

Железнодорожная станция 2.0: новая концепция развития цифровой железной дороги

А.Е. Китаев, И.И. Миронова, А.И. Погодаева, Д.А. Соколов, Е.К. Гусева

Аннотация—В статье рассматриваются вопросы, связанные с формированием новой концепции железнодорожной станции, основанной на умных технологиях и отличающемся значительно более низким уровнем энергопотребления. Железнодорожная станция 2.0 является частью тенденции развития цифровой железной дороги в ответ на увеличения уровня урбанизации, повышения мобильности населения, повышения инвестиционной активности в развивающихся странах и рост численности среднего класса. В статье подробно рассмотрены инновационные технологии повышения энергоэффективности и повышения уровня цифровизации, используемые на железнодорожных станциях Европы, США, Китая и Японии. Ряд выделенных инноваций уже находятся на ранней стадии внедрения и в России. Отдельное внимание уделено коммерческим и финансовым аспектам модели функционирования современных железнодорожных станций. Статья может представлять значительный интерес для проектировщиков инфраструктуры железнодорожных станций, топ-менеджмента российских и зарубежных железнодорожных компаний, представителей профильных железнодорожных органов власти.

Ключевые слова—Цифровая экономика, Цифровая железная дорога, Железнодорожная станция 2.0, Умная железнодорожная станция, Энергоэффективность, Энергосбережение.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная железнодорожная отрасль – это комплекс целого ряда взаимосвязанных секторов экономики, включая энергетику, строительство, машиностроение, металлургию. Ее развитие является критически важным для большинства экономик мира, включая Россию, США, Германию, Австрию, Японию, КНР.

Железнодорожные станции в данной системе играют роль своеобразных узлов. Они могут быть пассажирскими, грузовыми, техническими (в т.ч. сортировочными).

Статья получена 17 января 2017.

А.Е. Китаев – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: arsenyars@yandex.ru)

И.И. Миронова – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: mironova-ii@yandex.ru)

А.И. Погодаева – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: alexandrapogodaeva.08@gmail.com)

Д.А. Соколов – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: sokolov_d_a@inbox.ru)

Е.К. Гусева – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: gusevaelizavetak@gmail.com)

ми). Практически все станции включают в себя офисы и технические помещения, а также станционные пути. Пассажирские станции включают в себя вокзалы и станции. Локомотивные депо, в свою очередь, тоже включаются в состав станционной инфраструктуры в ключевых узлах железнодорожной сети.

В рамках данной статьи рассматриваются ключевые аспекты развития железнодорожных станций в современных условиях, включая технологические и социально-экономические аспекты, а также формируется новый взгляд на концепцию развития железнодорожных станций по всему миру, обозначенный как «железнодорожная станция 2.0». Наиболее ярко выраженными трендами в области развития станционных комплексов является повышение энергоэффективности и энергосбережения, а также развитие умных цифровых технологий.

В соответствии с государственной программой РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности», к 2020 году энергоёмкость ВВП страны должна снизиться на 40 % по сравнению с уровнем 2007 года [2]. Выполнение данной амбициозной задачи предполагается в том числе и за счёт внедрения инноваций в железнодорожной отрасли. Помимо этого, в Стратегии научно-технологического развития РФ в долгосрочной перспективе предполагается переход страны к «передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объёмов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» [3].

Настоящая статья устроена следующим образом. В разделе II выделяются основные тенденции, которые оказывают значительное влияние на долгосрочное развитие железнодорожной отрасли. В разделе III будут рассмотрены способы повышения эффективности на железнодорожных станциях, которые применяются на мировых железнодорожных станциях. В разделе IV будут проанализированы наиболее передовые технологии в области снижения энергозатрат, применяемые на железнодорожных станциях и на железнодорожном транспорте в целом. Затем, в разделе V, будут сделаны основные выводы по итогам представленного материала.

II. ТЕНДЕНЦИИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Создание и развитие энергоэффективных железнодорожных станций во многом является ответом на новые социально-экономические тренды, стимулирующие ключевых игроков отрасли внедрять адаптивные стратегии, извлекать максимальную выгоду из новых возможностей или пытаться снизить наиболее существенные социально-экономические риски.

Одной из основных тенденций, проявляющейся в мире в настоящее время, является увеличение уровня урбанизации, которое началось со второй половины 20 века. В 1950 году в городах проживало 30 % населения, в 2015 доля городского населения выросла уже до 54 %. По прогнозам Организации Объединенных Наций, (ООН), данный показатель достигнет 60 % и 66 % к 2030 и 2050 году соответственно. Вследствие данной тенденции будет наблюдаться рост экономической активности, увеличивая потребности в инновационной инфраструктуре различных отраслей. Тем не менее, в странах третьего мира данный тренд не получит значительного распространения в рассматриваемом горизонте. Поэтому в таких странах возникнет необходимость в соединении сельских местностей с городами, что, соответственно, приведет к росту объемов строительства железных дорог и железнодорожных станций, а также технологическому переоснащению существующих железнодорожных магистралей, оборудования и подвижного состава [11].

Второй общемировой тенденцией является повышение мобильности населения. Люди имеют все больше возможностей селиться на наиболее экологически благоприятных территориях, часто находящихся на значительном удалении от места их работы. Поэтому существует потребность в развитии соответствующей социальной и транспортной инфраструктуры, в частности, региональных железнодорожных станций и магистралей.

Более того, развивающиеся страны, вследствие устойчивых темпов экономического роста на протяжении двух десятилетий, имеют возможности привлекать значительные объемы зарубежных инвестиций во внутренние проекты. Повышение инвестиционной активности позволяет производить улучшение транспортной инфраструктуры данных регионов мира, как за счет государственных вложений, так и за счет коммерческих предприятий.

