

ОГЛЯДОВІ СТАТТІ

УДК 629.42/41.71

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Канд. техн. наук І. Ш. Елязов, старш. викл. І. Д. Гусейнов, канд. техн. наук В. Г. Равлюк

DETERMINATION OF TECHNICAL FEATURES OF THE NEW GENERATION ELECTRIC CARRIERS OF THE AZERBAIJANI RAILWAY

PhD (Tech.) Israel Elyazov, Sr. lecturer Iham Huseynov, PhD (Tech.) V. Ravlyuk

***Анотація.** У статті розглянуто основні завдання, що стоять перед локомотивною галуззю ЗАТ «Азербайджанські залізниці», проаналізовано існуючу матеріально-технічну базу локомотивного парку й обґрунтовано застосування сучасних локомотивів. Наведено технічні вимоги й енергетичні параметри, які висувуються до локомотивів і автотранспортних засобів в умовах експлуатації. Науково обґрунтовано принципи й напрямки концентрації та спеціалізації щодо створення матеріально-технічної бази для технічного обслуговування та ремонту інноваційних локомотивів. Проведено комплексні дослідження технічних параметрів в експлуатаційних умовах сучасних локомотивів, обґрунтовано їх застосування на залізниці.*

***Ключові слова:** локомотив, постійний та змінний струм, залізниця, депо, асинхронний тяговий двигун, тяга, ремонт, схема, інвертор, регулятор.*

***Abstract.** The main issues facing the locomotive economy were examined at the Azerbaijan Railways CJSC and the existing logistics base of the locomotive park was analyzed. It was expedient to purchase new locomotives showing the age structure of the Locomotive Park. For this purpose, the development of technical requirements for the production and commissioning of new locomotives and motor vehicles, as well as the development of material and technical basis for the technical maintenance and repair system, as well as the development of advanced repair technology.*

The ATD uses the Az4A and Az8A electric locomotives from the new power circuits of static converters of electric motors in the main electric locomotives, and the functional circuits and energetic diagrams of locomotives are installed. The use of asynchronous traction motors in new locomotives is 1.5 times higher than the engine power compared to the constant dynamics of direct current; This allows you to increase 2.0 times, ATD can operate at rated power at all speeds, use less non-ferrous metals, use less environmentally friendly materials, reduce the complexity of repair and maintenance. At the same time the number of locomotives decreases and the reliability and service life of locomotives increases. One of the main innovations in the new electric locomotives is the correct choice of structural schemes of traction transmission in the transmission of motion for the supply of ATD.

Functional diagrams and power schemes of locomotives are constructed using power supply circuits of static converters of electric static electric locomotives in the main electric locomotives using electric locomotives Az4A and Az8A. The article analyzes the existing material and technical base of the locomotive fleet in the system of Azerbaijan Railways. The structure of the locomotive

fleet and the tasks facing it are determined. The launch of international transport corridors and the growth of Azerbaijan's economic capacity have increased the demand for freight and passenger traffic. To this end, in connection with the purchase and commissioning of new locomotives and vehicles, the issues facing the Azerbaijani Railway will be resolved. As a result of the operation of new locomotives, the efficiency of the railway transport process will increase and train safety will be ensured. In connection with the commissioning of new locomotives in the locomotive industry, the following complex issues will be considered.

Keywords: locomotive, direct and alternating current, railway, depot, asynchronous traction motor, traction, repair, scheme, inverter, regulator.

Вступ. Запуск міжнародних транспортних коридорів та зростання економічної потужності Азербайджану дає змогу збільшити попит на вантажні та пасажирські перевезення. Для виконання цього завдання необхідно використовувати рухомий склад, який буде відповідати сучасним вимогам.

Основним завданням локомотивного господарства є утримання локомотивів у справному стані відповідно до нормативно-технічних документів, забезпечуючи транспортний процес ефективним тяговим рухомим складом.

У локомотивному господарстві Азербайджанської залізниці є п'ять основних локомотивних депо (Біладжарі, Гянджа, Баку, Імішли та Джульфа) та чотири оборотні депо (Шабран, Боюк-Кесік, Уджар,

Саляни). Ці депо на сьогодні не відповідають технічним вимогам сучасності, оскільки були побудовані та введені в експлуатацію в 50-60-х роках минулого століття.

