

Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал <http://www.transport-kgasu.ru>
2021. № 2 (21) http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=2
URL статьи: <http://transport-kgasu.ru/files/N21-16TI221.pdf>

Статья опубликована 15.06.2021

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бухтенкова А.В., Волкова М.В. Инновационные решения в рамках строительства первой высокоскоростной магистрали Москва - Санкт-Петербург // Техника и технология транспорта. 2021. № 2 (21). С. 16. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N21-16TI221.pdf>

УДК 693.56

Бухтенкова А.В. – студент

E-mail: bukhtenkovaav@student.bmstu.ru

Волкова М.В. – кандидат экономических наук

E-mail: mvvvolkova@bmstu.ru

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Инновационные решения в рамках строительства первой высокоскоростной магистрали Москва - Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассмотрены аспекты железнодорожного развития России до 2036 года. Рассмотрены инновационные технологии, которые будут использоваться при строительстве высокоскоростных железнодорожных магистралей. Проведен сравнительный анализ балластной конструкции и безбалластной конструкции строения верхнего пути. Приведены технические решения по контактной сети первой высокоскоростной магистрали Москва - Санкт-Петербург. Определены экономические преимущества строительства высокоскоростных магистралей в России.

Ключевые слова: высокоскоростные магистрали, верхнее строение пути, балластный путь, безбалластный путь, конструкция LVT.

О развитии высокоскоростного железнодорожного сообщения заговорили еще в СССР в 70-е годы [1]. Тогда был спроектирован и произведен скоростной поезд ЭР-200, способный развивать скорость около 200 км/ч. В конце 80-х гг. появился проект об организации высокоскоростного железнодорожного движения с центра России до курортных городов. Но в силу сложившихся в конце 80-х – начале 90-х годов социально-экономических и политических изменений в стране, проект так и не был реализован. Далее вопрос о создании высокоскоростного движения поднял Президент РСФСР Б. Н. Ельцин, издав указ «О создании высокоскоростной пассажирской железнодорожной магистрали Санкт-Петербург—Москва» [2]. Впоследствии, в 1993 году указ был отменен по различным субъективным и объективным причинам.

После создания в 2003 году ОАО «РЖД» был реализован проект по запуску высокоскоростных поездов между Москвой и Санкт-Петербургом, развивающих скорость до 250 км/ч [1]. Но на фоне развития высокоскоростного движения в Европе, Японии и Китае, где скорость поездов превышает 350 км/ч, этого было недостаточно. Воплотить в жизнь поставленные проекты и задачи не удавалось. Так, в 2010 году Президент РФ издал указ «О мерах по организации движения высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации» [3]. А в 2013 году состоялось совещание, на котором Президент РФ поднял вопрос о перспективах развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России, в частности принял решение о строительстве первой высокоскоростной магистрали (ВСМ) в России по направлению Москва – Казань, которая позволила бы сократить путь между городами с четырнадцати часов до трех. К сожалению, в марте 2019 года Президент РФ отложил проект, поскольку его реализация требовала огромных средств и предполагаемый пассажиропоток не смог бы окупить строительства такой масштабной магистрали. Тем не менее, в ходе выполнения проекта с 2013 года были разработаны инновационные технологии

строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали. К таким технологиям можно отнести инновации в области электроснабжения, в строительстве искусственных сооружений и безбалластных конструкций верхнего строения пути (БВСП). Также положено начало разработке высокоскоростного подвижного состава.

В апреле 2019 года Президент РФ поддержал идею проектирования ВСМ Москва – Санкт-Петербург. С этого момента в соответствии с поручением Владимира Путина ОАО «РЖД» начало проводить инженерные изыскания и разработку проектной документации ВСМ-1 Москва – Санкт-Петербург. В основу проектирования ВСМ-1 будет положен зарубежный опыт строения высокоскоростных магистралей, а также наработки и исследования отклоненного проекта ВСМ Москва – Казань.

Таким образом, строительство первой в России высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург послужит локомотивом к созданию и развитию скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения по всей территории Российской Федерации. Осенью 2020 года АО «Скоростные магистрали», которому поручено выполнение проекта ВСМ-1, презентовало проект будущего развития железнодорожного сообщения России до 2036 года. Вложения в такой проект позволят снять границы между территориями и откроют перспективы развития многих сфер жизни. Например, рост малого бизнеса, развитие туризма, социальной активности в регионах и т.д.