Одним из наиболее глобальных социально-экономических трендов в настоящее время является рост численности среднего класса в развитых и ведущих развивающихся странах [11]. Данная тенденция проявляется в повышении уровня благосостояния основных слоев населения, вследствие чего предъявляются повышенные требования к ключевой инфраструктуре, в том числе и к обустройству железнодорожных станций. Стоит также заметить, что тенденция увеличения численности населения приводит к ускорению процесса

истощения природных ресурсов на фоне увеличения средней трудоемкости основных технологических процессов при добыче полезных ископаемых, роста загрязнения окружающей среды и побочных отходов вследствие деятельности добывающей промышленности. Вследствие этого, в ведущих энергоемких секторах экономики начинают внедряться инновационные энергоэффективные решения, в том числе и с применением высоких технологий.

Ключевой тенденцией для отраслей B2C является развитие информационных технологий и повышение доступности информации, вследствие чего наблюдается общемировой бум в развитии онлайн-продаж, позволяющих клиентам совершать покупки дистанционно. Компании имеют возможность оказывать международные услуги и продавать товары, не имея складских мощностей в стране клиента. Доставка международных грузов также требует развития транспортной инфраструктуры.

Мы живем в эпоху больших данных, когда становится доступен все больший объем информации для сбора, хранения и обработки. Большие данные имеют крайне высокую ценность при разработке стратегии по привлечению клиентов, сокращению рисков или издержек сбыта или производства. Интеграция огромных массивов информации уже сейчас способствует оптимизации принятия решений на корпоративном и государственном уровнях, включая ведущие сектора экономики – авиацию и космос, нефтегазовую промышленность, ритейл, финансовые и банковские услуги и пр.

III. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Развитие новой модели железнодорожной станции требует применения междисциплинарного подхода, включающего как технологический, так и рыночный аспект. Железнодорожная станция 2.0 должна являться коммерчески выгодным инвестиционным проектом, удовлетворяющим основным критериям эффективности. На данный момент существует несколько способов измерения эффективности функционирования железнодорожной станции [12]:

- 1) Данные о пассажирах (количество пассажиров, которые произвели посадку в поезда; количество пассажирских вагонов);
- 2) Количество платформ;
- 3) Объекты совместного пользования;
- 4) Финансовые и экономические показатели: общие операционные издержки, общая операционная прибыль, прибыль от пассажирских перевозок, прибыль от грузовых перевозок и пр.

Также в современной практике железнодорожной отрасли получили развитие несколько базовых индексов размера и масштаба станции для определения эффективности ее деятельности [10]:

- использование активов;

- использование человеческих ресурсов;
- эксплуатационные характеристики;
- финансовые показатели.

В *Таблице 1* представлены примеры данных показателей.

Необходимо проводить глубокий анализ данных показателей в динамике, проводя бенчмаркинг с другими компаниями. Использовать только сравнение показателей за разные периоды методологически некорректно, поскольку упускается из внимания изменение общих условий функционирования отрасли: например, изменение учетной политики или стандартов финансовой отчетности, организационные изменения в компаниях и т.д. Но и применять только сравнение между компаниями также неверно, так как сначала необходимо стандартизировать данные разных компаний. Более того, нужна нормализация данных из-за наличия эффектов масштаба. В железнодорожных компаниях размер и масштаб имеют огромное влияние на восприятие степени эффективности. Таким образом, использование ограниченного количества показателей может исказить настоящую степень эффективности деятельности железнодорожной станции.

Имеет огромную важность среда функционирования железнодорожной компании, поэтому стоит аккуратно сравнивать показатели, достигнутые различными компаниями. Например, трансформация железнодорожного сектора в Нидерландах, которая началась в 1990-е годы, привела к исчезновению вертикально интегрированных компаний. Вся работа по техническому обслуживанию переводилась на аутсорсинг. Как результат, у одной из компаний затраты по обслуживанию активов существенно выросли. Однако, главные причины повышения затрат напрямую связаны не с технической неэффективностью или аутсорсингом, а с изменяющимися обстоятельствами (более жесткие правила безопасности, ночные работы).

Если использовать описанный выше подход, то результаты будут не совсем корректными. Помимо всего этого надо учитывать показатели, которые могут повлиять на эффективность, а также ранжировать показатели

эффективности по значимости. Поэтому чаще всего используется эконометрическое моделирование.

При оценке эффективности важную роль играют экзогенные показатели затрат. Например, частные железнодорожные компании США, Мексики и Канады вертикально интегрированы; они конкурируют с частными компаниями других стран. Считается, что первые работают эффективно, однако их экзогенные факторы отличаются от других стран, таких как Европа, например, где большая часть компаний принадлежит государству [10].

Рассмотрим различные структурные и организационные изменения, которые необходимо провести для более эффективной работы железнодорожных станций [12].

Во-первых, стоит обратить внимание на структурные изменения, которые подразумевают постепенный отказ от полностью вертикально интегрированной железнодорожной структуры. Подразумевается, что доминирующих операторов станции должно быть несколько. В США, Канаде и Японии один оператор полностью контролирует железнодорожную инфраструктуру. В то время как Евросоюз пытается уйти от вертикально интегрированной инфраструктуры.

Во-вторых, необходимо поменять форму собственности железнодорожных станций: от полностью общественной к частной. Американские и канадские грузовые железные дороги сейчас являются полностью частными. Однако большинство европейских железных дорог имеют государственный титул собственности.