Матеріально-технічна база депо та наявні технології ремонту і модернізації не дають змоги застосовувати інноваційні технології. Якщо проаналізувати структуру наявного локомотивного парку Азербайджанської залізниці за останні 15 років, можна побачити, що 70 – 80 % локомотивного парку майже закінчив свій термін експлуатації. За результатами аналізу, який було проведено на Азербайджанській залізниці у 2020 році, база структурного парку локомотивів наведена в табл. 1 [4].

Таблиця 1

Структурна база даних локомотивного парку Азербайджанської залізниці

Роки	Електровози						Тепловози									Разом
	ВЛ8	VL10 ^у	ВЛ11 ^м	Е2М2	ВЛ11 ^м	Усього	ТЭЗ	3ТЭ-10М	2ТЭ-10М	ТЭМ-1	ТЭМ-2	ЧМЭ-3	2М-62	ТЭ-33А	Усього	
1960-1970	11	9				20	1			1	2				4	24
1971-1980		1		1		2					26				26	28
1981-1990			20			20		8	7		21	7			43	63
1991-2020		2	9		4	15					1		2	10	13	28
Середній вік	56	42	24	40	4	33	49	29	29	51	39	29	12	3	32	32.5
Усього	11	12	29	1	4	57	1	8	7	1	50	7	2	10	86	143

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням аналізу роботи застосування нових локомотивів зі змінним і постійним струмом приділялося удосталь уваги в роботах багатьох фахівців [5–9]. У роботі [6] розглянуто питання підвищення енергетичних показників і зниження експлуатаційних витрат електровозів змінного струму з колекторними тяговими двигунами в режимі рекуперативного гальмування. У праці [7] розглядаються деякі застосування силової електроніки в тягових системах і стаціонарних установках залізничного транспорту, а також згадуються майбутні можливості з урахуванням технічних і соціальних тенденцій у залізничній галузі. Перш за все деякі особливості залізничного навантаження і системи тягового електропостачання підсумовуються як проблеми, що мають вирішуватися засобами силової електроніки. У роботі [8] доведено, що нова стратегія підвищення рівня енергозбереження в галузі тягового рухомого складу реалізується завдяки закупівлі нових енергоекономічних електровозів і модернізації наявного експлуатаційного парку. Електровози змінного струму зарубіжних залізниць, обладнані колекторними тяговими двигунами, мають низький рівень енергетичних параметрів у режимах тяги і рекуперативного гальмування, що призводить до значного споживання електроенергії та зростання експлуатаційних витрат, що неприпустимо в складних політичних та економічних умовах. Для підвищення енергоефективності електровозів змінного струму з колекторними тяговими двигунами і з тиристорними перетворювачами запропоновано безліч способів і реалізовано чимало технічних рішень, однак проблема залишається актуальною. Аналіз науково-технічних джерел щодо використання локомотивів на змінному або постійному струмі показує, що в сучасних транспортних засобах тягові двигуни мають кращі

технічні й економічні показники, ніж на залізничному транспорті.

З табл. 1 видно, що середній вік експлуатації електровозів становить 33 роки, а тепловозів – 32 роки. Звідси випливає, що локомотиви досягли кінцевого терміну експлуатації, у зв'язку з цим локомотивний парк потребує негайного оновлення.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є обґрунтування доцільності застосування сучасних локомотивів на Азербайджанській залізниці.

Для досягнення сформульованої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз локомотивного парку мережі депо Азербайджанської залізниці;

- здійснити порівняльну оцінку технічних параметрів існуючих і сучасних локомотивів Азербайджанської залізниці, за результатами якої обрати тяговий рухомий склад, який буде відповідати умовам експлуатації.

