

СВІТОВИЙ ДОСВІД І ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ В УКРАЇНІ

Розглянуто історію розвитку електрифікації залізниць у світі, в Росії та Україні. Наведено питому вагу перевезень на електрифікованих лініях. Обґрунтовано основні положення визначення економічної ефективності електрифікації залізниць.

Рассмотрена история развития электрификации железных дорог в мире, в России и Украине. Представлена доля перевозок на электрифицированных линиях. Обоснованы основные положения определения экономической эффективности электрификации железных дорог.

The history of development of electrification of railways in the world, Russia and Ukraine is considered. The specific amount of transportations on electrified lines is presented. The main ideas of determination of economic efficiency for electrification of railways are substantiated.

В умовах світової фінансової кризи для України важливо не втратити ті позитивні напрямки розвитку, які підвищують ефективність виробництва, у т.ч. транспортного. Електрифікація залізниць – один із таких напрямків.

Електрифікованим залізницям віддається явна перевага в перевізному процесі, на них реалізується значно більша вантажна напруженість і досягається зниження собівартості перевезень порівняно з тепловозною, економія паливно-енергетичних ресурсів, поліпшується екологія. Ці показники різні для різних країн; багато в чому вони залежать від конкретних складових собівартості перевезень, але те, що промислово розвинені країни світу в різний час стали на шлях електрифікації залізниць, здійснюючи її в різних обсягах, говорить про певну позитивну, а в багатьох країнах і пріоритетну тенденцію в застосуванні цього виду тяги.

Ціль даного дослідження – узагальнити існуючий досвід електрифікації залізниць для того, щоб виявити ті позитивні параметри, які сприяли її розвитку, і оцінити необхідність подальшого розвитку електрифікації залізниць.

Уперше електрична тяга була застосована в 1895 р. на магістральній лінії Балтімор – Огайо в США. В ХХ ст. вона набула широкого поширення в багатьох країнах, особливо тих, що мають складний гірський рельєф. Також електрифікувалися залізничні ділянки з тунелями, на них електрична тяга має переваги.

Електрифікація залізниць СРСР почалася в 1924 р. як складова частина плану ГОЕЛРО, в якому один із розділів був присвячений питанню транспорту. Планувалося, що їх довжина повинна скласти 3700 км.

У 1926 р. була здана в експлуатацію перша в країні електрифікована ділянка довжиною 19 км Баку – Сабунчі – Сурахани, що зв'язала Баку з нафтопромислами на Апшероні. Спочатку застосовувався постійний струм напругою 1,2 кВ, наприкінці 30-х рр. ділянка була переведена на напругу 1,5 кВ, а пізніше – на напругу 3 кВ. У 1929 р. почався рух електропоїздів на приміській ділянці Москва – Митіщі довжиною 17,7 км, де використовувався спочатку постійний струм напругою 1,5 кВ. Надалі електрифікація залізниць на магістральних лініях здійснювалася на постійному електричному струмі напругою 3 кВ або на змінному однофазному струмі промислової частоти 50 Гц напругою 25 кВ. Застосування більш високої напруги в контактній мережі сприяло зниженню витрат на електрифікацію залізниць і зменшенню витрат електроенергії в обладнанні тягового електропостачання. На постійному струмі напругою 3 кВ у контактній мережі було електрифіковано у 1932 р. магістральну ділянку з вантажним рухом Хашурі – Зестафоні через Сурамський перевал Закавказької залізниці, потім ділянки Зестафоні – Самтредія й Хашурі – Тбілісі, найбільш важкі гірські ділянки залізниць Уралу, заполярна ділянка Мурманськ – Кандакша, лінія Запоріжжя – Долгинцево, кілька ділянок у Кузбасі та інших районах країни.