В-третьих, важную роль играют «правила игры», которые приводят к изменению стимулов для менеджмента в компаниях. Например, в США дерегулирование деятельности железных дорог позволило грузовым железным дорогам напрямую работать с грузоотправителями, устанавливать тарифные ставки и предоставлять услуги, которые необходимы грузоотправителям, без вмешательства государства. Таким образом, смена «правил игры» приводит к тому, что руководство имеет большую свободу в принятии решений и берёт на себя ответственность по контролю расходов и/или максимизации прибыли, что, в свою очередь, сказывается на их стимулах к добросовестной работе.

Таблица 1 – Примеры показателей эффективности железнодорожной станции

Использование активов	Использование человеческих ресурсов
<ul style="list-style-type: none"> Отношение «Количество транспортных единиц/Протяженность железнодорожных путей» 	<ul style="list-style-type: none"> Количество сотрудников, задействованных в управлении операционной деятельностью Количество сотрудников, задействованных в обслуживании активов Общие затраты на персонал по подразделениям
Эксплуатационные характеристики	Финансовые показатели
<ul style="list-style-type: none"> Затраты на текущий ремонт в расчете на единицу актива Операционные затраты в расчете на 1 доллар стоимости активов 	<ul style="list-style-type: none"> Выручка Затраты Суммарная стоимость активов Операционные и капитальные затраты Инвестиции (привлеченный капитал) Отношение «Задолженность/EBITDA»

Одной из основных внедренных на данный момент эффективных систем на железнодорожных станциях является система IRVS², которая оценивает потенциальный риск и меру устойчивости функционирования системы защиты для снижения воздействий катастроф различного характера (терроризм, пожары, наводнения и т.д.), а также анализирует необходимые меры по восстановлению в местах массового скопления людей: на транспортных станциях, в тоннелях и зданиях [13].

Информация, которая собирается этой системой, может быть использована для того, чтобы:

- Определять, собирать и хранить данные об уязвимости системы, которые способствуют повторному рассмотрению степени риска и разработке защитных мер;
- Присваивать ранг уязвимости для данной транспортной системы, то есть в своем значении отражать, какие станции могут быть более подвержены риску и требуют более высокой степени защиты;
- Определять и ранжировать риски на отдельной станции с целью выделения потенциальных ресурсов для снижения уязвимости транспортной системы с минимальными затратами;
- Оценивать экономические и социальные последствия в случае зависимости транспортной системы станций от катастрофических событий;
- Определять меры безопасности, которые должны быть немедленно реализованы во время катастроф;
- Определять повышенные риски во время проведения специальных мероприятий, которые влияют на пиковые потоки станции, чтобы правильно планировать и внедрять защитные меры.

Формула для расчета риска:

$$\text{Risk} = C \times T \times V, \text{ где}$$

C = Consequences Rating – рейтинг последствий: здоровье и безопасность населения, экономический ущерб

(затраты на восстановление активов, стоимость реагирования и восстановления после события) и косвенный ущерб (расходы, связанные с порчей товаров или возможностей предоставления услуг, долгосрочные издержки от ущерба окружающей среде), психологический эффект – возможные изменения в отношении общества к безопасности.

Рейтинг последствий включает в себя следующие оценки характеристик станции:

- Количество путей;
- Количество уровней станции;
- Высота станции;
- Максимальный пассажиропоток в день;
- Расположение станции;
- Ближайшие, прилегающие транспортные системы, места общего пользования;
- Культурная, историческая или иная ценность;
- Физические потери на станциях и путях;
- Влияние на общество;
- Расчетное время простоя после катастрофы.

T = Threat Rating – рейтинг угрозы: природные или техногенные явления, которые наносят вред жизни, информации, окружающей среде и имуществу.

Рейтинг угрозы включает в себя следующие оценки характеристик станции:

- Расположение станции;
- Максимальный пассажиропоток в день;
- История предотвращенных, реализованных и планируемых террористических атак на станциях и путях;
- Культурная, историческая или иная ценность;
- Значение данного транспортного узла;
- Количество аварийных и основных выходов;
- Количество зон общественного пользования;
- Существующие защитные меры;
- Доступность других транспортных средств;
- История наводнений.

V = Vulnerability Rating – рейтинг уязвимости: любая уязвимость системы, которая может быть использована

² Integrated Rapid Visual System – интегрированная визуальная система быстрого реагирования

агрессором, чтобы сделать актив более подверженным повреждениям:

- Расположение станции;
- Архитектура;
- Вентиляция;
- Система защиты от пожара;
- Источники освещения;
- Осуществляемая охрана объектов;
- Виртуальная инфраструктура;
- Оперативность системы безопасности.

Переход от автотранспортных перевозок к железнодорожным, безусловно, приводит к уменьшению выбросов углекислого газа. Каждая тонна грузов, перевезенная железнодорожным транспортом, снижает уровень выбросов углекислого газа на 76 % по сравнению с автотранспортным способом грузоперевозки. Объем выбросов от всех железнодорожных перевозок составляет всего 2 % выбросов от всего наземного транспорта [14].

Несмотря на то, что имеется большой опыт внедрения инновационных технологий для повышения эффективности в области грузовых железнодорожных перевозок, высокие постоянные затраты в течение длительного периода времени и большая длительность технологического и инновационного цикла в отрасли представляют собой проблему для гибкого реагирования на изменяющиеся потребности рынков.

