предписывающим дорожным знакам номер 5.15.1 и 5.15.2, расположенным над крайней левой полосой, с которой можно поворачивать только налево, выезд на трамвайные пути запрещен, а в противоположном направлении налево поворот разрешен с двух полос, в том числе с трамвайной линии (см. рис. 1). Дорожную обстановку перед перекрестками Площади Калинина и ул. Дуси Ковальчук – Залесского усугубляют трамвайные платформы, которые существенно сужают ширину проезжей части, а, следовательно, и пропускная способность перекрестков уменьшается (см. рис. 2).

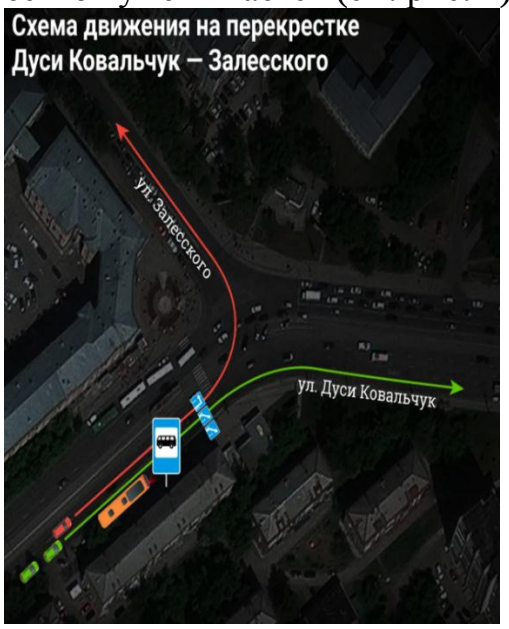


Рисунок 1 – Схема движения на

Рисунок 2 – Трамвайная платформа

перекрестке Дуси Ковальчук - Залесского

Аварийным перекрестком является примыкание ул. Дмитрия Донского к Красному проспекту. Т - образный перекресток является нерегулируемым, водители, поворачивающие с Красного проспекта на ул. Дмитрия Донского стремятся проскочить среди плотного трафика, при этом забывая пропустить автомобили справа, следующие по главной дороге (см. рис. 3).

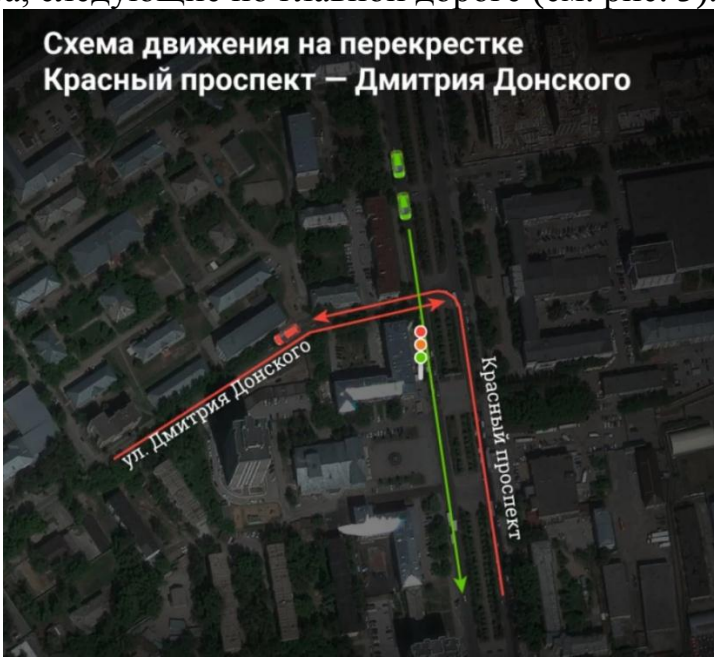


Рисунок 3 – Схема движения на перекрестке Красный проспект – Дмитрия Донского

Пересечение Вокзальной магистрали и проспекта Димитрова – одна из крупнейших транспортных развязок Новосибирска. При движении со стороны Димитровского моста прямо в сторону площади Кондратюка можно проехать только по двум полосам из трёх возможных, одна из них становится тупиковой по причине припаркованных автомобилей на проезжей части сразу после светофора (см. рис. 4). Из-за оживленного пешеходного перехода на проспекте Димитрова две полосы на Вокзальной магистрали имеют низкую пропускную способность.

Рисунок 4 – Схема движения на перекрестке проспекта Димитрова и Вокзальной магистрали

Один из возможных ежедневных маршрутов движения из дома на работу и обратно жителей спального района «Родники» проходит именно по этому участку дороги. Вместе с тем на ул. Мясниковой располагаются филиалы сети строительных и продуктовых гипермаркетов «Лента» и «Леруа Мерлен», которые посещают жители Калининского, Заельцовского районов по бытовым нуждам. В конце улицы им. Георгия Колонды четырех полосная дорога заканчивается и начинается улица Окружная с одной полосой движения в каждое направление. Водители прибегают к вынужденному нарушению правил дорожного движения, поворачивая налево с правой полосы, не соблюдая рядность движения с улицы Георгия Колонды на улицу Окружную, тем самым создавая аварийную ситуацию на дороге и затор (см. рис. 5). При возникновении ДТП, которые на этом участке не редкость, движение полностью парализует, т.к. не предоставляется возможности объехать столкнувшиеся автомобили по причине недостаточной ширины проезжей части. По данным УГИБДД ГУ МВД России по Новосибирской области, только в 2019 году на перекрестке Фадеева и Рекордного переулка произошло 15 столкновений, это не менее 30 машин. Есть ДТП с участием пешеходов. [4]

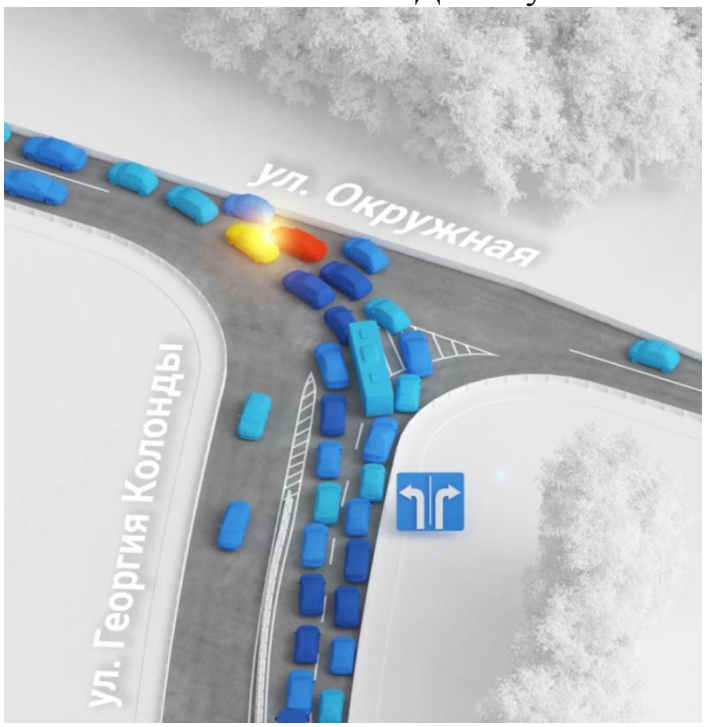


Рисунок 5 - Схема движения на перекрестке Георгия Колонды - Окружная

Участники дорожного движения, следующие с улицы Светлановская на улицу Окружную на разрешающий сигнал светофора, не могут выехать на перекресток в виду его загруженности. Не следует оставлять без внимания и перекресток улиц Рекордный пер, Окружная, ул. Фадеева. Даже не в час пик на участке улицы Окружная между двумя светофорами автолюбители проводят много времени в дорожном заторе. В обратном направлении с улицы им. А. Фадеева в сторону улицы им. Георгия Колонды транспортный коллапс не таких масштабов, благодаря секции светофора, которая всегда разрешает поворот направо.

Результаты произведенного анализа данных перекрестков показывают высокую загруженность транспортного узла г. Новосибирска, требуется подсчет интенсивности движения транспортных средств на рассматриваемых участках дорожного движения, подбор и изменения регулируемых параметров для повышения пропускной способности.

Библиографический список

1. Родники (жилмассив) // Dic.Academic: Сайт. Режим доступа: https://dic.academic.ru/ (дата обращения: 14.02.2022).
2. Новости Новосибирска и Сибири // Sib.FM: Сайт. Режим доступа: https://sib.fm/ (дата обращения: 14.02.2022).
3. Новости Новосибирска // NGS: Офиц. сайт. Режим доступа: https://ngs.ru/ (дата обращения 14.02.2022).
4. Новости регионов России// Bezformata: Офиц. сайт. Режим доступа: https://novosibirsk.bezformata.com/ (дата обращения 20.03.2022).

УДК 625.143.3, 620.19
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_30

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТНЫХ РЕЛЬСОВ

В.В.Атапин[1], А.С.Нечушкин[1]
1. Самарский государственный университет путей сообщения, ул. Свободы, 2В, г. Самара, Россия

Аннотация: В процессе наработки пропущенного тоннажа в рельсах возникают усталостные развития металла, коррозия, смятие и износ. Результатом этих процессов является появление различных повреждений и дефектов, которые могут повлечь за собой необратимые последствия, вплоть до схода подвижного состава. В данной статье было проанализировано три опытных дистанции пути, с целью выявления видов и развития дефектов рельсов.

Ключевые слова: дефекты рельсов, рельсы, анализ, смятие, износ, коррозия, дефектоскопия

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF DEFECTIVE RAILS

V.V.Atapin[1], A.S.Nechushkin[1]
1. Samara State University of Railway Transport, Svobody str., 2B, Samara, Russia

Abstract: In the process of working out the missed tonnage in the rails, fatigue metal development, corrosion, crumpling and wear occur. The result of these processes is the appearance of various damages and defects that can lead to irreversible consequences, up to the derailment of rolling stock. In this article, three experimental track distances were analyzed in order to identify the types and development of rail defects.

Keywords: rail defects, rails, analysis, crumpling, wear, corrosion, flaw detection

С увеличением осевых нагрузок и грузонапряженности в рельсах протекают необратимые процессы, связанные с усталостью металла, коррозией, смятием и износом [1]. Развитие данных процессов влечет за собой неисправности и отказы.

Отказ рельса называется дефектом, при котором ограничивается скорость движения поездов или закрывается движение. Наличие тех или иных дефектов может привести к необратимым последствиям, вплоть до схода с рельсов подвижного состава.

Выявить дефект рельса можно несколькими способами. Самый тривиальный способ — это визуальный осмотр, с помощью которого можно выявить видимые дефекты, такие как изломы, коррозия, расслоение головки рельса и т.д. Для комплексной дефектоскопии рельсов с целью определения наличия внутренних дефектов используются вагоны-дефектоспопы и дефектоскопные тележки. С их помощью можно выявлять дефекты внутри рельсов [2].

Выявленные дефекты необходимо классифицировать. В настоящее время данная классификация выполняется согласно требованиям Инструкции «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» №2499р от 23 октября 2014 г. [3].

Дефекты классифицируются по группам, типу и месту их появления и закодированы трехзначным числом. Первое число указывает вид дефекта, второе число объясняет причину появления, а третье число указывает на расположение. Расшифровка кодов дефектов приведены на рисунке 1. Классификация дефектных рельсов является первоочередной задачей, от которой во многом зависит рациональность технического обслуживания железнодорожного пути.

Код дефекта

Первая цифра обозначает группу дефектов по месту появления дефекта по элементам сечения рельса (головка, шейка, подошва, всё сечение);

1 - Трещины и выкрашивания металла на поверхности катания головки рельса;
2 - Поперечные трещины в головке рельса;
3 - Продольные трещины в головке рельса и в зоне перехода головки в шейку в стыке;
4 - Пластические деформации (смятие), вертикальный, боковой и неравномерный износ головки рельса (длинные волны и короткие волны-рифли);
5 - Дефекты и повреждения шейки рельса;
6 - Дефекты и повреждения подошвы рельса;
7 - Изломы рельса по всему сечению
8 - Изгибы рельса в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
9 - Прочие дефекты и повреждения рельса, включая коррозию подошвы и шейки, а также лишние отверстия в зоне накладок и вдавленная маркировка в зоне стыка.

Вторая цифра определяет тип дефекта рельсов, определяемый основной причиной его зарождения и развития

0 - Дефекты, связанные с нарушениями технологии изготовления рельсов
1 - Дефекты, зависящие от недостаточно высокого металлургического качества рельсовой
2 - Дефекты, зависящие от недостаточно высокого металлургического качества рельсовой
3 - Дефекты в зоне болтовых стыков, связанные с повышенным динамическим воздействием колёс на путь
4 - Дефекты, связанные с ненормативным специфическим воздействием подвижного состава на рельсы и условиями эксплуатации рельсов (боксование, юз, ползуны и др.), в том числе из-за нарушения режимов вождения поездов, из-за недостатков подвижного состава, из-за нарушений норм текущего содержания пути;
5 - Дефекты рельсов, полученные в результате ненормативных механических воздействий на рельсы (удар инструментом, рельса о рельс и т.п.);
6 - Дефекты в зоне сварных стыков, связанные с недостатками и нарушениями технологии сварки рельсов и обработки сварных стыков, приведшие к отказам рельсов после пропуска гарантийного тоннажа;
7 - Дефекты в зоне сварных стыков, связанные с недостатками и нарушениями технологии сварки рельсов и обработки сварных стыков, приведшие к отказам рельсов до пропуска гарантийного тоннажа;
8 - Дефекты, связанные с недостатками и нарушениями технологии наплавки рельсов, приварки рельсовых соединителей и другие дефекты;
9 - Дефекты, вызванные коррозионной усталостью, контролене пригодностью рельсов, и изломы без усталостных трещин.

Третья цифра определяет место расположения

0 - по всей длине рельса;
1 - в болтовом стыке на расстоянии 750 мм и менее от торца рельса;
2 - вне болтового стыка на расстоянии более 750 мм от торца рельса;
3 - в сварном стыке, полученном электроконтактной сваркой;
4 - в сварном стыке, полученном алюминотермитной сваркой.

Рисунок 1 – Расшифровка кода дефекта

Существует ряд причин возникновения дефектов рельсов:

1. Некачественный прокат металла;
2. Усталость металла;
3. Нарушение выбора укладки материала в заданных условиях эксплуатации;
4. Некачественное обслуживание железнодорожного полотна;
5. Резкие перепады температур;

6. Несоблюдение технических требований при монтаже железнодорожной линии;
7. Механические воздействия.

Для решения данной задачи в статье выполнен анализ дефектных рельсов на основе данных по трём дистанциям пути. Полученные результаты представлены в таблице ниже. Анализ с целью выявления роста и снижения дефектности рельсов проводился по данным за 2020-2021 гг.

Исходя из полученных данных (см. таблицу) видно, что основные дефекты приходятся на головку рельса, что объясняется усталостными контактными напряжениями и износом [4]. Полученные результаты показывают, что на первой и второй рассмотренной дистанции пути максимальный рост дефектов был связан с образованием бокового износа рельса сверх допускаемых значений (код дефекта 44.0). На третьей дистанции пути наблюдается рост дефектов, возникающих из-за наличия выкрашиваний, трещин на поверхности катания, или рябизны, отпечатков, или сильной коррозии на нижней поверхности головки рельса по всей длине (код дефекта 19.0). При анализе полученных данных можно отметить снижение отдельных дефектов. Например, на первой и второй рассматриваемой дистанции пути наблюдается уменьшение трещин и выкрашиваний металла на боковой рабочей выкружке или на средней части головки вне стыка до пропуска гарантийного тоннажа (код дефекта 11.2). На третьей дистанции пути наибольшее уменьшение дефектов наблюдается в результате устранения выкрашивания металла на поверхности катания головки в зоне сварного стыка после пропуска гарантийного тоннажа (код дефекта 16.3).

Таблица – Наличие дефектов на опытных участках дистанции пути

Код дефекта	**Количество выявленных дефектов дистанции №1**		**Количество выявленных дефектов дистанции №2**		**Количество выявленных дефектов дистанции №3**	
	2020 г.	**2021 г**	**2020 г.**	**2021 г**	**2020 г.**	**2021 г**
10.1	10	8(↓20%)	-	3(↑%)	-	2(↑%)
10.2	35	13(↓62.8%)	3	7(↑133.3%)	-	4(↑%)
11.1	3	6(↑100%)	1	1(0%)	1	0(↓%)
11.2	35	6(↓82.8%)	8	1(↓87.5%)	12	27(↑125%)
12.2	-	-	-	-	-	17(↑%)
13.1	21	11(↓47.6%)	6	13(↑116.6%)	61	59(↓3,2%)
14.1	-	2 (↑%)	-	-	-	-
14.2	14	5(↓64.2%)	7	9(↑28.5%)	4	19(↑375%)
16.3	5	22(↑340%)	4	6(↑50%)	44	22(↓50%)
16.4	4	4 (0%)	1	1(0%)	2	0(↓%)
17.4	-	-	-	-	2	5(↑150%)
18.1	7	10(↑42.8%)	-	1(↑%)	-	-
18.2	1	0(↓%)	-	1(↑%)	-	-
19.0	5	11(↑120%)	19	21(↑10.5%)	1	163(↑16200%)
19.1	3	0(↓%)	1	2(↑100%)	-	-
19.2	1	2 (↑100%)	21	69(↑228.5%)	4	8(↑100%)

21.1Н	-	-	1	**0(↓%)**	-	-
21.2Н	-	-	1	**0(↓%)**	-	-
43.1	-	3(↑%)	-	1(↑%)	-	4(↑%)
44	9	**159(↑1666,6%)**	8	**34(↑325%)**	38	88(↑131.5%)
46.3	7	47(↑571,4%)	**35**	84(↑140%)	**91**	71(↓21.97%)
46.4	9	6(↓33.3%)	11	11(0%)	19	15(↓21.05%)
47.4	-	-	-	-	-	2(↑%)
98.3	3	1(↓66.6%)	2	3(↑50%)	6	12(↑100%)
98.4	-	-	1	**0(↓%)**	1	-
99.1	1	**0(↓-%)**	-	-	-	-

Приведенный в графическом виде анализ (см. рисунок 2) показал, что основные дефекты, появившиеся на рассматриваемых дистанциях пути, связаны в большей степени с износом и смятием головки рельса. Особое внимание заслуживает дистанция №3, у которой наблюдается повышенная дефектность рельсов по кодам 13.1; 19; 44; 46.3.

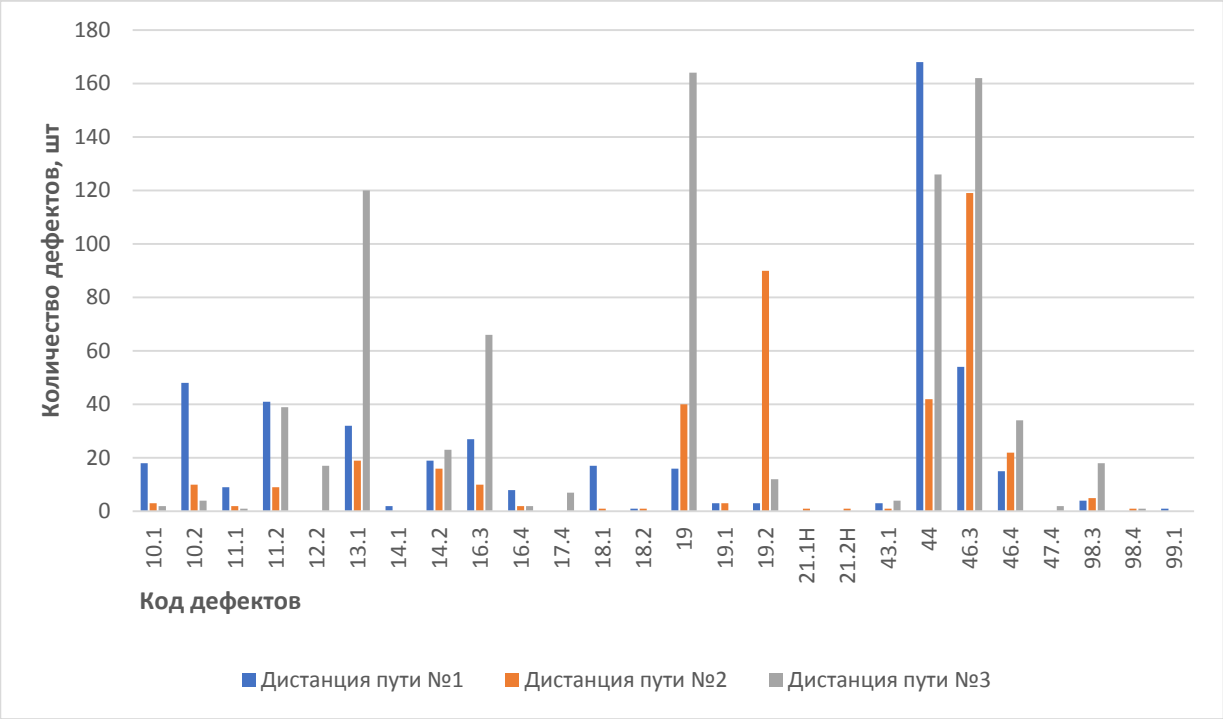


Рисунок 2 – График наличия дефектов рельсов в пути, выявленных за 2 года

Таким образом, можно сделать вывод, что ввиду разнообразия дефектов рельсов требуется их выявление на начальной стадии, обязательная классификация и последующий мониторинг. В связи с этим, возникает потребность в постоянном мониторинге дефектов рельсов, а также создании прогнозных моделей и новых подходов к анализу основных причин образования дефектов [5].

Основной задачей прогнозной модели является предупреждение нежелательных дефектов с целью обеспечения безопасности движения поездов и увеличению пропуска поездов.

Применение прогнозных моделей позволит решить ряд главных задач:

1. Увеличение срока службы элементов железнодорожной инфраструктуры;

2. Улучшение эксплуатационных характеристик;

3. Минимизация влияния человеческого фактора;

4. Принятие оперативных управленческих решений;

5. Организация работ на предупреждение нежелательных событий;

6. Анализ и оценка текущей ситуации;

7. Управление ресурсами;

8. Сокращение затрат на содержание и ремонт железнодорожного пути;

9. Сокращение и выявление нежелательных отказов железнодорожного пути;

10. Долгосрочное планирование технического обслуживания и ремонта железнодорожного пути;

11. Рациональное использование ресурсов;

12. Увеличение экономического эффекта от вложенных средств;

Таким образом, мы видим, что в современных условиях прогнозные модели занимают особое место в развитии эксплуатации железнодорожного пути и является необходимой частью в организации управлении своими активами. Особая техническая сложность и огромное количество факторов, формирующих состояние верхнего строения пути, требуют комплексного рассмотрения при планировании будущих и текущих работ, что с развитием современных средств диагностики будет целесообразно осуществлять с применением прогнозных моделей железнодорожного пути.

Библиографический список

1. Непомнящий Н.В., Кошевой А.Н., Величко Д.В. Оценка отказов рельсов с учетом качества стали / В сборнике: Интеллектуальный потенциал Сибири. 27-я Региональная научная студенческая конференция: в 3 частях. 2019. С. 221-226.

2. Данилюк Ю.П. Дефекты головки рельсов, сложные при расшифровке. Совета расшифровщика // Путь и путевое хозяйство. 2018. №9. С. 14-16.

3. Об утверждении и введении в действие инструкции «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов», утверждена распоряжением №2499 от 23 октября 2014 г.

4. Кошевой А.Н., Величко Д.В. Оценка отказов рельсов на участках т. дистанции пути Транссибирской магистрали / В сборнике: Интеллектуальный потенциал Сибири. 28-я Региональная научная студенческая конференция: в 3 частях. Под ред. Соколовой Д.О., Новосибирск, 2020. С. 300-301.

5. Седёлкин Ю.А., Атапин В.В. Методология УРРАН для определения предотказного состояния инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. №2015. №3. С. 8-11.

УДК 629.3
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_35

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРЕВА ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Д. Ю. Журов[1], С. В. Речкин[1]
1. Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Никитина, 147, г. Новосибирск, 630039, Россия

Аннотация: В статье рассмотрены основные тенденции направления интенсификации прогрева дизельного ДВС в условиях отрицательных температур, рассмотрены основные причины затруднения вывода дизельного двигателя на рабочий тепловой режим. Предложено техническое решение для ускорения прогрева моторной установки и гидравлической системы трактора, приведена принципиальная гидравлическая схема системы по интенсификации прогрева дизельного двигателя.

Ключевые слова: прогрев дизельного двигателя, эффективность прогрева, оптимизация прогрева, комбинированный прогрев, послепусковой прогрев, время прогрева, нагружение ДВС, гидравлическая система.

OPTIMIZATION OF HEATING OF TRACTOR DIESEL ENGINES IN CONDITIONS OF NEGATIVE TEMPERATURES

D. Yu. Zhurov[1], S. V. Rechkin[1]
1. Novosibirsk State Agrarian University, 147 Nikitina street., Novosibirsk, 630039, Russia

Abstract: The article discusses the main trends in the direction of intensification of heating of diesel internal combustion engines in conditions of negative temperatures, the main reasons for the difficulty of bringing a diesel engine to the operating thermal mode are considered. A technical solution is proposed to accelerate the heating of the engine plant and the hydraulic system of the tractor, a basic hydraulic scheme of the system for intensifying the heating of the diesel engine is given.

Keywords: diesel engine warm-up, warm-up efficiency, warm-up optimization, combined warm-up, post-start warm-up, warm-up time, internal combustion engine loading, hydraulic system.

Современный сельскохозяйственный комплекс требует наличия большого парка тракторов, поэтому при проведении технологических операций используется не только основное оборудование, но и передвижная техника. В сельском хозяйстве, помимо летней эксплуатации машинно-тракторного парка, мобильные машины используются в сложных зимних условиях с низкими минусовыми температурами и ветреной погодой, а также высоким снежным покровом. В хозяйствах в основном используются автомобили и тракторы, оснащенные дизельными двигателями внутреннего сгорания, а в морозных условиях у дизелей возникает несколько серьезных проблем. [2]:

1. затрудненный запуск ДВС;

2. увеличенное время прогрева до рабочей температуры.

Для первой проблемы существует множество решений, как выполненных в штатном исполнении трактора, так и решений, связанных с дооснащением устройств специальными устройствами предварительного подогрева охлаждающей жидкости, теплоаккумуляторами, системами подогрева топлива, а также устройствами для принудительного воспламенения части топлива (свечи накала). Все эти решения способствуют облегчению холодного пуска дизеля и успешно применяются в оборудовании, работающем при низких температурах.

Вторая проблема заключается в том, что холодный дизель достаточно сложно вывести на термический режим в короткие сроки по ряду причин.

К конструктивному фактору следует отнести больший расход металла по сравнению с бензиновыми двигателями, поэтому при работе ДВС тепло, выделяющееся при сгорании топлива, распределяется по большей площади и объему поверхности металла, что при отрицательных температурах значительно влияет на охлаждение ДВС.

К факторам, связанным с основами принципа работы дизельного двигателя внутреннего сгорания, относятся [3, 4]:

1. Низкая температура сгорания дизельного топлива (1100 °С) по сравнению с бензином (1400 °С), благодаря чему стенки цилиндра, так и днище поршня нагреваются с минимальной интенсивностью, что значительно увеличивает время прогрева ДВС;

2. Низкооборотный дизельный двигатель. Дизельные двигатели работают на более низких оборотах по сравнению с бензиновыми двигателями, что означает, что дизельный двигатель внутреннего сгорания очень мало нагревается;

3. Неполное сгорание дизельного топлива может достигать до 50% в зависимости от теплового режима;

4. Дизельный двигатель работает на более бедной воздушно-топливной смеси, чем бензиновый двигатель.

Прогрев холодного дизеля, как правило, происходит на холостом ходу и на средних оборотах коленчатого вала двигателя, что в итоге не только увеличивает время прогрева, но, следовательно, и снижает экономичность силового агрегата, надежность работы двигателя и увеличивает вредные выбросы в окружающую среду.

Анализ методов подготовки двигателя показал, что возможное сокращение периода прогрева достигается за счет применения устройств и технических средств, требующих внесения изменений в типовую конструкцию различных систем двигателя или автомобиля, а также увеличения в нагрузке на двигатель при его работе после пуска.

Существуют два способа интенсификации прогрева дизельного двигателя (см. рис. 1) [5].

Рисунок. 1. Схема способов интенсификации прогрева ДВС

Первым направлением интенсификации прогрева двигателя в условиях отрицательных температур является модернизация системы охлаждения.

Для интенсификации повышения температуры ДВС после запуска предлагается 2 варианта: изменение режима циркуляции жидкости в системе охлаждения ДВС; подогрев теплоносителя в системе охлаждения от внешних электронагревателей от штатной электрической системы, так же с помощью дополнительных систем на базе автономных предпусковых подогревателей. Предложенные способы интенсификации нагрева после пуска частично опробованы и показали положительный результат, в частности, использование электронагревательных элементов с питанием от бортовой электросистемы трактора позволяет увеличить скорость нагрева охлаждающей жидкости дизельного двигателя, до рабочей температуры, в среднем на 12 – 15 % [4].

В производственных условиях двигатель динамически нагружают в неустойчивом режиме с учетом многих эксплуатационных и конструктивных факторов, влияющих на нагрев двигателя неподготовленной машины. Наиболее простым способом в работе дизеля на прогреве является реализация режима переменной динамики «разгон-выбег». В этом случае нагрузка создается собственными инерционными массами с последовательно чередующимися циклами разгона и торможения. Этот метод очень эффективен без внесения существенных изменений в конструкцию двигательной установки.