До початку 1933 р. загальна довжина електрифікованих ліній досягла 130 км; у 1933-37 рр. тривали роботи з електрифікації приміських і магістральних вантажнонапружених ліній, а також ділянок з гірським профілем, і до початку 1941 р. довжина електрифікованих ліній склала вже 1880 км. Навіть у роки Великої Вітчизняної

війни електрифікація залізниць не припинялася, й у 1941-45 рр. на електричну тягу було переведено 446 км. Електрифікація залізниць велася на постійному струмі напругою 3 кВ. В 1946-50 рр. були розгорнуті роботи з електрифікації на Закавказькій, Свердловській, Південно-Уральській та Західно-Сибірській залізницях, тривала електрифікація Московського вузла, уведено в експлуатацію приміські ділянки в Києві й Ризі.

У другій післявоєнній п'ятирічці (1951-1955 рр.) впровадження електричної й тепловозної тяги здійснювалося трохи швидше, однак кошти, що відпускаються на реконструкцію тяги, як правило, повністю не освоювалися. Суттєво вплинуло на ситуацію затвердження в 1956 р. Генерального плану електрифікації залізничного транспорту СРСР, який був розрахований на 15 років. Темпи робіт з електрифікації залізниць суттєво зросли, щорічні поставки електрорухомого складу (ЕРС) досягли 650 вантажних електровозів і понад 100 приміських електропоїздів, із Чехословаччини щорічно поставлялося 180 пасажирських електровозів. Особливістю даного періоду є перехід на електричну тягу цілих напрямків великої довжини. Якщо в 1951-1955 рр. щорічний приріст електрифікованих ліній становив близько 500 км, то вже в 1956-1960 рр. він дорівнював 1700 км, а в 1961-1970 рр. – перевищив 2 тис. км.

Усього за 1956-70 рр. було електрифіковано 28,5 тис. км. На початку 70-х рр. було в здебільшому завершено заміну парової тяги на електричну та тепловозну. З 1965 р. на найбільш вантажонапружених ділянках почалася заміна тепловозної тяги електричною. У результаті реалізації Генерального плану електрифікації в 1970 р. тільки електричною тягою було освоєно 48,7 %, а тепловозами й електровозами разом – 96,5 % вантажообігу. Довжина електрифікованих ліній склала 25,1 % експлуатаційної довжини мережі, а ліній з тепловозною тягою – 56,4 %. У період 1971-85 рр. було електрифіковано близько 15,5 тис. км, у т.ч. 13 тис. км із тепловозною тягою.

До початку 1991 р. загальна довжина електрифікованих залізниць у СРСР склала 54,3 тис. км, частка електричної тяги в загальній перевізній роботі вітчизняних залізниць досягла 63,7 % (у пасажирському русі 70 %, у приміських пасажирських перевезеннях – майже 90 %) і склала близько 31 % перевізної роботи залізниць світу. До найбільш протяжних електрифікованих магістралей вітчизняних залізниць належать лінії Брест – Мінськ – Куйбишев – Омськ – Новосибірськ – Іркутськ – Чита – Ка-

римська – Зілово (7,9 тис. км); Санкт-Петербург – Москва – Харків – Ростов-на-Дону – Армавір – Сочі – Тбілісі – Єреван (3585 км); Москва – Київ – Львів – Чоп (1765 км); Москва – Нижній Новгород – Кіров – Перм – Єкатеринбург – Тюмень – Омськ (2657 км).

У закордонних країнах розвиток електрифікації залізниць зумовлений відносно високою вантажонапруженістю залізниць та інтенсивністю пасажирського руху, а також необхідністю зниження витрат палива при високих швидкостях руху й можливістю використання більш дешевої електроенергії за наявності значних гідроресурсів. Загальна довжина електрифікованих ліній до кінця 80-х рр. там склала близько 100 тис. км, з них приблизно половина перебуває в Європі.

На початок 2000 р. частка електрифікованих залізниць в усьому світі склала 25 % (240,2 тис. км), освоюючи приблизно 50 % світового обсягу перевезень. Отже, при меншій довжині електрифікованих залізниць середня вантажонапруженість на них у 3 рази вища, ніж на лініях з тепловозною тягою.