Как уже было сказано выше, происходят структурные изменения на железнодорожном грузовом рынке: меняется структура потребления в связи с ростом интернет-коммерции и укороченными сроками поставки. Необходимо реагировать на эти вызовы и внедрять инновации. Британская компания Colas Rail, например, модифицировала ранее используемые вагоны, осуществив доос-

Таблица 2 - Сектора, в которых в ближайшие 3 года планируется увеличение количества энергоэффективной инфраструктуры

Сектора	Процент респондентов, которые ответили, что данный сектор является одним из приоритетных				
	Коммерческая инфраструктура	Мексика 65%	Колумбия 59%	Китай 55%	Сингапур 53%
Государственная инфраструктура	Сингапур 48%	США 46%	Саудовская Аравия 42%	Китай 40%	Германия 39%
Модернизация существующей инфраструктуры	Сингапур 55%	Мексика 46%	Бразилия 47%	Великобритания 44%	США 43%

Энергоэффективные технологии, вне всякого сомнения, способствуют защите окружающей среды. В первую очередь, уменьшается потребление энергии. Более того, сохраняются природные ресурсы и уменьшается потребление воды. Помимо этого, сокращаются выбросы углекислого газа и загрязняющих веществ в биосферу, улучшается качество воздуха.

Основными преимуществами внедрения энергоэффективных или «зеленых» технологий являются [9]:

- 1) Снижение операционных издержек (например, затрат на энергоресурсы);

наращение вагонов собственным источником питания с контролируемой температурой для перевозки грузов с освещением вне зависимости от состояния окружающей среды.

Одной из ключевых энергетических инноваций в железнодорожной отрасли – это внедрение альтернативных видов топлива, которые обладают более экологичными характеристиками по сравнению с традиционными дизельными топливами и выработкой электроэнергии. Например, биотопливо, водородные элементы. Некоторые страны уже работают над внедрением биотоплива. Так, Департамент транспорта Великобритании поддерживает создание биотопливной промышленности Великобритании путем присуждения грантов, а также планирует построить три завода по его производству в среднесрочной перспективе.

Актуальность внедрения энергоэффективных технологий на железнодорожных станциях также подтверждает уникальное исследование, проведенное в 13 странах по всему миру. В ходе него экспертов-респондентов спрашивали, в какой сектор они бы осуществляли инвестиции в ближайшие 3 года, с тем, чтобы увеличить его энергоэффективность [9]. В целом по миру большинство экспертов ответили, что в секторе коммерческой инфраструктуры энергоэффективность будет расти быстрее, чем в других секторах. На втором месте находится сектор государственной инфраструктуры, к которому в частности можно отнести железные дороги в случае, если они государственные (как в РФ). Для некоторых стран приоритетом является модернизация существующей инфраструктуры. Результаты опроса приведены в *Таблице 2*.

- 2) Документация и сертификация, гарантирующая качество;
- 3) Обучение населения основам устойчивого развития;
- 4) Возможность продажи данных технологий по высокой цене;
- 5) Будущая востребованность активов;
- 6) Период окупаемости инвестиций в «зеленые» технологии меньше, чем в традиционные (средний период окупаемости составляет примерно 8 лет);
- 7) Увеличение стоимости активов.

Также существуют барьеры, препятствующие внедрению технологий энергосбережения [9]:

- 1) Высокие первоначальные затраты;
- 2) Недостаточная информированность общества;
- 3) Недостаточная поддержка со стороны государства;

- 4) Разница между капитальными и эксплуатационными затратами слишком велика;
- 5) Недостаточное количество специально обученного персонала;
- 6) Проблема ограниченного предложения;
- 7) Недостаток рыночного спроса.

Таблица 3 – Распределение основных барьеров внедрения зеленых технологий по странам

Барьеры	Количество стран, для которых данный барьер является одним из основных	Процент респондентов, которые ответили, что данный барьер является одним из основных				
		США	Колумбия	Мексика	Китай	Германия
Высокие первоначальные затраты	11	70%	67%	54%	60%	52%
Недостаточная информированность общества	8	Индия 48%	Колумбия 45%	Бразилия 41%	Южная Африка 37%	Мексика 38%
Недостаточная поддержка со стороны государства	6	Колумбия 60%	Польша 41%	Бразилия 39%	Мексика 38%	Индия 35%

Основными стимулами к внедрению «зеленых» технологий в Германии, Польше и Англии являются [9]:

- 1) Наличие достаточного рыночного спроса для текущей емкости рынка;
- 2) Регулирование в сфере окружающей среды;
- 3) Снижение долгосрочных издержек;
- 4) Снижение операционных издержек;

- 5) Высокая ценность энергоэффективного сооружения как актива.

Также стоит отметить, что большинство потенциальных инвесторов считают, что период окупаемости новой «зеленого» сооружения небольшой степени конструкционной сложности составляет не более 5 лет. Результаты исследования приведены на *Рисунке 1*.