Если рассматривать современный трактор в целом, то отрицательные температуры влияют не только на работу системы двигателя, но и на вспомогательные рабочие системы, к которым относится и гидравлическая система.

Работоспособность гидросистемы в условиях отрицательных температур в основном определяется техническим состоянием исполнительных механизмов

этой системы, режимами работы и вязкостно-температурными характеристиками рабочей жидкости.

С учетом особенностей тракторов предлагаем техническое решение по ускорению прогрева моторной установки и гидросистемы трактора.

Суть этих технических решений заключается в том, что дополнительную нагрузку на вал двигателя можно частично реализовать обычной гидросистемой трактора, используя в качестве тормозного устройства гидронасос.

Управляемый тормозной момент на приводном валу гидронасоса можно создать путем принудительного дросселирования гидравлической жидкости регулируемым дросселем. Технически это достигается установкой дополнительно регулируемого дроселя ДР-70 (ДР-100) в линию подачи гидрожидкости после гидронасоса. Изменяя рабочее давление жидкости в насосно-дроссельной секции, можно частично реализовать необходимые показатели тормозного момента на валу двигателя. Максимальная мощность рассматриваемого гидротормоза на базе насоса НШ-32 при давлении в системе 12 МПа составит около 12 кВт, что частично нагружает двигатель, и тем самым ускоряет процесс прогрева моторной установки и технической жидкости в гидросистеме трактора.

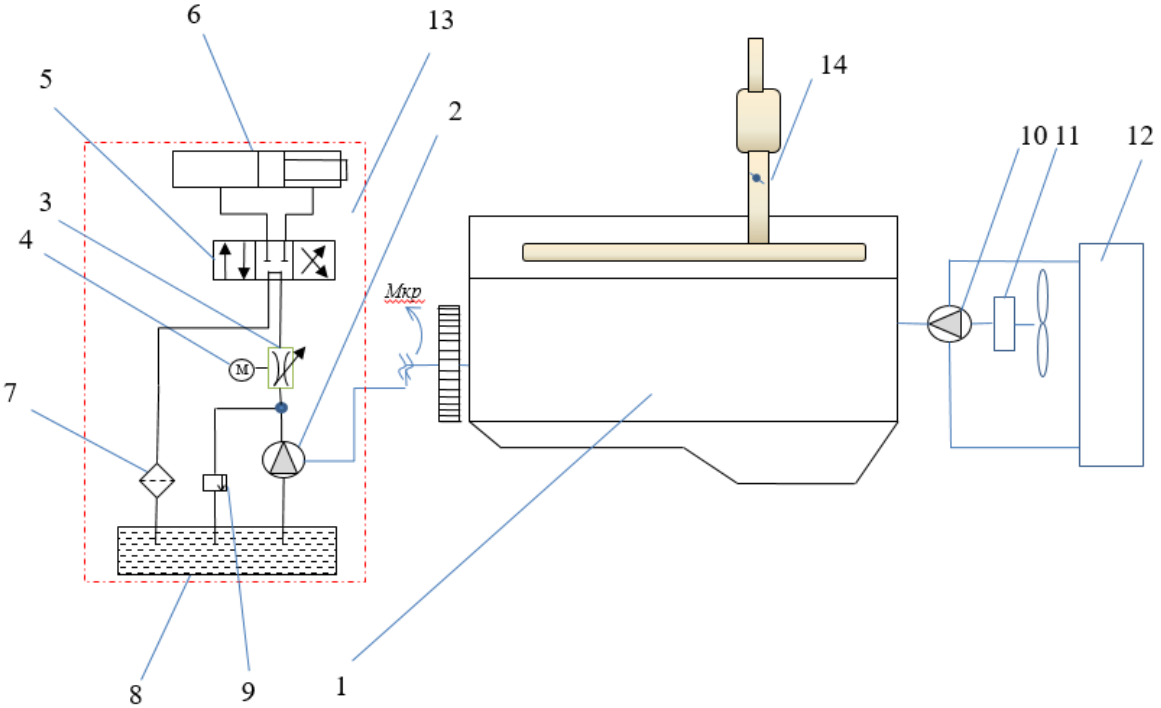


Рисунок. 2. Принципиальная гидравлическая схема системы по интенсификации прогрева дизельного двигателя.

1 - моторная установка; 2 – насос гидравлической системы; 3 – гидравлический дроссель; 4 – шаговый двигатель привода гидравлического дросселя; 5 – гидравлический распределитель; 6 – гидроцилиндр; 7 – фильтр гидросистемы; 8 – бак гидросистемы; 9 – предохранительный клапан; 10 – насос системы охлаждения; 11 – электромуфта привода циркуляционного насоса; 12 –

радиатор системы охлаждения; 13 – контур гидравлической системы трактора. 14 – заслонка

Для дозагрузки двигателя в режиме «ускоренный прогрев», предлагается у двигателя на выпуске выхлопных газов, создать дополнительное сопротивление с помощью регулируемой заслонки (см. рис. 2). Такое техническое решение позволит, с одной стороны, создать дополнительное сопротивление для проворачивания коленчатого вала, а также частично оптимизировать процессы по подогреву воздушного заряда в цилиндрах дизеля, за счет снижения эффективности процесса вентиляции цилиндра и соответственно увеличению процента отработавших газов в воздушном заряде, что в свою очередь повысит температуру воздушного заряда и улучшит полноту сгорания топлива

Предложенные технические решения для дизельного двигателя, в условиях отрицательных температур позволят оптимизировать процесс разогрева не только моторной установки, но и рабочей жидкости в гидросистеме трактора, что положительно скажется на эксплуатационных показателях энергосредства.

Выводы:

1. Работа дизельных двигателей при отрицательных температурах сопровождается вынужденным увеличением времени тепловой подготовки, потерей полезной мощности, что сказывается на экологических и эксплуатационных показателях самой машины.
2. Современные методы тепловой подготовки двигателей в основном основаны на использовании энергии внешних источников, однако повышение эффективности использования тепла рабочего процесса двигателя за счет создания дополнительного тормозного момента на валу двигателя. позволяет интенсифицировать послепусковой нагрев.
3. Предложен комбинированный способ интенсификации послепускового прогрева тракторного дизеля и гидросистемы путем создания управляемой нагрузки на моторную установку элементами штатной гидросистемы трактора и дополнительного управляемого сопротивления выхлопных газов в выхлопной системе двигателя.

Библиографический список

1. Алексеев, В.А. О возможности работ двигателя внутреннего сгорания на газовом топливе / В.А. Алексеев, П.И. Ильин, П.А. Болоев // Вестник ИрГСХА. 2011. № 45. С. 70 - 74.
2. Современная концепция тепловой подготовки автотракторной техники в условиях низких температур. / Неговора А.В., Разяпов М.М., Инсафуддинов С.З./ Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 135-141.
3. Сырбаков, А. П. Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков, С. П. Матяш, Н. Н. Бережнов // Актуальные вопросы инженерно-технического

и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 29-36.

4. Сырбаков, А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы" : Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27-31.

5. Тепловая подготовка дизельных двигателей / А. П. Сырбаков, Н. Н. Бережнов, М. А. Корчуганова, С. П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8(178). – С. 167-174.

УДК 338.24+656.0171.3+331.44+159.9
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_41

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКЛОННОСТИ К РИСКУ КАК ФАКТОРА ВЛИЯНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Н.С. Козлова, А.В. Скольский
Самарский государственный университет путей сообщения, ул. Свободы, 2В, Самара, 443066, Россия

Аннотация: В работе рассматриваются факторы, способные оказывать негативное влияние на организацию безопасного производственного процесса. Решением вопроса ответственного распределения кадров предлагается снизить отрицательное влияние человеческого фактора. Представлены результаты применения диагностической методики Цуккермана. Исследование организовано для электротехнического персонала транспортного предприятия и старшекурсников транспортного ВУЗа. На основе полученных данных определяется возможность практического применения диагностики на производстве.

Ключевые слова: человеческий фактор, факторы риска, склонность к риску, потребность, безопасность труда.

DETERMINATION OF RISK APPETITE AS A FACTOR INFLUENCING LABOR SAFETY AT TRANSPORT INDUSTRY ENTERPRISES

N.S. Kozlova, A.V. Skolsky
Samara State University of Railway Transport, Svobody str., 2B, Samara, 443066, Russia

Abstract: The paper considers factors that can have a negative impact on the organization of a safe production process. By solving the issue of responsible personnel allocation, it is proposed to reduce the negative impact of the human factor. The results of the application of Zuckerman's diagnostic technique are presented. The study was organized for the electrical engineering staff of the transport enterprise and undergraduates of the transport university. Based on the data obtained, the possibility of practical application of diagnostics in production is determined.

Keywords: human factor, risk factors, risk appetite, need, occupational safety.

Современная действительность все чаще связывается авторами работ с высокой вероятностью рисков различного толка: информационного, экономического, экологического, производственного [1, с.208;2, с.230;3, с.124].

Для прогнозирования поведения индивида в ситуации риска может служить оценка отдельных качеств личности, склонности и готовности к риску в различных сферах, в том числе и на производстве.

Выявление склонности к рискованному поведению на этапе трудоустройства работника будет способствовать более четкому определению его места в производственном процессе, позволит предотвратить нежелательные негативные проявления. Значение личностных особенностей молодежи позволит организовать профилактическую работу по формированию рискологической компетентности обучающихся.

Исследование продолжает работу, связанную с вопросами формирования и развития кадрового потенциала [4,с.256;5,с.315;6,с.115;7с.72], ставит целью определить проявление склонности к риску у электротехнического персонала

транспортного предприятия и студентов технической специальности, для чего решаются задачи:

- определение уровня склонности к риску электротехнического персонала, сопоставление его с конкретными проявлениями в трудовой деятельности;
- определение уровня склонности к риску у студентов технического ВУЗа, выявление гендерных особенностей.

Признавая риск и рискованное поведение объективной сопровождающей деятельности человека, следует постепенно фокусировать внимание на разработке и принятии достаточных мер по предотвращению возможного вреда, для достижения положительных результатов.

Различают два подхода к изучению факторов риска: личностный и ситуативный [8,с.5]. Первый направлен на выявление индивидуальных особенностей, специфику мышления и поведения. Второй связан с внешними ситуативными факторами. Для понимания личностной готовности к риску разработаны и широко применяются анкета Н. Когана и В. Валлаха, 16-факторный опросник личности Р. Кеттеля, авторский опросник М. Цуккермана. Последний применяется для определения склонности к поиску разнообразных впечатлений и потребности в новых переживаниях, даже сопряженных с риском любого рода.

Диагностика базируется на анкетировании посредством опросника «Самооценка склонности к экстремально-рискованному поведению». Специально разработанная анкета дает возможность оценить стрессовые симптомы и состояния респондентов по их осмысленным ответам.

Анализ склонности к рискованному поведению имеет особое значение для персонала, чья работа сопровождается воздействием производственных факторов, относящихся к вредным и опасным. Примером подобного персонала служат работники, занятые эксплуатацией и ремонтом устройств и систем электроснабжения.

Работа включает в себя исследование склонности к рискованному поведению электромехаников и электромонтеров одного из подразделений дистанции электроснабжения – района контактной сети (ЭЧК) и работников электролаборатории (ЭТЛ). Иллюстрация анализа результатов показана соответственно на рисунках 1 и 2.

Согласно первой шкале половина работников ЭЧК не предрасположена и даже избегает чрезвычайных и опасных ситуаций (см.рис.1). Два человека (с высокими значениями баллов) готовы идти на риск.

Вторая шкала представляет большую часть участников способными выполнять монотонную и однообразную работу. Такие люди скорее стремятся избегать резких перемен, и потому можно прогнозировать их приверженность традициям, преданность коллективу и лояльность компании. Один человек, чей ответ отмечен высоким баллом, способен, стремясь к разнообразию, совершать недопустимые поступки и действия.

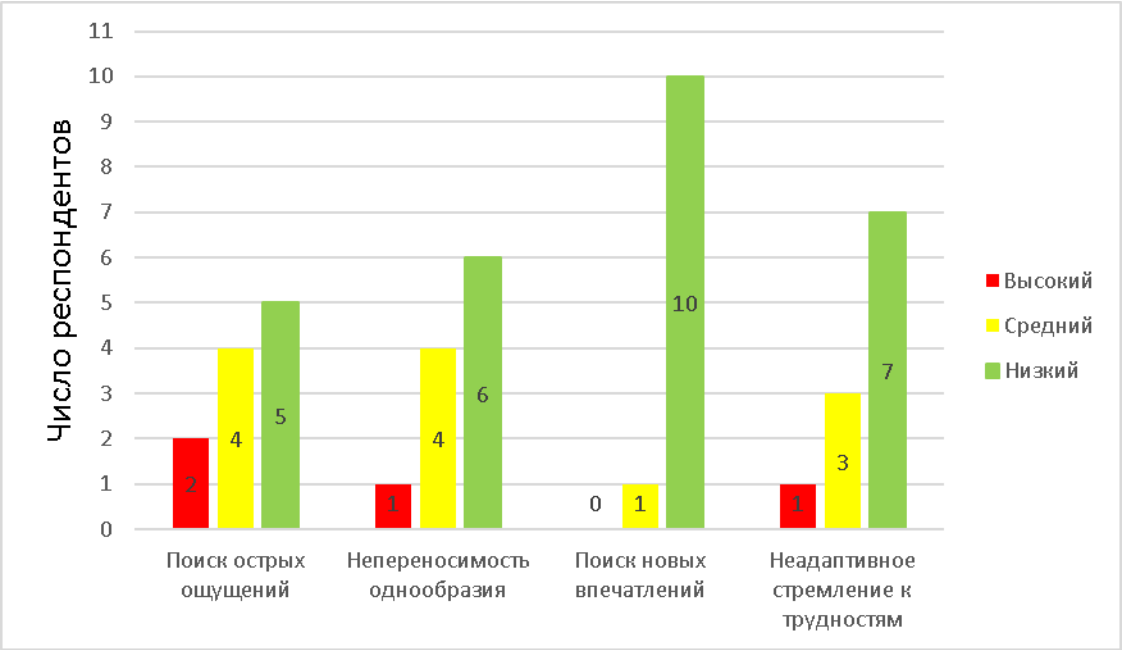


Рисунок 1 – Оценка экстремально-рискованного поведения персонала ЭЧК

Третья шкала определила практически весь коллектив консервативным и избегающим нововведений. Это разумно для соблюдения производственных технологий, выполнения требований инструкций и норм. Однако эти же качества могут затруднить внедрение новаторских приемов и технологий и потребовать дополнительных усилий и времени для их освоения.

Результаты по четвертой шкале подтверждают предыдущие выводы о том, что значительная часть персонала никак не склонна к преодолению трудностей и будет не готова возложить на себя ответственность. Напротив, человек, получивший высокий балл, в своем стремлении к трудностям может проявить себя провокатором.

Следует отметить двух респондентов, получивших высокую оценку по первой шкале «Поиск острых ощущений» - они по профессии являются электромонтерами. Эти люди по итогам работы в дистанции за последние 5 лет были включены в группу риска. Анализ показал: один из них по возрасту относится к категории молодых железнодорожников (34 года) и имеет стаж работы в электроустановках 10 лет, второй относится к более возрастной группе (41 год) и его стаж составляет 14 лет.

Средняя оценка по той же шкале получена у четырех респондентов, электромонтеров со стажем работы в пределах от 3 до 13 лет и возрастными границами от 21 года до 27 лет. Таким образом, лица с высокой и средней оценкой в значительной части (67%) представляют группу молодых работников в возрасте до 34 лет, стаж работы которых в ЭЧК не превосходит 10 лет. Руководителям подразделений, где работают подобные сотрудники, требуется обеспечение дополнительного внимания к их работе, тщательного инструктажа.

Исследования, предпринятые в электротехнической лаборатории, представлены на рисунке 2.

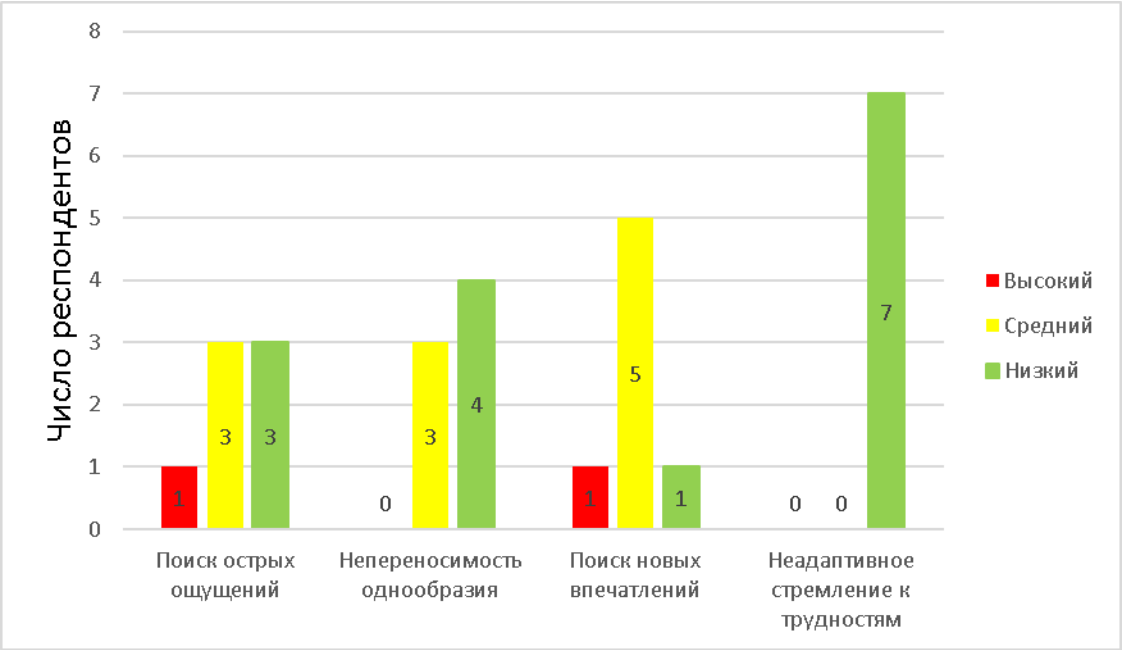


Рисунок 2 - Оценка экстремально-рискованного поведения в электролаборатории

По шкале «Острых ощущений» установлен один респондент с высоким баллом. По шкале «Непереносимость однообразия» низкий балл рассчитан у четырех человек. По шкале «Поиск новых впечатлений» выявлено двое: один с самым низким показателем и один с высокими баллами. По шкале «Неадаптивное стремление к трудностям» низкий балл вычислен у 7 человек.

Необходимо выделить респондента, который по шкале «Поиск острых ощущений» получил самую высокую оценку. Он же набрал высокий балл по шкале «Поиск новых впечатлений». Установлено, что за два года, предшествующие исследованию, электромонтером (возраст 23 года) были допущены неоднократные нарушения правил безопасности и охраны труда, вследствие чего он был взят под особый контроль руководителем подразделения.

Средний балл по шкале «Поиск острых ощущений» выставлен трем респондентам – это электромонтеры со стажем работы до двух лет. По возрасту они почти ровесники – 23 и 24 года.

Полностью объединив данные исследований по электротехническому персоналу ЭЧК и ЭТМ можно заключить следующее: респонденты, получившие высокую, среднюю оценку по какой-либо шкале (или нескольким шкалам) в большинстве своем (62%) входят в возрастную группу молодых людей (до 34 лет) с опытом работы по обслуживанию электроустановок не выше 10 лет.

Очевидно, при выявлении таких сотрудников руководителям, ответственным за организацию труда, следует обеспечить дополнительное обучение безопасным приемам и методам работы, соответствующим правилам и нормам.

Коллективы предприятий железнодорожного транспорта ежегодно пополняются молодыми специалистами – выпускниками транспортных ВУЗов.

Представляется интересной оценка экстремально-рискованного поведения студентов–старшекурсников, ориентированных в ближайшем будущем поступить на работу в структурные подразделения хозяйства электроснабжения железных дорог. Исследованиями подтверждена возрастная динамика склонности к риску, достигающая пиковых значений примерно к двадцати годам и снижающаяся в дальнейшем. Выбор занятий, где есть возможность рискнуть, во многом зависит от окружения, социальных условий.

Для исследования были приглашены студенты с 3 по 5 курс специализации «Электроснабжение железных дорог». Общее число респондентов составляет 105 человек, в том числе по 3 курсу – 37 человек, по 4 курсу – 26 человек, по 5 курсу – 42 человека.

Оценка результатов исследования по опроснику М. Цуккермана показала следующее (см.рис.3).

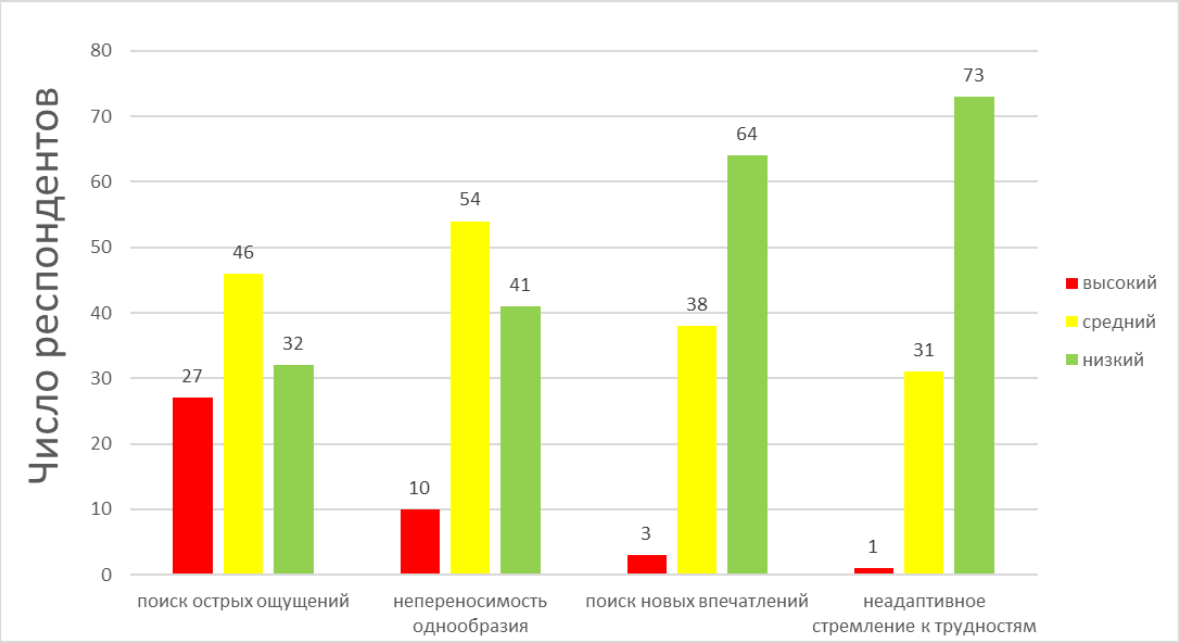


Рисунок.3 Оценка экстремально-рискованного поведения у студентов

Склонность к поиску острых ощущений отмечена высоким баллом у 26% студентов, а средним баллом - у 44% из них.

По шкале «Непереносимость однообразия» почти половина опрошенных (51%) получила средний балл и 10% участников получили высокий балл, как свидетельство гипертимности и стремления к многообразию. Чуть меньше половины опрошенных (40%), получивших низкий балл, могут быть ориентированы на монотонную, рутинную работу. По двум следующим шкалам незначительная часть обследованных показала высокие баллы.

Низкий уровень по шкале «Поиск новых впечатлений» отмечен у 61% студентов. Такие лица и во взрослой жизни консервативны, стремятся избегать перемен. Высокий уровень по этой шкале указывает на то, что личность отличает постоянный поиск новых впечатлений. Такая оценка установлена лишь у 3% студентов.

Четвертая шкала оценивает неадаптивное стремление к трудностям и высокий балл вычислен у 1% респондентов, а низкий балл – у самой значительной группы респондентов (70%).

Объединяя показатели самооценки студентов по выбранной методике можно оценить их склонность к рискованному поведению. Согласно Цуккерману поиск экстремальных ощущений определяет такие особенности личности как поиск нового опыта и авантюризм. Эту оценку получили почти четверть респондентов. Одновременно они не ищут трудностей ради разнообразия и новых впечатлений, вполне поддерживают традиции в коллективе.

Технические специальности традиционно больше привлекают юношей. В настоящем опросе девушки составили практически пятую часть (точнее 20 студенток).

Вычисление средних значений показателей по всем шкалам, а также распределение респондентов по установленным уровням отдельно для юношей и для девушек указало на сходные результаты и не выявило заметных различий.

Выводы:

1. Контингент электротехнического персонала с высоким и средним уровнем поиска острых ощущений характеризует молодой возраст (до 34 лет) и непродолжительный стаж работы (от 2 до 10 лет). Такие сотрудники нуждаются в особом контроле при производстве работ в электроустановках.

2. Практически четверть студентов (26%) отличает высокий уровень стремления к острым ощущениям, и значительно меньшая группа (10%) показала самый высокий уровень непереносимости однообразия. Малочисленный контингент, а именно: 3% и 1% демонстрируют соответственно склонность к постоянному поиску новых впечатлений и неадаптивное стремление к трудностям. Гендерного различия не выявлено.

Библиографический список

1. Гранатуров В. М. Экономический риск. Сущность, методы измерения, пути снижения: учебн.пособие/ В.М. Гранатуров. – М.: Дело и сервис, 2016. - 208 с.

2. Зубков В.И. Социологическая теория риска / В.И. Зубков. - М.: РУДН, 2003. – 230 с.

3. Чаликова О. С. Исследование личностных предикторов рискового поведения студентов // Известия Уральского федерального университета. Сер. 1, Проблемы образования, науки и культуры. — 2020. — Т. 26, № 4 (201). — С. 124-133.

4. Козлова Н.С., Яблочкин А.А. Совершенствование системы охраны труда на предприятиях железнодорожного транспорта// «Наука и культура России», Международная научно-практическая конф. (2017; Самара). XIV Международная научно-практическая конференция «Наука и культура России», 30-31 мая 2017г. [Текст]:[посвящ. Дню славянской письменности и культуры

памяти святых равноапостольных Кирилла и Мефодия: материалы]/редкол.: Д.В. Железнов [и др.]. – Самара: СамГУПС, 2017. – С. 356-359.

5. Козлова Н.С., Скольский А.В. Оценка склонности к экстремально-рискованному поведению персонала//Наука и образование транспорту: материалы XIV Международной научно-практической конференции (2021, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2021 г. Том 2 / редкол. : М. А. Гаранин [и др.] – Самара : СамГУПС, 2021.- С.315-317.

6. Козлова Н.С. Менеджмент в электроснабжении транспорта: Учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта. – М.:ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007.- 269 с.

7. Козлова Н.С., Митрофанова И.В., Паньков И.Э. Управление подбором кадров на предприятиях железнодорожного транспорта в соответствии с их личностными характеристиками // Вестник Самарского муниципального института управления 2015 №2. Самара.С.72-80.

8. Шаболтас А. В. Риск и рискованное поведение как предмет психологических исследований // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 12 : Социология. 2014. Вып. 3. С. 5–16.

УДК 656.11
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_48

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И РАЗВИТИЕ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ВБЛИЗИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «НИКОЛЬСКИЙ ПАРК» ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

М.А. Тропина, И.В. Тихонкин
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, 630039, Россия

Аннотация. Обеспечение организации и безопасности дорожного движения является одной из форм реализации единой государственной политики России в области охраны жизни, здоровья и имущества граждан путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий. В статье проведен анализ факторов, влияющих на состояние организации дорожного движения на рассматриваемом участке улично-дорожной сети, предложены мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения.

Ключевые слова: организация движения, совершенствование организации дорожного движения на участке улично - дорожной сети, автомобильные дороги, дорожно-транспортные происшествия, безопасность дорожного движения.

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF ROAD TRAFFIC AND DEVELOPMENT OF THE STREET AND ROAD NETWORK NEAR THE RESIDENTIAL COMPLEX "NIKOLSKY PARK" IN NOVOSIBIRSK CITY

M.A. Tropina, I.V. Tikhonkin
FGBOU VO Novosibirsk State Agrarian University, st. Dobrolyubova, 160, Novosibirsk, 630039, Russia

Annotation. Ensuring the organization and safety of road traffic is one of the forms of implementation of the unified state policy of Russia in the field of protecting the life, health and property of citizens by preventing road accidents and reducing the severity of their consequences. The article analyzes the factors influencing the state of traffic management in the considered section of the road network, and proposes measures to improve the organization of traffic.

