

В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук, М. А. МАСЛОВСКАЯ, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЕЕ РАБОТЫ

Приводятся основные факторы, влияющие на электрификацию железных дорог: рельеф местности, наличие систем энергоснабжения, размеры перевозок на железной дороге и темпы их роста, стоимость электроэнергии и дизельного топлива. Подчеркнута необходимость развития транспортных связей между регионами, прогнозирование объемов перевозок грузов по железной дороге, формирование сети электрифицированных железных дорог, учитывающей условия и особенности электрификации в Республике Беларусь.

**В**ажную роль в повышении эффективности работы железнодорожного транспорта и снижении экологической нагрузки на окружающую среду играет электрификация железной дороги. Она направлена на повышение качества обслуживания пассажиров и конкурентоспособности на внутреннем и международном рынках транспортных услуг. По сравнению с тепловозной тягой электрическая имеет ряд преимуществ:

- сокращение расходов по оплате энергоресурсов для тяги поездов;
- увеличение технической и маршрутной скорости движения поездов, повышение весовых норм грузовых поездов;
- снижение выбросов вредных веществ в атмосферу; уменьшение загрязнений территорий депо и станций нефтепродуктами, снижение шумовой и вибрационной нагрузки от локомотивов и др.

Первый участок Белорусской железной дороги был электрифицирован в 1963 году. Полностью электрифицирована белорусская часть II Общеευропейского транспортного коридора Брест – Минск – Орша – Госграница с Российской Федерацией, а также часть IX Общеευропейского транспортного коридора Гудогай – Молодечно – Минск – Осиповичи – Бобруйск – Жлобин – Гомель. В настоящее время в Беларуси из 5,5 тыс. км железных дорог электрифицировано 1128,3 км, на электрифицированных участках выполняется 25 % грузооборота и 30 % пассажирооборота. В связи со строительством в Беларуси атомной станции электроэнергия подешевеет и преимущества электрической тяги проявятся в полной мере. Появится возможность полной электрификации основных направлений Белорусской железной дороги. Поскольку сразу это сделать невозможно, то следует рассмотреть этапность проведения электрификации железной дороги. Кроме того, Беларусь находится в полигоне электрифицированных железных дорог России, Украины и Польши, что указывает на актуальность электрификации.

Перевод железной дороги на электрическую тягу ускоряет и облегчает электрификацию промышленности, сельскохозяйственных районов, где проходит электрифицированная железная дорога. Электрификация повышает эффективность и качество работы железной дороги, уменьшает ее эксплуатационные расходы. Преимущества электрической тяги очевидны.

Электрификация – один из важнейших инвестиционных проектов Белорусской железной дороги. В настоящее время электрифицировано 20,5 % от всей ее длины. Как отметил министр транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, к 2030 году Беларусь завершит электрификацию основных грузонапряженных участков железнодорожной линии [1]. Уменьшение эксплуатационных расходов будет достигнуто за счет меньшей стоимости электроэнергии.

Общая протяженность железных дорог в мире составляет около 1 млн км, из них 30 % электрифицировано. При меньшей длине электрифицированные железные дороги выполняют 50 % грузовых перевозок; средняя грузонапряженность в три раза выше, чем на дорогах с тепловозной тягой.

Для введения электрической тяги необходимы капитальные вложения в постоянные устройства (тяговые подстанции, контактную сеть, внешнюю ЛЭП и др.), затраты в локомотивное хозяйство (реконструкцию депо, подвижной состав, электровозремонтные заводы), затраты в вагонный парк, расходы по доставке и производству топлива электростанций, затраты на путевое хозяйство.

На электрификацию железных дорог оказывают влияние: рельеф местности, наличие источников электроснабжения, стоимость дизельного топлива и электроэнергии, размеры перевозок и темпы их роста, наличие электрифицированных дорог в регионе и другие факторы. При электрификации необходимо определить: вид тока (постоянный или переменный), размещение тяговых подстанций, влияние размеров перевозок на участки электрификации, массу состава грузового поезда, типы локомотивов и другие показатели.

Электрическая тяга наиболее чувствительна к сложному рельефу местности, так как на участках преодоления расчетных подъемов имеет существенный выигрыш в скорости за счет большей (в два раза) расчетной скорости у электровоза, чем у тепловоза. Выигрыш в скорости на таких участках позволяет существенно уменьшить эксплуатационные расходы. В Республике Беларусь преобладает равнинный рельеф местности, поэтому выигрыш в скорости на расчетных подъемах незначительный.