Довжина електрифікованих залізниць у різних регіонах світу нерівномірна. Найбільшу питому вагу в загальній довжині електрифікованих ліній світу мають європейські країни (45,7 %) і країни СНД (24,3 %), близько 20 % – країни Південно-Східної Азії (в основному Японія, Китай, Індія) і 8 % – Африка (в основному ПАР). Частка Північної та Південної Америки в загальній мережі електрифікованих залізниць невелика – усього 1,7 %.

Велика увага електрифікації залізниць приділяється у Швейцарії, де електрифіковано 93,6 % доріг [3]. Серед країн з високим ступенем електрифікації залізниць слід виділити Бельгію, Швецію, Боснію й Герцеговину (до 75 % залізниць), Австрію, Болгарію, Італію, Нідерланди (близько 65 %). У Польщі й Німеччині на електричній тязі працює близько 50 % мережі залізниць.

У середньому в Європі (без країн СНД) довжина мережі електрифікованих залізниць становить 47 % загальної довжини мережі з обсягом перевезень приблизно 70 %, тобто вантажонапруженість електрифікованих ліній більш ніж в 2 рази перевищує вантажонапруженість ліній, що обслуговуються тепловозами. Це пояснюється переважною перевагою в Європі пасажирського руху, який і обумовив лідируючу роль Європи в електрифікації залізниць. Електротяга дає можливість реалізувати високі швидкості та є більш сприятливою стосовно екологічних впливів залізниць на навколишнє сере-

довище, що дуже важливо для густонаселеної Європи.

Розподіл електрифікованих ліній за системами електричної тяги в Європі наступний: змінний струм – 55,6 %, постійний струм – 41,8 %, інші системи – 2,6 %.

Серед країн Азії слід зазначити насамперед Японію, де електрифіковані лінії становлять 59,8 % і виконують 87 % обсягу перевезень, КНР (49,3 %), Тайвань (44,9 %), Китай (22,5 %), Індія (21,6 %).

Велику довжину електрифіковані залізниці мають у ПАР. Це обумовлене низькою собівартістю перевезень завдяки дешевій електроенергії.

Особливе відношення до електрифікації залізниць у США. Ставши піонером у їхньому розвитку, у другій половині ХХ ст. там було деелектрифіковано 3 тис. км. Це пов'язане з агресивним маркетингом у сфері тепловозбудування, низькими цінами на дизельне паливо, політикою протекціонізму, знижок для гурту, а також масовою автомобілізацією пасажирських перевезень.

Країни СНД мають електрифіковані лінії, довжина яких становить 41 % загальної довжини мережі залізниць; обсяг перевезень по них – 71,6 %, тобто в 3,7 рази вищий, ніж на полігоні тепловозної тяги в СНД. В основному це співвідношення визначається Російськими залізницями (РЖД), які складають за довжиною 70 % мережі електрифікованих залізниць СНД (15,4 % – Україна, 6,3 % – Казахстан, 8,5 % – інші країни).

За абсолютною довжиною електрифікованих залізниць серед країн світу лідує Росія (40,3 тис. км) з великим відривом від Німеччини (18,8 тис. км) і ПАР (16,8 тис. км).

Російські залізниці мають і найбільшу частку електрифікованих ліній у світовому електрифікованому полігоні – 17 %. До 2001 р. електрифіковані залізниці Росії становили 46,8 % загальної довжини мережі залізниць країни й виконували 77,7 % загального обсягу залізничних перевезень, що в 4 рази більше за тепловозну тягу.

Досвід Росії показав, що на електрифікованих ходах основні експлуатаційні показники, що визначають ефективність перевізного процесу (середня вага вантажного поїзда, середня дільнична швидкість, середньодобовий пробіг локомотива), на 20...30 % вищі, ніж на лініях з тепловозною тягою; собівартість перевезень на електрифікованих ділянках різних доріг у 1,5...2 рази нижче тепловозної тяги. Електрична тяга має більшу енергетичну ефективність з

економії паливно-енергетичних ресурсів: питома витрата умовного палива на вимірник нижче в 1,6 рази.