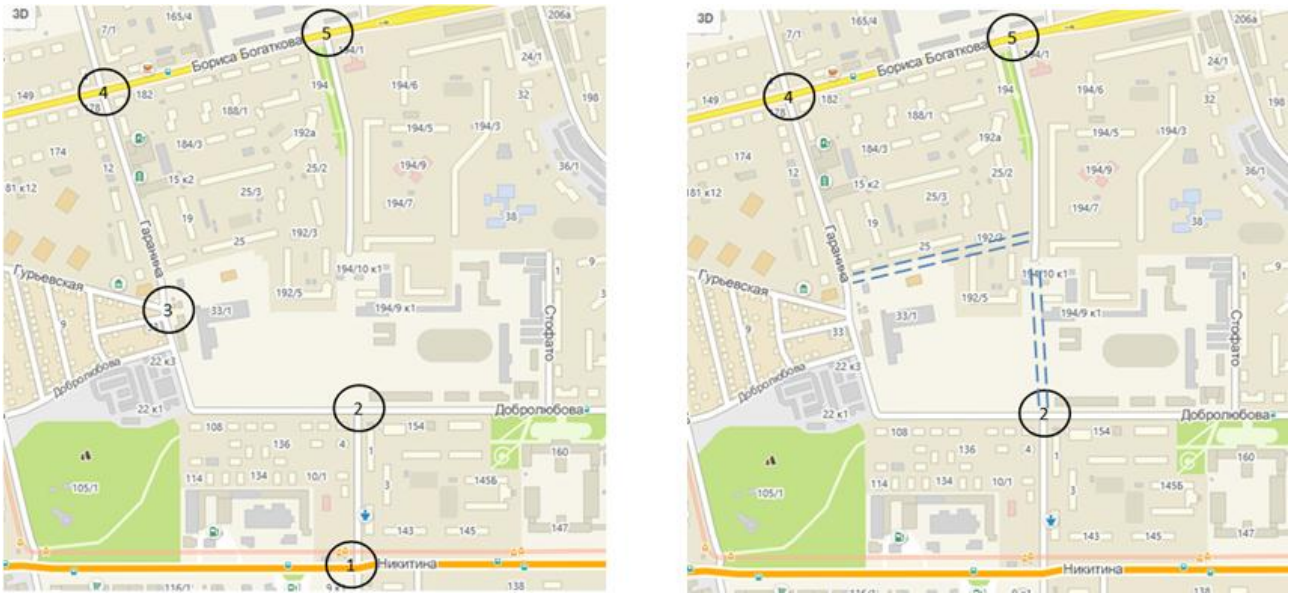
Key words: traffic organization, improvement of traffic organization in the area of the road network, highways, traffic accidents, traffic safety.

В наше время невозможно представить жизнь без автомобильного транспорта. Он прочно вошел в современную жизнь, обеспечивая большой объём перевозок во всех сферах человеческой деятельности. Необходимым условием функционирования автомобильного транспорта является оптимальная по плотности и протяженности улично-дорожная сеть. В результате ДТП ежегодно погибают тысячи человек. Ущерб от ДТП составляет миллионы рублей. Известно, что около 75% ДТП возникает в городах по причине некачественного дорожного полотна, невнимательности водителей, причем больше половины концентрируется в зонах пересечений магистралей. Поэтому проблема организации и безопасности движения ставит важнейшую градостроительную задачу, от правильного решения которой зависят надежность и качество функционирования всей городской транспортной

системы и возможности реализации необходимых инженерно-технических решений, в том числе и по снижению ДТП [1].

В связи с ростом города и массовой точечной жилой застройкой высотными зданиями микрорайона «Никольский парк» поток транспорта на рассматриваемом участке улично-дорожной сети значительно увеличится. Агрессивный и авторитарный характер поведения отдельных водителей, повышенная транспортная нагрузка и низкая пропускная способность уличной сети, в непосредственной близости от которой находятся детские сады, школа и университет, зачастую приводят к возникновению аварийных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий, в том числе с участием пешеходов.

В ходе проводимого исследования проанализировано существующее состояние организации дорожного движения на участке улично-дорожной сети от улицы Панфиловцев до улицы Бориса Богаткова в Октябрьском районе г. Новосибирска. Расположение аварийно – опасных очагов возникновения ДТП на выбранном участке представлено на рис. 1, а. Наиболее частой причиной возникновения является несоблюдение скоростного режима при проезде пересечений дорог как на регулируемых перекрестках (рис. 1,а п.1, п.4), так и на нерегулируемых (рис. 1,а п.2,3,5).



а) *б)*

Рисунок 1 – Месторасположение выбранного участка улично – дорожной сети

Аварийные ситуации возникают, как правило, из-за низкой пропускной способности данных перекрестков в наиболее востребованных направлениях движения. Связано это в первую очередь с несоблюдением скоростного режима и ограниченным временем разрешенного сигнала светофора, что провоцирует отдельных недисциплинированных водителей продолжить движение или совершить поворот на запрещенный сигнал светофора.

На нерегулируемых перекрестках (рис. 1,а п.2,3,5) главной причиной является отсутствие информации о намерениях водителей и пешеходов,

высокая интенсивность движения и не предоставление права приоритетного проезда.

Ситуация на Т-образном перекрестке ул. Добролюбова – ул. Панфиловцев осложняется еще и тем, что через него проходит маршрут городского общественного транспорта № 79, в связи с чем установлен знак главная дорога. В то же время через перекресток проходит основной поток автотранспорта жителей близкорасположенных микрорайонов к местам проживания, сотрудников и обучающихся аграрного университета к месту работы и учебы.

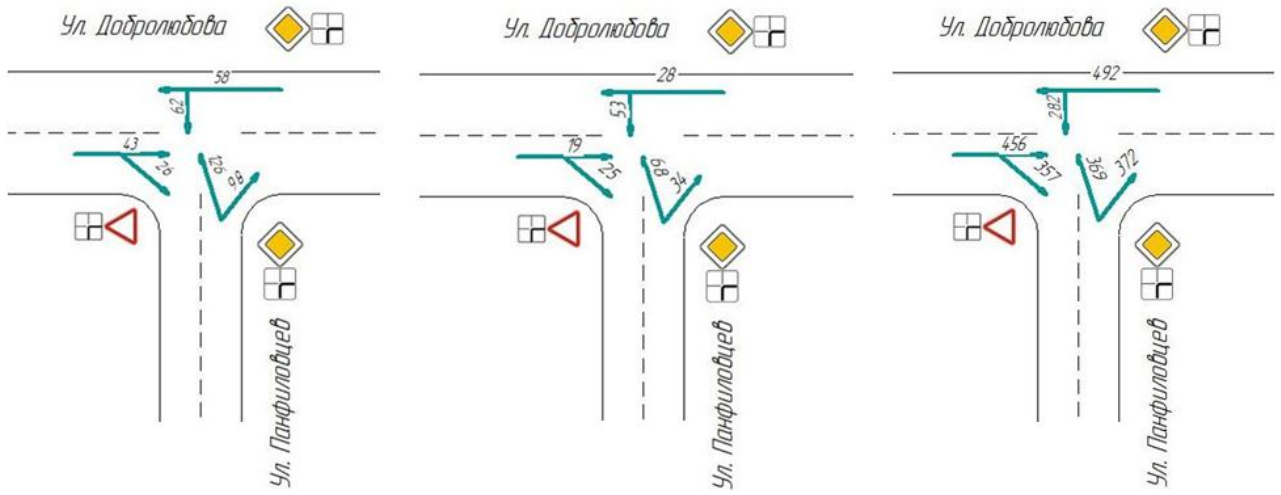
До недавнего времени огороженная бетонным забором территория военного городка, разорвавшая связность двух основных транспортных артерий Октябрьского района – ул. Никитина и ул. Бориса Богаткова (рис.1, б), вынуждает жителей прилегающих микрорайонов планировать объездные маршруты по направлению к образовательным учреждениям, торговым центрам, местам проживания. В непосредственной близости на ул. Воинская расположена подстанция машин скорой помощи, и рассматриваемый участок дороги часто востребован службами экстренной помощи.

Значительная протяженность криволинейного участка дорожной сети, включая улицы Панфиловцев, Добролюбова, Гаранина, Гурьевская (см. рис. 1), изношенное и аварийное состояние дорожного полотна приводят к значительному уменьшению скорости движения транспортного потока. В зимний период, из-за несвоевременной уборки и вывоза снежных масс дорожная ситуация на перекрестке усугубляется (рис. 2). Снежные накаты и формирование колейности на дорогах, высокие сугробы на обочинах, ограничивающие обзор и видимость, способствуют снижению пропускной способности автомобильного транспорта [2].

Рисунок 2 – Перекресток ул. Добролюбова – ул. Панфиловцев в зимнее время

Основной транспортный поток на перекрестке Панфиловцев – Добролюбова наблюдается по направлению главной дороги от улицы Никитина в сторону улицы Добролюбова (рис.2).

Анализируя загруженность перекрестка ул. Панфиловцев – ул. Добролюбова можем сделать вывод, что пиковая нагрузка наблюдается в утренние часы и в вечернее время (рис.3).



а) *б)* *в)*

Рисунок 3 – Интенсивность движения на перекрестке в течение дня, интервалы: а) с 8:00 до 9:00 час; б) с 13:00 до 14:00 час; в) с 18:00 до 19:00 час.

Стоит отметить, что основной поток транспорта, свыше 40 % от общего количества в вечернее время движется по ул. Добролюбова прямолинейно в обе стороны, 28 % движется по направлению главной дороги, и практически равное количество 15-16 % совершают поворот. При этом всего 12 % транспортных средств, имеют приоритет в проезде перекрестка и практически 35 % от общего числа автомобилистов вынуждены уступать право проезда (рис.3, в).

В дневное время количество автомобилей по улице Добролюбова в сторону улицы Кошурникова остается низким. Максимальную трудность испытывают водители совершающие поворот с улицы Панфиловцев на улицу Добролюбова в сторону Гаранина, при этом доля транспорта, двигающегося в указанном направлении, составляет порядка 30% и это наиболее востребованное направление движения в утренние часы и дневное время. Значительное число автомобилистов использует данный востребованный маршрут для выезда на ул. Бориса Богаткова, основную транспортную артерию Октябрьского района.

Анализ транспортных потоков, проведенных другими исследователями показывает, что значительная доля – до 60 % автомобилей с рассматриваемого нами перекрестка движется в направлении перекрестка ул. Гаранина – ул. Бориса Богаткова, из них свыше 40 % совершают поворот направо на ул. Б. Богаткова, а свыше 50 % продолжают движение в прямолинейном направлении в сторону центра города и лишь малая часть совершает поворот налево в направлении ул. Кирова. Данный маневр зачастую приводит к снижению пропускной способности перекрестка, а нередко приводит и к аварийным ситуациям.

На основании приведенного анализа существующей организации движения и интенсивности движения на рассматриваемом участке УДС выявлено:

– ввиду высокого уровня загрузки перекрестка ул. Панфиловцев и ул. Добролюбова не обеспечены условия для безопасного и комфортного движения транспортных средств;

– на пересечении улиц наблюдается интенсивное движение транспортных средств, особенно в утренние и вечерние часы «пик», которое вызывает конфликтные ситуации и как следствие создание аварийных ситуаций;

– в связи со строительством жилого комплекса «Никольский парк» значительно вырастет загруженность улиц Добролюбова и Гаранина;

– информационное обеспечение не соответствует современным требованиям по организации дорожного движения.

Исходя из вышеперечисленного, предлагаются следующие мероприятия:

1. Необходимо выполнить ремонт дорожного покрытия, произвести нанесение дорожной разметки и установление дорожных ограждений;

2. Провести реконструкцию участка дороги, соединив ул. Панфиловцев с ул. Бориса Богаткова, расширить перекресток для двухполосного движения в разных направлениях, создать условия для безопасного движения на перекрестке. Предусмотреть возможность организации дополнительного выезда из микрорайона на ул. Гаранина (рис.1, б).

3. Установить на рассматриваемом перекрестке светофорный объект с адаптивным регулированием и согласованием циклов работы с соседними светофорами на перекрестках с ул. Никитина и ул. Б. Богаткова, что позволит повысить пропускную способность [3].

4. Обустроить пешеходные тротуары и велосипедные дорожки, разместить необходимые информационные знаки и технические средства организации движения.

5. В целях безопасности движения необходимо оборудовать пешеходные переходы с установлением пандусов и ограждений. Для информирования о намерениях пешеходов перейти улицу целесообразно использовать современные технические решения [4, 5].

Предложенные мероприятия позволят повысить пропускную способность перекрестка, обеспечат связность участков единой улично-дорожной сети района города, создадут условия для перераспределения транспортных потоков и безопасности движения.

Библиографический список

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2021 года. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021, 39 с.

2. Способ уборки снега на перекрестках и второстепенных улицах улично-дорожной сети г. Новосибирска / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Л.Д. Стороженко [и др.] // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти

доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 148-149.

3. Храмкова, Н.С. Предложения по совершенствованию организации движения на участке улично дорожной сети в Октябрьском районе г. Новосибирска / Н.С. Храмкова, И.В. Тихонкин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 160-161.

4. Тихонкин, И. В. Совершенствование организации движения пешеходов на нерегулируемых переходах в условиях г. Новосибирск / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Т.В. Возженникова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2021. – С. 347-350.

5. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения на регулируемых пешеходных переходах в условиях города / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, А.В. Сухосыр // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2021. – С. 350-353.

УДК 629.4.027
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_54

КОМПОЗИТНАЯ ТОРМОЗНАЯ КОЛОДКА ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А.С. Житина, К.А. Медведев

Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: в статье приведены результаты работы по обоснованию конструкции композитной тормозной колодки для железнодорожного транспорта. Приведено описание предложенной конструкции, показаны сравнительные результаты моделирования процесса теплопереноса при торможении, подтверждающие более эффективный теплоотвод с рабочей поверхности тормозной колодки.

Ключевые слова: композитная тормозная колодка, моделирование процесса теплопереноса, медь, чугун.

COMPOSITE BRAKE PAD FOR RAILWAY TRANSPORT

A.S. Zhitina, K.A. Medvedev

Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: The article presents the results of the work on the justification of the composite hob design for railway transport. The description of the offered construction is given, the comparative results of simulation of the heat transfer process during braking, confirming more effective heatsink from the working surface of the brake hob are shown.

Key words: composite brake hob, simulation of the heat transfer process, copper, cast iron

Увеличение ресурса быстроизнашивающихся деталей железнодорожного транспорта является важной задачей научных исследований в области производства и ремонта железнодорожной техники.

Тормозные колодки для железнодорожного подвижного состава – это износостойкие детали, отвечающие за безопасность движения.

Большая часть тормозных колодок подвижного железнодорожного состава изготавливается из чугуна. Недостатками таких колодок является бугристость (шероховатость) фрикционного соединения с колесом, неравномерность структуры и свойств в разных точках тела и разных партиях колодок и в колодках внутри партии одной плавки и как следствие – неравномерный износ, образование, например, таких дефектов, как «прижег», что приводит к изъятию из эксплуатации тормозных колодок, не выработавших свой ресурс. Также такой дефект, как «прижег», оказывает негативное влияние на реборду колеса [4].

На тормозных колодках изнашиваются в пыль сотни тысяч тонн чугуна, что обусловливает необходимость разработки более качественных колодок, надежных в эксплуатации и износостойких.

В настоящее время все в большей степени чугунные колодки уступают место композиционным или из спеченной керамики, более долговечным и

износостойким. В частности, на пассажирских вагонах преимущественно применяются чугунные тормозные колодки, а на грузовых вагонах − колодки из полимерных композиционных материалов. Это связано главным образом с особенностями режимов торможения на этих видах подвижного состава. На скоростных пассажирских поездах требуется частое торможение, а перегрев узлов трения требует интенсивного отвода большого количества тепла. В лучшей степени этому отвечают колодки из серого чугуна, обладающего значительно большей теплопроводностью и фрикционной теплостойкостью, чем композиционные колодки из полимерных материалов.

Потеря прочности полимерной фрикционной массы происходит при температуре 280…300 °С (у чугуна выше 700 °С) [1]. Полимерные колодки больше, чем чугунные, склонны к наволакиванию на фрикционную массу спекающихся продуктов износа из сопряженных с колодками колес и рельсов. Эти включения иногда представляют довольно крупные металлические образования, которые могут повреждать поверхность катания колеса кольцевыми выработками.

При использовании полимерных колодок температурное воздействие на колесо значительно больше, и тепловой поток направлен преимущественно в сторону колеса. Это неблагоприятно влияет на напряженное состояние цельнокатаных колес.

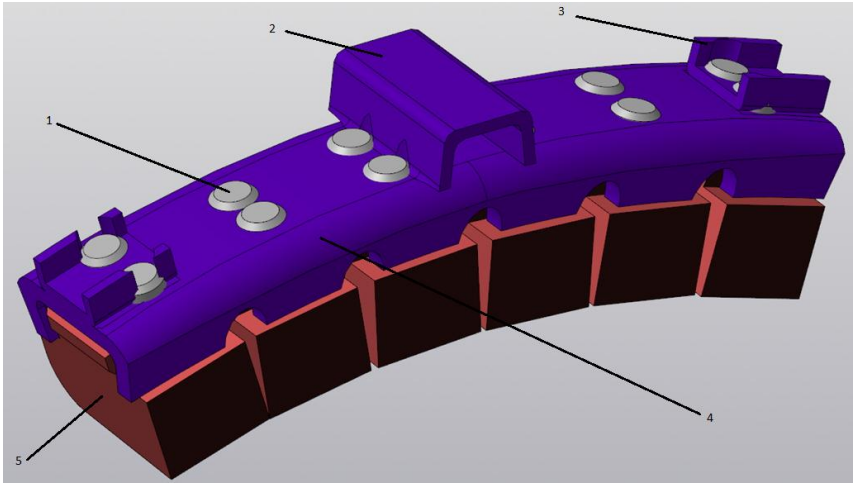
По сравнению с композиционными тормозными колодками, чугунные колодки сохраняют определенные преимущества, выражающиеся в меньшем износе поверхности катания колес, с которыми они контактируют, и постоянстве коэффициента трения при торможении, мало зависящего от внешних, в том числе погодных факторов, таких как дождь или снег, но при этом наличие не выявляемых внутренних дефектов, а также неравномерности распределения механических свойств, обусловленных технологией их изготовления, приводит в процессе эксплуатации при термическом воздействии к образованию таких дефектов как прижег, трещины, неравномерный износ [2].

В связи с этим разработка новых конструкций тормозных колодок, позволяющих более эффективно отводить тепло от поверхности катания, улучшающих качество поверхности фрикционного соединения, является актуальной задачей.

На основе анализа нормативно-технической документации, регламентирующей требования к тормозным колодкам, перспективных конструкций была предложена следующая конструкция композитной тормозной колодки без полимерных материалов (рис. 1,2).

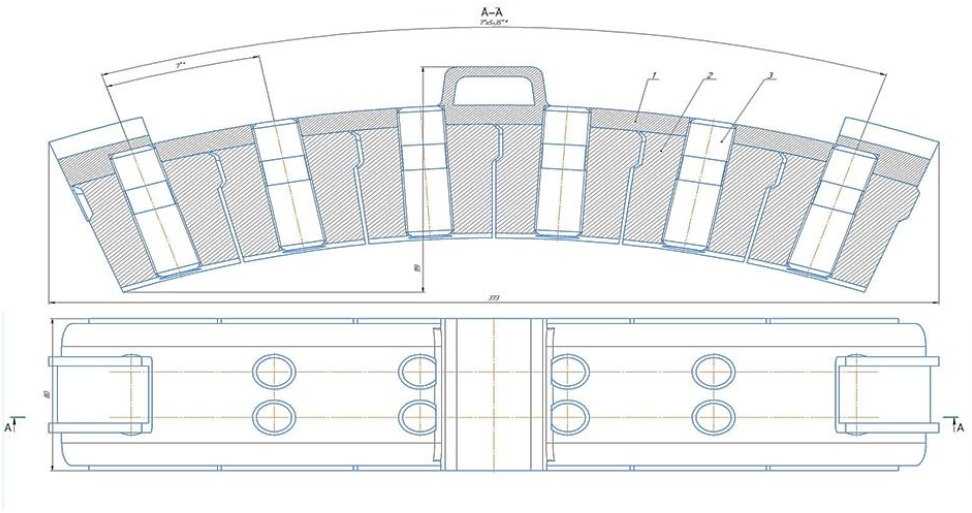
Конструкция тормозной колодки представляет собой основание в виде стального каркаса имеющее скобу и бурты, приваренные к наружной поверхности, дугообразное тело состоящее из 6 отдельных фрикционных сегментов, закрепленных на стальном каркасе с помощью медных шпилек проходящих через каркас и фрикционный элемент насквозь. Фрикционные элементы выполнены из серого чугуна, образуют дугообразное тело с зазором между собой 0,5-3,0 мм, шпильки из меди без химических примесей, диаметром

20 мм. Диаметр шпилек выбирался на основании проверочного прочностного расчета действующих усилий при торможении на сжатие и срез. Также, за счет медных шпилек, проходящих насквозь тормозной колодки, наблюдается эффект повышения теплоотдачи от поверхности торможения, что снижает вероятность образования дефектов на реборде колеса от перегрева, повышает ресурс тормозной колодки, а также за счет частичного переноса меди в процессе торможения на реборду колеса и рельс снижается риск образования дефектов на поверхности катания колеса, так как предлагаемая конструкция тормозной колодки имеет более высокую абразивную стойкость, по сравнению с материалом обода колеса, что позволяет в процессе торможения контактной поверхности (поверхности катания) подвергаться постоянному очищению от загрязнений и удалению поверхностного дефектного слоя.



1-медные шпильки; 2-скоба; 3- направляющие; 4- стальной каркас;
5- фрикционный элемент

Рисунок 1 – 3D модель предлагаемой конструкции композитной тормозной колодки



1- стальной каркас; 2-фрикционный элемент; 3-медные шпильки

Рисунок 2 – Чертеж общего вида предлагаемой конструкции тормозной колодки

Для сравнительного анализа процесса теплопереноса при торможении стандартной чугунной тормозной колодки и предложенной конструкции проводилось моделирование при помощи программы «LVMFLOW». Данная программа предназначена для моделирования процессов литья, в частности, затвердевания и охлаждения отливок, позволяет моделировать процессы теплопереноса.

Исходными данными для моделирования были приняты следующие данные:

а) пара трения «стандартная тормозная колодка (ТК)- реборда колеса» (рис. 3).

Материал ТК – серый чугун.

Материал реборды колеса – сталь 25.

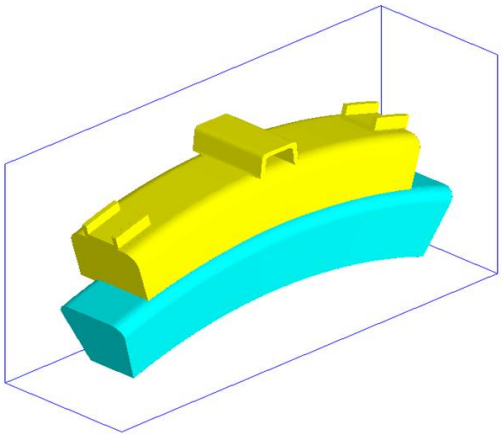


Рисунок 3– Желтый – чугунная тормозная колодка; синий – часть реборды колеса

б) пара трения «новая композитная ТК - реборда колеса» (рис. 4)

Материал ТК:

1. Шпильки – медь
2. Фрикционный элемент - серый чугун
3. Каркас ТК - сталь 20
4. Материал реборды колеса – сталь 25

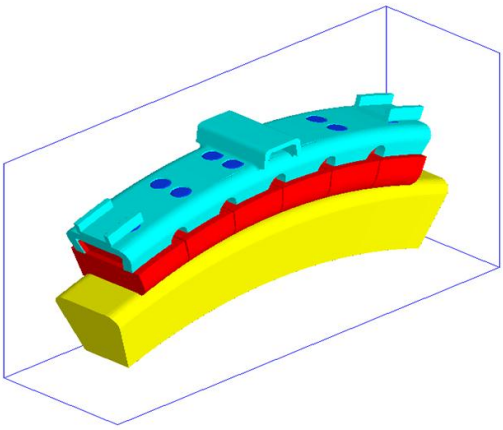


Рисунок 4 – Сверху предлагаемая композитная тормозная колодка; желтый – часть реборды колеса

В процессе торможения температура в рабочей зоне (поверхности контакта тормозной колодки - реборды колеса) достигает максимальной температуры – 343°С [3], поэтому температуру реборды колеса задаем равной 343°С, температуру ТК – 20°С.

В процессе моделирования получены следующие результаты.

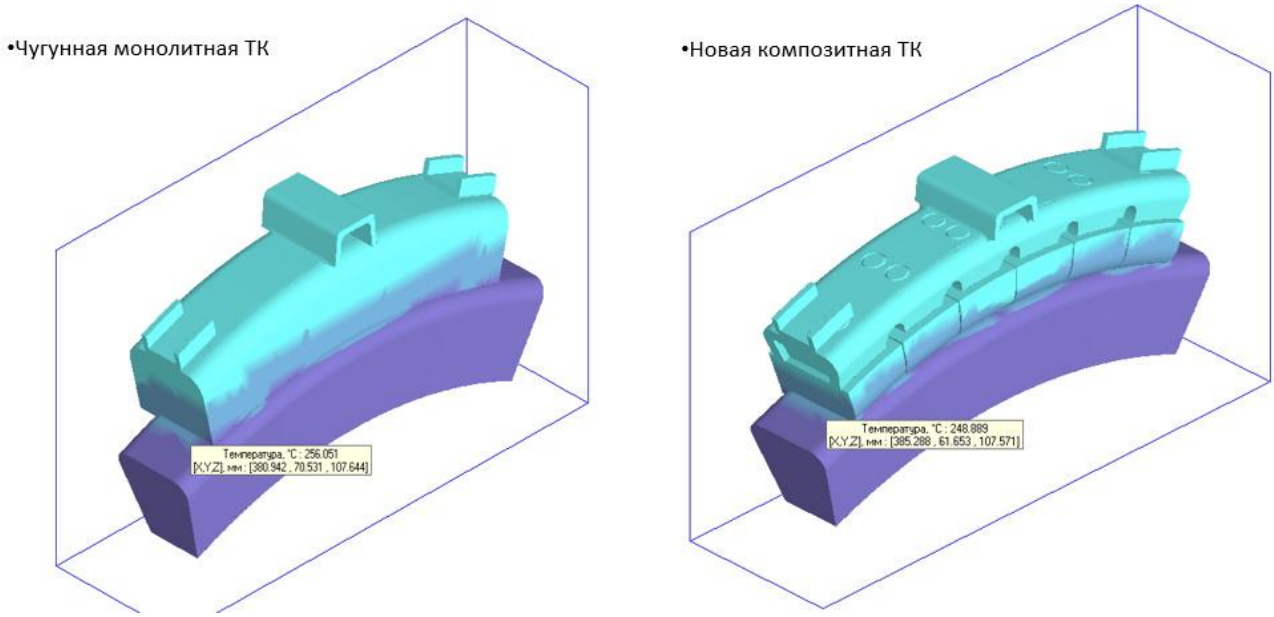


Рисунок 5 – Время 0,3 секунды с начала моделирования

На рисунке 5 показано распределение температурного поля на 0,293 секунды с начала моделирования, чугунная ТК имеет температуру 256 °С, а предлагаемая конструкция ТК 248 °С градусов, уже на данном этапе видно, что предлагаемая ТК более эффективнее отводит тепло с поверхности реборды колеса.

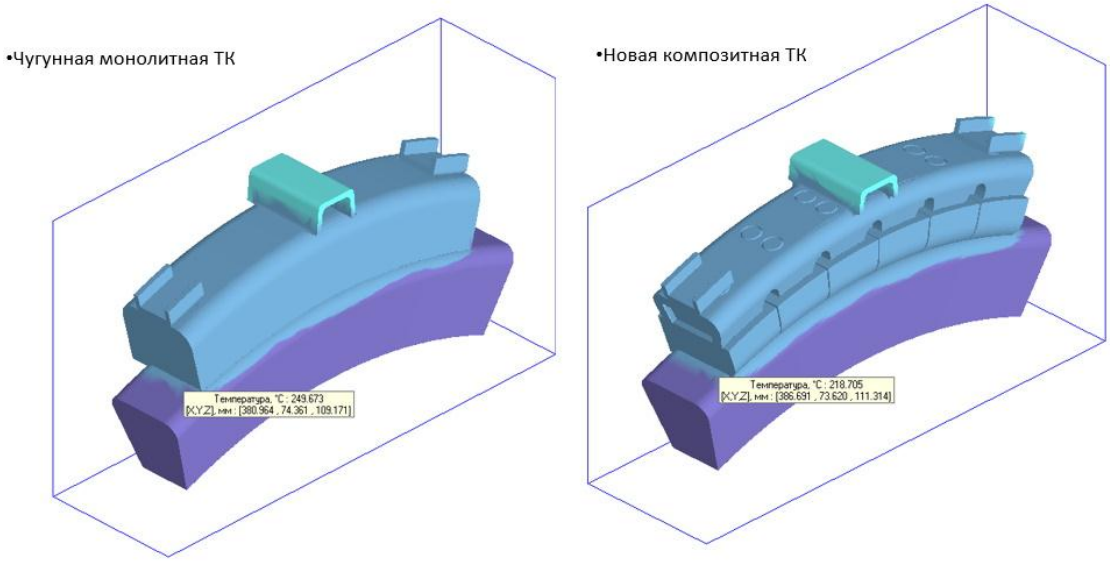


Рисунок 6 – Время 18 секунд с начала моделирования

На рисунке 6 показано распределение температурного поляна на момент времени 19 секунд с начала моделирования. Чугунная ТК имеет температуру 249 °С, а предлагаемая ТК уже имеет 218 °С.