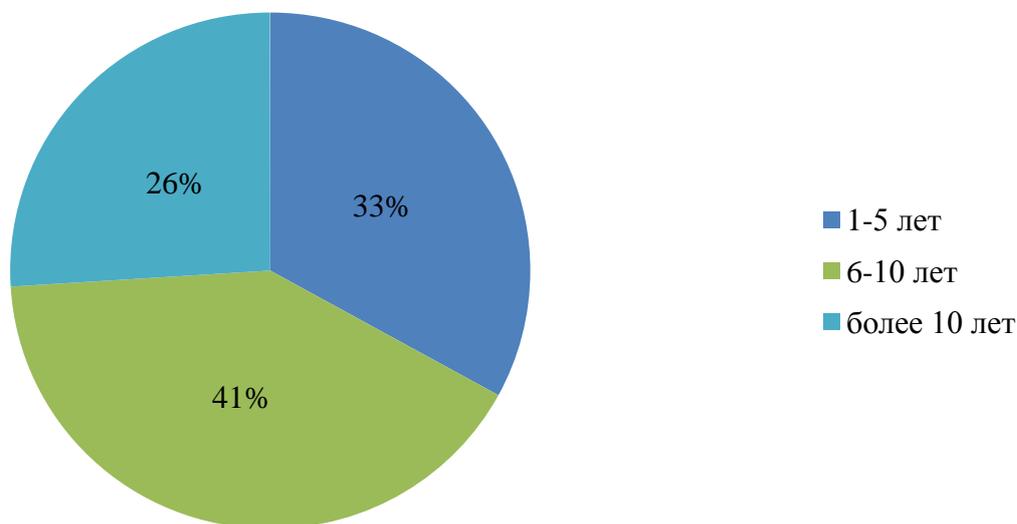


Рисунок 1 – Период окупаемости нового «зеленого» сооружения

IV. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Применение новых технологий в сфере моделирования при проектировании зданий является одним из основных инновационных решений для повышения энергоэффективности железнодорожной станции. Многие новые станции спроектированы с высокими коэффициентами площади окон к площади стен, большими от-

крытыми пространствами, требующими значительное количество вспомогательных сооружений и оборудования (лестницы, подъемы, лифты, кондиционеры) [7].

Конструктивные особенности воздействия различных элементов проектирования на экономию энергии, окружающую среду и комфорт пассажиров можно увидеть в *Таблице 4*.

Таблица 4 – Элементы проектирования, влияющие на энергоэффективность

Предмет	Общие характеристики дизайна	Энергетический и экологический эффект	Влияние на комфорт пассажира
Общая компоновка	Уменьшение интервалов между поездами Уменьшение времени ожидания пассажиров Комбинирование залов ожидания	Большие потери тепла Серьезная нагрузка систем кондиционирования Крупные потери тепла	Частые изменения качества и температуры воздуха в помещениях на станции
Архитектура	Большие помещения с высокими потолками Часто используется сталь Естественный дизайн освещения	Большие нагрузки на систему кондиционирования из-за больших размеров помещений Большое количество окон приводит к увеличению использования солнечной энергии	Трудно поддерживать комфортный уровень кондиционирования
Система нагрева, охлаждения и кондиционирования	Системы рекуперации тепла используют свежий воздух	Использование выхлопов могло бы сэкономить до 60% энергии	Отсутствие надлежащей чистки оборудования снижает его эффективность
	Комбинированное устройство охлаждения, нагрева и генерации энергии (большинство станций не применяют)	Применение этих технологий могло бы увеличить энергетическую эффективность	-
Освещение	Большинство станций оснащены энергосберегающими лампами (включая LED) Применяются интеллектуальные системы освещения	Постоянное использование освещения увеличивает потребление энергии	Для освещения существуют строгие требования к безопасности
Эскалаторы	Большинство станций оборудовано эскалаторами	Увеличенное потребление энергии	-
Распределение энергии и использование возобновляемой энергии	Некоторые станции применяют технологии возобновляемой энергетики (в первую очередь, солнечные панели)	Незначительно снижение потребляемой энергии Лишние конструкции/установки	-

Кроме того, выбор между эффективностью использования пространства и эффективным энергопользованием на узловых (хабовых) станциях имеет решающее значение.

Компактные узловые станции преимущественно вертикального развития эффективнее в экстремальных климатических условиях, поскольку их дизайн позволяет справиться с различными температурными режимами; однако такие станции имеют большую нагрузку, связанную с обеспечением систем освещения, так как данный тип станций ограничивает поступление дневного света. Эти станции также потребуют дополнительных затрат энергии на вертикальную транспортировку грузов и пассажиров.

В умеренном климате более эффективными являются станции горизонтального развития, поскольку они позволяют расширить зону естественного освещения.

Таким образом, чтобы добиться эффективного использования энергии в зданиях вокзалов, необходимо начать с эффективного дизайна здания путем оптимального проектирования, монтажа и эксплуатации.

Более того, одним из важных факторов при проектировании станции является архитектура здания, где необходимо учитывать следующие аспекты [7]:

1. Размер здания – требуется точно определить проходимость станции, т.к. недостаточные размеры могут стать причинами проблем с безопасностью, скоростью и комфортом из-за скопления людей, а

избыточные площади будут более энергозатратными. Позволяет уменьшить энергозатраты без потерь безопасности при правильном расчете размеров;

2. Форма здания – в экстремальном климате – компактные вертикальные станции; в умеренном климате – станции горизонтального типа;
3. Местоположение – должны быть учтены пассажиропотоки, трансфер пассажиров до вокзала (такси, метро, автобус и т.д.). При оптимальном распределении трансфера пассажиров возможно сократить потребление энергии;
4. Максимальное использование природного освещения и вентиляции;
5. Отношение «Стены/Окна». В холодных районах большее количество окон повышает потребление энергии за счет потерь тепла;
6. Теплоизоляция стен и стеклопакетов.

Также для того, чтобы сократить потери тепла и энергии, необходимо разработать устойчивую систему распределения энергии, которая позволит противостоять глобальному вызову, заключающемуся в росте цен на энергоносители для конечных потребителей, и улучшить комфорт пассажиров [7]:

1. Высокоэффективные трансформаторы с низким уровнем энергопотерь;
2. Аккумуляторы повышенной ёмкости, которые можно использовать во время пиков энергопотребления. Данный способ позволит нивелировать влияние пиков в энергосистеме;
3. Измерители потребления энергии. Они используются для контроля пиков и спадов потребления энергии; позволяет снизить потребление энергии на 15-30 %.

Существуют также инновационные технологии, которые позволят достичь минимальных потерь энергии, и сократить издержки на ее использование, с помощью интеллектуальных систем контроля поддержки комфортных условий в помещении.