Первым этапом будет строительство железнодорожной магистрали Москва – Питер, проходящей через крупные города, такие как Тверь и Великий Новгород, поскольку именно это направление имеет большой пассажиропоток и внедрение скоростной магистрали не создаст искусственной конкуренции с другими видами транспорта. По предварительным расчетам операционная безубыточность может быть достигнута в первый год эксплуатации (в 2027 году), а чистую прибыль магистраль начнет приносить через пять лет. Такие показатели дают неплохое начало для развития остальных железнодорожных сообщений в России [4].

Вторым этапом станет возведение высокоскоростной магистрали юго-восточного направления Москва – Казань – Екатеринбург с последующим проникновением в Казахстан. Создание такого транспортного коридора может стать драйвером роста торгово-экономических отношений между Россией и странами Азии, а в перспективе через Россию будет проложена крупнейшая сеть высокоскоростного и скоростного движения, объединяющая страны Азии и Европейского союза. Это создаст условия для организации устойчивого потока пассажиров и товаров с высокой добавленной стоимостью, в который будут вовлечены обширные территории евразийского континента [5].

Ну и наконец, третий этап – высокоскоростная магистраль Москва – Воронеж – Ростов-на-Дону – Адлер, которая позволит связать Центр с городами южного направления. Безусловно, это приведет к росту отдельных регионов России, улучшению инфраструктуры и развитию туризма. Таким образом, Россия выбрала правильный вектор развития - все для повышения уровня жизни граждан, обозначив для ВСМ четыре главных критерия: быстро, удобно, доступно, безопасно.

Рассмотрим, какие инновационные технологии будут использоваться при строительстве высокоскоростных железнодорожных магистралей, которые не применялись ранее в России.

Проектируемые магистрали подразумевают движение поездов, развивающих скорость до 400 км/ч. На данный момент при строительстве железных дорог в России применяются балластные конструкции верхнего пути, которые представляют собой конструкцию подрельсового основания: шпалы и щебеночное или песчаное основание [6]. В соответствии со Специальными техническими условиями (СТУ) они способны обеспечить надежное и безопасное движение поездов, развивающих скорость до 200 км/ч [7]. В связи с этим возникает потребность в использовании новой технологии строительства верхнего строения пути (ВСП). Большие скорости сможет выдержать безбалластная конструкция верхнего пути. Балласт в данной конструкции заменен на монолитное бетонное основание и гидравлически связанный слой.

Проведем сравнительный анализ преимуществ и недостатков двух видов строения верхнего пути (табл. 1) [6].

Таблица 1

Сравнительный анализ преимуществ и недостатков двух видов строения верхнего пути

Наименование	Балластное ВСП	Безбалластное ВСП
Преимущества	– сравнительно низкие затраты на строительство в первоначальный период; – высокая ремонтпригодность (удобство в обслуживании и обновлении); – высокое шумопоглощение; – возможно применение на «слабых грунтах»	– высокая стабильность конструкции; – высокая плавность хода: не подвержено деформации, равномерно распределенная жесткость, благоприятно для высокоскоростного движения; – высокая долговечность и долгий жизненный цикл конструкции (более 60 лет) – отсутствуют дефекты разлета и раскрашивания балласта; – небольшой объем работ по содержанию и ремонту; – преимущество в стоимости обслуживания на протяжении всего жизненного цикла – высокая устойчивость бесстыкового пути против температурного выброса; – удобство применения на мостах, эстакадах, в тоннелях
Недостатки	– низкая стабильность балластной призмы; – подвержено остаточной деформации, тяжело поддерживать геометрию пути; – балласт подвержен разрушению; – короткий жизненный цикл (20-30 лет); – отсутствие преимущества в стоимости обслуживания на протяжении всего жизненного цикла; – имеется эффект разлета балласта и повреждения подвижного состава и объектов инфраструктуры; – низкая устойчивость бесстыкового пути против температурного выброса; – отсутствие удобства в эксплуатации на мостах, эстакадах и в тоннелях	– высокая себестоимость строительства; – низкая ремонтпригодность (трудоемкое техническое обслуживание в случае схода состава, природных или техногенных катастроф); – низкое гашение шума и вибрации; – не рекомендовано применение БВСП на «слабых» грунтах; – высокие технологические требования к строительству и материалам