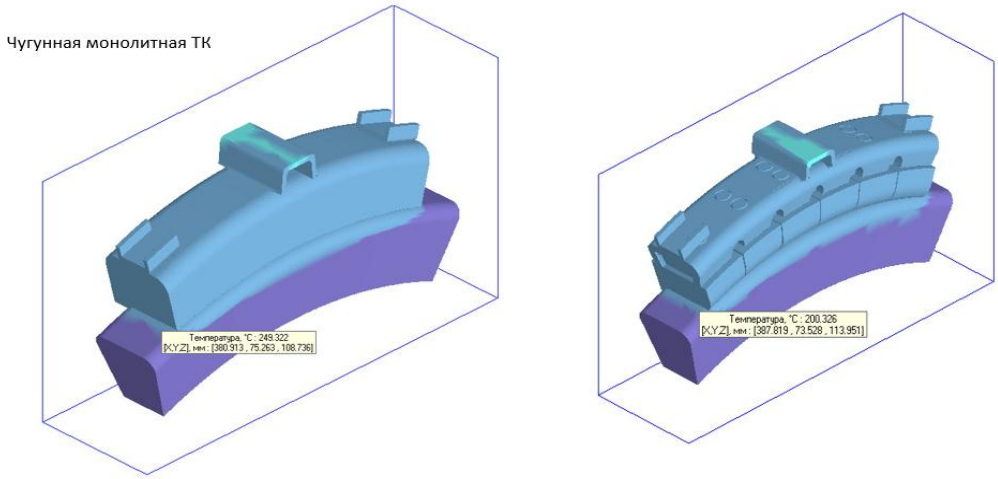


Рисунок 7 – Время 31 секунда с начала моделирования

На рисунке 7 показано распределение температурного поля на время 31,102 секунды с начала моделирования, чугунная ТК имеет температуру 248 °С, а предлагаемая ТК 200 °С.

Результаты моделирования подтверждают большую эффективность теплоотвода от рабочей поверхности.

Дополнительно для более углубленного моделирования процесса торможения предлагаемых конструкций ТК, а также для доработка конструкции требуется более обширный анализ свойств фрикционных материалов, применяемых при изготовлении тормозных колодок.

Библиографический список

1. ГОСТ 33421-2015 Колодки композитные тормозные для железнодорожного подвижного состава. Общие требования. Москва. 2019. 33 с.

2. Формирование структуры и свойств чугунных мотор-вагонных тормозных колодок при литье с направленным затвердеванием от холодильников. Медведев К.А., Никитин А.Ю. Политранспортные системы: материалы VII Всерос. научн. - техн. конф. С.457- 463.

3. Сцепление колеса с рельсом: монография / Голубенко О.Л., Киев: ВІОЛ, 1993.- 448 с.

4. Исследование износостойкости тормозных колодок. Чернов Н.М., Медведев К.А., Никитин А.Ю. Трибофатика = Tribo – fatigue: труды VI Междунар. симп. по трибофатике МСТФ-2010. Минск, 25 окт. – 1 нояб. 2010 г. В 2 ч. Ч.1/ редкол.: М.А. Журавков (пред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2010. С.333-334.

УДК 629.436
DOI10.52170/2712-9195/2022_2_60

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЗОВ

М.Ю. Карпенко[1], С.А. Петухов[1]
1. Самарский государственный университет путей сообщения, ул. Свободы 2В, г. Самара, 443066, Россия

Аннотация: Представлен сравнительный анализ эффективности бортовых систем регистрации параметров работы тепловозов. Выявлено, что у существующих бортовых систем диагностики дизелей тепловозов отсутствует возможность проведения процедуры индицирования. Предложен вариант дооснащения аппаратно-программного комплекса датчиком давления газов для контроля давления сгорания в цилиндрах дизеля. Произведена оценка сравнительной эффективности прямого и косвенного индицирования по данным системы мониторинга, а также с помощью компьютерного моделирования с использованием автоматизированной системы ENGINE.

Ключевые слова: тепловоз, индицирование.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ON-BOARD SYSTEMS FOR RECORDING THE PARAMETERS OF DIESEL LOCOMOTIVES

M.Y. Karpenko[1], S.A. Petukhov[1]
1. Samara State University of Railway Transport, Svobody str. 2B, Samara, 443066, Russia

Abstract: A comparative analysis of the effectiveness of automated systems for recording the parameters of diesel locomotives is presented. It is revealed that the existing systems of parametric diagnostics of diesel locomotives do not have the possibility of carrying out the indexing procedure. A variant of retrofitting the hardware and software complex with a gas pressure sensor for monitoring the combustion pressure in diesel cylinders is proposed. The comparative effectiveness of direct and indirect indexing was evaluated according to the monitoring system data, as well as using computer modeling using the automated ENGINE system.

Keywords: diesel locomotive, indexing.

В процессе эксплуатации агрегаты и сборочные единицы тепловозов подвергаются воздействию знакопеременных нагрузок, которые характеризуются повышением скоростей движения и среднесуточных пробегов, а также увеличением массы перевозимых грузов.

В связи с этим задачи по повышению качества дизелей тепловозов, уровня их технической готовности, производительности, надежности и экономичности являются масштабными и актуальными [1].

Во многих случаях дефекты агрегатов и сборочных единиц тепловозов выявляются в процессе испытаний на реостатной станции сервисных предприятиях с применением средств стационарной диагностики, что является трудоемкой и экономически затратной, так как требует вывода тепловоза из эксплуатации. Более эффективное и менее затратное с точки зрения «цена/качество» обнаружение неисправностей, которые могут возникать в

период эксплуатации, можно осуществить путем проведения модернизации автоматизированных систем регистрации параметров работы.

Бортовые системы регистрации параметров работы предназначены для регистрации, анализа параметров работы и учета дизельного топлива при эксплуатации тепловозов, а также для непрерывного контроля их технического состояния и передачи зарегистрированных данных с использованием беспроводного канала (рис. 1) [2-4].

Функциональные возможности автоматизированных систем регистрации параметров работы сводятся к контролю основных параметров работы отдельных сборочных единиц и агрегатов, а также оценке эксплуатационных параметров автономных локомотивов.

Значительный опыт по применению систем параметрической диагностики с целью мониторинга технического состояния автономных локомотивов имеется у американской компании General Electric Transportation (GE) [5].

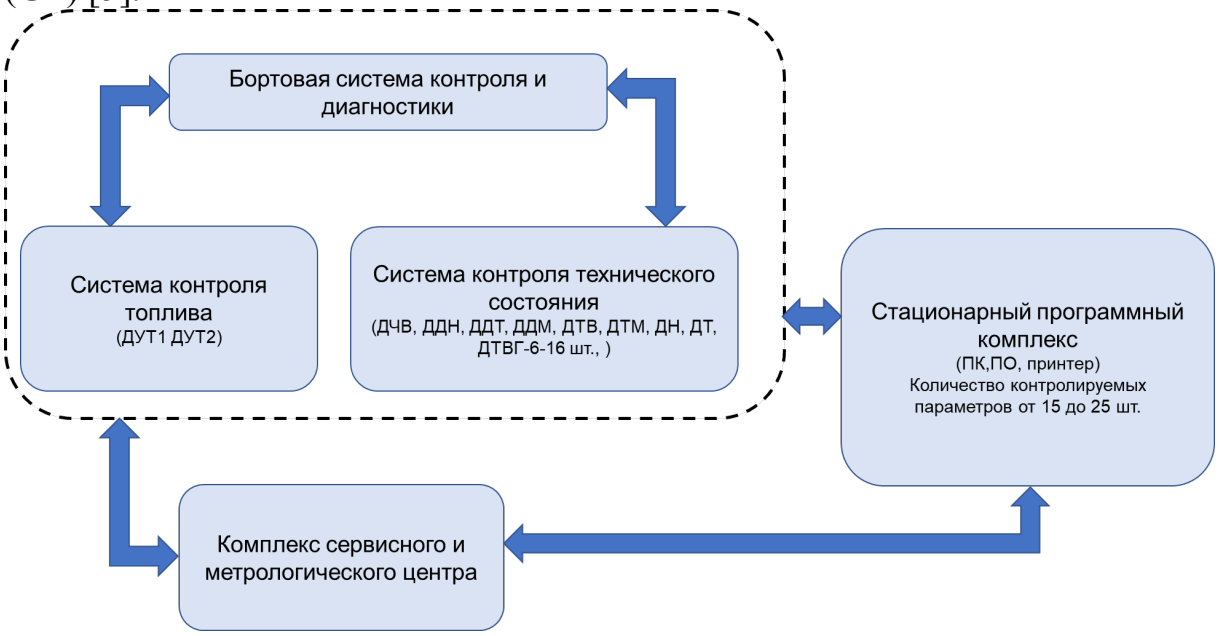


Рисунок 1. Схема распространённых бортовых систем регистрации параметров работы дизелей тепловозов [2-4]:

АРМ – автоматизированное рабочее место; ДДГ – датчик давления газов в цилиндрах; ДДТ – датчик давления топлива; БИ – блок индикаторный; ДЧВ – датчик частоты вращения; РБ – распределительный блок; КБ – кросс блок; КТВГ – контроллер температуры выпускных газов; ББ – базовый блок; ДКМ – датчик контроллера машиниста; БП – блок питания; ДУТ1, ДУТ2 – датчики уровня топлива; ДДН – датчик давления надувочного воздуха; СИТ – система измерения топлива; ДН – датчик напряжения; ДТ – датчик тока; ДДМ – датчик давления масла в цилиндрах; ДТВГ – датчики температуры выпускных газов.

В процессе эксплуатации тепловозов бортовая система диагностики Bright Star производит сбор и анализ данных о работе локомотивов на основе порядка 250 измеряемых параметров. Технический и экономический эффекты от применения данной бортовой системы диагностики достигаются с помощью комплексного подхода, который включает в себя контроль основных процессов,

Система мониторинга позволяет сократить вдвое повторные заходы на ремонт, обнаружить неисправности на ранней стадии их возникновения и сократить время непроизводительных простоев.

Подобные системы мониторинга создаются большинством зарубежных локомотивных компаний.

Несмотря на значительный опыт зарубежных исследований, на отечественном железнодорожном транспорте имеется большой научно-технический задел, позволяющий создавать автоматизированные системы регистрации параметров работы автономных локомотивов.

Так, например, АПК «БОРТ», разработанный ОАО «НИИТКД» г. Омск позволяет выявить несанкционированные сливы топлива, оценить состояние систем тепловоза как в режиме реального времени, так и при анализе накопленных данных, объективно нормировать расход топлива, отслеживать пробег тепловоза, горячего простоя, заглушенного состояния, работы тягового генератора.

Регистратор параметров работы тепловоза «РПРТ», разработанный совместными усилиями сотрудников ЗАО «ОЦВ» и АО «(ВНИИЖТ» позволяет осуществлять автоматизированный сбор, регистрацию и обработки информации о работе тепловоза, с целью контроля, учета и анализа расхода топлива тепловозом в эксплуатации.

Еще одна система регистрации параметров автономных локомотивов АСК-ВИС - аналог АПК «Борт», разработанная компанией ««СпецАвтоИнжиниринг»». Имеется положительный опыт использования диагностических данных при эксплуатации тепловозов 2ТЭ116 на полигоне Октябрьской железной дороги. АСК-ВИС осуществляет запись более 40 регистрируемых параметров с последующим их хранением около 30 суток. Также в функциональные возможности системы АСК-ВИС входит передача данных по радиоканалу GPRS на сервер единой системы мониторинга и самодиагностика модулей.

Проведя анализ имеющейся информации по применению бортовых систем регистрации параметров работы, выявлено, что у них имеется недостаток, заключающийся в отсутствии возможности проведения процедуры индицирования.

По характеру изменения индикаторных диаграмм и показателям рабочего цикла судят о состоянии давления сгорания в цилиндрах дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Данный показатель является информативным с точки зрения протекания качества рабочих процессов и экономичности рабочего цикла [6].

Таким образом, модернизация существующих бортовых систем регистрации параметров работы ДГУ тепловозов возможна путем контроля давления сгорания газов в цилиндрах, например, с помощью датчика давления газов типа PS-16 [7].

Датчик давления имеет диапазон измерения от 0 до 16 МПа, максимальную погрешность ≤ 1,5 % и крепится на штатный индикаторный кран.

Проведенное индицирование с помощью системы мониторинга с применением датчика давления газов PS-16 на среднеоборотном дизеле типа K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЭ3 показало свою эффективность [7]. С помощью метода параметрической диагностики был установлен перерасход топлива относительно паспортного значения в среднем до 7 % и выше, который возникает даже при незначительной разрегулировки параметров работы топливной аппаратуры и газораспределительного механизма с последующим падением цилиндровой мощности.

Для оценки эффективности бортовых систем регистрации режимов работы тепловозов разработан и защищен охранным документом регистратор режимов работы ДГУ. Структурная схема регистратора приведена на рисунке 2.

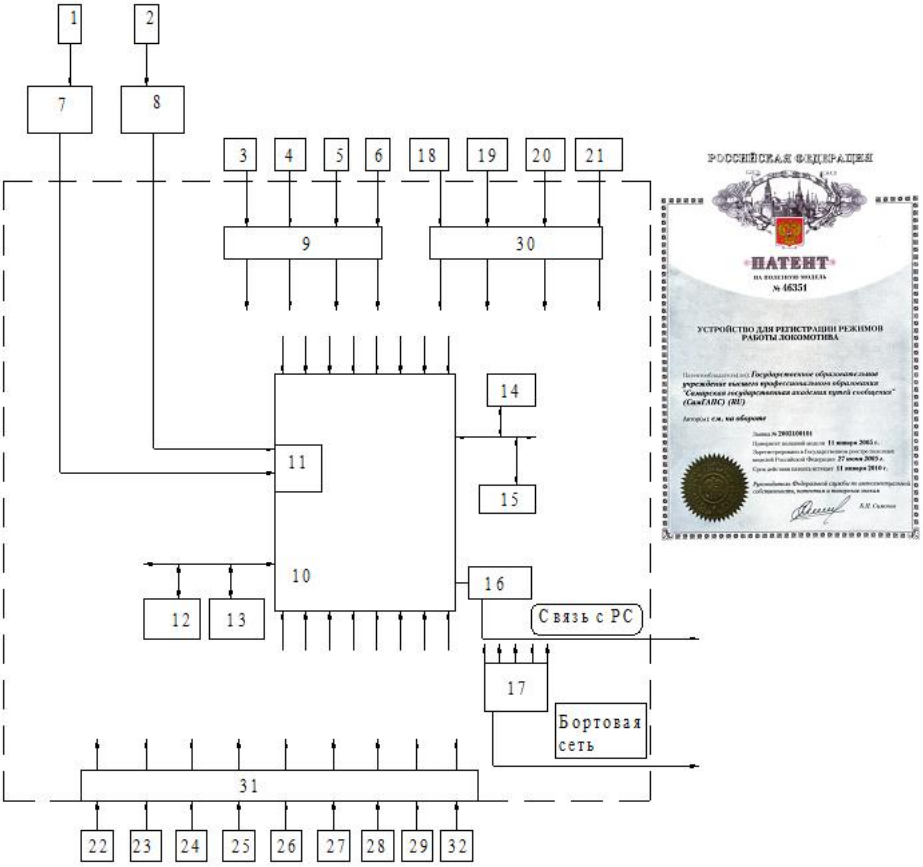


Рисунок 2. Структурная схема регистратора режимов работы ДГУ тепловозов:

1-датчик аналогового сигнала по току ($I_г$); 2-датчики аналогового сигнала по напряжению ($U_г$); 3,4,5,6-датчики, входящие в блок релейных сигналов; 7,8-усилители; 9-адаптер; 10-микроконтроллер-микросхема; 11-аналого-цифровой преобразователь; 12-часы; 13- карта памяти; 14-монитор; 15-клавиатура; 16-коммуникационный порт; 17-источник питания; 18-датчик частоты вращения коленчатого вала дизеля ($n_д$); 19-датчик частоты вращения ротора турбокомпрессора ($n_{ТК}$); 20-датчик расхода топлива на выходе из топливного бака ($G_т$); 21-датчик расхода топлива на входе в топливный бак ($G_т$); 22-датчик температуры топлива в топливном баке ($t_{топл}$); 23-датчик температуры воздуха на входе в компрессор турбокомпрессора ($t_{воз}$); 24-датчик давления воздуха на входе в компрессор турбокомпрессора ($P_{воз}$); 25-датчик перепада давления дроссельной шайбы расходомера (ΔP); 26-датчик температуры в выпускном коллекторе ($t_в$); 27-датчик давления в выпускном

коллекторе (Рв); 28-датчик температуры отработавшихся газов в выпускном коллекторе (t_{or}); 29-датчик давления отработавшихся газов в выпускном коллекторе (P_{or}); 30-преобразователь частоты; 31-аналого-цифровой преобразователь; 32-датчик давления газов в цилиндрах (P_z, P_c).

Функционирование регистратора режимов работы ДГУ осуществляется следующим образом.

В процессе эксплуатации тепловоза в микроконтроллер-микросхему через аналого-цифровой преобразователь и дифференциальные усилители непрерывно поступают аналоговые сигналы по току и напряжению главного генератора, сигналы по скорости движения тепловоза и сигналы, соответствующие той или иной позиции контроллера машиниста.

Данные, поступившие в память Data Flash регистратора, фиксируются и подвергаются обработке в конце рабочей смены. Таким образом, выявленные значения устанавливают причинно-следственную связь, в результате которой снижается мощность тягового генератора во время эксплуатации и сигнализируют о необходимости проведения мер по настройке характеристики ДГУ.

Алгоритм оценки технического состояния ДГУ тепловозов, оборудованных регистратором режимов работы, показан на рисунке 3.

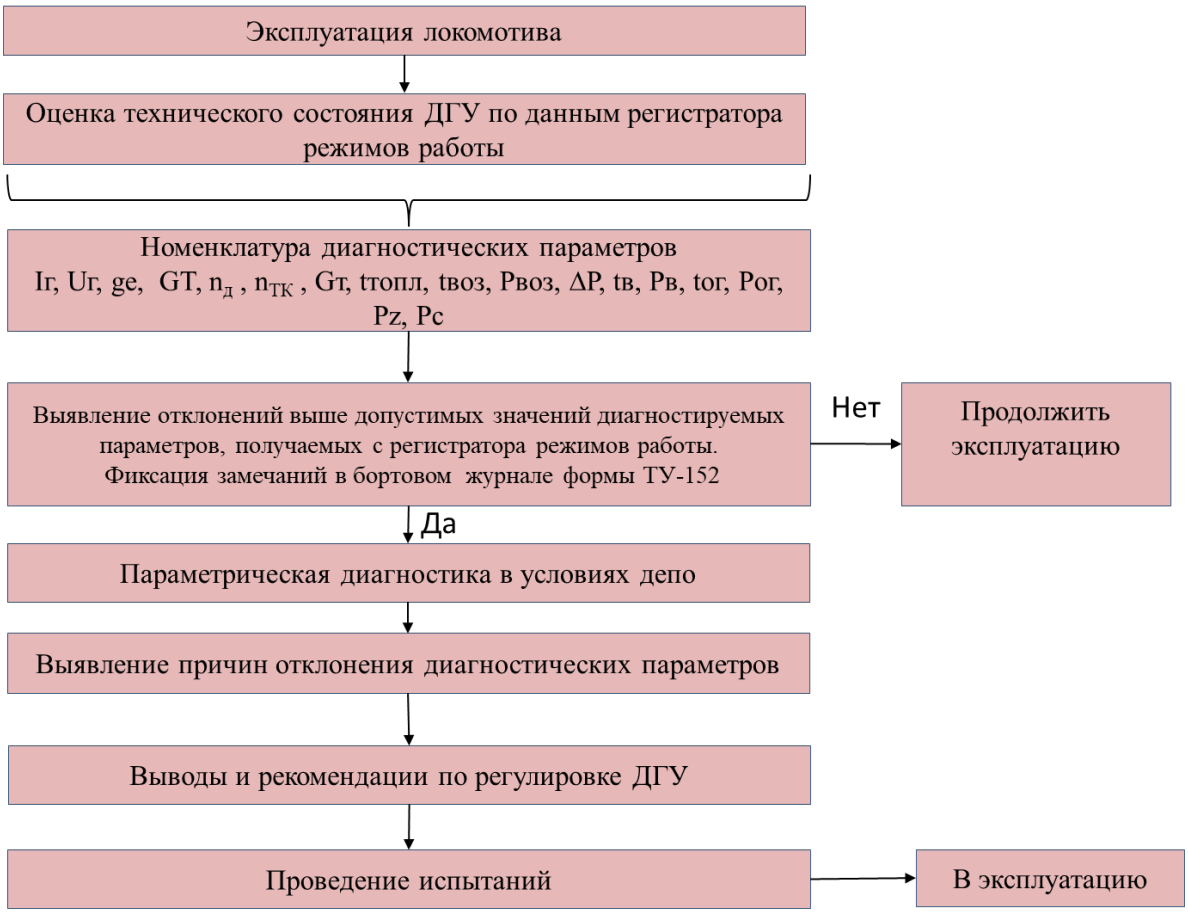


Рисунок 3. Алгоритм оценки технического состояния ДГУ тепловозов, оборудованных регистратором режимов работы

Также возможен косвенный метод получения индикаторных диаграмм и показателей рабочего цикла дизеля, который заключается в использовании математических моделей, в основе которых известные теоретические положения, которые в той или иной степени интегрированы в автоматизированные системы, как DISEL, DIESEL RK, ENGINE и др. [8]. Данный метод наиболее удобен и менее затратен.

Для сравнительной эффективности прямого и косвенного индицирования была произведена оценка рабочего цикла по результатам, полученными авторами с применением системы мониторинга DEPAS [7], а также с помощью компьютерного моделирования с использованием автоматизированной системы ENGINE.

На рисунке 4 приведено окно рабочей программы ENGINE с вводом основных технических характеристик исследуемого двигателя для расчётно-экспериментальной оценки параметров рабочего цикла.

Рисунок 4. Окно программы ENGINE для ввода исходных данных
(Технические характеристики и составляющие внешнего теплового баланса дизеля K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЭ3 на режиме 50% от номинальной мощности) [9]

При определении энергетических показателей рабочего цикла дизеля в качестве базовой характеристики используется величина среднего индикаторного давления [8]:

$$P_{mi} = (1/360)\cdot\int P(\varphi)\, d\varphi\,. \qquad (1)$$

Значение среднего индикаторного давления определяется по формуле:

$$P_{mi} = \frac{P_2}{\varepsilon-1}\cdot\left\{\lambda(\rho-1)+\frac{\lambda\rho}{k-1}\left[1-\left(\frac{\rho}{\varepsilon}\right)^{k-1}\right]-\frac{1}{n-1}\left(1-\frac{1}{\varepsilon^{n-1}}\right)\right\}.$$

На основе P_{mi} определяется действительное среднее индикаторное давление как:

$$P_{\text{инд}} = P_{mi}\cdot\eta\,, \qquad (2)$$

где η - коэффициент полноты индикаторной диаграммы ($\eta = 0.9 \ldots 0.97$).

На рисунке 5 приведены индикаторные диаграммы, рассчитанные по газодинамической модели с помощью программы ENGINE, а также по данным, полученными авторами с применением системы мониторинга DEPAS [7].

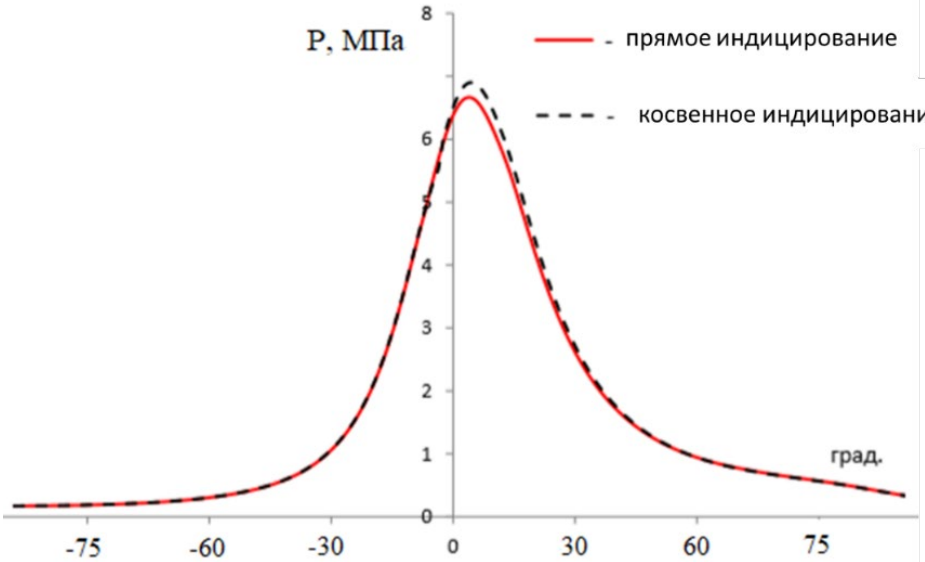


Рисунок 5. Индикаторные диаграммы дизеля K6S310DR, полученные с помощью прямого и косвенного индицирования

Таким образом, графическое изображение экспериментальной и расчетной индикаторных диаграммы на рисунке 5, полученных путем прямого и косвенного индицирования свидетельствуют о том, что погрешность моделирования характеристик рабочего цикла составляет не более 3%. Кроме этого, на индикаторных диаграммах видно, что значения максимальных давлений сгорания, полученных расчетным и экспериментальным путем, отличаются всего лишь на 1-2 градуса угла поворота коленчатого вала дизеля.

Таким образом, установка датчиков давления газов в цилиндрах дизеля тепловоза в составе автоматизированной системы регистрации параметров работы позволит повысить точность контроля и точность настройки ДГУ на 2-3 %, тем самым получить комплексную оценку технического состояния ДГУ и принять своевременные решения по профилактическим мерам обслуживания или ремонта.

Библиографический список

1. Петухов, С. А. Ресурсосбережение и энергоэффективность тепловозных двигателей : монография / С. А. Петухов, В. Е. Лазарев, В. В. Асабин [и др.]. – Самара : Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – 138 с.

2. Система измерительная для автоматизированного контроля параметров тепловоза (АСК-ВИС-2ВК). Руководство по эксплуатации РЭ 002-01-2009. ООО «ТехноВИС». 2009. 22с.

3. Системы топливоизмерительные аппаратно-программного комплекса БОРТ. Приложение к свидетельству №65521. 2017. 10с.

4. Регистратор параметров работы тепловоза (РПРТ). Руководство по эксплуатации КНГМ.421429.004 РЭ. 49с.

5. Лакин, И. И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: дис… канд. техн. наук. [Текст] – Москва, 2016. – 195 с.

6. Росляков, А. Д. Методика проведения стендовых испытаний тепловозных дизелей на альтернативных видах топлива / А. Д. Росляков, Л. С. Курманова, С. А. Петухов // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 89-92.

7. Лобанов И. А. Повышение эксплуатационной эффективности тепловозных дизелей применением средств оперативной диагностики: дис… канд. техн. наук. [Текст] – Москва, 2017. – 209 с.

8. Булыгин Ю. И. Экспериментальное и компьютерное исследование рабочего процесса и токсичности тепловозных двигателей внутреннего сгорания. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 145с.

9. Нотик З. Х. Тепловозы ЧМЭ3, ЧМЭ3Т, ЧМЭ3Э. Москва. Транспорт. 1996. – 444с.

УДК 656
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_68

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ЗАКРЫТОЙ ГИДРОПЕРЕДАЧИ

В.Н. Анферов, С.А. Базанов, Н.А. Зайцев
Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: Рассмотрена актуальность проблемы повышения ресурса гидропередач путем изоляции рабочей жидкости от атмосферы. Авторами предложено описание испытательного стенда, созданного на основе схемы закрытой гидропередачи. Температурное расширение рабочей жидкости и разность объёмов полостей гидроцилиндра в предлагаемой схеме компенсирует пневмогидроаккумулятор. Проблема возврата дренажных утечек в закрытой гидросистеме решена использованием струйного насоса. Представлено описание цели испытаний, программа и контролируемые параметры.

Ключевые слова: закрытая гидропередача, эжекторный насос, повышение ресурса, гидропривод, испытательный стенд.

CLOSED HYDRAULIC SYSTEM TEST STAND

V.N. Anferov, S.A. Bazanov, N.A. Zaitsev
Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: The urgency of the problem of increasing the resource of hydraulic system by isolating the hydraulic oil from the atmosphere is considered. The authors proposed a description of the test stand, created on the basis of a closed hydraulic system scheme. The thermal expansion of the hydraulic fluid and the difference in volumes of the cavities if the hydraulic cylinder in proposed scheme is compensated by accumulator. The problem of return of leaks in a closed hydraulic system is solved by using a jet pump. A description of the purpose of the tests, the program and controlled parameters are presented

Key words: closed hydraulic system, ejector pump, resource increase, hydraulic system, tests.

Гидравлический привод активно применяется в современной технике благодаря сочетанию его уникальных качеств: малый вес и габариты, возможность бесступенчатого регулирования скорости рабочего органа, простота управления и автоматизации, надёжность, возможность легкой реализации поступательного движения рабочего органа.

Объемный гидропривод широко применяется в путевых, строительно-дорожных машинах, так как при работе этих машин необходимо развитие больших усилий на рабочих органах. Объемный гидропривод наиболее полно выполняет эту задачу. Принцип действия такого привода основан на попеременном заполнении рабочего объема гидромашин жидкостью и вытеснения её из рабочей камеры в напорную магистраль.

Во время работы машины в гидравлическую систему из атмосферы подают различные загрязнители, такие как влага, кислород, механические частицы, органика.