Основна частина дослідження. У 2014 році було підписано угоду між ЗАТ «Азербайджанська залізниця» та французькою компанією TRANSPORT ALSTOM. Відповідно до цієї угоди ALSTOM розробив і поставив на Азербайджанську залізницю 10 пасажирських локомотивів серії Az4A, які є двосистемними (3,0 кВ постійного струму, 25 кВ змінного струму) та 40 електровозів змінного струму серії Az8A, що використовуються для вантажних перевезень. Основною метою електровоза Az8A є організація ефективного здійснення місцевих і транзитних вантажних перевезень в Азербайджані на транспортних коридорах TRACECA та Північ-Південь замість застарілих локомотивів. Інноваційний електровоз Az4A створений для експлуатації в Азербайджані для внутрішніх пасажирських перевезень та міжнародних пасажирських перевезень за маршрутом Баку-Тбілісі-Карс.

Обидві серії електровозів є версіями електровоза Prima M4 компанії Alstom і мають можливість рухатися на високих швидкостях залізницею. Електровози серій AZ8A і AZ4A є повністю адаптованими до Азербайджанської залізниці. Вони відповідають усім характеристикам, що висуваються до електровозів нового покоління, а саме: висока потужність, економічність, відмінні тягові і швидкісні характеристики, надійність і ергономіка. Електровози серії AZ8A і AZ4A розроблені французькою компанією «ALSTOM TRANSPORT» відповідно до технічного завдання ЗАТ «Азербайджанська залізниця». Вибір основного обладнання для створення цих електровозів здійснювався таким чином, щоб забезпечити їх повну відповідність вимогам стандартів, норм безпеки NB ZhT CT 04-98 та іншим нормативно-технічним документам, чинним в Азербайджані.

Електровоз Az4A — це чотиривісний ($V_0 - V_0$ або $2_0 - 2_0$) основний пасажирський локомотив з асинхронними тяговими двигунами, односекційний із двома кабінами управління й двома візками, здатний працювати за системою багатьох одиниць. Електровоз оснащений рекуперативною гальмовою системою, що працює як від 3 кВ постійного струму, так і від 25 кВ змінного струму за частоти 50 Гц [3].

Обладнання, розташоване в машинному відділенні електровоза, встановлене по обидва боки від центрального коридору. Обидві кабіни пов'язані між собою коридором. Основні технічні характеристики нових електровозів Az4A та Az8A наведені в табл. 2 [3].

Застосування асинхронних тягових електродвигунів у нових локомотивах дає змогу реалізовувати потужність, яка в 1,5–2,0 рази вища за потужність тягових електродвигунів постійного струму.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики електровозів Az4A та Az8A

№ з/п	Показник	Тип електровоза	
		Az4A	Az8A
1	Довжина за осями автозчеплення, мм	$2L_{av} = 19000$	$2L_{av} = 35000$
2	Максимальна конструктивна швидкість, км/год	160	120
3	Швидкість тривалого режиму, км/год	84	50
4	Нормальна напруга контактної мережі, В	$U=25000/50\text{Hz}$, $U=3000$	$U=25000/50\text{Hz}$
5	Осьова формула	V_0-V_0 або 2_0-2_0	$2(V_0-V_0)$ або $2(2_0-2_0)$
6	Годинна потужність, кВт	4800	8800
7	Сила тяги при рушанні з місця, кН	268	833
8	Сила тяги локомотива в номінальному режимі, кН	82	
9	Допустима відстань від головки рейки до осі автозчепи, мм	980–1080	980–1080
10	Маса, т	90,2	200
11	Осьове навантаження на рейки, кН	250	250

Використання асинхронних тягових електродвигунів у нових локомотивах у 1,5 разу перевищує потужність двигуна порівняно з ТЕД постійного струму, може

працювати з номінальною потужністю на всіх швидкостях, менше використовувати кольорових металів при виготовленні, менше використовувати екологічно

шкідливих матеріалів, зменшити трудомісткість служби ремонту та обслуговування. Одночасно для забезпечення процесу вантажних і пасажирських перевезень суттєво зменшується кількість локомотивів, так само збільшується надійність і термін служби локомотивів. Одним з головних нововведень у нових електровозах є правильний вибір варіантів структурних схем тягової передачі при передачі руху для подачі АТД [2]. Функціональна схема та схема передачі потужності локомотивів Az4A та Az8A побудовані на основі схем

живлення статичних перетворювачів, що застосовуються переважно в електровозах АТД.