В Україні з 1994 по 2004 рр. діяла Державна програма електрифікації залізниць України, згідно з якою мали електрифікувати 2148 км залізниць із доведенням обсягу перевезень електричною тягою до 85 %. Успішна реалізація цієї програми в Україні дозволила електрифікувати 1059,72 км залізничних ліній. Зараз Україна входить у десятку лідируючих країн (9752 км). Темпи росту довжини електрифікованих ліній України становлять 150...180 км на рік.

У період з 1994 по 1999 рр. було електрифіковано магістральний напрям Жмеринка – Красне (304 км) Львівської й Південно-Західної залізниць, ділянка Ніжин – Чернігів (83 км) Південно-Західної залізниці, частково електрифіковано напрямом Київ – Харків на ділянці від Яготина до Миргорода (143 км) Південної залізниці, закінчено електрифікацію ділянки Штерівка – Червона Могила (72,7 км) Донецької залізниці. Інтенсивно ведуться роботи з електрифікації ділянки Рівно – Луцьк – Ковель – держкордон (352,7 км) Львівської залізниці, розпочато роботи з електрифікації ділянки Запоріжжя – Очерет – Зоря Придніпровської залізниці. У надзвичайно короткий термін з'явилися швидкісні електрифіковані лінії: в 2002 р. Київ – Полтава – Харків; в 2003 р. Київ – Дніпропетровськ.

Підвищення швидкостей руху й конкуренція залізниць із іншими видами транспорту, а також інтеграція залізничного транспорту в міжнародну транспортну систему визначили завдання подальшого розвитку залізничного транспорту України на електричній тязі. Дана обставина викликана тими перевагами, які електрична тяга має порівняно з тепловозною. ККД сучасних електровозів становить близько 0,85...0,90, а в тепловозів – 0,28...0,32.

Заміна тепловозної тяги електричною на одноколієних лініях при профілі середньої важкості підвищує пропускну здатність на 10...20 %. На одноколієних лініях з гірським рельєфом і невеликою часткою перегонів з легким профілем електрична тяга може дати приріст пропускну здатності порівняно з тепловозною 30...35 % і більше.

Ріст пропускну та провізної здатності електричної тяги відбувається, по-перше, за рахунок збільшення маси поїзда, що пояснюється особливістю тягових характеристик електровозів, потужність яких при невеликих швидкостях в умовах важкого профілю значно підвищується, у тепловозів же вона постійна у великому

діапазоні швидкостей; по-друге, за рахунок збільшення ходової і технічної швидкостей руху потяга, а також дільничної швидкості, особливо на одноколіїних лініях.

Середні ходові й технічні швидкості при електричній тязі на 10...15 % вище, ніж при тепловозній. На завантажених двоколіїних лініях застосування електричної тяги дозволяє завдяки росту ходової швидкості й скороченню інтервалу попутного проходження між поїздами збільшити максимальну пропускну здатність по перегонах з 144...160 до 180...200 пар поїздів (на 25 %).

У результаті підвищення маси й швидкості руху поїздів при електричній тязі суттєво збільшується продуктивність електровозів порівняно з тепловозами. Вона росте ще й тому, що електровози можуть працювати на довгих тягових плечах, роблячи великі беззупинкові рейси, які значно збільшують час їх корисної роботи. Найбільший приріст продуктивності електровозів досягається в умовах важкого профілю колії, тому що швидкість руху електровоза на керівному підйомі може майже вдвічі перевищувати швидкість руху тепловоза. Електровози, крім того, можуть працювати за системою багатьох одиниць, тобто зчленовуватися один з одним при синхронному управлінні ними з одного посту, що дозволяє збільшити масу поїзда в кілька разів.