Наличие даже небольшого количества воды увеличивает пенообразование, ускоряет окисление, снижает антикоррозионные свойства масла.

Наличие воздуха в гидравлической системе ухудшает динамические свойства гидропривода, приводит к снижению усилий на гидродвигателях и, как следствие, к ухудшению производительности машины, а также к точности позиционирования рабочего органа. Воздух в системе ухудшает защитные свойства рабочих жидкостей, что повышает износ трущихся частей гидрооборудования, вызывает кавитацию.

Загрязнение механическими частицами вызывает заклинивание поршней гидроцилиндров и золотников гидрораспределителей, повышенные утечки масла в узлах и деталях гидросистемы, повышенный износ узлов и деталей.

Загрязнители органического происхождения изменяют физические свойства рабочей жидкости (вязкость, смазывающую способность). Продукты окисления увеличивают кислотное число рабочей жидкости и соответственно увеличивают коррозию металлических деталей. Активность окисления повышается с увеличением температуры и из-за наличия в рабочей жидкости растворенного или эмульсированного воздуха [1].

В основном загрязнения проникают в систему через сапун гидравлического бака во время работы машины, особенно остро эта проблема затрагивает машины с гидроцилиндрами. Так как объем воздуха, попадающего в бак может достигать десятков тысяч литров за смену.

Загрязнение рабочей жидкости является одной из основных причин снижения долговечности гидроприводов [2].

Одна из главных задач машиностроения – повышение долговечности машин. Повышение этого качества позволяет уменьшить количество простоев техники, сократить продолжительность технического обслуживания машин, что уменьшит издержки эксплуатирующей организации на техническое обслуживание и закупку запасных частей.

Для уменьшения количества загрязнителей, попадающих в систему целесообразно применить закрытые схемы гидроприводов. Закрытой гидропередачей называется, передача в которой основной поток жидкости не сообщается с атмосферой.

При использовании в закрытой гидропередаче гидромоторов и насосов, имеющих дренажные утечки, необходимо решить задачу возврата утечек в систему. Во всасывающей линии и в баке предлагаемой системы поддерживается давление выше атмосферного, что не позволяет отправить их напрямую в бак. Также необходимо компенсировать постоянно меняющийся объем жидкости.

Существует типовая схема закрытого гидропривода в которой сливная линия мотора соединена со всасывающей линией насоса. Обычно для возврата дренажных утечек вводятся подпиточные контуры, что снижает общий КПД и усложняет систему [3].

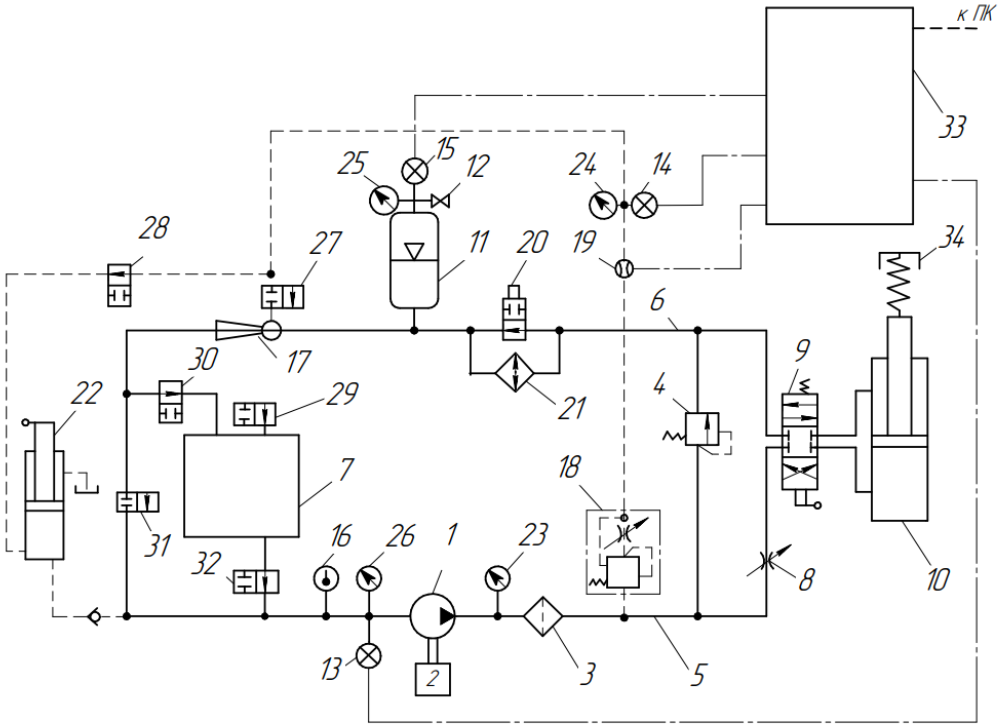
Существенным недостатком является то, что в такой системе дренажные утечки от насоса и гидромотора отправляются в бак, связанный с атмосферой. Данные утечки могут составлять значительную часть всего расхода. Поэтому данная схема не является полностью закрытой, а изолирует рабочую жидкость лишь частично. Также в ней невозможно применить гидроцилиндр.

Разработана гидравлическая схема, в которой данные недостатки устранены. Для возврата дренажных утечек применяется эжекторный насос, использующий сливаемый поток для возврата жидкости. Так как насос и гидромотор изнашиваются во время работы, повышаются дренажные утечки, для изменения производительности эжекторного насоса в его конструкции предусмотрена регулирующая игла.

Температурное расширение рабочей жидкости и разность объёмов полостей гидроцилиндра компенсирует пневмогидроаккумулятор баллонного типа [4]. Он же создает избыточное давление во всасывающей линии основного насоса.

На основе этой схемы разработан стенд для исследований закрытой гидропередачи. Принципиальная схема стенда представлена на рисунке [5].

Для имитации дренажных утечек насоса в стенде предусмотрен регулятор потока, он позволяет исследовать режимы работы гидропередачи с различным расходом дренажных утечек. Работа эжекторного насоса тестируется при помощи датчиков давления и манометров перед эжекторным насосом, в дренажной линии, подходящей к эжекторному насосу и на выходе из эжекторного насоса, во всасывающей линии гидронасоса.



1 – насос; 2 – электродвигатель; 3 – фильтр напорный; 4 – паредохранительный клапан; 5 – напорная гидролиния; 6 – сливная гидролиния; 7 – гидробак; 8 – дроссель; 9 – гидрораспределитель; 10 – гидроцилиндр; 11 – пневмогидроаккумулятор; 12 – заправочное устройство; 13,14,15 – датчики давления; 16 – датчик температуры; 17 – эжекторный насос; 18 – регулятор потока; 19 – расходомер; 20 – термостат; 21 – теплообменный аппарат; 22 – мерная емкость; 23,24,25,26 – манометры;
27,28,29,30,31,32 – вентили; 33 – микроконтроллер; 34 – нагрузочное устройство

Рисунок – Принципиальная схема стенда для изучения работы закрытого гидропривода

В конструкции эжектора предусмотрена сменная проточная часть для определения его оптимальных геометрических характеристик опытным путем при различных расходах и давлениях.

Также в стенде предусмотрено отключение гидробака для проверки работы системы без него.

На штоке гидроцилиндра установлено нагрузочное устройство в виде пружины сжатия, это позволяет провести наблюдение за работой гидропередачи при различных режимах нагрузки.

Экспериментальные исследования объемной гидропередачи требуют определения большого количества параметров, их обработки и последующего анализа. Методы проведения приемо-сдаточных испытаний гидромашин регламентируются рядом стандартов [6-8], однако они не предусматривают исследовательских испытаний, поэтому требуется разработка уникальной методики, которая позволит в полной мере оценить все параметры спроектированной гидросистемы.

Разработанные программа и методика должны обеспечивать цель проведения испытаний, которая заключается в проверке работоспособности закрытой гидропередачи, а именно:

– обеспечение возврата имитации дренажных утечек в систему, находящуюся под избыточным давлением, с помощью эжекторного насоса;

– контроль заполнения пневмогидроаккумулятора рабочей жидкостью;

– проверка поддержания избыточного давления во всасывающей линии на входе в насос.

В ходе испытаний контролируются следующие параметры:

– температура рабочей жидкости;

– давление во всасывающей линии насоса;

– давление и расход в линии, имитирующей дренажную;

– давление в газовой полости пневмогидроаккумулятора.

Контролируемые параметры позволяют в полной мере оценить работу замкнутой гидросистемы и эжекторного насоса.

Каждое испытание проводится при различных температурах рабочей жидкости: T = +20° C и T = +60° C.

Для исследовательских испытаний суммарная погрешность измерения должна соответствовать 1 группе точности, допускаемые значения представлены в таблице [8].

Таблица – Допускаемые значения суммарной погрешности параметров

Параметр	Допускаемая суммарная погрешность измерения с установленной вероятностью 0,95 для групп точности		
	1	2	3
Давление до 0,2 МПа, %	±1,0	±3,0	±5,0
Давление свыше 0,2 МПа, %	±0,5	±1,5	±2,5
Расход, %	±0,5	±1,5	±2,5
Температура рабочей жидкости, °C	±0,5	±1,0	±2,0

Технические характеристики стенда обеспечивают необходимые требования к измерениям.

Согласно ГОСТ число опытов при применении средств измерений с регистрирующими устройствами, в соответствии со стандартом, должно быть не менее 10, с показывающими не менее 3 [8]. Программа испытаний разработана в соответствии данным требованиям.

В составе стенда присутствует микроконтроллер, он собирает сигналы с датчиков давления и расходомера и передает их на персональный компьютер.

Исследования на стенде производятся при следующих режимах:

- испытания при отсутствии дренажных утечек;
- испытания при максимальном значении дренажных утечек;
- испытания при промежуточных значения утечек.

Все показания, снятые с визуальных приборов измерения во время экспериментов, заносятся в журнал испытаний, с регистрирующих – сводятся в электронную таблицу.

Проведение экспериментов на испытательном стенде позволит оценить работоспособность закрытой гидропередачи в различных условиях и режимах, определить возможности ее работы, дать рекомендации по внедрению закрытых гидропередач на физических моделях машин.

Библиографический список

1. Вертячих И.М., Жукалов В.И., Суторьма И.И., Пищенко А.А. Коаксиальный фильтрующий элемент фильтра гидравлического масла гидросистем технических средств //. - 2015. -Т. 10. - № 1. -С. 96-100.
2. Бродский Г. С. Повышение надежности гидропривода – средство эффективного внедрения гидравлических экскаваторов на горных предприятиях// Горная промышленность. 2002. №2. С. 55–63.
3. Мокин Н. В. Гидравлические и пневматические приводы: Учебник. – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2004. – 354 с.
4. Пат. 195330 РФ, МПК F15 B 19/00. Гидравлическая передача/ С.А. Базанов (Россия). 23.01.2020
5. Пат. 205557 РФ, МКИ F 15 B 19/00. Стенд для изучения гидропривода / С.А. Базанов (Россия). 20.07.2021
6. ГОСТ 14658-86. Насосы объемные гидроприводов. Правила приемки и методы испытаний – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.
7. ГОСТ 29015-91. Гидроприводы объемные. Общие методы измерения параметров. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.
8. ГОСТ 17108-86. Гидропривод объемный и смазочные системы. Методы измерения параметров – М.: Изд-во стандартов, 2000. -11 с.

УДК 62-623
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_73

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНВЕРТАЦИИ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

М.А. Березкин[1], П.И. Федюнин[1]

1. Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, 630039, Россия

Аннотация: В статье рассматриваются некоторые существующие проблемы в сфере переоборудования автотранспортных средств для работы на газовом топливе, предлагаются возможные или описываются уже существующие решения, дается оценка значимости проблем, и выделяются наиболее перспективные.

Ключевые слова: Альтернативное топливо, газовое топливо, сжиженный газ, природный газ, газобаллонное оборудование, конвертация.

THE ACTUAL PROBLEMS OF CONVERSION OF GASOLINE ENGINES TO GAS FUEL

M.A. Berezkin[1], P.I. Fediunin[1]

1. Novosibirsk State Agricultural University, 160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russia

Abstract: The article discusses some existing issues in the sphere of conversion of motor vehicles to operate on the gas fuel, suggests potential solutions or describes existing answers, assesses the significance of the issues, and accentuates the most promising ones.

Key words: Alternative fuels, gas fuel, liquefied gas, natural gas, cng, lng, lpg, conversion.

Перевод двигателей на питание газовым топливом обеспечивает неоспоримые преимущества:

- повышение моторесурса на 25…50 % согласно различным источникам;
- увеличение срока службы масла, как следствие, уменьшение его расхода в процессе эксплуатации;
- снижение шумоизлучения на 3…6 дБ;
- снижение затрат на соблюдение наиболее жестких норм выбросов вредных веществ;
- уменьшение выбросов диоксида углерода, являющегося одним из парниковых газов (по некоторым источникам, удельные выбросы CO_2 при использовании природного газа снижались примерно до 50 % по сравнению с выбросами при работе бензиновых двигателей с штатной системой питания).

Для России использование газового топлива на транспорте означает также существенное увеличение потенциальных энергетических запасов.

В настоящее время в нашей стране широкое распространение получили системы распределенной подачи газообразного топлива во впускной тракт

двигателя. Такие системы, условно именуемые системами четвертого поколения, включают в свой состав собственный электронный блок управления, индивидуальные газовые клапаны по числу цилиндров двигателя и приборы подготовки газового топлива. Данные системы отличаются низкой стоимостью, сравнительно просты в установке, наладке, нетребовательны при технической эксплуатации и выпускаются широким кругом производителей. Последующие поколения газовых систем значительного распространения в России не получили: пятое поколение (впрыск газа в сжиженном состоянии во впускной коллектор) применяется ограниченно вследствие высокой стоимости и отсутствия развитой сети квалифицированных представителей, занимающихся установкой и обслуживанием таких систем; шестое поколение (непосредственный впрыск в цилиндры двигателя) практически не встречается, за исключением некоторых заводских модификаций автомобилей зарубежного производства. Кроме того системы 5-го и 6-го поколений допускают использование исключительно сжиженного нефтяного газа, что также снижает их привлекательность, по сравнению с оборудованием предыдущего поколения, совместимым, в том числе, и с наиболее перспективным видом топлива – природным газом. Дальнейшее рассмотрение вопроса будем проводить на примере систем четвертого поколения.

Основные проблемы применения газового топлива можно условно разделить на несколько категорий:

Конструктивные

Большинство производимых двигателей изначально разрабатываются исключительно как монотопливные и при использовании "неродного топлива" возможны нарушения рабочего процесса различного характера или несоответствия изначально заложенных конструктивных параметров требуемым, далее рассмотрим некоторые из них.

1. Несоответствие степени сжатия.

Октановое число основных видов газового топлива несколько выше этого значения для бензинов, для метана по исследовательскому методу оно достигает 120, для нефтяных газов усредненное значение 105. Повышение октанового числа допускает увеличение степени сжатия двигателя, которое в свою очередь предполагает улучшение мощностных, экономических и экологических параметров. В качестве оптимальной обычно называют степень сжатия для пропан-бутана в пределах 10…12, что в целом соответствует степени сжатия современного бензинового двигателя, и 12…16 для метана. Применение газового топлива на двигателях с меньшей степенью сжатия, при отсутствии каких-либо корректирующих воздействий, вызывает обратный эффект: повышение токсичности отработавших газов, увеличение расхода топлива, снижение мощности. Решением, кроме физического изменения геометрических параметров двигателя, может служить принудительное увеличение углов опережения зажигания в управляющей программе ЭБУ двигателя по принципу получения максимального давления на такте рабочего хода в целевом диапазоне (обычно 8…14 градусов после ВМТ) или применение

в тех же целях внешнего вариатора УОЗ. Для двигателей с наддувом возможно повышение динамической степени сжатия путем некоторого увеличения давления наддувочного воздуха.

2. Нарушение теплового баланса.

Возникает вследствие отсутствия на такте впуска процесса поглощения теплоты испарением свежего заряда жидкого топлива, поскольку теплообмен происходит в приборах подготовки: в газовом редукторе или, в случае применения сжиженного нефтяного газа – в редукторе-испарителе. Однако, благодаря высокой детонационной стойкости большинства видов газового топлива, значительного влияния данного явления на рабочий процесс не отмечается. Стоит уточнить, что этого недостатка полностью лишены системы старших поколений, где топливо подается в еще сжиженном виде.

3. Недостаточный теплоотвод в паре клапан-седло.

В процессе работы температура головки выпускного клапана бензиновых двигателей достигает 800…900 ˚С при этом основной отвод теплоты происходит двумя путями: непрерывно в паре ножка клапана-втулка и в паре клапан-седло по площади рабочей фаски в момент нахождения клапана в закрытом состоянии. При этом в последней паре значительное влияние на теплоотвод оказывает состояние контактирующих поверхностей, и если при использовании бензина образующийся нагар может оказывать положительное влияние, заполняя и сглаживая имеющиеся шероховатости, в результате увеличивая площадь контакта, то при использовании газового топлива, которое при сгорании нагар не образует, теплоотвод может ухудшаться. В современных двигателях указанные детали обрабатываются на высокоточном оборудовании и данное явление почти не встречается, данная проблема будет актуальна для двигателей прошедших ремонт с нарушением технологии.

4. Отличие алгоритмов топливоподачи.

Основным управляющим параметром для систем подачи газа является сигнал бензиновых форсунок. Копирование импульсов бензиновых форсунок автоматически вынуждает копировать и накладываемые на них корректирующие воздействия. Например, известно, что бензин не полностью испаряется во впускной трубе. Часть его при подаче из форсунки оседает на стенках впускной системы в виде пленки. На статических режимах наступает некое равновесие между топливом, ушедшим в пленку, и вышедшим из нее. В динамике (открытие или закрытие дросселя) баланс нарушается. Восстановление происходит после 20…30 циклов работы [1, с. 20]. В программе управления бензинового ЭБУ в течение всех циклов с нарушенным балансом обязательно заложена компенсация осевшего в виде пленки бензина, выражающаяся в подаче дополнительного топлива. При работе на газе все алгоритмы увеличения цикловых доз сохраняются, хотя и становятся совершенно неоправданными. Аналогичное увеличение расхода можно обнаружить и на режимах полных нагрузок. Прирост расхода газа может составлять до 5 %.

5. Несоответствие систем бортовой диагностики требованиям правил ООН

Большинство предлагаемых на рынке систем управления газовой системой питания, применяемых при конвертации двигателя в двухтопливный, по своей конструкции и имеющимся алгоритмам не соответствуют требованиям действующего законодательства в отношении бортовой диагностики. Так, например, не выполняются требования, приведенные в приложении 11 Правил 83–05 ЕЭК ООН:

- в отношении доступа к бортовой диагностике системы управления;
- в отношении действия индикатора неисправности и ввода в память кода неисправности;
- в отношении некоторых общих требований к двухтопливным транспортным средствам, работающим на газообразном топливе (независимая процедура диагностики при работе на бензине или газе, требования, касающиеся передачи кода состояния об используемом топливе и другие);
- в отношении стандартизированного и неограниченного доступа к бортовой диагностике газовой системы управления и соответствия стандартам ИСО и/или спецификациям SAE.

Из выше сказанного следует вывод, что подобные системы не могут быть сертифицированы как комплекты для конвертации автомобилей третьего и выше экологического класса. Частично данная проблема решена в блоках управления с встроенным интерфейсом диагностики EOBD, позволяющем шире контролировать технические параметры, процессы, функции, элементы, датчики силовых агрегатов, обеспечивая на базе такого мониторинга коррекцию необходимых факторов для поддержания заданных производителем и законодательством показателей автомобиля [2]. Комплексное решение достигается только применением заводских двухтопливных систем управления, позволяющих учитывать и использовать в расчетах подачи газа параметры долговременной коррекции топливоподачи бензинового блока, но при работе двигателя только на газе и имеющих информационный обмен между блоками. Такие разработки в настоящее время имеются у ведущих российских разработчиков и производителей электронных решений для автотранспорта ООО «НПП ИТЭЛМА» и ООО «НПП ЭЛКАР» и реализуются на автомобилях марок УАЗ и ГАЗ [3].

Эксплуатационные

1. Дополнительные операции при ТО.

Вне зависимости от типа и поколения установленного газобаллонного оборудования, перечень операций ТО автомобиля будет включать дополнительные контрольно-диагностические, крепежные и регулировочные работы по приборам и узлам газовой системы питания. Кроме того, на законодательном уровне предусмотрены периодические испытания оборудования в специально уполномоченных организациях, которые проводятся с периодичностью, совпадающей с периодичностью освидетельствования баллонов [4].

2. Снижение грузоподъемности и объема перевозимого груза.

Разрешенная максимальная масса ТС устанавливается заводом-изготовителем и при проведении переоборудования не может быть увеличена, соответственно грузоподъемность такого автомобиля уменьшится ровно на массу установленного оборудования с учетом полностью заправленных баллонов. При установке емкостей внутри кузова автомобиля (если такая установка разрешена) уменьшается и объем загрузочного пространства.

3. Доступность заправочных станций.

Развитость инфраструктуры газозаправочных станций в районе эксплуатации ТС оказывает значительное влияние на выбор вида газового топлива и на целесообразность переоборудования в общем. Так, например в г. Новосибирске по данным на март 2022г. функционирует более 70 АГЗС в разных точках города и лишь 6 АГНКС [5], расположенных в основном на периферии, что снижает привлекательность использования природного газа в этих условиях.

4. Окупаемость.

В целях расчета срока окупаемости учитывается стоимость непосредственно самого оборудования, стоимость его монтажа, затрат на оформление в установленном порядке внесенных в конструкцию ТС изменений, разницу в стоимости применяемого и базового топлива, израсходованного за искомый период, а также разницу затрат на техническую эксплуатацию ТС. Как правило, переоборудование коммерческого транспорта рентабельно и срок окупаемости составляет менее года, конвертация личных автомобилей имеет смысл только при значительных годовых пробегах.

5. Особые требования к месту стоянки.

Действующим законодательством предъявляются особые требования к месту стоянки газобаллонных автомобилей, наличие соответствующих помещений может являться определяющим фактором при принятии решения о переводе подвижного состава на газовое топливо предприятиями. У собственников индивидуальных автомобилей также могут возникать проблемы с парковкой, поскольку некоторые подземные паркинги и стоянки запрещают парковать авто с ГБО.

Технологические

1. Квалификация исполнителей.

Современные газовые системы имеют сложную конструкцию и требуют специальных знаний и навыков при их установке. Проблемой является тот факт, что в настоящее время программами профессиональных образовательных учреждений этому направлению отводится незначительный объем учебного времени, не позволяющий в полной мере представить весь объем информации, необходимый для работы с современным газовым оборудованием. На предприятиях, занимающихся данным видом деятельности, на данный момент времени сложилась практика добровольной сертификации таких услуг, предусматривающая прохождение исполнителями обучения по программам производителей оборудования.

2. Технологичность способов монтажа оборудования на АТС.

Технология установки оборудования, в большинстве случаев, индивидуальна для каждого автомобиля и обуславливается не только моделью и комплектацией ТС, но и пожеланиями заказчика. Основополагающим документом в данном вопросе является Технический регламент ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», ссылающийся также на правила ЕЭК ООН, в которых представлены требования, выполнение которых непосредственно влияет на безопасность. На некоторые популярные марки автомобилей производителями ГБО разработаны технологические карты, обеспечивающие полное сопровождение процесса переоборудования. Остальные вопросы обычно решаются по каким-либо внутренним правилам организации-исполнителя.

3. Отсутствие единообразия и общее несовершенство алгоритмов калибровки.

Рассматриваемые системы представляют собой два подвида.

Первые – это схема с двумя электронными блоками управления, в которой для блока управления подачей газа используются сигналы с бензиновых форсунок, сигнал с датчика кислорода для непосредственного управления подачей газового топлива в двигатель не используется. Данная схема характеризуется наличием погрешности, складывающейся из точности применяемой математической модели, допуска на точность определения ширины импульса бензиновой форсунки, точности подбора коэффициента пересчета времени впрыска бензин-газ, допуска на точность ширины импульса газовой форсунки, допуска на неравномерность производительности газовых форсунок, погрешности датчика кислорода, при расчете ширины импульса бензиновой форсунки и некоторых других отклонений. В целом данная схема позволяет получить нормы токсичности отработавших газов до «Евро-3».

Настройка таких систем в первом приближении не отличается сложностью и сводится к выполнению алгоритма автокалибровки, позволяющего получить грубые значения кривой коэффициента пересчета времени впрыска по двум или трем точкам характеристики (калибровка на холостом ходу). Дальнейший процесс будет различаться для разных производителей, но конечной целью в любом случае является максимальное заполнение точек топливной карты, представляющей собой трехмерную таблицу. В качестве недостатков данной схемы можно привести отсутствие единообразия алгоритмов настройки для оборудования разных производителей, отсутствие непосредственной обратной связи в системе и отсутствие вообще какой либо обратной связи при работе двигателя на режимах с формированием состава смеси, отличающегося от стехиометрического (вне зоны работы лямбда-регулирования).

Системы второй схемы дополнены интерфейсом EOBD, служащим для получения данных о формируемом составе смеси и действующих коэффициентах коррекции времени впрыска от бензинового блока управления. В этом случае топливная карта формируется автоматически в процессе

эксплуатации автомобиля и может "подстраиваться" под изменяющиеся условия. Единственным недостатком данной схемы является возможность достоверной работы алгоритма лишь в рамках, ограниченных зоной работы лямбда-регулирования.

Таким образом, в качестве наиболее актуальных проблем в вопросе конвертации бензиновых двигателей на газовое топливо можно представить проблемы, выделенные в группу технологических, а именно проблемы повышения квалификации исполнителей, на предприятиях, занимающихся переоборудованием автомобилей и проблемы поиска наиболее совершенных алгоритмов калибровки газовых систем управления, позволяющих обеспечить настройку управляющей программы на всех режимах работы двигателя. Остальные рассмотренные проблемы, либо незначительны, либо в настоящее время уже имеют решение.

Библиографический список

1. Скворцова М.А., Тихомиров С.А. Оценка эффективности различных систем подачи газа автомобильных двигателей / Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 3. С. 20–22.

2. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. Правила № 83–05 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home /standarts/technicalregulationses/eecrules

3. Блог компании НПП ИТЭЛМА. Первая в России серийная система управления двухтопливным двигателем с функциональным разделением контроллеров [Электронный ресурс] – Режим доступа https://habr.com/ru/ company/itelma/blog/507064/

4. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www. consultant.ru

5. 2ГИС Городской информационный справочник. Новосибирск [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://2gis.ru/novosibirsk

УДК. 625
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_80

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ОТ УЛИЦЫ КАМЕНСКОЕ ШОССЕ ДО УЛИЦЫ ГУСИНОБРОДСКИЙ ТРАКТ В Г.НОВОСИБИРСКЕ.

В.А. Зайкова, С.В. Речкин
ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия, 630039, ул. Добролюбова, 160

Аннотация. В данной статье рассматривается существующая схема проезда пассажирского транспорта по транспортной магистрали в г. Новосибирске. Выявлены основные недостатки на выбранном участке дорожной сети, также представлена характеристика участка. Предложены мероприятия по усовершенствованию движения пассажирского транспорта по транспортной магистрали. Управление системой городских пассажирских перевозок предполагает проведение ряда мероприятий, направленных на совершенствование организации движения. В данной статье приводится анализ деятельности существующей маршрутной сети на участке от улицы Каменское шоссе до улицы Гусинобродский тракт. А также разработка мероприятий по усовершенствованию движения пассажирского транспорта на данном участке.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, перевозка пассажиров, организация движения, совершенствование участка дорожной сети, автомобильные дороги.

IMPROVING THE ORGANIZATION OF THE TRAFFIC OF ROUTE PASSENGER TRANSPORT ON THE SECTION OF THE ROAD NETWORK FROM KAMENSKOE HIGHWAY STREET TO GUSINOBRODSKY TRACT STREET IN NOVOSIBIRSK.

V.A. Zaikova, S.V. Rechkin
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia, 630039, Dobrolyubova str.,160

Annotation. This article discusses the existing scheme of passenger transport on the transport highway in Novosibirsk. The main shortcomings in the selected section of the road network are identified, and the characteristics of the site are also presented. Measures are proposed to improve the movement of passenger transport along the transport highway. The management of the urban passenger transportation system involves a number of measures aimed at improving the organization of traffic. This article provides an analysis of the activities of the existing route network on the section from Kamenskoe Highway Street to Gusinobrodsky Tract Street. As well as the development of measures to improve the route network on this site.

Keywords: passenger transport, passenger transportation, traffic management, improvement of a section of the road network, highways.

Главным из основных направлений развития транспортной инфраструктуры города Новосибирска, как областного центра, является обеспечение высокой эффективности и качества работы транспортной системы, в частности обеспечение населения в пассажирских перевозках.

Осуществление пассажирских перевозок урегулировано законами Мэрии г. Новосибирска «Положение об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным маршрутам регулярных перевозок в границах города Новосибирска [1].

В Новосибирске, как в одном из городов-миллионников, общественный пассажирский транспорт является и будет являться основным средством перевозки населения.

Высокая эффективность перевозки пассажиров, с одной стороны, зависит от качества её организации транспортными предприятиями, а с другой – от общего уровня организации дорожного движения. Все эти условия приводят к росту спроса на передвижение, как в количественном (объем транспортного потока), так и в качественном отношении (комфортность, безопасность и надежность транспорта).