Одной из таких систем является HVAC System³ – система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [7]:

1. Высокоэффективные системы охлаждения и нагрева воздуха – выбор системы зависит от типа топлива (газ или электричество), а также от типа охлаждения двигателя (водо- или воздухоохлаждаемый);
2. Изменяемая система вентиляции и контроля воздуха – система вентиляции с возможностью адаптации под изменяющиеся внешние условия;
3. Система рекуперации тепла. Рекуперация тепла играет важную роль в фильтрации отработанного

воздуха и рекомендуема к установке на большинстве станций;

4. Перемещение системы подачи и вытяжки воздуха. Она позволяет в тёплые сезоны использовать свежий воздух и снижает затраты энергии на 10 % в теплые сезоны;
5. Высокоэффективные отдушины (вентиляционные отверстия) позволяют улучшить эффективность вентиляции воздуха и упростить обслуживание. Экономия энергии зависит от конструкции вентиляции;
6. Контроль температуры в помещении. Изменение температуры на 1 градус по Цельсию ближе к температуре окружающей среды позволяет сэкономить около 6 % энергии;
7. Материал для труб. Правильный выбор материала для труб позволит увеличить срок их службы и снизить затраты на обслуживание.

Также энергоэффективным является контроль системы освещения, в том числе:

1. Энергосберегающие источники освещения – лампы T8 в офисах, в низких местах станции – компактные флуоресцентные лампы, в высоких – галогеновые светильники;
2. LED⁴ – светодиодные лампы. Использование светодиодных ламп увеличивает эффективность освещения, но повышает затраты. Подходит как для высоких, так и для низких помещений;
3. Энергоэффективные покрытия и аксессуары – большое количество зеркальных поверхностей для повышения эффективности освещения;
4. Интеллектуальный контроль освещения – контроль, основанный на датчиках движения/освещенности, может быть связан с системой расписания поездов.

Более того, на многих железнодорожных станциях существует контроль системы эскалаторов, в том числе [7]:

1. Контроль количества работающих эскалаторов в зависимости от загруженности: позволяет повысить энергосбережение энергии на 14%;
2. Контроль скорости эскалаторов – отключение или замедление неиспользуемых эскалаторов. Для определения присутствия людей используются датчики движения

³ Heating, Ventilation, and Air-Conditioning System and Control

⁴ Light-emitting diode

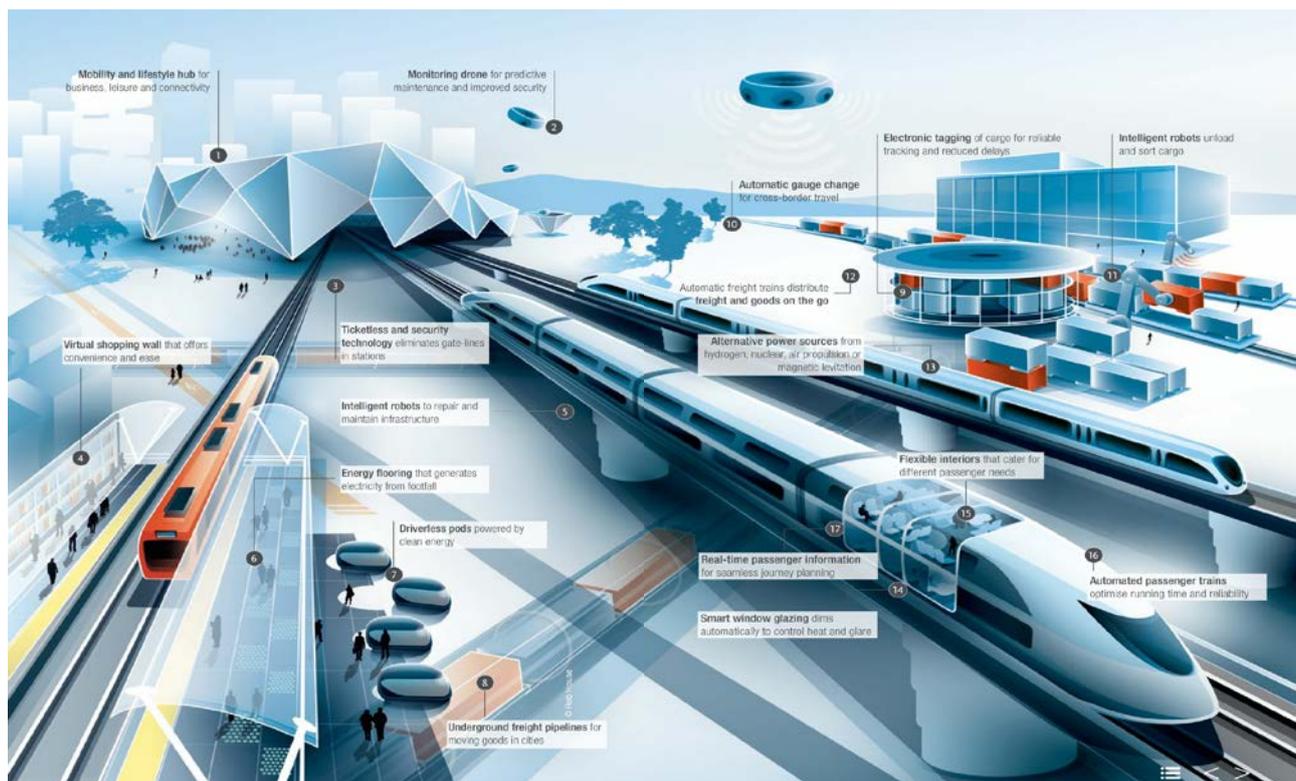


Рисунок 2 – Области совершенствования железнодорожных станций в период до 2050 года

При строительстве станции и при проектировании транспортных путей необходимо учитывать все ключевые экологические параметры, разработать программу применения возобновляемых источников энергии и материалов для снижения выбросов в атмосферу (Рисунок 2).