Достаточно большая протяженность линий в России, электрифицированных на постоянном токе, является

ся следствием того, что в период массовой электрификации железных дорог (30–50-е годы XX в.) это была единственная система тока (напряжение в контактном проводе – 1,5 и 3 кВ), наиболее подходящая для практической реализации. Своим путем пошла Германия, создав систему тяги «нестандартного» переменного тока частотой 16 Гц и напряжением 15 кВ. В дальнейшем такая система получила распространение только в Европе (Австрия, Швейцария, Швеция и Норвегия). Япония использует электрификацию постоянным током с напряжением 1,5 кВ и переменным с напряжением 20 кВ для обычных линий; для Синкансэна (высокоскоростная сеть) – 25 кВ переменным током.

Распределение электрифицированных линий по системам электрической тяги в Европе следующее: переменный ток – 55,6 %, постоянный ток 41,8 %, другие системы – 2,6 % (2,8 тыс. км).

Учитывая инвестиции в стоимость оборудования и локомотивов, невозможно унифицировать электрифицированные линии всей Европы и перевести все системы хотя бы на классическую систему питания. Невозможно, потому что необходимо снабдить единицы тяги оборудованием для двух видов тяги (например, обеспечить переходы от 1,5 к 25 кВ), т.е. постепенно оборудовать сеть двойной цепной контактной сетью питания.

Исходя из экономических соображений, все новые высокоскоростные линии и новые направления традиционной (классической) сети сейчас оснащаются током в 25 кВ со всеми предусмотренными изменениями в габаритах и в сигнализации.

В СНГ, как и в Европе, по системе переменного тока (25 кВ, 50 Гц) электрифицировано 53 % линий, на постоянном токе – 47 % (3 кВ). Исключение: железные дороги Армении и Грузии электрифицированы полностью, а в Азербайджане электрическая тяга применена на 60 % линий (по протяженности) и выполняет 84 % объема перевозок.

По абсолютной протяженности электрифицированных железных дорог среди стран мира лидирует Россия (40,3 тыс. км, или 9 % от общей протяженности железных дорог мира).

Предполагается, что электрификация РЖД будет осуществляться в первой половине нынешнего столетия и далее преимущественно на переменном токе 25 кВ 50 Гц. Однако в отдаленной перспективе, по мере прогрессирующего развития силовой управляемой полупроводниковой техники, возможна постановка задачи применения для электрической тяги постоянного тока повышенного напряжения 24 кВ, для которого энергетическая эффективность в сопоставлении с тягой переменного тока может оказаться более высокой (по экономии энергии, КПД, электромагнитной совместимости).

В Республике Беларусь в настоящее время эксплуатационная длина электрифицированных участков дороги – 1128,3 км, в том числе на переменном токе – 1101,9 км, на постоянном – 26,4 км. Участки работают на переменном токе напряжением 27,5 кВ, 2×25 кВ и на постоянном токе напряжением 3,3 кВ. Развернутая длина имеющейся контактной сети – 3449,5 км [1].

Так как Беларусь расположена в полигоне использования электрической тяги на переменном токе (Россия, Украина, Польша), то этот вид тока целесообразно использовать и на Белорусской железной дороге.

Основными электроустановками при электрификации железных дорог являются тяговые подстанции, которые располагаются на расстоянии 40–50 км одна от другой при переменном токе, при постоянном токе – на расстоянии 20–25 км.

Тяговые подстанции размещаются на отдельных пунктах с путевым развитием. Так как Республика Беларусь характеризуется относительно равнинной местностью и большой плотностью размещения отдельных пунктов, то условия размещения тяговых подстанций соблюдаются и не составляют трудностей. В других странах (Великобритания, Франция, Испания, Швеция, Норвегия, Германия, восточная часть России и др.) обстановка другая: необходимо размещать тяговые станции в районах затяжных подъёмов, у вершин перевалов на горных линиях, на узловых и участковых станциях, для того чтобы облегчить условия их обслуживания, снизить капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

Случается так, что размеры перевозок невелики (до 24 пар поездов в сутки). Такая слабозагруженность характерна в настоящее время для некоторых регионов Республики Беларусь, Литвы, Латвии, России. В таких случаях электрификация железной дороги вообще нецелесообразна, но при непредвиденном падении объемов перевозок допускается обеспечение надежности питания тяговых подстанций как потребителей II категории (одностороннее питание, питание тяговых ПС от одной секционированной высоковольтной линии).