Существующие объекты транспортной инфраструктуры и пассажирский транспорт в городе Новосибирске не позволяют удовлетворить повышающийся спрос в полном объеме. Возникают трудности в поэтапном планировании систем городского пассажирского транспорта и управлении ими, что является необходимым условием успешного решения существующих транспортных проблем [4 с. 39].

Быстрые темпы развития автомобильного пассажирского транспорта выявили некоторые проблемы, для решения которых требуется научный подход и материальные затраты. Основными из них являются увеличение пропускной способности улиц, дорожное строительство и благоустройство, оптимизация маршрутной сети, организация стояночных пунктов и гаражей, управление и контроль за работой транспорта, управление движением транспортных потоков; повышение качества транспортного обслуживания населения и безопасности перевозок пассажиров; вопросы организации безопасности движения.

Развитие городского пассажирского транспорта выявляет ряд задач перед специалистами по организации дорожного движения и оказывает большое влияние на весь процесс дорожного движения.

Рассмотрим главные условия по обеспечению безопасности перевозок пассажиров:

1. -исправные пассажирские транспортные средства, соответствующие дорожным условиям и объему перевозок;
2. высокий уровень квалификации и дисциплинированности водителей и всего служебного персонала;
3. исправные дороги с необходимым обустройством;
4. рациональная организация дорожного движения с предоставлением в необходимых случаях приоритета общественному маршрутному транспорту;
5. -удобное и безопасное размещение и оборудование остановочных пунктов.

На выбранном участке дорожной сети (ул. Каменское шоссе-ул. Гусинобродское шоссе) , после проведения анализа можно сказать следующее:

1. Данный участок имеет общую длину 5 километров (см. рис.1);
2. По всей длине участка асфальтобетонное дорожное покрытие, высокого качества, выполненное в соответствии с ГОСТ Р 50597-2017.
3. «Национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные и улицы». [2]

4. Выбранный участок дорожной сети обслуживается Муниципальным казенным учреждением города Новосибирска ДЭУ№1.

5. Участок является выездом из поселка «Каменка», в котором проживает более 10000 человек.

6. По всей длине находятся такие объекты, как Гусинобродский Полигон ТБО - «Городская свалка», Государственная Новосибирская клиническая психиатрическая больница №3,частные склады, кроме всего вышеперечисленного, на участке идёт строительство жилого комплекса.

7. На участке располагаются жилые дома и магазины.

8. На данном участке имеется, одна проезжую часть по одной полосе в каждом направлении, ширина проезжей части около девяти метров.

9. Через участок ходит пассажирский транспорт, но не на всех остановочных пунктах размещен достаточный объем информации для пассажиров.

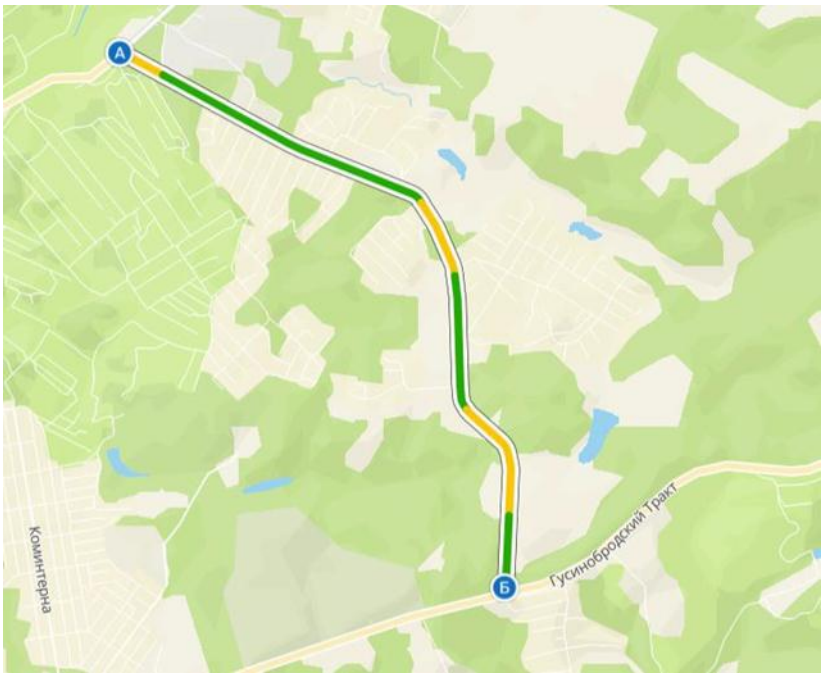


Рисунок 1-Участок дорожной сети ул. Каменское шоссе-ул. Гусинобродский тракт

Проведенный анализ показал, что на участке расположено 5 остановочных пунктов: ул. Амбулаторная, Больница №3,1-й Спринтерский переулок, ул. Полякова, ост Поселок, через которые проходит 3 маршрутные единицы: Автобус №6 (Полевая улица-Амбулаторная улица), Маршрутное такси №30А (ул. Амбулаторная - Новосибирский автовокзал-Главный (Гусинобр. ш) - ул. Амбулаторная), Маршрутное такси №42 (ТЭЦ-5 – Амбулаторная улица).

Одной из проблем на выбранном участке дорожной сети является аварийное состояние и не полная информационная оснащенность остановочных пунктов.

В данной статье приведены мероприятия по реконструкции для улучшения движения общественного транспорта и удобства ожидания пассажиров общественного транспорта на примере одного из остановочных

пунктов на участке дорожной сети.

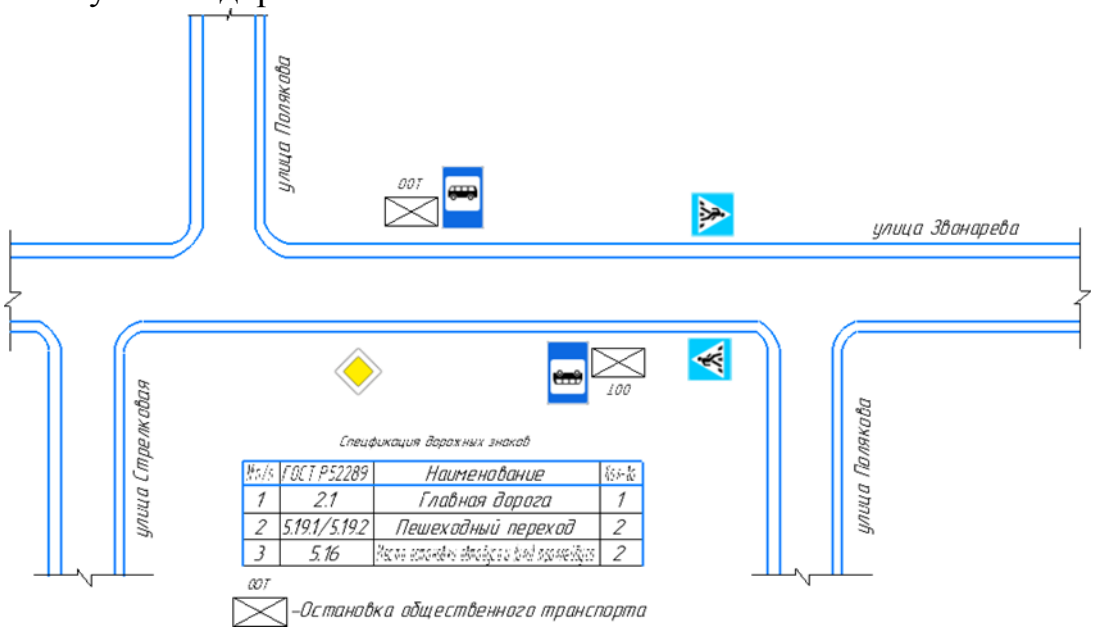


Рисунок 2 - Существующая схема движения на участке по ул. Звонаерва (ост. Ул. Полякова)

В качестве объекта исследования и реконструкции выбран остановочный пункт «Ул. Полякова». (см.рис.2)

Актуальность обоснована тем, что вблизи от остановочного пункта строится жилой комплекс и расширяется частный сектор, тем самым увеличивая спрос на пользование пассажирским транспортом именно на этом остановочном пункте. Также недалеко от участка расположен детский сад, и для передвижения пешеходов участок необходимо оборудовать пешеходным переходом.

Рисунок 3-Фотографии существующих остановочных пунктов

Кроме аварийного состояния остановочных пунктов, проблемой участка является отсутствие дорожной разметки и пешеходного перехода.(см.рис.3)
Остановочный пункт должен состоять из следующих элементов:

- остановочная площадка;
- посадочная площадка;
- заездной "карман";
- боковая разделительная полоса;
- тротуары и пешеходные дорожки;

- автопавильон;
- пешеходный переход;
- скамья;
- урна для мусора;
- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения);
- освещение (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м). [3 с. 64]

К сожалению, остановочный пункт «ул. Полякова» находится в неудовлетворительном состоянии и его необходимо реконструировать. Схема реконструкции представлена на рисунке 4.

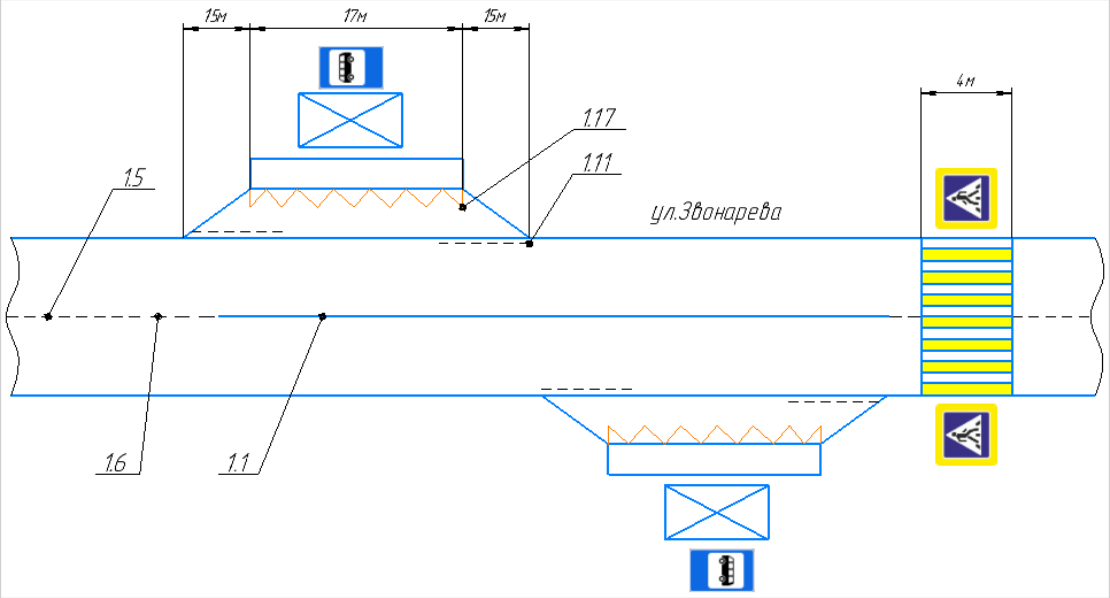


Рисунок 4-Схема реконструкции остановочного пункта ул. Полякова

После реконструкции остановочные пункты будут оборудованы дорожными знаками по ГОСТ Р 52289 и дорожной разметкой по ГОСТ Р 51256, которые применяют по ГОСТ Р 52290.(см.табл.1)

Таблица 1-Обозначения разметок[5,с 211]

№п/п	Обозначение горизонтальной линии разметки
1.1	Разделяет транспортные потоки противоположных направлений и обозначает границы полос движения в опасных местах на дорогах; обозначает границы проезжей части, на которые въезд запрещен; обозначает границы стояночных мест транспортных средств;
1.5	разделяет транспортные потоки противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы; обозначает границы полос движения при наличии двух и более полос, предназначенных для движения в одном направлении;
1.6	предупреждает о приближении к разметке 1.1 или 1.11, которая разделяет транспортные потоки противоположных или попутных направлений;
1.11	разделяет транспортные потоки противоположных или попутных направлений на участках дорог, где перестроение разрешено только из одной полосы; обозначает места, где необходимо разрешить движение только со стороны прерывистой линии (в местах разворота, въезда и выезда с прилегающей территории);

1.17	(цвет - желтый) - обозначает места остановок маршрутных транспортных средств и стоянки такси.

Посадочная площадка на остановочном пункте будет оснащена павильоном для пассажиров, в павильоне должны быть установлены скамья и урна для мусора. Схема остановочного павильона представлена на рисунке 5.

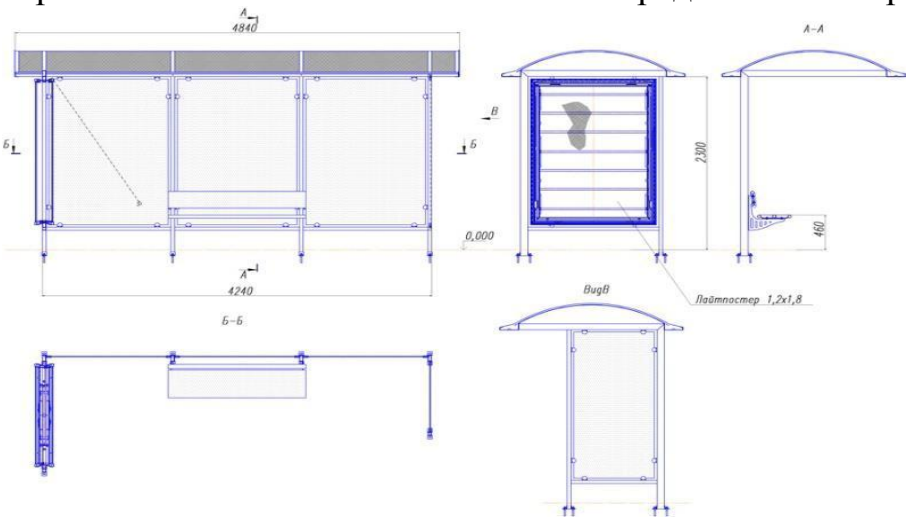


Рисунок 5-Остановочный павильон

Для реконструкции участка, необходимо произвести следующие мероприятия:

- Расширение проезжей части в месте установки остановочного павильона;
- Нанесение дорожной разметки;
- Установку остановочного павильона;
- Обозначение пешеходного перехода.

Полная схема участка после реконструкции представлена на рисунке 6.

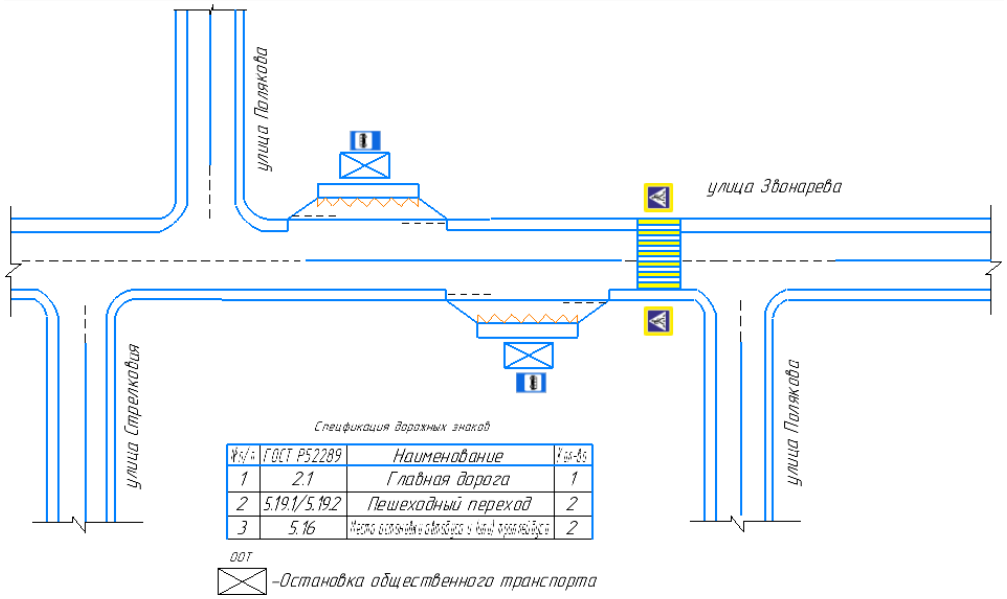


Рисунок 6-Схема участка дорожной сети после реконструкции

И в заключении, после проведенной реконструкции данный участок дорожной сети будет полностью соответствовать требованиям ГОСТ 10807; ГОСТ Р 51256; ГОСТ 25695; ГОСТ 23457. Также повысится комфорт и

безопасность пользования остановочным пунктом в ходе ожидания транспорта, что немало важно для безопасности пассажиров и водителей пассажирского транспорта.

Библиографический список

1. Акт министерств и ведомств "Положение об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным маршрутам регулярных перевозок в границах города Новосибирска" от 16.10.2019 № 3811 // МЭРИЯ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА. – 2022

2. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками) Применяется с 01.09.2018.

3. Загорский, И. О., Володькин, П. П. Эффективность организации регулярных перевозок пассажирским автомобильным транспортом. - 1 изд. - Хабаровск: Тихоокеанского гос. ун-та, 2019. - 154 с.

4. Кузнецова, Л. П., Семенихин, Б. А. Пассажирские перевозки: учеб. пособие / Л. П. Кузнецова, Б. А. Семенихин; Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО

«Университетская книга», Курск, 2019. -153 с.

5. Финкель, А.Е. Правила дорожного движения в рисунках: редакция 2019 г / А.Е. Финкель. - М.: Эксмо, 2018. - 448 с.

УДК658.012.2:69 + 658.152:69
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_87

ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И БИЗНЕС-ПЛАНА НА ПЕРИОД ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Е.Д. Евсевнина [1], И. Л. Сидоренко[2]
1. Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия.

Аннотация: Раскрыта сущность инвестиционных проектов в строительной отрасли, как основа реализации национальных программ «Жилище» и «Городская среда», а так же обоснована значимость бизнес-планирования, как средства определения ценности инвестиционных проектов, через показатели коммерческой и социально-экономической эффективности. Обоснованы функции инжиниринга проектного этапа строительства. Рассмотрен баланс инвестиционных потоков в пространстве инветиционно-строительной деятельности, в качестве практического применения формирования инвестиционного проекта и бизнес-плана приведен проект многоквартирного многоэтажного жилого дома с помещениями обслуживания жилой застройки по сценариям реализации. Выполнен анализ и обоснован сценарий реализации проектного финансирования и эскроу-счетов.

Ключевые слова: инвестиции, проект, инжиниринг, эффективность, дисконтированный поток.

FORMATION OF INVESTMENT PROJECTS AND BUSINESS-PLAN FOR THE PERIOD OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS

E.D. Evsevnina[1], I.L. Sidorenko [2]
1. Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: The essence of investment projects in the construction industry is revealed as the basis for the implementation of the national programs "Housing" and "Urban Environment", as well as the importance of business planning as a means of determining the value of investment projects through indicators of commercial and socio-economic efficiency. The engineering functions of the design stage of construction are substantiated. The balance of investment flows in the space of investment and construction activities is considered, as a practical application of the formation of an investment project and a business plan, the project of an apartment multi-storey residential building with premises for the maintenance of residential development according to implementation scenarios is given. The analysis was carried out and the scenario for the implementation of project financing and escrow accounts was justified.

Key words: investment, project, engineering, effectiveness, discounted flow.

В формирующемся рыночном экономическом укладе востребованными оказались ряд категорий, отраженных в нормативных документах и законах Российской Федерации. Среди них актуальными стали такие понятия, как инвестиции, проект, инвестиционные проекты, инвестиционная привлекательность региона, области, города, отрасли, предприятия. Термин «инвестиции» происходит от латинского слова «*invest*», что в русско-язычной

интерпретации означает «вкладывать, облачать». Федеральный закон от 25 февраля 1999 г. № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений», инвестиции определяет как денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской или иной деятельности в целях получения прибыли и достижения иного полезного эффекта.

В коммерческой деятельности бизнеса под инвестициями понимают вложение капитала во всех его формах в различные объекты с целью получения дохода или иного полезного эффекта. Более широкое обобщение экономической категории «инвестиции» связано с экономической деятельностью по долгосрочному вложению капитала с целью извлечения прибыли. В строительной отрасли – это долевое жилищное строительство, строительство коммерческих культурно-развлекательных и торговых центров, социальных объектов. При этом прибыль должна покрывать потери от альтернативного использования данного капитала, компенсировать потери от инфляции в будущем, достаточность имеющихся средств в текущем периоде без дополнительного привлечения средств из прибыли, вознаграждения инвестора за риск [1,2].

Экономическая природа категории «инвестиции» состоит в опосредовании отношений, возникающих между участниками инвестиционного процесса по поводу формирования и использования инвестиционных ресурсов в целях расширения и совершенствования производства. Инвестиции как экономическая категория предопределяют рост экономики, повышают ее производственный потенциал [3].

Актуальными задачами инвестиционной деятельности становится методология управления проектами, призванная решать ряд технико-экономических и социальных проблем общества, направленных на эффективное достижение целей за счет рационализации, а в большинстве случаев, оптимизации функций организации, планирования, руководства, координации материально-технических, финансовых и трудовых ресурсов. Реализация указанных функций начинается с разработки бизнес-планов.

Бизнес план инвестиционного проекта – это план, построенный на финансово-экономических и организационных параметрах, представляющий собой анализ и экономическое обоснование эффективности и реализуемости проекта.

Разрабатывается данный план на предпроектном этапе, его форма зависит от вида проекта и типа заказчика/инвестора, на которого он рассчитан.

Основной целью разработки бизнес плана является определение ценности рассматриваемого проекта:

1. Оценка показателей бизнес-плана сводится к определению затрат и результатов относительно интересов участников проекта.

2. Основными показателями эффективности инвестиционного проекта являются: показатели социально-экономической эффективности, показатели

бюджетной эффективности и показатели коммерческой эффективности.

Показатели социально-экономической эффективности, учитывают социально-экономические последствия реализации инвестиционного проекта для общества в целом, региона или отрасли.

Показатели коммерческой эффективности описывают финансовые последствия реализации проекта в целом: затраты на отвод земельного участка, проектно-изыскательские работы, строительно-монтажные работы, приобретение оборудования, пусконаладочные работы , текущие издержки (без амортизации), амортизацию, налоги, кредиты, погашение задолженностей по кредитам и т.д.

Существует множество методов оценки инвестирования с учетом и без учета фактора времени. Выбор метода напрямую зависит от значений всех показателей в комплексе и интересов участников этого проекта, а также его социально-экономических и экологических последствий [4,5].

Важным звеном инвестиционно-строительных проектов служит инжиниринг проекта строительства и инвестиционные потоки в пространстве инвестиционно-строительной деятельности.

Под строительным инжинирингом, как правило, подразумевают комплекс работ, обеспечивающих организацию всех фаз реализации инвестиционно-строительных проектов, начиная с проектирования и заканчивая эксплуатацией объекта строительства.

К инжинирингу проектного этапа строительства относятся следующие функции:

1. Проведение инженерных изысканий;
2. Получение технических условий на подключение к сетям инженерно-технического обеспечения объекта;
3. Разработка проектной документации в соответствии с договором и заданием на проектирование;
4. Проведение экспертизы проектной документации и утверждение проекта заказчиком;
5. Разработка рабочей документации;
6. Составление и утверждение бюджетов, формирование инвестиционных программ и бизнес-плана на период производства строительно-монтажных работ, разработка тендерной документации, проведение конкурсов на выполнение строительно-монтажных работ, поставку оборудования и иные работы, услуги.

Распределение ресурсов с учетом приоритетов позволяет избежать неоправданных затрат, связанных в том числе с возможной приостановкой финансирования, приостановкой строительных работ или же консервацией объекта [6].

Отбор работ с учетом категорий значимости сводится к следующей последовательности:

1. Анализ состояния проектов, к которому относится оценка незавершенных работ, определение обеспеченности материально-

техническими и трудовыми ресурсами, данные о финансовой обеспеченности; оценка возможности использования свободных производственных мощностей, формирование управленческих решений по повышению эффективности строительного производства и улучшения ресурсной обеспеченности проектов .

2. Согласование объемов работ, материальных ресурсов и сроков реализации проектов.

3. Формирование исходных показателей и ограничений по переходящим работам, технологическим операциям с учетом степени надежности реализации проекта.

4. Подготовка предложения по реализации проекта, расчет технико-экономических показателей проекта, обуславливающих необходимость инвестирования.

Подсистемы инвестирования строительного проекта обеспечивают координацию взаимодействия всех элементов, интенсивность инвестиционных потоков, что обуславливает эффективность функционирования строительства.

Баланс притока и оттока инвестиционных ресурсов характеризует связи в процессе расширенного воспроизводства и качество технико-экономической системы [7].

Таблица 1 – Баланс инвестиционных потоков в пространстве инвестиционно-строительной деятельности

Расходы	Поступления			
	Подсистема строительного производства	Подсистема планово-финансового обеспечения	Подсистема кадрового обеспечения	Подсистема материально-технического обеспечения
1. Производство работ по подготовке территории	A11	A12	A13	A14
2. Производство основных строительно-монтажных работ	A21	A22	A23	A24
3. Благоустройство, восстановление элементов благоустройства	A31	A32	A33	A34
4. Временные здания и сооружения	A41	A42	A43	A44
5. Затраты на материально-техническое обеспечение	A51	A52	A53	A54
6. Налоги, взносы, обременения	A61	A62	A63	A64
Сальдо	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4
Итого	∑1	∑2	∑3	∑4

При описании инвестиционных потоков в данной работе будут применяться следующие идентификаторы:

φ_{ij} – интенсивность инвестиционного потока от элемента i к элементу j;

x_j – сумма притоков к элементу j;

y_i – сумма оттоков элемента i.

С целью достижения равновесия инвестиционных потоков правомерно равенство:

$$x_i = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{ij} = y_i$$

Отношение поступлений к инвестиционному потоку будет являться величиной λ_{ij}:

$$\frac{\varphi_{ij}}{x_j} = \lambda_{ij}$$

Следовательно,

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_{ij} x_j = y_i$$

Данным подходом можно моделировать различные ситуации изменения тех или иных потоков и отслеживать возможные последствия.

Так как эффективность строительного производства напрямую зависит от концентрации рабочей силы, количества техники, объема материальных ресурсов, необходима оптимизация распределения инвестиционных потоков при помощи экономических методов, соответствующих внутренним и внешним воздействиям в строительной деятельности [8, 9,10].

В данной статье приведена оценка эффективности инвестиционно-строительного проекта «Многоквартирный многоэтажный жилой дом с помещениями обслуживания жилой застройки» по четырем сценариям:

- финансирование проекта за счет собственных средств;
- пессимистичный;
- наиболее вероятный;
- оптимистичный.

Важнейший показатель эффективности инвестиционных проектов – чистый дисконтированный доход (сокращенно ЧДД), представляющий собою накопленный дисконтированный чистый доход в течении расчетного периода [2].

Рассчитаем ЧДД для всех принятых вариантов. Данные для расчета взяты из проектной декларации № 54-001220 размещенной в системе ЕИСЖС. Общая площадь квартир объекта – 6921 м^2. Средняя цена реализации 1 м^2 жилья принята равной – 63000 р. Плата за проектное финансирование: пессимистичный сценарий – 8,2 % годовых; наиболее вероятный сценарий – 2,7 % годовых (средняя ставка по кредитным договорам в СФО по данным на 01.05.2021 г.); оптимистичный сценарий – 1,35 % годовых. Оплата процентов

осуществляется после ввода объекта в эксплуатацию и регистрации первого права собственности участника долевого строительства. Расчетный период – 2 года.

Для формирования затрат по проекту объединим затраты по статьям и сведем данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Расходы по проекту с процентной долей в структуре

Наименование статьи расходов	Затраты, млн. р.	Структура затрат, %
Затраты на приобретение прав по проекту	19,71	5,69
Аренда земли	1,86	0,54
Затраты на предпроектную подготовку, проектирование и ИРД	9,20	2,66
Подготовка территории строительства	3,00	0,87
СМР + внутренние инж. системы "до первого колодца"	239,77	69,21
Внутриквартальные или внутриплощадочные инженерные сети	13,60	3,93
Благоустройство и озеленение территории.	18,30	5,28
Наружные инженерные сети с оплатой технического присоединений	17,40	5,02
Затраты на содержание Заказчика	4,00	1,15
Затраты на сопровождение проекта (реклама, продажи и проч.)	19,60	5,66
Итого	346,44	100,00

Поток доходов сформирован по опыту продаж объектов аналогов. На основании представленных данных и рассчитанных ставок дисконтирования, рассчитаем ЧДД. Расчеты представлены в таблицах 3, 4, 5, 6.

Таблица 3– Расчет чистого дисконтированного дохода при собственном финансировании

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02	24,92	1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9797	-3,86	-37,88
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9597	-16,80	-54,68
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,9402	-26,01	-80,69
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,9211	-1,48	-82,17
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,9023	-26,42	-108,60
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,8840	-13,78	-122,37
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,8660	-1,76	-124,14
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,8484	-7,47	-131,61
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,8311	-5,61	-137,21

11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,8142	10,54	-126,67
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,7976	12,47	-114,20
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,7814	2,86	-111,34
14		43,75	43,75	-71,20		0,7655	33,49	-77,84
15		29,47	29,47	-41,73		0,7499	22,10	-55,74
16		19,8	19,80	-21,93		0,7347	14,55	-41,20
17		18,34	18,34	-3,59		0,7197	13,20	-28,00
18		16,94	16,94	13,35		0,7051	11,94	-16,05
19		17,58	17,58	30,93		0,6908	12,14	-3,91
20		13,09	13,09	44,02		0,6767	8,86	4,95
21		13,65	13,65	57,67		0,6629	9,05	14,00
22		14,67	14,67	72,34		0,6494	9,53	23,53
23		12,51	12,51	84,85		0,6362	7,96	31,49
24		4,73	4,73	89,58		0,6233	2,95	34,43

ЧДД инвестиционного проекта при собственном финансировании равен 34,43 млн. р.