На рис. 1 наведено блок-схему електричної частини електровоза постійного струму Az4 АТД. Така структурна схема дає змогу по осях регулювати тягу електровоза. У секції встановлено два рихтувальні пристрої. На рис. 2 зображено блок-схему електричної частини секції 1 електровоза змінного струму Az8A з АТД. У кожній секції локомотива встановлений один тяговий трансформатор і два керовані випрямлячі.

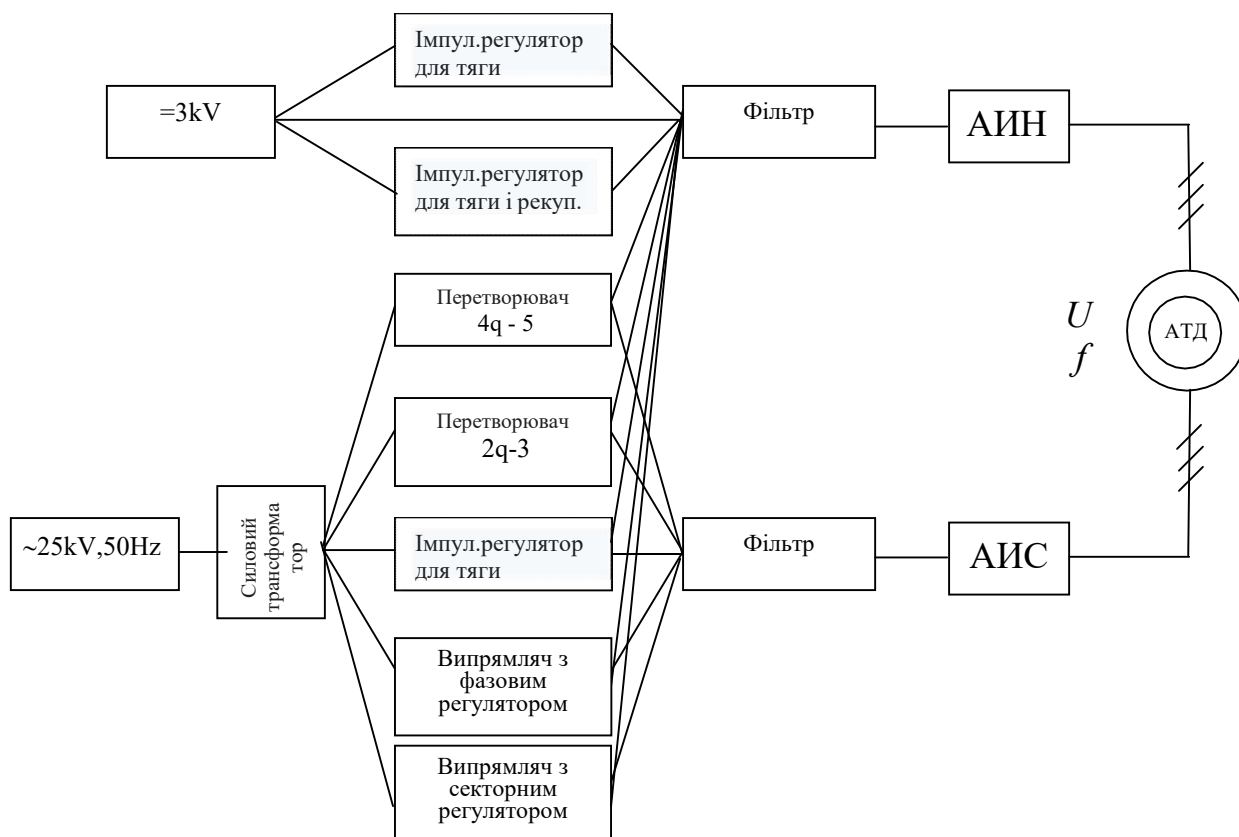


Рис. 1. Блок-схема електричної частини електровоза постійного струму Az4A

Електровози Az8A і Az4A виготовлені спеціально для залізниці Азербайджану, мають багато нових конструктивних вузлів як у механічній частині, так і в електричному обладнанні, що значно відрізняються від відповідних вузлів і агрегатів електровозів, побудованих в інших

країнах. На рис. 3 показана блок-схема електричної частини секції 1 електровоза змінного струму Az8A з АТД. У кожній секції локомотива встановлено один тяговий трансформатор, від 2-ї обмотки трансформатора живляться два керовані випрямлячі (позначені штангою).