Электрификация Белорусской железной дороги предусматривает современное, надежное и безопасное оборудование. Например, внедрение современных систем управления, диагностики и мониторинга состояния оборудования в ближайшем будущем позволит обеспечить работу тяговых подстанций без обслуживающего персонала.

Одним из условий увеличения скорости движения поездов до 160 км/ч является использование современной контактной подвески. Применение новых технологий снижает эксплуатационные затраты и продлевает срок службы контактной сети.

Существенно влияют на электрификацию железной дороги размеры перевозок. Например, в России прогноз деятельности РЖД на 2030 год – увеличение интенсивности перевозок на БАМе в 10 раз, что в цифровом эквиваленте будет соответствовать 70 млн т·км. Причина такого существенного увеличения – разработка и освоение новых месторождений полезных ископаемых на территории Якутии, а также на других территориях Дальнего Востока. Прогнозируется также увеличение роста количества поездов пассажиров и связывается данный прогноз с такими показателями, как повышение уровня качества обслуживания на РЖД, усиление деловой активности граждан, рост финансовых доходов [2].

Исходя из грузонапряженности, участки Орша – Витебск – Полоцк – Бигосово (включая участок Полоцк – Новополоцк), Барановичи – Лунинец – Калинковичи и Орша – Могилев – Жлобин определены Белорусской железной дорогой в качестве полигона перспективной электрификации.

На станцию Ситница, с которой ведется масштабная отправка щебня, приходится значительная доля грузовой работы Белорусской магистрали. В связи со строительством горно-обогатительного комбината на базе

месторождения «Ситницкое» нагрузка будет увеличиваться. Поэтому специалисты считают целесообразным для снижения себестоимости перевозок электрифицировать участки Барановичи – Лунинец – Ситница (с учетом реализации проекта строительства второго пути на перегоне Ситница – Лахва).

Представители Гомельского отделения железной дороги предлагают рассмотреть вариант электрификации участка Калинковичи – Житковичи – Ситница. В качестве обоснования приводится проектируемый в настоящее время Петриковский горно-обогатительный комплекс. Планируется, что в декабре 2019 года он начнет отгрузку калийных удобрений.

На оптимальный срок электрификации железной дороги существенное влияние оказывает стоимость электроэнергии и дизельного топлива. Стоимость дизельного топлива в ценах января 2018 года составляет 1,44 руб./л, а электроэнергии – 0,252 руб./кВт·ч. Выполнив необходимые расчеты, получили, что грузопоток для перехода к электрической тяге на Белорусской железной дороге должен составлять 17–20 млн т/год.

С переводом железной дороги на электрическую тягу можно развивать высокоскоростное движение пассажирских поездов. Примером этого является электрифицированный участок Москва – Санкт-Петербург – Нижний Новгород с обращением электропоезда «Сапсан». К 2030 году на севере и востоке России, в местах залегания полезных ископаемых (северное Приобье, полуостров Ямал, регион БАМа), сразу же будет сооружаться электрифицированная железная дорога. В Республике Беларусь повышение скоростей межобластных поездов до 140–160 км/ч снизит конкуренцию с автомобильным транспортом.

Развитие и углубление международного сотрудничества (формирование международных транспортных коридоров) способствует унификации параметров транспортной инфраструктуры и применению единой технологии перевозок, в т. ч. и в Республике Беларусь.

По территории нашей республики проходят два транспортных коридора. Критский транспортный коридор № 2 по маршруту Лондон – Париж – Берлин – Варшава – Брест – Минск – Москва – Нижний Новгород проходит по территории Республики Беларусь в рамках двухпутной электрифицированной железнодорожной линии протяженностью 615 км. Преимуществом использования белорусского участка данного коридора является сокращение на 30–35 % расстояния перевозок. Другой важной составляющей транспортной системы Республики Беларусь являются участки транспортного коридора № 9 (граница Украины – Гомель – Могилев – Орша – Витебск – граница Российской Федерации) и № 9В (Гомель – Минск – Вильнюс – Клайпеда), соединяющие Финляндию, Литву, Россию, Беларусь, Украину, Молдову, Румынию, Болгарию, Грецию. Благодаря наличию этого коридора через Беларусь организована устойчивая транспортная связь между северными и южными морями Европейского континента.