Срок окупаемости – 17,2 мес.

Дисконтированный срок окупаемости – 19,4 мес.

Таблица 4 – Расчет чистого дисконтированного дохода при пессимистичном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02		1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9911	-3,91	-37,93
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9823	-17,19	-55,12
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,9735	-26,93	-82,06
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,9649	-1,55	-83,60
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,9563	-28,00	-111,61
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,9478	-14,77	-126,38
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,9393	-1,91	-128,29
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45	10,78	0,9310	-8,20	-136,49
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,9227	-6,22	-142,71
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,9145	11,84	-130,87
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,9063	14,17	-116,70
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,8982	3,29	-113,41
14	23,76	43,75	19,99	-94,95		0,8902	17,80	-95,61
15		29,47	29,47	-65,48		0,8823	26,00	-69,61
16		19,8	19,80	-45,68		0,8745	17,31	-52,30
17		18,34	18,34	-27,34		0,8667	15,89	-36,40

18		16,94	16,94	-10,40		0,8590	14,55	-21,85
19		17,58	17,58	7,18		0,8513	14,97	-6,88
20		13,09	13,09	20,27		0,8437	11,04	4,16
21		13,65	13,65	33,92		0,8362	11,41	15,58
22		14,67	14,67	48,59		0,8288	12,16	27,73
23		12,51	12,51	61,10		0,8214	10,28	38,01
24		4,73	4,73	65,83		0,8141	3,85	41,86

ЧДД инвестиционного проекта при пессимистичном сценарии равен 41,86 млн. р.

Срок окупаемости – 18,6 мес.

Дисконтированный срок окупаемости – 19,6 мес.

Таблица 5 – Расчет чистого дисконтированного дохода при наиболее вероятном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02		1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9939	-3,92	-37,94
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9879	-17,29	-55,23
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,9818	-27,16	-82,39
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,9759	-1,57	-83,96
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,9699	-28,40	-112,37
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,9640	-15,02	-127,39
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,9582	-1,95	-129,34
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,9523	-8,39	-137,72
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,9465	-6,38	-144,11
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,9408	12,18	-131,93
12	22,00	37,64	15,64	-118,61	7,35	0,9350	14,62	-117,31
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,9293	3,41	-113,90
14	7,82	43,75	35,93	-79,02		0,9237	33,19	-80,72
15		29,47	29,47	-49,55		0,9181	27,06	-53,66
16		19,8	19,80	-29,75		0,9125	18,07	-35,60
17		18,34	18,34	-11,41		0,9069	16,63	-18,96
18		16,94	16,94	5,53		0,9014	15,27	-3,69
19		17,58	17,58	23,11		0,8959	15,75	12,06
20		13,09	13,09	36,20		0,8905	11,66	23,71
21		13,65	13,65	49,85		0,8850	12,08	35,79
22		14,67	14,67	64,52		0,8796	12,90	48,70
23		12,51	12,51	77,03		0,8743	10,94	59,64
24		4,73	4,73	81,76		0,8690	4,11	63,75

ЧДД инвестиционного проекта при наиболее вероятном сценарии равен 63,75 млн. р.

Срок окупаемости – 17,7 мес.

Дисконтированный срок окупаемости – 18,2 мес.

Таблица 6 – Расчет чистого дисконтированного дохода при оптимистичном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02	6,56	1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9946	-3,92	-37,94
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9892	-17,32	-55,26
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,9838	-27,22	-82,47
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,9784	-1,57	-84,04
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,9731	-28,50	-112,54
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,9678	-15,08	-127,62
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,9626	-1,96	-129,58
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,9573	-8,43	-138,01
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,9521	-6,42	-144,43
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,9469	12,26	-132,18
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,9418	14,73	-117,45
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,9367	3,43	-114,02
14	3,91	43,75	39,84	-75,11		0,9316	37,11	-76,90
15		29,47	29,47	-45,64		0,9265	27,30	-49,60
16		19,8	19,80	-25,84		0,9215	18,25	-31,35
17		18,34	18,34	-7,50		0,9165	16,81	-14,55
18		16,94	16,94	9,44		0,9115	15,44	0,89
19		17,58	17,58	27,02		0,9065	15,94	16,83
20		13,09	13,09	40,11		0,9016	11,80	28,63
21		13,65	13,65	53,76		0,8967	12,24	40,87
22		14,67	14,67	68,43		0,8918	13,08	53,96
23		12,51	12,51	80,94		0,8870	11,10	65,05
24		4,73	4,73	85,67		0,8822	4,17	69,22

ЧДД инвестиционного проекта при оптимистичном сценарии равен 69,22 млн. р.

Срок окупаемости – 17,4 мес.

Дисконтированный срок окупаемости – 17,9 мес.

Далее найдем внутреннюю норму доходности, для этого подберем значение ставки дисконтирования таким образом, чтобы ЧДД = 0. Расчет произведем для каждого сценария и представим в таблицах 7, 8, 9,10.

Таблица 7 – Расчет внутренней нормы доходности при собственном финансировании

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02	47,72	1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9618	-3,79	-37,81
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9250	-16,19	-54,00
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,8896	-24,61	-78,61
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,8556	-1,37	-79,99
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,8228	-24,10	-104,08
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,7914	-12,33	-116,42
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,7611	-1,55	-117,97
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,7320	-6,45	-124,41
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,7040	-4,75	-129,16
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,6771	8,76	-120,40
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,6512	10,18	-110,21
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,6263	2,30	-107,92
14		43,75	43,75	-71,20		0,6023	26,35	-81,57
15		29,47	29,47	-41,73		0,5793	17,07	-64,50
16		19,8	19,80	-21,93		0,5571	11,03	-53,46
17		18,34	18,34	-3,59		0,5358	9,83	-43,64
18		16,94	16,94	13,35		0,5153	8,73	-34,91
19		17,58	17,58	30,93		0,4956	8,71	-26,19
20		13,09	13,09	44,02		0,4767	6,24	-19,95
21		13,65	13,65	57,67		0,4584	6,26	-13,70
22		14,67	14,67	72,34		0,4409	6,47	-7,23
23		12,51	12,51	84,85		0,4240	5,30	-1,92
24		4,73	4,73	89,58		0,4078	1,93	0,00

Внутренняя норма доходности при собственном финансировании равна 47,72 %.

Таблица 8 – Расчет внутренней нормы доходности при пессимистичном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02		1	-34,02	-34,02

2	3,94		-3,94	-37,96	35,97	0,9709	-3,83	-37,85
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9426	-16,50	-54,35
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,9152	-25,32	-79,67
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,8886	-1,43	-81,09
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,8627	-25,26	-106,36
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,8376	-13,05	-119,41
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,8132	-1,65	-121,07
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,7896	-6,95	-128,02
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,7666	-5,17	-133,19
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,7443	9,63	-123,56
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,7226	11,30	-112,26
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,7016	2,57	-109,69
14	23,76	43,75	19,99	-94,95		0,6812	13,62	-96,07
15		29,47	29,47	-65,48		0,6613	19,49	-76,58
16		19,8	19,80	-45,68		0,6421	12,71	-63,86
17		18,34	18,34	-27,34		0,6234	11,43	-52,43
18		16,94	16,94	-10,40		0,6053	10,25	-42,18
19		17,58	17,58	7,18		0,5877	10,33	-31,85
20		13,09	13,09	20,27		0,5705	7,47	-24,38
21		13,65	13,65	33,92		0,5539	7,56	-16,82
22		14,67	14,67	48,59		0,5378	7,89	-8,93
23		12,51	12,51	61,10		0,5222	6,53	-2,39
24		4,73	4,73	65,83		0,5070	2,40	0,00

Внутренняя норма доходности при пессимистичном сценарии равна 35,97 %.

Таблица 9 – Расчет внутренней нормы доходности при наиболее вероятном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02	43,93	1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9647	-3,81	-37,82
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9306	-16,29	-54,11
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,8978	-24,84	-78,95
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,8660	-1,39	-80,34
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,8355	-24,47	-104,81
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,8060	-12,56	-117,37
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,7775	-1,58	-118,95
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,7500	-6,60	-125,55
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,7235	-4,88	-130,43
11	18,54	31,49	12,95	-134,25		0,6980	9,04	-121,40

12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,6733	10,53	-110,87
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,6496	2,38	-108,49
14	7,82	43,75	35,93	-79,02		0,6266	22,51	-85,97
15		29,47	29,47	-49,55		0,6045	17,81	-68,16
16		19,8	19,80	-29,75		0,5831	11,55	-56,61
17		18,34	18,34	-11,41		0,5626	10,32	-46,30
18		16,94	16,94	5,53		0,5427	9,19	-37,10
19		17,58	17,58	23,11		0,5235	9,20	-27,90
20		13,09	13,09	36,20		0,5050	6,61	-21,29
21		13,65	13,65	49,85		0,4872	6,65	-14,64
22		14,67	14,67	64,52		0,4700	6,89	-7,74
23		12,51	12,51	77,03		0,4534	5,67	-2,07
24		4,73	4,73	81,76		0,4374	2,07	0,00

Внутренняя норма доходности при наиболее вероятном сценарии равна 43,93 %.

Таблица 10 – Расчет внутренней нормы доходности при оптимистичном сценарии

Период, в мес.	Затраты проекта, млн. р.	Доходы от проекта, млн. р.	Чистый доход, млн. р.	Чистый доход накопленным итогом, млн. р.	Ставка дисконтирования, в год	Норма дисконтирования	ЧДД, млн. р.	ЧДД накопленным итогом, млн. р.
1	34,02		-34,02	-34,02		1	-34,02	-34,02
2	3,94		-3,94	-37,96		0,9632	-3,80	-37,82
3	17,50		-17,50	-55,47		0,9278	-16,24	-54,06
4	33,06	5,4	-27,66	-83,13		0,8936	-24,72	-78,78
5	17,84	16,24	-1,60	-84,74		0,8608	-1,38	-80,16
6	49,74	20,46	-29,28	-114,02		0,8291	-24,28	-104,44
7	35,36	19,78	-15,58	-129,61		0,7986	-12,45	-116,89
8	27,84	25,81	-2,03	-131,64		0,7692	-1,57	-118,46
9	27,34	18,54	-8,80	-140,45		0,7409	-6,52	-124,98
10	23,06	16,32	-6,74	-147,19		0,7137	-4,81	-129,79
11	18,54	31,49	12,95	-134,25	45,83	0,6874	8,90	-120,89
12	22,00	37,64	15,64	-118,61		0,6621	10,35	-110,54
13	36,14	39,81	3,67	-114,95		0,6378	2,34	-108,20
14	3,91	43,75	39,84	-75,11		0,6143	24,47	-83,73
15		29,47	29,47	-45,64		0,5917	17,44	-66,29
16		19,8	19,80	-25,84		0,5700	11,29	-55,01
17		18,34	18,34	-7,50		0,5490	10,07	-44,94
18		16,94	16,94	9,44		0,5288	8,96	-35,98
19		17,58	17,58	27,02		0,5093	8,95	-27,03
20		13,09	13,09	40,11		0,4906	6,42	-20,60
21		13,65	13,65	53,76		0,4726	6,45	-14,15

22		14,67	14,67	68,43		0,4552	6,68	-7,48
23		12,51	12,51	80,94		0,4384	5,48	-1,99
24		4,73	4,73	85,67		0,4223	2,00	0,00

Внутренняя норма доходности при оптимистичном сценарии равна 45,83%.

Затем рассчитаем дисконтированный индекс рентабельности инвестиций по формуле 1.11 для всех сценариев:

$$DPI_{с} = 340,16/305,73 = 1,113$$

$$DPI_{песс} = 390,89/349,03 = 1,12$$

$$DPI_{н.в.} = 404,59/340,84 = 1,187$$

$$DPI_{опт} = 407,83/338,6 = 1,204$$

Представим полученные показатели эффективности ИСП в табличной форме – таблица 11.

Таблица 11 – Показатели эффективности ИСП при различных сценариях

Наименование показателя	Собственное финансирование	Пессимистичный	Наиболее вероятный	Оптимистичный
Ставка дисконтирования, %	24,92	10,78	7,35	6,56
ЧДД (NPV), млн. р.	34,43	41,86	63,75	69,22
Срок окупаемости дисконт., мес	19,4	19,6	18,2	17,9
ВНД (IRR), %	47,72	35,97	43,93	45,83
Индекс рентабельности дисконтированный, DPI	1,113	1,12	1,187	1,204

Согласно полученным результатам, все рассмотренные сценарии имеют положительный ЧДД, дисконтированный срок окупаемости в рамках расчетного периода, внутреннюю норму доходности выше эффективной барьерной ставки и дисконтированный индекс рентабельности выше единицы, что свидетельствует об экономической эффективности инвестиционного проекта при всех рассматриваемых сценариях. Собственное финансирование имеет самые низкие показатели ЧДД и DPI, это обусловлено более высокой стоимостью собственного капитала, однако, внутренняя норма доходности у этого варианта максимальна, т.к. отсутствуют плата за пользование кредитными средствами.

Таким образом, проектное финансирование при реализации ИСП с использованием счетов эскроу экономически эффективно.

Проведенный анализ показал, что использование проектного финансирования и эскроу-счетов в сравнении с сценарием «без кредита», позволяет увеличить чистый дисконтированный доход и дисконтированную рентабельность инвестиций, даже при реализации пессимистичного сценария.

Библиографический список

1. Бачурина, С. С. Сквозное BIM-проектирование – основа возврата

инвестиций / С. С. Бачурина, Т. С. Голосова // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании : материалы V Международной научно-практической конференции / под ред. В. И. Ресина. – М. : ИПО «Гриф и К», 2015. – С. 13–18.

2. Давыдов, Д. Н. BIM в России: перспективы и направления развития / Д. Н. Давыдов // АВОК. – 2017. – № 8. – С. 4–9.

3. Асаул, А. Н. Управление затратами в строительстве / А. Н. Асаул, М. К. Старовойтов, Р. А. Фалтинский. – СПб. : ИПЭВ, 2009. – 392 с.

4. Астафьева, Н. С. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий / Н. С. Астафьева, Ю. А. Кибирева, И. Л. Васильева // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – С. 41–62.

5. Баженов, А. А. Проблемы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли / А. А. Баженов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 62–64.

6. Воробьев, В. С. Технологическая имитационная модель в системе сквозного планирования капитального ремонта линейно-рассредоточенных объектов / В. С. Воробьев, А. Л. Манаков // Наука и техника транспорта. – 2013. – № 1. – С. 20–25.

7. Талапов, В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – М. : ДМК-Пресс, 2015. – 410 с.

8. Воробьев, В. С. Технологическая имитационная модель в системе сквозного планирования капитального ремонта линейно-рассредоточенных объектов / В. С. Воробьев, А. Л. Манаков // Наука и техника транспорта. – 2013. – № 1. – С. 20–25.

9. Синицына, А. С. Состояние жилищного фонда г. Новосибирска и мероприятия по исключению ошибок технического и организационно-технологического проектирования, строительства и эксплуатации / В. С. Воробьев, А. С. Синицына // Тенденции развития науки и образования. – 2016. – № 16-2. – С. 8–11.

10. Воробьев, В. С. Оценка долговечности многослойных ограждающих конструкций / В. С. Воробьев, Н. П. Запащикова // Современная наука: теоретический и практический взгляд. – Уфа : АЭТЕРНА, 2014. – С. 15–17.

УДК 624.046.4 : 519.614
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_101

УСКОРЕНИЕ СХОДИМОСТИ МЕТОДА ИТЕРАЦИОННОГО ПЕРЕРАСЧЕТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАВНОПРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

А. И. Круглов
Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: В статье рассматриваются многопараметрические задачи оптимального проектирования конструкций в форме обратной задачи строительной механики, когда параметры конструкции определяются из условий одновременного исчерпания ресурсов прочности в разных её элементах. Такую конструкцию принято называть равнопрочной (равнонапряжённой). Для решения задачи используются различные методы, в частности метод итерационного перерасчета. Суть метода состоит в последовательной коррекции параметров на последующей итерации по результатам предыдущей с помощью корректирующей функции. Приводятся результаты вычислительных экспериментов по существующим и предложенным в работе приемам ускорения сходимости простого перерасчета.

Ключевые слова: обратная задача строительной механики, равнопрочная конструкция, метод итерационного перерасчета, простой перерасчет, корректирующая функция, эффективность корректирующей функции, транспортные сооружени,я релаксационный коэффициент.

ACCELERATION OF THE CONVERGENCE OF THE ITERATIVE RECALCULATION METHOD IN THE DESIGN OF EQUAL-STRENGTH STRUCTURES IN THE TRANSPORT INDUSTRY

A. I. Kruglov
Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: The article deals with multiparametric problems of optimal design of structures in the form of an inverse problem of structural mechanics, when the parameters of the structure are determined from the conditions of simultaneous exhaustion of strength resources in its various elements. Such a construction is commonly called equal-strength (equal-yarn). Various methods are used to solve the problem, in particular, the method of iterative recalculation. The essence of the method consists in sequential correction of parameters on the subsequent iteration based on the results of the previous one using a correction function. The results of computational experiments on existing and proposed methods of accelerating the convergence of a simple recalculation are presented.

Keywords: inverse problem of structural mechanics, equal-strength structure, iterative recalculation method, simple recalculation, correction function, efficiency of correction function, transport structures,I relaxation coefficient.

Анализ развития оптимального проектирования конструкций (ОПК) указывает на то, что длительное время основное содержание теории оптимизации составляли обратные задачи строительной механики:

$$f(X) \rightarrow min \tag{1}$$

$$X = \{x_i\}, \quad i = 1,\ldots,n \tag{2}$$

$$h_j(X) = 0, \; j = 1,\ldots,m \tag{3}$$

При постановке обратной задачи (1)–(3) параметры x_i конструкции определяются из условий одновременного исчерпания ресурсов прочности, жёсткости, устойчивости в разных её элементах. Работы в указанной постановке выполнены в основном по оптимальному проектированию пластин и оболочек.

Для решения обратной задачи строительной механики применяются различные методы. Если число параметров, описывающих конструкцию, больше числа наложенных ограничений ($n > m$) для решения используется метод неопределенных множителей Лагранжа [1, 2, 3]. В случае, когда $n = m$ возможны два пути решения. Если система (3) разрешается относительно параметров в замкнутом виде, применяется метод прямого проектирования, в противном случае метод итерационного перерасчета.

Особенный интерес представляют решения задач ОПК в форме (3), когда функции $h_j(X) = 0$ выражают собой условия прочности элементов конструкции. Решение системы (3) в замкнутом виде возможно в случае сравнительно простых систем: осесимметричные нагруженные круглые пластины, диски и без моментные оболочки и т.п. [4, 5]. В более сложных случаях решение системы нелинейных уравнений (3) отыскивается методом итерационного перерасчёта.

Метод перерасчёта конструкций сводится к многократному решению прямой задачи (анализ напряжённого состояния конструкции при заданных значениях параметров x_i) и последующей поэтапной корректировке параметров в соответствии с результатами решений прямой задачи.

Существующие в литературе предложения по организации процесса итерационного перерасчёта конструкций представим в виде следующей обобщенной зависимости параметров на (k+1) и k -ой итерациях:

$$(x_i^{(k+1)}) = (x_i^{(k)}) \cdot F(\sigma_i^{(k)}, [\sigma]) \qquad i = 1,\ldots,n \tag{4}$$

где $F(\sigma_i^{(k)}, [\sigma])$ - корректирующая функция, $[\sigma]$- допускаемое напряжение (или R - расчётное сопротивление) материала.

Процесс перерасчёта по (4) продолжается до выполнения условия

$$\left| \sigma_i^{(k)} / [\sigma] - 1 \right| \le \varepsilon \tag{5}$$

для всех элементов системы, ε - заранее заданное малое число.

Применение итерационного метода отыскания равнопрочной конструкции основывается на том, что изменение жёсткости отдельных элементов статически неопределимой системы приводит к меньшему (в относительной смысле) изменению усилий в элементах. Методом перерасчёта решено большое ко-

личество практически важных задач. Так в работе [6] методом перерасчёта найдено оптимальное распределение материала в неразрезной балке при действии подвижных нагрузок. Метод использован при расчёте крыла малого удлинения [7], а также при проектировании равнопрочных конструкций из композиционных материалов и ряда других задач.

При проектировании конструкций из условий равнопрочности возникает необходимость оценки найденных решений, т.е. ответа на вопрос о том, как это решение связано с проектом минимального веса для той же конструкции.

Связь статически неопределимой равнопрочной (или дискретно равнопрочной) системы с системой минимального веса в общем виде выяснить достаточно сложно. Для отдельных видов конструкций этот вопрос рассматривался в работе [8]. Установлено, что в общем случае проект минимального веса не совпадает с равнопрочным. Численные исследования [9] для статически неопределимых ферм, выполненных из линейно - упругого материала без учёта снижения допускаемого напряжения при сжатии, показали, что равнопрочные фермы в большинстве рассмотренных случаев имеют объём близкий к минимальному. При этом распределение материала по элементам в проектах равнопрочных ферм и ферм минимального веса заметно различается. Для континуальных систем были получены числовые результаты [10], подтверждающие указанное положение.

В настоящей работе рассматривается вопрос совершенствования метода итерационного перерасчёта, применительно к его использованию для оптимального проектирования многопараметрических конструкций.

Простой прочностной перерасчёт:

Представим зависимость $\sigma_i^{(k)}$ от $x_i^{(k)}$ на k-ом шаге изменения в следующей форме

$$\sigma_i^{(k)} = \beta_i^{(k)} (x_i^{(k)})^{\frac{1}{-r}}, \tag{6}$$

где показатель r определяется классом задачи и типом переменного параметра (толщина, площадь, момент инерции и т.п.,). Так, например, для изгибаемой балки прямоугольного поперечного сечения с постоянной шириной, примем

$x_i = h_i$, тогда $\sigma_i = \beta_i h_i^{-2}$, т.е. $r = \frac{1}{2}$. Для плоских пластинок r=1, для задач изгиба плит $r = \frac{1}{2}$. Предположим, что на (k+1) - ом этапе достигнуто равенство

$$\sigma_i^{(k+1)} = [\sigma] = \beta_i^{(k+1)} (x_i^{(k+1)})^{\frac{1}{-r}} \tag{7}$$

Поделив (6) на (7), получаем зависимость между значениями i -того параметра конструкции на k-ом и на (k+1) - ом этапах.

$$(x_i^{(k+1)}) = (x_i^{(k)}) \cdot (\sigma_i^{(k)} / [\sigma])^r \cdot (\beta_i^{(k)} / \beta_i^{(k+1)})^r \qquad (8)$$

Отношение $\beta_i^{(k)} / \beta_i^{(k+1)}$ является функцией параметров сечений конструкции и при малых изменениях x_i близко к единице.

Приняв $\beta_i^{(k)} / \beta_i^{(k+1)} = 1$ и сопоставив (4) с (8), находим вид первой корректирующей функции

$$F_1(\sigma_i^{(k)}, [\sigma]) = (\sigma_i^{(k)} / [\sigma])^r \qquad (9)$$

Итерационный процесс (называемый простым перерасчётом), соответствующий функции (9) для отдельных видов конструкций оказывается медленно сходящимся [8]. Количественную оценку скорости сходимости итерационного процесса в аналитической форме получить трудно, поэтому в практических расчётах конструкций скорость сходимости оценивается числом итераций, необходимых для достижения точки $\breve{X}$ решения системы (3) с заданной степенью точности (5).

Другие формы корректирующих функций:

Некоторые предложения, связанные с ускорением сходимости процесса перерасчёта содержатся в работах [7, 10, 11]. Так в работе [7] , при проектировании равнопрочной конструкции, испытывающей плоское напряжённое состояние, высказываются следующие рекомендации по совершенствованию процесса перерасчёта: "те параметры, которые увеличиваются по сравнению с предыдущими при расчёте по (8), брать ещё большими и наоборот". Такое назначение новых переменных записывается в виде

$$(x_i^{(k+1)})' = (x_i^{(k)}) + \omega \cdot (x_i^{(k+1)}) - (x_i^{(k)}) \qquad (10)$$

где ω - коэффициент релаксации, $(x_i^{(k+1)})'$ - откорректированное значение параметра $(x_i^{(k+1)})$. Заменив в (10) $(x_i^{(k+1)})$ на $x_i^{(k)} \cdot \sigma_i^{(k)} / [\sigma]$ согласно (8), получим откорректированное значение параметра на (k+1) –ой итерации в окончательном виде:

$$(x_i^{(k+1)}) = x_i^{(k)} (1 - \omega + \omega \cdot \sigma_i^{(k)} / [\sigma]) \qquad (11)$$

В работе [10] для конструкций различного типа предложена корректирующая функция итерационного перерасчёта

$$F_2(\sigma_i^{(k)}, [\sigma]) = (1 - \gamma^{(k)} + \gamma^{(k)} \sigma_i^{(k)} / [\sigma]) \qquad (12)$$

При $\gamma^{(k)} = \gamma = 1$ получается корректирующая функция простого перерасчёта

$$F_1(\sigma_i^{(k)}, [\sigma]) = F_2(\sigma_i^{(k)}, [\sigma]) = \sigma_i^{(k)} / [\sigma]$$

для стержневых систем, типа ферм; при γ=0,5

$$F_2(\sigma_i^{(k)},[\sigma]) = 0{,}5\cdot(1+\sigma_i^{(k)}/[\sigma]) \qquad (13)$$

Отметим тождественность корректирующих функций (10) и (11), полученных разными способами. В [7] использована релаксация по типу (10), ускоряющая решение системы уравнений (3). В работе [10] рассмотрена итерационная схема решения системы (3) методом Ньютона, упрощённая на основе гипотезы о локальности изменения напряжённого состояния конструкции при покоординатном изменении параметров.

Авторы работы [12] использовали в качестве корректирующих функций следующие функциональные зависимости:

$$F_3(\sigma_i^{(k)},[\sigma]) = (1-\gamma+\gamma\,\sigma_i^{(k)}/[\sigma])^{\frac{1}{m}} \qquad (14)$$

$$F_4(\sigma_i^{(k)},[\sigma]) = 1+\ln(1-\gamma+\gamma\,\sigma_i^{(k)}/[\sigma]) \qquad (15)$$

$$F_5(\sigma_i^{(k)},[\sigma]) = \exp(\gamma\,\sigma_i^{(k)}/[\sigma]-\gamma) \qquad (16)$$

где γ-параметр, регулирующий скорость сходимости итерационного процесса. Сопоставление (14) с (11) и (12) показывает, что функция F_3 является обобщением функции (12).

Сравнительные данные при применению указанных модификаций метода перерасчета к конструкциям различных классов в литературе отсутствуют. Учитывая это обстоятельство, в данной работе проведено сравнение эффективности корректирующих функций на решении тестовых задач, отражающих особенности некоторых классов конструкций. Для оценки эффективности варианта метода перерасчета, соответствующего той или иной корректирующей функции, используется минимальное число итераций – N_{min}, необходимое для решения системы уравнений (3) с заданной точностью. Для корректирующих функций F_3, F_4, F_5, зависящих от параметра γ, находятся значения $\gamma_{опт}$ одномерным поиском. Корректирующая функция F_2 отдельно не рассматривалась поскольку она тождественна функции F_3 при m = 1.

Сопоставление эффективности корректирующих функций F_3, F_4, F_5

В качестве тестовых были выбраны задачи проектирования следующих конструкций:

Задача №1 - ослабленного отверстием дискретно-равнопрочного диска переменной толщины по действиям всестороннего растяжения по внешнему контуру (рис.1);

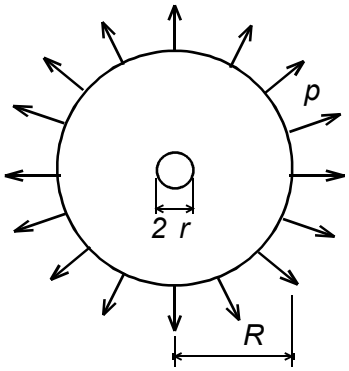


Рисунок 1 Тестовая задача №1.

$n = 45; R/r = 5; [\sigma] = 100 КПа; E = 100 КПа.$

Задача №2 - равнопрочной фермы без учёта снижения расчётного сопротивления в сжатых стержнях (рис. 2);

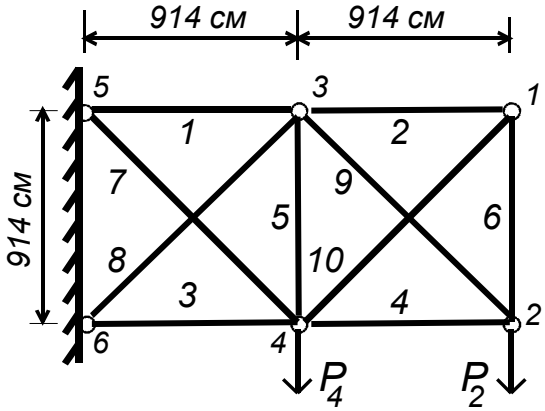


Рисунок 2 Тестовая задача №2

$n = 10; [\sigma] = 176 МПа; E = 0{,}703 МПа; P_2 = P_4 = 454 Кн; A_{min} = 0{,}645 см^2.$

Задача №3 - дискретно-равнопрочной пластины переменной толщины, нагруженной поверхностной равномерной нагрузкой постоянной интенсивности (рис. 3). Количество переменных толщин плиты $n = k \cdot l$ в зависимости от сетки разбиения на конечные элементы: $n = 5 \cdot 5 = 25$; $n = 6 \cdot 6 = 36$; $n = 7 \cdot 7 = 49$.