Продуктивність праці працівників локомотивного господарства при електричній тязі значно вища, ніж при тепловозній, а витрати по локомотивним господарстві нижчі. Це обумовлюється більш високою продуктивністю електровозів порівняно з тепловозами, а також значним скороченням чисельності працівників, зайнятих на ремонті та технічному обслуговуванні електровозів. У порівнянних умовах при однаковому обсязі перевізної роботи в т-км бруто вартість ремонту електровозів приблизно вдвічі, а технічного обслуговування – утричі нижче, ніж для тепловозів.

Разом з тим, при електричній тязі виникає потреба в додатковому штаті працівників і додаткових експлуатаційних витратах, яких немає при тепловозній тязі. До них відносять витрати на утримання, ремонт і амортизацію контактної мережі, тягових підстанцій і дистанцій електропостачання. Але ці витрати відносно невеликі й становлять приблизно 5 % у собівартості перевезень при електричній тязі. У цілому, впровадження електричної тяги замість теплової скорочує експлуатаційний контингент працівників на 20...30 %. Витрати на паливо у грошовому вираженні при тепловозній тязі в

порівнянних умовах приблизно в 1,5 рази більше витрат енергії при електричній тязі.

При однаковій вантажонапруженості впровадження електричної тяги замість теплової знижує собівартість перевезень на 10...15 %. Відмінності фактичної собівартості перевезень порівнюваних прогресивних видів тяги більш істотні. Це пояснюється тим, що полігон мережі, що обслуговується електричною тягою, має приблизно вдвічі більшу вантажонапруженість і краще технічне оснащення. Це переважно двоколіїні лінії з більш високою дільничною швидкістю, меншим числом зупинок і меншими витратами механічної роботи на прискорення й гальмування.

Застосування електричної тяги дозволяє здійснювати рекуперацію електроенергії, тобто повернення її в електричну мережу при русі поїзда під ухил, коли тягові двигуни працюють як електрогенератори. Економія електроенергії при цьому досягає при важкому профілі 20...30 %, а при профілі середньої важкості – 10...15 %. При рекуперації одночасно забезпечується плавне гальмування, зменшується зношування гальмівних колодок і підвищується безпека руху поїздів, хоча при обладнанні електровозів рекуперативним гальмуванням трохи збільшується їхня первісна вартість. Рекуперація виявляє також вплив на стан ходових частин вагонів і верхньої будови колії.

Особливо ефективним є застосування електричної (моторвагонної) тяги в приміському пасажирському сполученні та в метро. Тому що роздільні пункти на лініях розміщені часто, багато зупинок, прискорень і гальмувань. В таких умовах заощаджується значний час при швидкому наборі й зниженні швидкості. Дільнична швидкість руху приміських електропоїздів на 15...20 % вища, ніж приміських дизель-поїздів.

До того ж електрична тяга дозволяє використовувати низькосортне дешеве паливо (вугілля, сланці й ін.) при спалюванні його на ТЕС і дешеву електроенергію ГЕС. При тепловозній же тязі використовується, в основному, дороге дизельне паливо.

Однак у ході електрифікації здійснюються будівництво тягових підстанцій, що одержують електроенергію від мереж зовнішнього електропостачання, спорудження й монтаж контактної мережі, а також будівництво ліній, що їх з'єднують. Паралельно із цими роботами, як правило, виконується велика кількість супровідних робіт, які технологічно із впровадженням електротяги не пов'язані, але потрібні для підвищення ефективності її застосування або для поліпшення якості обслуговування пасажирів.

До таких робіт відносять подовження колій на станціях і роздільних пунктах, посилення верхньої будови колії, обладнання автоблокування й диспетчерської централізації, спорудження тунелів, пішохідних мостів, пасажирських платформ і павільйонів на станціях і деякі інші роботи. Такого роду роботи при тепловозній тязі виконують звичайно за планами капітальних вкладень інших господарств залізничного транспорту й фінансують за окремими кошторисами. Тому при порівнянні ефективності варіантів тяги по капітальних вкладеннях витрати на супровідні роботи повинні або виключатися з капітальних вкладень в електрифікацію, або враховуватися і для тепловозної тяги. Частка супутніх капітальних витрат, що не викликані специфічними особливостями електротяги, становить у середньому 20...25 % загальної кошторисної вартості й підвищується до 35...40 % та більше, якщо в кошторисну вартість включають масштабні роботи з подовження приймально-відправочних колій, впровадження автоблокування й диспетчерської централізації. Якщо ж не враховувати супутні й сполучені витрати, пов'язані з електрифікацією, то понад 2/3 всіх інших капітальних витрат припадає на будівництво тягових підстанцій і споруд контактної мережі.