Таким образом, преимущества балластной конструкции являются недостатками безбалластной и наоборот. Поэтому использование того или иного вида зависит от различных условий эксплуатации. Для строительства верхней конструкции пути в тоннелях, на мостах и эстакадах больше подойдет безбалластное строение пути, так как возникающие вибрации приводят к разрушению и измельчению балласта. К тому же, обслуживание и ремонт балластного ВСМ в тоннелях, на мостах требует больших затрат, в том числе и на

совершенствование путевого оборудования для работы в тяжелых условиях. В соответствии с СТУ и с учетом международного опыта проектирования не рекомендовано применение БВСП в зонах потенциального проседания поверхности («слабые» грунты), сезонного промерзания грунтов с высоким уровнем грунтовых вод и другими специфическими геологическими условиями, усложняющими контроль над деформационными процессами. Затраты на строительство безбалластного пути более чем в 1,3-1,5 раза превышают инвестиции в устройство традиционного пути. Жизненный цикл БВСП составляет порядка 60 лет. Что касается пути на балласте, то его обслуживание на 30-40% выше, чем у безбалластного, а срок службы составляет около 30 лет. Таким образом, ориентировочно через 20 лет эксплуатации затраты на строительство и эксплуатацию балластного ВСП превысят аналогичные затраты на безбалластное ВСП [6]. К сожалению, БВСП создают повышенный уровень шума и вибрации, поэтому необходимо будет возводить шумозащитные экраны. Главным преимуществом пути без балласта является его устойчивость под воздействием сжимающих сил и к температурным выбросам, меньшие статические и динамические нагрузки на верхние слои земляного полотна, благодаря распределению силовых воздействий. Именно эти характеристики обеспечивают движение поездов со скоростью, превышающей 250 км/ч.

Так как высокоскоростные магистрали, построенные на территории России, могут проходить через различные климатические и геологические условия, то в соответствии с СТУ при наличии соответствующих обоснований на некоторых участках ВСМ допускается применение балластной конструкции пути. Между балластной и безбалластной конструкцией пути должны быть предусмотрены переходные участки.

На отечественных железных дорогах применение технологии БВСП началось с 80-х годов XX века. Одной из наиболее массовых и серийно выпускаемых безбалластных конструкций пути являлась железобетонная плита безбалластного мостового полотна (БМП). БМП применяли при строительстве и реконструкции железнодорожных мостов [6]. В современной России локализацию получила конструкция LVT компании Sonnevile. Специалисты завода в городе Сызрань компании "Стройиндустрия" – филиала ОАО "РЖДстрой" – произвели укладку безбалластной конструкции пути пониженной вибрации LVT на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа в Щербинке. После чего конструкция LVT прошла все испытания и впервые была применена во время подготовки к зимним Олимпийским играм в Сочи в тоннелях № 6 и № 7 участка железной дороги Сочи – Adler. Благодаря этому удалось обеспечить прохождение через тоннели постройки 1916 года двухэтажных вагонов. Технология LVT привлекательна с экономической точки зрения. Благодаря ей увеличиваются межремонтные сроки, а следовательно, сокращаются затраты на содержание пути. Технология позволяет обеспечить достаточно быстрый темп строительства. ОАО "РЖДстрой" является единственной компанией в России, получившей лицензионное право на производство бетонных блоков для конструкций верхнего строения пути по данной технологии.

Во время проектирования высокоскоростной магистрали Москва - Казань для выбора подходящей конструкции БВСП в 2014 на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» было возведено четыре опытных участка с разными конструкциями БВСП: конструкция EBS (компания TINES), конструкция NBT (ALSTOM), конструкция FF-Bogl (Max Bögl), конструкция LVT (РЖД-строй). По результатам ресурсных испытаний и европейскому, китайскому опыту строительства и эксплуатации ВСМ с аналогичными типами верхнего строения пути была разработана безбалластная конструкция CRTS III RUS [8]. Но как было сказано выше, проект Москва – Казань был отложен.

В настоящее время для строительства ВСМ Москва – Санкт-Петербург проводятся очередные испытания верхнего строения пути на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ». Опытный участок сооружен компанией ОАО «РЖДстрой». По результатам испытаний будет определена безбалластная конструкция верхнего пути для строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург.