Помимо конструкторских решений на многих железнодорожных станциях используются инструменты для прогнозирования возможных расходов энергии. Одним из них является система EFFECT⁵ – инструмент прогнозирования расходов энергии и выбросов [6].

Инструмент для прогнозирования расходов энергии и выбросов парниковых газов – модель, сделанная с целью повышения экологической защиты и сокращению издержек за счет уменьшения расходов энергии, разработанная Всемирным банком в процессе работы над анализом энергетики Индии.

EFFECT прогнозирует выбросы парниковых газов при заданных сценариях, а также рассчитывает энергетический баланс и количество потребляемой/производимой энергии в каждом секторе. Также эту систему можно использовать и для отдельных секторов. Полученные результаты прогнозирования позволяют правильно спланировать наиболее экологичное и экономичное энергообеспечение сектора.

Наиболее часто используемым способом снижения выбросов в окружающую среду является использование возобновляемой энергии, что позволяет отвечать на

глобальные вызовы по экологическим требованиям в железнодорожной отрасли и развивать альтернативную энергетику [6]:

1. Солнечные батареи – используются в районах с высокой инсоляцией, имеют долгий (10 лет) срок окупаемости, но низкие расходы на подержание;
2. Солнечные водонагреватели – большие баки с водой, устанавливающиеся на крыше, для предварительного нагрева воды в районах с достаточно высокой температурой воздуха;
3. Ветроэнергетические установки.

Интеллектуальное управление зданием является центральным элементом для энергоэффективной станции, формируемой в рамках концепции железнодорожной станции 2.0. Система автоматизации здания контролирует большинство процессов, позволяя улучшить их эффективность и снизить потребление энергии на 40-45 %. Большинство современных систем только проводит мониторинг процессов, но не управляет ими и не автоматизирует основные аналитические операции.

Конкурентные преимущества системы интеллектуального управления заключаются в следующем [6]:

- 1) Уменьшение операционных расходов, потребления энергии и загрязнения воздуха;
- 2) Повышение комфорта в здании;
- 3) Уменьшение потерь энергии;
- 4) Более эффективное использование инвентаря;
- 5) Уменьшение стоимости починки и замены оборудования.

⁵ Energy Forecasting Framework and Emissions Consensus Tool

Поэтому правильно разработанная и управляемая система интеллектуального контроля – важнейший элемент для формирования энергоэффективной станции.

Исследования показывают, что интеллектуальные системы управления имеют наибольший удельный вес в годовой экономии энергии (Таблица 5). Тем не менее,

Таблица 5 – Влияние различных мероприятий на энергосбережение

Мера	Инвестиции (тыс. €)	Сбережение энергии (мегаватт-час в год)	Сокращение выбросов углекислого газа (тонн)
Интеллектуальное управление воздушным блоком	46	873	140
Оптимизация системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на основании заполняемости в режиме реального времени	6	115	21
Оптимизация заданных температурных значений	21	402	64
Совершенствование системы автоматического управления котлом, уменьшение потерь тепла	4,5	96	22
Оптимизация управления освещением	8	133	11
Внедрение экологических стандартов в работу персонала	6	84	н/д

Также есть возможность по расширенному контролю зон: внутреннее освещение, затенение, многозонный климат-контроль и комплексное интеллектуальное управление. Однако данное решение еще не получило широкого распространения, и возможные последствия от его внедрения пока не выявлены.

Сейчас зарождается интерес к более инновационным и прорывным технологиям, которые в будущем будет возможно применять с целью энергосбережения на железнодорожных станциях и вокзалах. К ним относятся BIM⁶ и информационные активы [15].

Стратегия BIM является всеобъемлющей, так как она включает всю информацию о предоставляемых железнодорожных и информационных услугах для обслуживания потребностей компаний в поддержке планирования сетевых моделей для принятия решений [17].

Система включает в себя несколько направлений:

1. Сокращение затрат за счет ведения общих стандартизированных электронных систем, основанная на общих данных и способах обработки и использования различных элементов;

эффективность системы управления зависит и от подготовки специалистов. Обучение требует дополнительных инвестиций, но это является необходимым условием для достижения максимальной пользы от системы управления.

2. Оптимизация ведения железнодорожного цикла, то есть программа формирует эффективную систему поставок и распределяет железнодорожную сеть.

Данная система позволяет оптимизировать использование электроэнергии в здании железнодорожной станции, что позволит сократить операционные затраты и повысить эффективность использования энергетических ресурсов.

Также сейчас активно развивается система IoT⁷ – промышленный интернет вещей [16]. Данная система поможет осуществить мониторинг и контроль окружающей среды. Помимо этого, она помогает снизить затраты энергии, так как многие устройства IoT и датчики не нуждаются в непрерывном подключении к сети. При использовании данной системы датчики контроля окружающей среды, например, будет находиться в режиме ожидания большую часть времени, и активизироваться только на короткие промежутки для передачи накопленной информации. Более того, данным датчикам не нужны батарейки, так как они используют энергию от естественного света.