Усе це викликає істотне дорожчання будівництва електрифікованих ліній порівняно з тепловозною тягою. Сумарні капітальні вкладення в постійні обладнання й рухомий склад при електричній тязі звичайно в кілька разів вищі за тепловозну. Тому застосування електротяги стає ефективним лише за певних умов, у першу чергу, при більш високій вантажонапруженості. Строки окупності сумарних капіталовкладень в електричну тягу порівнянні з тепловозною становлять у середньому 5...6 років.

Застосування електричної та тепловозної тяги в СРСР (Росія, Україна) за останні 40 років однозначно свідчить про доцільність електрифікації залізниць.

На думку залізничних експертів з різних країн (Конференція Міжнародного Союзу Залізниць, ПАР, 2000 р.), оптимальною для країн з розвинутою залізничною інфраструктурою, подібних Росії й Україні, є електрифікація 50...60 % загальної довжини мережі залізниць із покладанням на електрифіковані дороги 80...90 % обсягу перевезень. В Україні частка електрифікованих ліній становить 44,3 % загальної довжини мережі країни й електрична тяга виконує 85,6 % обсягу перевезень. Отже, Україні треба електрифікувати ще 2...3 тис. км. Програма електрифікації залізниць України

на 2008-2020 рр. передбачає електрифікацію 2254 км залізничних колій. Перші 787 км планується електрифікувати до проведення Євро-2012 на напрямках Полтава – Кременчук, Полтава – Красноград – Лозова, Красноград – Новомосковськ, Долинська – Миколаїв – Херсон – Джанкой, Миколаїв – Колосівка.

Передбачається, що в результаті виконання програми електрифікації полігон електрифікованих дільниць у 2020 р. зросте до 54 % від загальної експлуатаційної довжини. Також реалізація цієї програми дозволить знизити темпи зростання собівартості перевезень, підвищити безпеку руху поїздів, якість обслуговування пасажирів, швидкості руху потягів, забезпечити економію паливно-мастильних матеріалів, поліпшення екологічного стану.

Криза скоро закінчиться і зростаючі обсяги промислового виробництва зажадають збільшення пропускну й провізної спроможності залізниць. До 2020 р. очікується зростання загальної експлуатаційної роботи на 29,6 %. Також передбачається збільшення вантажообігу по міжнародних транзитних коридорах у сполученні Європа – Азія. Саме широке розповсюдження електрифікації залізниць дозволить подолати зростаючі обсяги перевезень. Готуватися до цього треба вже зараз.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Груббер, Л. О. Технический прогресс в электрификации железных дорог [Текст] / Л. О. Груббер. – М., 1972.
2. Кірпа, Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему [Текст] : монографія / Г. М. Кірпа. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Арт-Прес, 2003. – 268 с.
3. Корниенко, В. В. Электрification железных дорог. Мировые тенденции и перспективы (Аналитический обзор) [Текст] : монографія / В. В. Корниенко, А. В. Котельников, В. Т. Доманский. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 196 с.
4. Котельников, А. В. Мировые тенденции в развитии электрификации железных дорог на рубеже веков [Текст] / А. В. Котельников, А. Н. Глонти // Бюллетень ОСЖД. – 2001. – № 6. – Варшава, 2001. – С. 9-18.
5. Концепція розвитку транспорту України на 1997-2010 рр. [Текст] / Мінтранс України від 14.11.1997 № 2/21-3-1428. – К., 1997. – 25 с.

Надійшла до редколегії 07.07.2009.

Прийнята до друку 22.07.2009.