Таким образом, благодаря зарубежному опыту и собственным исследованиям и разработкам Россия сможет производить собственные инновационные безбалластные конструкции для строения верхнего пути.

Подвижной состав высокоскоростной магистрали является ее визитной карточкой. В России технология производства высокоскоростных поездов находится на стадии

проектирования. Реализацией программы занимаются ведущие транспортные вузы, научно-исследовательские и проектные организации, производственные компании, входящие в состав ОАО «РЖД». Так, 1 декабря 2016 года в рамках III Форума Ассоциации ректоров транспортных вузов России и Китая состоялась торжественное подписание многостороннего соглашения о создании российско-китайского научно-образовательного центра в области разработки высокоскоростного подвижного состава и взаимодействия подвижного состава с инфраструктурой железнодорожного транспорта [8]. Ведь Китай имеет огромный многолетний опыт в проектировании и строительстве высокоскоростных поездов.

Проект строительства высокоскоростных подвижных составов неотъемлемо связан с поиском инновационных идей и решений. В будущем подвижном составе будут реализованы все передовые технические решения в области тягового привода, аэродинамики и сервиса для пассажиров. Проектируемый поезд будет иметь эксплуатационную скорость 360 км/ч. Плавные изгибы и аэродинамическая форма электропоезда с минимальных коэффициентов сопротивления движения позволят уменьшить внешний шум и расход электроэнергии [9]. Для удобства передвижения будут использоваться вагоны с разными классами обслуживания: эконом класс, туристический класс, бизнес класс и первый класс.

В 2020 году компания ООО «Уральские локомотивы» (совместное предприятие Группы "Синара" и концерна "Сименс АГ", созданное в 2010 году с целью партнерства в области железнодорожного машиностроения) начала строительство производственного комплекса для выпуска высокоскоростных поездов. ОАО "РЖД" заключило контракт с компанией "Уральские локомотивы" на разработку поезда для высокоскоростных магистралей, развивающего скорость более 400 километров в час. Об этом сообщил заместитель главы Минпромторга РФ Александр Морозов. По предварительным данным первый состав планируют изготовить в 2023 году, далее будут проходить испытания, а в 2025 году поезд сертифицируют и представят заказчику. Саму высокоскоростную магистраль планируют запустить в 2026 году.

Во время проектирования ВСМ Москва – Казань были разработаны инновации и в области электроснабжения. Контактная сеть КС-400 выполнена на основе анализа зарубежного опыта, российских и международных нормативных документов и результатов научных исследований с применением метода математического моделирования динамического взаимодействия с токоприемниками электроподвижного состава. По заданию АО «Скоростные магистрали» в разработке принимали участие специалисты и ученые ведущих организаций и научных центров: АО «Мосгипротранс», АО «Универсал — контактные сети», ВНИИЖТ, ПГУПС, УрГУПС и СПбПУ [6].

В контактной сети КС-400 преимущественно предусмотрено использование узлов и конструкций отечественного производства. Конструкция контактной сети не имеет аналогов в мире. Она будет функционировать в тяжелых климатических условиях России при минимальной температуре воздуха – минус 50°C, толщина стенки гололеда на проводах контактной сети может достигать 15 мм. Технические характеристики КС-400 позволят двигаться поездам с максимальной расчетной скоростью 400 км/ч [10].

Главным элементом контактной сети является контактная подвеска, которая представляет собой систему проводов, предназначенную для передачи электроэнергии от тяговых подстанций к поезду через скользящие контакты с токоприемником. При разработке контактной подвески для высокоскоростного движения наиболее сложной задачей было обеспечение надежного контакта между контактным проводом и токоприемниками. В результате отрыва токоприемника и недостаточной силы контактного нажатия возникает электрическая дуга, которая приводит к быстрому электрическому износу контактирующих элементов и уменьшает тягу подвижного состава. Не следовало допускать и слишком сильных нажатий, так как увеличивался механический износ элементов контакта и возникала опасность зацепления проводами элементов конструкции контактной подвески в результате подъема контактного провода.