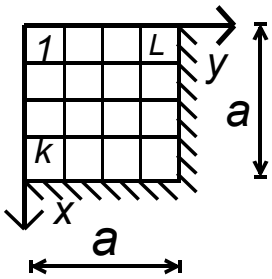


Рисунок 3 Тестовая задача №3

$[\sigma] = 100 КПа; E = 100 КПа; a = 5 см; q = 322 КПа.$

Расчёт напряжённо-деформированного состояния конструкций выполнялся методом конечных элементов (МКЭ). Начальные точки итерационного

процесса для всех видов корректирующих функций принимались одинаковыми - диск и плита постоянной толщины, ферма с равными площадями поперечных сечений элементов. Точность выполнения условий (5) принималась ε =0,01.

Относительную эффективность применения *j* –той (*j*=1, 2, 3) корректирующей функции будем выражать коэффициентом

$$K_j^{(l)} = N_j^{(l)} \Big/ N_1^{(l)}$$

где $N_j^{(l)}$ - число итераций, затраченной на решение задачи при использовании функции F_j, $N_1^{(l)}$ - то же при простом перерасчёте в задаче *l* (*l*=1, 2, 3). Результаты решения первой тестовой задачи приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Оптимальные характеристики корректирующих функций для задачи 1.

Функция	*m*	$\gamma_{опт}$	$K_j^{(1)}$
F_3	1	1,75	0,556
F_3	2	3,75	0,556
F_3	3	5,5	0,556
F_4	-	1,75	0,578
F_5	-	1,75	0,511

Применение корректирующих функций F_4 и F_5 наиболее эффективно при значения параметра $\gamma_{опт} = 1{,}75$; $K_4^{(1)} = 0{,}578$; $K_5^{(1)} = 0{,}511$. Для функции F_3 рассматривались три значения параметра *m* (*m* = 1, 2, 3), Выяснено, что выбор степени существенно влияет на оптимальное значение параметра γ, но не изменяет эффективности применения функции F_3. Кроме того, при некотором γ осциляции $\sigma_i^{(k)}$ могут приводить к случаю, когда $(1-\gamma+\gamma\sigma_i^{(k)} \big/ [\sigma]) < 0$ и для *m* = 2 процесс итераций прерывается аварийных остановом ЭВМ. При оптимальных значениях γ $K_3^{(1)} = 0{,}556$. Таким образом эффективность корректирующих функций F_3, F_4, F_5 в задаче, описываемой плоским напряжённым состоянием оказывается практически одинаковой. Сходимость ускорена не менее, чем на 42% по сравнению с простым перерасчётом.

Во второй тестовой задаче получены следующие показатели эффективности: для функции F_3 $K_3^{(2)} = 0{,}6875$; для функции F_4 $K_4^{(2)} = 0{,}868$; для функции F_5 $K_5^{(2)} = 0{,}800$ (см. таблицу 2).

Таблица 2. Оптимальные характеристики корректирующих функций для задачи 2.

Функция	m	$\gamma_{опт}$	$K_j^{(2)}$
F_3	1	1,5	0,6875
F_4	-	1,5	0,868
F_5	-	1,5	0,800

Интересный результат получен при решении третьей тестовой задачи. Оказалось, что функции F_3, F_4, F_5 обладают практически одинаковой эффективностью. Для всех трёх функций оптимальное значение параметра $\gamma_{опт} = 0{,}75$.

Таблица 3. Оптимальные характеристики корректирующих функции для задачи 3.

Функция	m	$\gamma_{опт}$	$K_j^{(3)}$
F_3	1	0,75	0,630
F_4	-	0,75	0,684
F_5	-	0,75	0,684

Все приведенные функции ускоряют итерационный процесс поиска равнопрочной плиты более чем на 31% . Заметим, что найденное $\gamma_{опт} = 0{,}75$ для F_3 совпадает с результатом, приведённым в [13].

Исследование эффективности указанных корректирующих функций в задачах проектирования равнопрочных конструкций позволяют высказать следующее:

1. Степень эффективности применения функций F_3, F_4, F_5 определяется видом напряжённого состояния конкретной конструкции (так наибольшая эффективность достигнута в задаче о равнопрочном диске, а наименьшая - в задаче о равнопрочной ферме).

2. Для конструкции определённого типа функции F_3, F_4, F_5 обладают практически одинаковой эффективностью.

В связи с отмеченными особенностями возникает задача поиска новых модификаций простого перерасчёта, применение которых было бы менее чувствительно к типу конструкции и давало бы большее сокращение общего числа итераций перерасчёта.

Модификация метода простого перерасчёта:

Анализ графиков зависимости веса конструкции от числа итераций перерасчёта позволяет сделать вывод, что процесс перерасчёта условно подразделяется на два этапа. На первом этапе происходит наиболее существенные изменения параметров и веса конструкции. На втором этапе параметры и вес конструкции изменяются весьма незначительно. При этом для разных типов конструкций график показывают, что продолжительность второго этапа значительно превышает продолжительность первого этапа. Следовательно, ресурсы ускорения процесса перерасчёта заключаются в сокращении числа итераций второго этапа.

Рассмотрим возможности ускорения сходимости метода перерасчёта, основанные на истолковании процесса перерасчёта, как итерационного решения некоторой системы линейных алгебраических уравнений.

Записывая нелинейные ограничения - равенства обратной задачи в виде

$$X = F(X), \tag{18}$$

где $X = \{x_i\}, \quad F(X) = \{F_i(X)\}, \quad i = 1,\ldots,n$

и раскладывая правые части (18) в ряд Тейлора в достаточно малой окрестности решения $\breve{X}$, после отбрасывания нелинейных членов получим для приближений метода простой итерации следующее соотношение

$$X^{(k+1)} - \breve{X} = F(X^{(k)}) - F(\breve{X}) \approx B(X^{(k)} - \breve{X}), \tag{19}$$

где $B = \left[\dfrac{\partial F_i}{\partial x_j}\right]_{\breve{X}}, \quad i = 1,\ldots,n, \quad j = 1,\ldots,m$

Таким образом, для приближений, находящихся в малой окрестности решения $\breve{X}$, ошибки приближений итерационного процесса подчиняются тем же законам, что и ошибки итерационных методов решения систем линейных уравнений. Соотношение (19) показывает, что при достаточно хорошем начальном приближении итерационный процесс (18) сходится при тех же условиях, что и метод простой итерации для линейных уравнений.

$$X = B \cdot X + C \tag{20}$$

Система уравнений (19) является аппроксимацией процесса (18) и позволяет производить ускорение сходимости процесса простого перерасчёта способами, подобными применяемым при итерационном решении систем линейных алгебраических уравнений. Примем релаксационный вариант метода перерасчёта в следующем виде

$$(x_i^{(k+1)} = x_i^{(k)} \cdot F_1^{(k)} + \alpha \cdot (x_i^{(k)} \cdot F_1^{(k)}) - (x_i^{(k-1)} \cdot F_1^{(k-1)}) \qquad (21)$$

Выражение (21), учитывая влияние предыдущих итераций, создаёт предпосылки ускорения сходимости метода перерасчёта. Формула простого итерационного перерасчёта получается как частный случай формулы (21) при значении релаксационного коэффициента $\alpha = 0$.

Эффективность применения (21) определялась на решении тестовых задач 1 - 3. Относительную эффективность применения (21) обозначим величиной коэффициента $K_6^{(l)}$. В таблице 4 приведены для каждого типа задач оптимальные значения параметра α и $K_6^{(l)}$.

Таблица 4. Оптимальные характеристики релаксационного варианта метода перерасчёта

Задача	n	$\alpha_{опт}$	$K_6^{(l)}$
1	-	0,75	0,422
2	-	0,5 – 1,25	0,467
3	25	0,5	0,650
3	36	0,5	0,600
3	49	0,5	0,563

Для задачи 1 $\alpha_{опт} = 0{,}75$; $K_6^{(1)} = 0{,}422$; для задачи 2 диапазон оптимального коэффициента релаксации, соответствующего минимальному числу итераций, оказался достаточно широким ($\alpha_{опт} = (0{,}5 - 1{,}25)$, $K_6^{(2)} = 0{,}467$. Применение (21) в задаче 3 наиболее эффективно при $\alpha_{опт} = 0{,}5$. Установлена независимость α от размерности n в задаче 3. Как видно, значение относительной эффективности зависит от размерности задачи: чем больше n, тем лучше результат. Также отметим, что число итераций как простого, так и модифицированных перерасчётов по (14)-(16) и (21), увеличивается с ростом числа переменных параметров конструкции.

Для определения влияния выбора начальных точек итерационного процесса на величину $\alpha_{опт}$ в формуле (21) был проведён вычислительный эксперимент. В таблице 5 приводится количество итераций, необходимых для решения задачи 2 из трех случайно выбранных начальных точек десятимерного пространства параметров. Установлено, что для всех рассмотренных задач, значение коэффициента $\alpha_{опт}$ практически не зависит от выбора начальных точек приближения.

Таблица 5. Количество итераций решения задачи 2 из трех случайных точек

α	Число итераций из точки		
	1	2	3
0,25	10	14	17

0,50	10	13	13
0,75	11	9	13
1,00	10	10	10
1,25	10	10	10
1,50	11	13	14
1,75	14	16	18

Сравнение эффективности релаксационного варианта метода перерасчёта с ранее рассмотренными корректирующими функциями F_3, F_4, F_5 приведено в таблице 6.

Таблица 6. Значения коэффициента эффективности $K_j^{(l)}$ в задачах 1-3

$K_j^{(l)}$	Задача 1	Задача 2	Задача 3
$K_3^{(l)}$	0,556	0,6875	0,630
$K_4^{(l)}$	0,578	0,868	0,684
$K_5^{(l)}$	0,511	0,800	0,684
$K_6^{(l)}$	0,422	0,467	0,536

Для тестовых задач 1 и 2 $K_6^{(1,2)} \le 0{,}5$; для задачи 3 $K_6^{(3)} \le 0{,}6$ т.е. по сравнению с перерасчётом по формулам (14)-(16) применение предложенного релаксационного варианта перерасчёта (21) предпочтительнее и в отдельных задачах превосходит по эффективности метод простого перерасчёта (9) более чем в два раза.

Другая возможность ускорения итерационного процесса перерасчёта состоит в использовании переменного значения коэффициента α в формуле (21). Значение коэффициента $\alpha^{(k)}$ на k –ой итерации в схеме переменной релаксации назначим: в зависимости от изменения основного показателя конструкции - объёма на k –ой и (k-1)-ой итерациях по следующему правилу:

$$\alpha^{(k)} = \beta(k-1), \quad \text{если} \quad \frac{v^{(k)} - v^{(k-1)}}{v^{(k-1)}} > \gamma \quad \text{и} \quad \alpha^{(k)} \le \alpha_{опт}$$

либо (22)

$$\alpha^{(k)} = \alpha^{(k-1)}, \quad \text{если} \quad \frac{v^{(k)} - v^{(k-1)}}{v^{(k-1)}} \le \gamma,$$

где β - коэффициент, определяющий скорость роста α, γ - заданная точность.

Как видно, (22) является обобщением (21) и всегда $\alpha^{(k)} \le \alpha_{опт}$. Значения коэффициента $\alpha_{опт}$, определённые при решении тестовых задач, принимаются следующими:

а) для конструкций находящихся в условиях линейного напряжённого состояния $\alpha_{опт} = 1{,}0$;

б) для плоского напряжённого состояния $\alpha_{опт} = 0{,}75$;

в) для задач изгиба плит $\alpha_{опт} = 0{,}5$.

Адаптационные возможности (22) регулируются параметрами β и γ. Результаты использования (22) покажем на примере тестовых задач 1 и 2. Так в задаче 1 при β = 0,35 и γ = 0,03 получили $K_7^{(1)}$ = 0,355 , что несколько лучше результата применения (21) $K_6^{(1)}$= 0,422. В задаче 2 $K_7^{(2)}$= 0,6 получено при β = 0,25 и γ =0,01.

Представление итерационного процесса перерасчёта в виде (19) позволяет рассмотреть еще одну возможность ускорения сходимости с помощью δ^2 процесса Эйткена [14], заключающегося в преобразовании некоторой сходящейся последовательности $S^{(k)}$ в другую последовательность

$$q^{(k)} = \frac{S^{(k+1)} \cdot S^{(k-1)} - (S^{(k)})^2}{S^{(k+1)} - 2S^{(k)} + S^{(k-1)}} \tag{23}$$

сходящуюся также к $S = lim S^{(k)}, k \to \infty$, но более быстро.

Предлагаемый алгоритм ускорения сходимости процесса (18) состоит в циклическом применении преобразования (23). Процесс решения разбивается на циклы, в каждом из которых выполняется *d* итераций перерасчёта. В конце каждого *j*-того цикла производится аппроксимация $x_i^{(k+2)}$ $(k+2 = d \cdot j + 1)$ предельного значения отдельной компоненты вектора *X* по результатам трёх последовательных итераций. Величина $x_i^{(k+2)}$ принимается в качестве начального приближения для следующего (*j+1*) -го цикла итераций. С учётом сказанного преобразуем формулу (23) к следующему виду:

$$x_i^{(k+2)} = x_i^{(d \cdot j+1)} = \frac{x_i^{(k+1)} \cdot x_i^{(k-1)} - (x_i^{(k)})^2}{x_i^{(k+1)} - 2x_i^{(k)} + x_i^{(k-1)}} \tag{24}$$

Эффективность применения (24) определяется числом итераций *d* цикла простого перерасчёта. Для задач 1 и 2 установлены наилучшие значения *d*=3.

При числе циклов перерасчета j=2 получены коэффициенты относительной эффективности: в задаче 1 - $K_8^{(1)}$= 0,422; в задаче 2 - $K_8^{(2)}$= 0,50.

В заключение отметим, что общей особенностью рассмотренных алгоритмов (21), (22) и (24) является значительное сокращение общего числа итераций за счёт уменьшения длительности второго этапа процесса перерасчёта. По эффективности решений предложенные модификации перерасчёта оказываются предпочтительнее корректирующих функций (14) – (16). Метод итерационного перерасчета часто является составной частью общей методики решения полной многопараметрической задачи оптимального проектирования конструкций на основе её декомпозиции [15].

Библиографический список

1. Александров А. Я., Наумова М. П. Оптимальные параметры трехслойных пластин и пологих оболочек с заполнителем из неармированного и армированного пенопласта при сжатии – В кн.: Расчеты элементов авиационных конструкций. 1965. вып. 3. с.41–51.

2. Маневич А. И., Каганов М. Е. Устойчивость и весовая оптимизация подкрепленных сферических оболочек при внешнем давлении // Прикладная механика. 1973. Т. 9. вып. 1. С. 20–25.

3. Пальчевский А. С. Расчет стрингерных цилиндрических оболочек минимального веса при совместном осевом сжатии и внутреннем давлении // Прикладная механика. 1970. Т. 6. вып. 10. С. 49-55.

4. Немировский Ю. В. Об оценке веса пластических оптимальных конструкций // Механика твердого тела. 1968. №4. С. 159-162.

5. Ширко И. В. О форме равнопрочной пластинки // Механика твердого тела. 1965. Т. 5. №2. С. 293 –298.

6. Здор В. С. Выбор рационального закона изменения жесткостей неразрезных балок и рам при действии подвижных нагрузок. – В кн.: Труды Московского института инженеров железнодорожного транспорта. Москва. 1963. вып. 174. С. 147–152.

7. Иванова К. А., Комаров В.А. Рациональная конструкция неподвижной части крыла с изменяемой стреловидностью – В кн.: Труды Куйбышевского авиационного института. Куйбышев. 1971. вып. 54. С. 24–35.

8. Разани Р. Поведение равнонапряженной конструкции и её отношение к конструкции минимального веса // Ракетная техника и космонавтика. 1965. Т. 3. №12. С. 115 –123.

9. Козлов Д. М. Сравнение некоторых результатов проектирования ферм минимального объема – В кн.: Оптимальное проектирование конструкций. Куйбышев. 1973. вып. 1. С. 76–85.

10. Малков В. П. Задача создания дискретно равнопрочных систем– В кн.: Прикладные проблемы прочности и пластичности. Горький. 1975. вып. 3. С. 11–22.

11. Комаров В.А., Соловов А. В. Ускорение итерационного процесса отыскания равнопрочных конструкций – В кн.: Труды Куйбышевского авиационного института. Куйбышев. 1974. вып. 69. С. 53–57.

12. Виноградов А. И., Дорошенко О. П. Храповицкий Н. С. Некоторые направления в теории оптимальных стержневых систем. – В кн.: Труды Харьковского института инженеров железнодорожного транспорта. Харьков. 1967. вып. 102. С. 5–52.

13. Повеликин В. П. Создание дискретно равнопрочных изгибаемых плит– В кн.: Прикладные проблемы прочности и пластичности. Горький. 1976. вып. 4. С. 88–94.

14. Крылов В. И., Бобков В. В., Монастырский П. И. Вычислительные методы: учебное пособие для вузов. М.: Наука. Т. 1. 1976. 304 с.

15. Круглов А. И. Применение приема декомпозиции в оптимальном проектировании конструкций. Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2021. №2 (3). С. 73-82.

УДК 532.532.2
DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_115

О ГИДРАВЛИЧЕСКОМ СОПРОТИВЛЕНИИ ВОДОСЛИВА-ИЗМЕРИТЕЛЯ РАСХОДА ВОДЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ.

А.А. Мартыненко, И.Л. Ким
Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация: Основное назначение водосливов с тонкой стенкой – измерять расходы в лабораторных установках, малых реках и каналах. Являясь преградой для движения потока, водослив искривляет линии тока, изменяет площади и формы живых сечений. При этом деформируется эпюра скорости, изменяются величина и направление скоростей течения.

Водослив с тонкой стенкой обычно рассматривается как местное сопротивление, на преодоление которого затрачивается часть энергии набегающего потока. Вопрос о величине потерь напора при обтекании водослива до настоящего времени остаётся неизученным. В данной статье даётся оценка потерь напора с определением коэффициента местного сопротивления водослива с тонкой стенкой.

Ключевые слова: Водослив с тонкой стенкой, уравнение Бернулли, потери напора, коэффициент местного сопротивления.

ABOUT THE HYDRAULIC RESISTANCE OF THE SPILLWAY-WATER FLOW METER ON SMALL RIVERS

A.A. Martynenko, I.L. Kim
Siberian transport university, 191 Dusi Kovalchuk str., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract: The main purpose of thin-wall weirs is to measure flows in laboratory facilities, small rivers and canals. Being an obstacle to the movement of the flow, the spillway bends the streamlines, changes the area and shape of the living sections. In this case, the velocity diagram is deformed, the magnitude and direction of the flow velocities change.

A weir with a thin wall is usually considered as a local resistance, to overcome which part of the energy of the oncoming flow is expended. The question of the magnitude of pressure losses in the flow around the weir remains unexplored to date. This article gives an estimate of pressure losses with the determination of the coefficient of local resistance of a weir with a thin wall.

Key words: Weir with a thin wall, Bernoulli's equation, head loss, coefficient of local resistance.

Безвакуумные водосливы с вертикальной тонкой стенкой используются для измерения расхода воды в гидравлических лабораториях, в малых реках и каналах. Они хорошо изучены, широко используется классическая формула расхода жидкости на таких водосливах:

$$Q = m_0 b\sqrt{2g}H^{3/2} \quad , \qquad (1)$$

где m_0 – безразмерный коэффициент расхода,

b – ширина водосливной стенки,

g – ускорение силы тяжести,

H – напор жидкости на водосливе.

Исследования последних лет в основном направлены на анализ результатов расчёта коэффициента расхода по формулам разных авторов[1]..

При обтекании водослива искривляются линии тока, изменяются площади и формы живых сечений. Соответственно, деформируется эпюра скорости, изменяются величина и направление скоростей течения.

Водослив является преградой для движения жидкости, поэтому часть энергии потока тратится на преодоление сопротивлений.

До настоящего времени практически не изученным остается вопрос об оценке потерь напора на водосливе с тонкой стенкой[2,3]. Восполнить этот пробел можно с использованием уравнения Бернулли.

На рисунке представлен водослив с тонкой стенкой, на котором обозначена плоскость отсчета 0-0 по дну потока и два расчетных сечения: 1-1 – на подходе к водосливу, с-с – в сжатом сечении за водосливом.

Кроме высоты водосливной стенки Р и напора на водосливе Н, на рисунке показана средняя скорость набегающего потока V_1 в сечении 1-1 и толщина струи в сжатом сечении по данным тщательных измерений Базена.

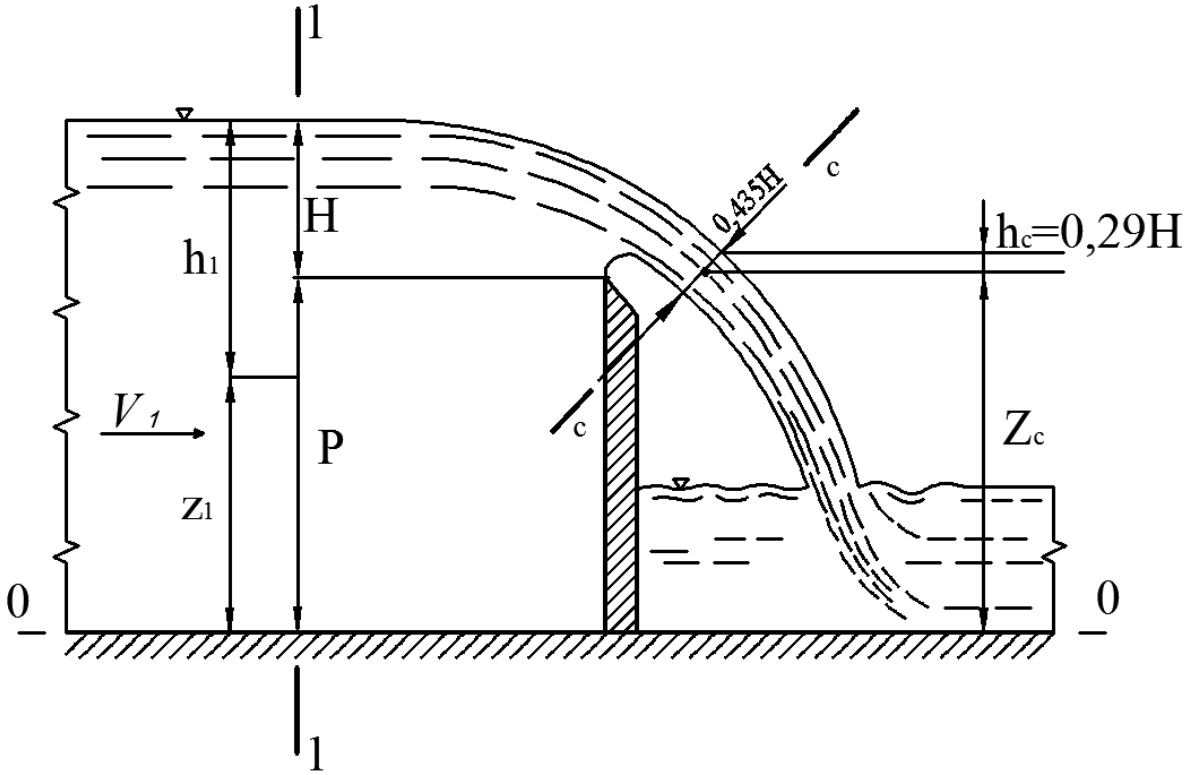


Рисунок.1. Водослив с тонкой стенкой.

Уравнение Бернулли в данном случае записывается в виде:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_c + \frac{p_c}{\rho g} + \frac{\alpha_c V_c^2}{2g} + h_w \qquad (2)$$

Анализ слагаемых уравнения с учетом принятых обозначений показывает, что $z_1 = \frac{P+H}{2}, z_c = P$.

Весовые давления в центрах тяжести расчетных сечений соответственно равны:

$$p_1 = \rho g \left(\frac{P+H}{2} \right),$$

$$p_c = \rho g \left(0,29H \right),$$

где глубина погружения центра тяжести сжатого сечения (0,29 Н) также определена по результатам исследований Базена.

Водослив обычно рассматривается как местное сопротивление движению потока, поэтому воспользуемся формулой Вейсбаха, для определения местных потерь, т.е. $h_w = h_м = \zeta_м \frac{V_c^2}{2g}$.

Приравнивая коэффициенты кинетической энергии, обозначим $\alpha_1 \approx \alpha_c \approx \alpha$, получим:

$$\frac{P+H}{2} + \frac{P+H}{2} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = P + 0,29H + \frac{\alpha V_c^2}{2g} + \zeta_м \frac{V_c^2}{2g}. \qquad (3)$$

Площади живых сечений соответственно равны: $\omega_1 = (P+H)b$ и $\omega_c = 0,435Hb$, здесь b – ширина потока, равная ширине водослива; $0,435H$ – толщина струи в сжатом сечении по данным Базена.

Подставим выражения для ω_1 и ω_c в уравнение неразрывности потока $V_1\omega_1 = V_c\omega_c$, получим формулу для средней скорости в сжатом сечении:

$$V_c = V_1 \frac{P+H}{0,435H}. \qquad (4)$$

С использованием формулы (4) уравнение Бернулли запишется в виде:

$$H - 0,29H + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = \frac{\alpha V_1^2}{2g} \left(\frac{P+H}{0,435H} \right)^2 + \zeta_м \frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{P+H}{0,435H} \right)^2. \qquad (5)$$

Или

$$0,71H + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{P+H}{0,435H} \right)^2 \cdot \left(\alpha + \zeta_м \right). \qquad (6)$$

Отсюда следует, что

$$\alpha + \zeta_м = \frac{\left(0,71H + \frac{\alpha V_1^2}{2g} \right)}{\left(\frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{P+H}{0,435H} \right)^2 \right)}. \qquad (7)$$

Решим уравнение относительно $\zeta_м$:

$$\zeta_м = \left(\frac{0,71H}{V_1^2 / 2g} + \alpha \right) \left(\frac{0,435H}{P+H} \right)^2 - \alpha. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что коэффициент местного сопротивления водослива с тонкой стенкой зависит от высоты водосливной стенки P, напора на водосливе H, средней скорости подходящего к водосливу потока V_1 и коэффициента кинетической энергии α.

В гидравлической лаборатории СГУПСа была проведена серия опытов на водосливе с тонкой стенкой. По результатам экспериментальных исследований определены значения коэффициента местного сопротивления с использованием формулы (8). Расчеты показали, что при средних значениях P=18,14 см, H=7,02см, V_1=11,697 см/с и α=1,0 величина коэффициента местного сопротивления $\zeta_м$=0,0676.

Полученное значение $\zeta_м$ незначительно превышает коэффициент местного сопротивления при истечении жидкости из малого круглого отверстия в тонкой стенке при совершенном сжатии, равный 0,06.

Такое сравнение можно провести ввиду схожести физических картин протекания жидкости. В рассмотренных случаях отрывающаяся струя только один раз взаимодействует с острыми кромками отверстия и гребня водослива с последующим сжатием струи. В работах [4-7] отмечается, что водослив с тонкой стенкой можно рассматривать как предельный случай истечения из большого отверстия, когда погружение верхней кромки отверстия под уровень равно нулю.

Полученные результаты подтверждают правомерность использования закономерностей истечения жидкости через большие отверстия для получения формулы расхода на прямоугольном водосливе с тонкой стенкой.

Библиографический список

1. *Мартыненко, А.А., Ким, И.Л.* О коэффициенте расхода жидкости на водосливе с тонкой стенкой / А.А. Мартыненко, И.Л. Ким //Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта: электрон. журнал. - 2021.- №2(3).
2. *Иващенко, А.Т.* Механика жидкости и газа / А.Т. Иващенко.- Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. - 268с. – ISBN 978-5-93461-665-7.
3. *Чугаев, Р.Р.* Гидравлика: (техническая механика жидкости): учебник для студентов гидротехнических специальностей высших учебных заведений / Р.Р. Чугаев. – Изд. 5-е, репр. – М.: Бастет, 2008.- 672 с.- ISBN 978-5-903178-07-0.
4. *Маккавеев, В.М. ,Коновалов, И.М.* Гидравлика: учеб. пособие для Втузов речного транспорта / В.М. Маккавеев, И.М. Коновалов.- Л., М.: Речиздат, 1940.- 643с.
5. *Латышенков, А.М., Лобачев В.Г.* Гидравлика / А.М. Латышенков, В.Г. Лобачев.- М.: Гос. изд-во по строительству и архитектуре, 1956.- 410с.
6. *Лапшев, Н.Н.* Гидравлика: учеб. для вузов / Н.Н. Лапшев. - М.: Академия, 2007.- 272с. – ISBN 978-5-7695-2704-3.
7. *Гусев, А.А.* Гидравлика: учеб. для вузов / А.А. Гусев.- М.: Изд-во Юрайт, 2013. 285с.- ISBN 978-5-9916-2388-9.