В настоящее время Республика Беларусь входит в Единую энергетическую систему БРЭЛЛ (Беларусь, Россия, Эстония, Литва, Латвия) и может обмениваться электроэнергией с другими странами с помощью протянутых между ними линий электропередач. Все они вызывают особые надежды с введением в эксплуатацию в

Республике Беларусь АЭС, вырабатываемая электроэнергия которой будет дешевле производимой в настоящее время.

Особое место в оценке теоретической и практической значимости электрификации железных дорог занимают:

- вопросы изучения рационального развития транспортной электрифицированной сети дорог;
- особенности формирования и прогнозирования грузопотока на участках и направлениях, перспективных для электрификации.

В работах по электрификации существующих железных дорог рассматривались вопросы оптимального наращивания мощности полигона грузонапряженных железных дорог, а также регионально-транспортные исследования [1].

Изучались вопросы формирования полигонов сети железных дорог с учетом оптимального распределения грузопотоков [3]. Рассматривалось обоснование этапного усиления мощности железных дорог путем исследования веса и скорости движения грузовых поездов. При анализе поэтапного наращивания мощности железных дорог использовались математические методы: линейное и динамическое программирование, последовательный и комбинаторный анализ вариантов, градиентные и вероятностные методы, имитационное моделирование. Проблема электрификации железнодорожных направлений в современных политических и экономических условиях требует учета целого комплекса показателей оценки проектных решений. На наш взгляд, в первую очередь это вопросы развития транспортных связей между регионами, а также формирование и прогнозирование объемов перевозок. Известно, что величина грузопотока является одним из важнейших показателей конкурентоспособности перевозок, а также эффективности и целесообразности электрификации железнодорожных направлений, что подтверждает и мировой и отечественный опыт.

Основные выгоды стране от электрификации железных дорог:

- оптимизация топливно-энергетического баланса страны;
- энерго- и ресурсосбережение – за счет внедрения прогрессивных технологий, направленных на снижение расходов энергоносителей;
- улучшение экологического состояния в стране – за счет уменьшения негативного влияния транспорта на окружающую среду, уменьшения выбросов вредных газов, уменьшения загрязнения почвы и водоемов;
- поддержка развития отдельных отраслей национальной экономики (строительной, электротехнической, металлургической) за счет создания новых рабочих мест и повышения уровня поступлений в бюджет.

Исследования показали, что при электрификации железных дорог следует учесть большое количество разнообразных факторов, оказывающих влияние на целесообразность и эффективность введения электрической тяги на железнодорожных участках и направлениях, перспективных для электрификации. Поэтому обоснованной становится разработка методики формирования сети электрифицированных железных дорог, учитывающей характерные условия и особенности введения электрической тяги в Республике Беларусь.

### Список литературы

1 Стратегия экономического развития Содружества Независимых Государств на период до 2020 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cis.minsk.by/reestr/index.htm/#reestr/view/text?doc=2560>. – Дата доступа : 21.09.2017.

2 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Сайт Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rosavtodor.ru>. – Дата доступа : 21.09.2013.

3 **Бродецкий, Г. М.** Методы оптимизации многокритериальных решений в логистике / Г. М. Бродецкий. – М., 2009. – 230 с.

4 **Быков, А. Ю.** Проблемы проектирования облика и мощности новых железных дорог и пути их решения (системный подход) : [монография] / А. Ю. Быков, С. М. Гончарук. – Хабаровск : ДВГУАС, 2004. – 239 с.

Получено 20.11.2017

**V. Ya. Negrey, M. A. Maslovskaya.** The electrification of the Belarusian railways is the factor of increase of efficiency and quality of its work.

The principal factors affecting the electrification of Railways: the terrain, the presence of power supply systems, the size of traffic on the railroad and their growth, the cost of electricity and diesel fuel. They emphasized the need to develop transport links between the regions, forecasting of volumes of cargo transportation by railway, the formation of a network of electrified Railways that take into account the conditions and characteristics of electrification in the Republic of Belarus.