⁶ Building Information Modeling

⁷ Industrial Internet of Things

Подобные датчики могут быть установлены на различных устройствах, потребляющих энергию, данные устройства будут своего рода «социальными машинами», постоянно обменивающимися критически важной информацией о своих текущих состояниях и постоянно взаимодействующие друг с другом в течение долгого времени. Данные о состоянии устройств будут поступать в специализированный центр обработки информации, где будет происходить процесс поиска критических точек для возможной оптимизации энергозатрат на железнодорожной станции.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Применение инновационных концепций при планировании архитектуры и дизайна зданий железнодорожных станций и вокзалов, улучшений конфигураций пассажирских и грузовых платформ, внедрение энергоэффективного и энергосберегающего оборудования является частью современной тенденции в железнодорожной отрасли, которую можно охарактеризовать как переход к железнодорожной станции 2.0.

Железнодорожная станция 2.0 – это «умная» станция. Так, недалеком будущем ожидается развитие интеллектуальных систем энергосбережения при стоянке поездов, частично основанных на технологиях smart grid («смарт-грид»). Умные системы климат-контроля и вентиляции, использующие информацию о прогнозе погоды на несколько дней вперед для оптимизации энергопотребления; «зеленые» центры обработки данных для нужд железнодорожной отрасли, которые работают преимущественно на возобновляемых источниках энергии; интеллектуальные системы управления освещением, эскалаторами и другим оборудованием железнодорожной станции – эти и множество других умных технологий будут использоваться для станционных комплексов в средне- и долгосрочной перспективе [8].

Проблема энергоэффективности и энергосбережения является объектом внимания и со стороны ОАО «Российские железные дороги» (РЖД). Так, компанией была принята Энергетическая стратегия до 2015 года и на перспективу до 2030 года [4]. В Программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «РЖД» на 2016-2018 годы [1] содержится целый перечень мероприятий по улучшению энергоэффективности стационарной инфраструктуры компании, в том числе и железнодорожных станций со всеми типами активов и бизнес-процессов, задействованных в них. Тем не менее, дальнейшие направления исследований в данной области могли бы быть направлены на выделение железнодорожных станций в самостоятельную бизнес-единицу с позиций энергетического обеспечения, а

также разработку стратегии и программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности стационарной инфраструктуры ОАО «РЖД» на средне- и долгосрочную перспективу.

Еще одним направлением дальнейшего исследования могла бы стать комплексная оценка энергоэффективности российских железнодорожных станций, в сравнении с зарубежными, на основе научно обоснованного перечня критериев.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «РЖД» на 2016-2018 годы: [Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 29 апреля 2016 года N 807р.]. – 2016.
- [2] Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р]. – 2010.
- [3] Стратегия научно-технологического развития России до 2035 года: [Утверждена Указом Президента РФ от 01.12.2016 N 642]. – 2016.
- [4] Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года: [Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 15 декабря 2011 г. № 2718р.]. – 2011.
- [5] ARUP. (2015). Future of Rail 2050.
- [6] Asian Development Bank. (2015). Green City Development Tool Kit. Mandaluyong City, Philippines.
- [7] Asian Development Bank. (2015). Improving energy efficiency and reducing emissions through intelligent railway station buildings. Mandaluyong City, Philippines.
- [8] Database for Energy Efficiency Technologies and related Projects for Railways. URL: <http://www.railway-energy.org/tfee/index.php?ID=200>. Дата обращения: 12.01.2017.
- [9] Dodge Data & Analytics. (2016). World Green Building Trends 2016: Developing Markets Accelerate Global Green Growth. SmartMarket Report.
- [10] Makovsek, D., Benezech, V., Perkins, S. (May 2015). Efficiency in Railway Operations and Infrastructure Management. Summary and Conclusions of the Roundtable on Efficiency in Railway Operations and Infrastructure Management. Discussion Paper.
- [11] RICS. (2015). Our changing world: let's be ready.
- [12] Thompson, L., Bente, H. (December 2014). What is Rail Efficiency and How Can It Be Changed? Efficiency in Railway Operations and Infrastructure Management (стр. 2014-23). Discussion Paper.
- [13] U.S. Department of Homeland Security. (March 2011). Integrated Rapid Visual Screening of Mass Transit Stations. BIPS 02.
- [14] UK Department for Transport. (2016). Rail Freight Strategy.
- [15] Wilson, T., Yariv, B. (March 2015). Station Design Principles for Network Rail. Network Rail, BLDG-SP80-002.
- [16] Куприяновский В. П., Суконников, Г. В., Бубнов, П. М., Карасёв О.И., Синягов, С. А., Намиот, Д. Е. Цифровая железная дорога: прогнозы, инновации, проекты //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9.
- [17] Куприяновский В. П. и др. Цифровая экономика-«Умный способ работать» //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2.
- [18] ОАО «РЖД», ГК «РОСНАНО». Нанотехнологии на железнодорожном транспорте. URL: http://www.rusnano.com/upload/images/download/ROSNANO_RZD_brochure.pdf. Дата обращения: 12.01.2017

Railway station 2.0: a new pattern for the development of the digital railway

Arsenii Kitaev, Irina Mironova, Alexandra Pogodaeva, Dmitry Sokolov, Elizaveta Guseva

Abstract — The article addresses the aspects linked with the new concept of railway station, based on the smart technologies, and a significantly lower level of energy consumption. Railway station 2.0 is a part of digital railway concept in response to increasing level of urbanization, high population mobility and investment activity in developing countries and the growth of the middle class. The article discusses innovative technologies that improve energy efficiency and level of digitalization, applied by railway stations of Europe, USA, China and Japan. A set of noted innovations are at an early stage of implementation in Russia. Special attention is paid to commercial and financial aspects of modern railway stations. The article may be of interest to the design engineers of railway stations, the top management of rail companies, transport and railway authorities.

Key words — Digital economy, Digital railway, Railway station 2.0, Smart railway station, Energy efficiency, Energy conservation.