Еще одной проблемой при проектировании контактной сети было возникновение на больших скоростях колебательных и волновых явлений, приводящих к изменению в большом диапазоне контактного нажатия и, как следствие, резкому ухудшению передачи тока поезду. Было необходимо, чтобы скорость распространения волны по проводам была больше скорости

движения токоприемников. Для выполнения этого требования необходимо было увеличивать натяжение проводов, но не увеличивать их массу.

На основании вышеизложенных требований для контактной сети был разработан ряд инновационных для России технических решений в части узлов и конструкций [8]:

- контактные провода из сверхпрочных сплавов «медь-магний» или «медь-хром-цирконий»;
- фундаменты в виде буронабивных свай;
- опорные и поддерживающие конструкции повышенной жесткости;
- барабанные компенсаторы с подшипниками скольжения;
- пятипролётные сопряжения анкерных участков с узлами для реализации схем плавки гололеда или подогрева;
- воздушные стрелки без пересечения проводов с дополнительной подвеской;
- стационарные системы мониторинга и диагностики и другие.

Технические решения по контактной сети оформлены в виде схем с сопутствующими расчетами и результатами математического моделирования. Проект прошел апробацию, согласован с ОАО «РЖД» и утвержден заказчиком АО «Скоростные магистрали». Это положило начало освоению и производству российскими предприятиями контактной сети КС-400 с требуемыми параметрами, которые смогут обеспечить строительство высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург.

Несомненно, строительство высокоскоростных магистралей, в частности ВСМ-1 Москва – Санкт-Петербург, является проектом национального уровня. Проект ВСМ-1 поможет решить ряд проблем, задач, целей, стоящих перед государством и обществом.

Во-первых, это привлечение дополнительного пассажиропотока на железнодорожный транспорт, благодаря сокращению времени в пути до 2 часов 30 минут, гибким тарифным системам, безопасности и комфортности перевозок. Переход значительной части пассажиров на железнодорожный транспорт снизит экологическую нагрузку от транспорта на среднюю обитания.

Повышение уровня мобильности населения страны приведет к стиранию границ между регионами, ведь магистраль Москва – Санкт-Петербург будет иметь остановки в таких городах как Тверь, Нижний Новгород. Жители смогут добираться по ВСМ-1 до столиц в течение часа, что послужит развитию бизнеса, предпринимательства, роста населения в этих городах. Быстрый способ передвижения приведет к развитию туризма, созданию научных, образовательных, медицинских кластеров на всем протяжении ВСМ-1, доступности учебных и медицинских учреждений. Транспортная мобильность повлечет за собой создание и развитие новых городских районов и пригородных территорий.

Во-вторых, строительство и обслуживание высокоскоростной магистрали приведет к созданию новых рабочих мест (около 40 тысяч) как на самой ВСМ, так и в смежных отраслях, что приведет к сокращению безработицы, снижению социальной напряженности и повышению уровня жизни населения.

В-третьих, строительство высокоскоростной магистрали повлечет за собой развитие и локализацию технологий на территории России, повышение квалификации специалистов в строительных и проектных компаниях, создание научных и исследовательских агломераций, связанных с проектированием высокоскоростной магистрали. Для производства собственных комплектующих и строительных материалов будут построены новые заводы, увеличены производственные мощности уже существующих.

Опыт в строительстве первой высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург даст толчок к развитию и совершенствованию новых технологий в машиностроении, приборостроении, производстве строительных материалов, которые отвечают мировым требованиям XXI века. Возможно, в будущем наши специалисты освоят технологию производства монорельсовых поездов и поездов на магнитных подушках. Россия повысит свою привлекательность с точки зрения вложения прямых иностранных инвестиций.

Вышеприведенные преимущества строительства высокоскоростных магистралей в России послужат экономическому росту и развитию страны, а также повысят престиж России на мировой арене.

Список библиографических ссылок

1. Лapidус Б.М. Социально-экономические предпосылки развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России / Б.М. Лapidус, Л.В. Лapidус // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2014.
2. О создании высокоскоростной пассажирской железнодорожной магистрали Санкт-Петербург—Москва : указ Президента РСФСР от 13.09.1991 №120. – Москва, 1991. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102012469> (дата обращения: 21.03.2021).
3. О мерах по организации движения высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации : указ Президента РФ от 16.03.2010 №321. – Москва, 2010. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102136576> (дата обращения: 21.03.2021).
4. Пресс-центр АО «Скоростные магистрали» : официальный сайт. – Москва, 2020. – URL: <http://www.hsrail.ru/press-center/news/1050.html> (дата обращения: 21.03.2021).
5. ВСМ «Евразия» // АО «Скоростные магистрали» : официальный сайт. – Москва. – URL: <http://www.hsrail.ru/info/silkway/> (дата обращения: 21.03.2021).
6. Цыпин П.Е. Безбалластная конструкция пути: история, современность, перспективы развития в России / П.Е. Цыпин, А. Д. Разуваев // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2018. – №1.
7. Специальные технические условия на проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение №2. – Санкт-Петербург, 2017. – URL: http://www.hsrail.ru/download_files/stu-1_skan.pdf (дата обращения: 21.03.2021).
8. Проектирование // АО «Скоростные магистрали» : официальный сайт. – Москва. – URL: <http://www.hsrail.ru/tech/engineering/> (дата обращения: 28.03.2021).
9. Подвижный состав // АО «Скоростные магистрали» : официальный сайт. – Москва. – URL: <http://www.hsrail.ru/tech/podsostav/> (дата обращения: 28.03.2021).
10. Артемов М.А. Инновационные решения по контактной сети для высокоскоростных магистралей / М.А. Артемов, Е.В. Кудряшов // Транспортная газета ЕВРАЗИЯ ВЕСТИ. – 2017. – №11.

Bukhtenkova A.V. – student

E-mail: bukhtenkovaav@student.bmstu.ru

Volkova M.V. – candidate of economic sciences

E-mail: mvvvolkova@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Innovative solutions in the framework of the construction of the first high-speed highway Moscow - St. Petersburg

Abstract

The article considers the aspects of railway development in Russia until 2036. Innovative technologies that will be used in the construction of high-speed railway lines are considered. A comparative analysis of the ballast structure and the ballast-free structure of the upper track structure is carried out. The technical solutions for the contact network of the first high - speed highway Moscow-St. Petersburg are presented. The economic advantages of the construction of high-speed highways in Russia are determined.

Keywords: high-speed highways, overhead track structure, ballast track, ballast-free track, LVT construction.

Reference list

1. Lapidus B. M. Socio-economic prerequisites for the development of high-speed railway communication in Russia / B. M. Lapidus, L. V. Lapidus // Bulletin of the Moscow University. Series 6. Economy. - 2014.
2. On the creation of a high-speed passenger railway line St. Petersburg—Moscow: Decree of the President of the RSFSR of 13.09.1991 No. 120. - Moscow, 1991. - URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102012469> (reference date: 21.03.2021).
3. On measures to organize the movement of high-speed railway transport in the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 321 of 16.03.2010. - Moscow, 2010. - URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102136576> (reference date: 21.03.2021).
4. Press Center of JSC "High-speed Highways": official website. - Moscow, 2020. - URL: <http://www.hsrail.ru/press-center/news/1050.html> (reference date: 21.03.2021).
5. VSM "Eurasia" / / JSC "High-speed highways": official website. - Moscow. - URL: <http://www.hsrail.ru/info/silkway/> (reference date: 21.03.2021).
6. Tsypin P. E. Bezballyastnaya konstruktsiya puty: istoriya, sovremennost, perspektivy razvitiya v Rossii [The ballastless construction of the road: history, modernity, prospects of development in Russia]. Journal of science, practice, and economics. – 2018. – №1.
7. Special technical conditions for the design of the Moscow – Kazan section of the Moscow – Kazan – Yekaterinburg high-speed railway with speeds up to 400 km/h. Change #2 – - Saint Petersburg, 2017. - URL: http://www.hsrail.ru/download_files/stu-1_skan.pdf (reference date: 21.03.2021).
8. Proektirovanie / / JSC "High-speed highways": official website. - Moscow. - URL: <http://www.hsrail.ru/tech/engineering/> (reference date: 28.03.2021).
9. Rolling stock / / JSC "High-speed highways": official website. - Moscow. - URL: <http://www.hsrail.ru/tech/podsostav>.
10. Artemov M. A. Innovative solutions for the contact network for high-speed highways / M. A. Artemov, E. V. Kudryashov // Transport gazeta EVRAZIYA VESTI. – 2017. – №11.