Енергетична схема електровоза Az8A при тривалій експлуатації наведена на рис. 4. Зі схеми видно, що в тривалому режимі межа ККД локомотива становить не менше 0,8. При цьому втрати потужності не перевищують 15–18 %. Майже 17 % енергії, яка споживається від контактної мережі, використовується на втрати потужності локомотивного обладнання. На сьогодні 20 із цих локомотивів (Az4A та Az8A) доставлені на Азербайджанську залізницю до Бакинського локомотивного депо. Для введення в експлуатацію цих локомотивів здійснюються комплексні експлуатаційні випробовування на заданих полігонах

залізниці. Після таких випробовувань і підтвердження технічних параметрів електровозів їх можна буде використовувати для вантажних і пасажирських перевезень.

Електровози Az4A та Az8A мають ряд переваг перед наявним локомотивним парком Азербайджанської залізниці з точки зору їх тягових енергетичних показників:

- у 2-3 рази більше поїздок між ремонтом;
- на 20 % менше споживання електроенергії;
- збільшення ваги поїзда до 50 %.

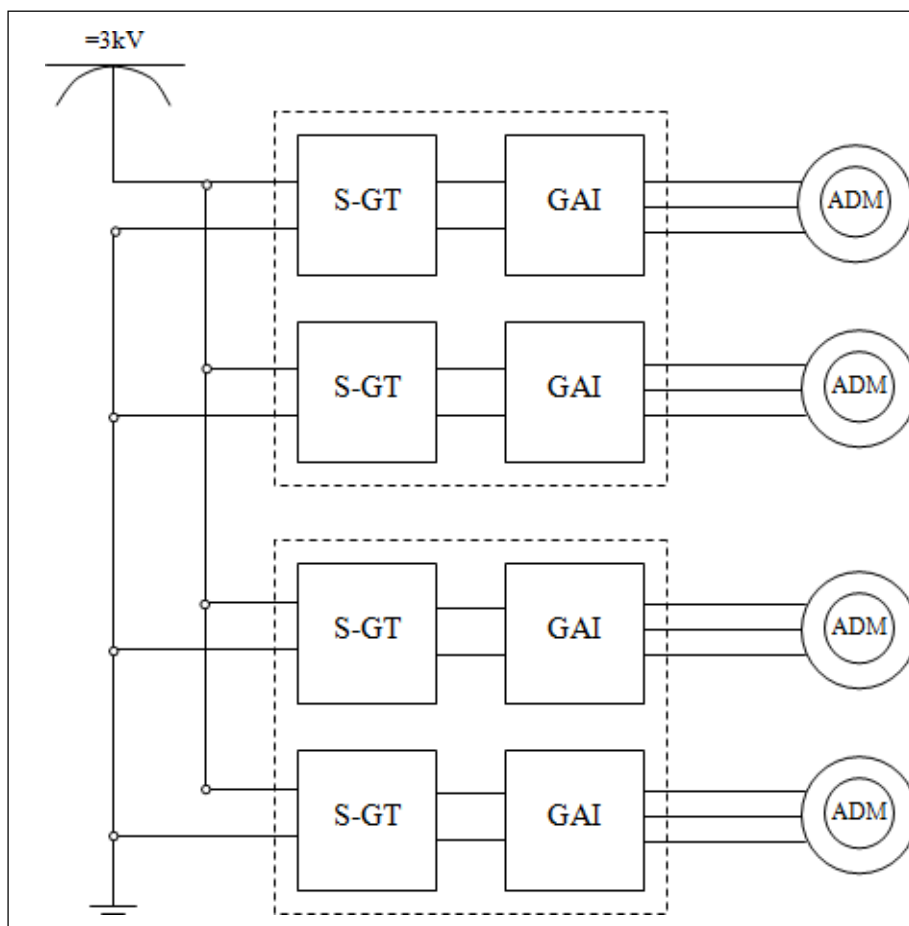


Рис. 2. Структурна схема електричної частини 4-вісного електровоза на постійному струмі: GT-регулятор напруги; S-струмовий фільтр; АДМ-асинхронний тяговий двигун

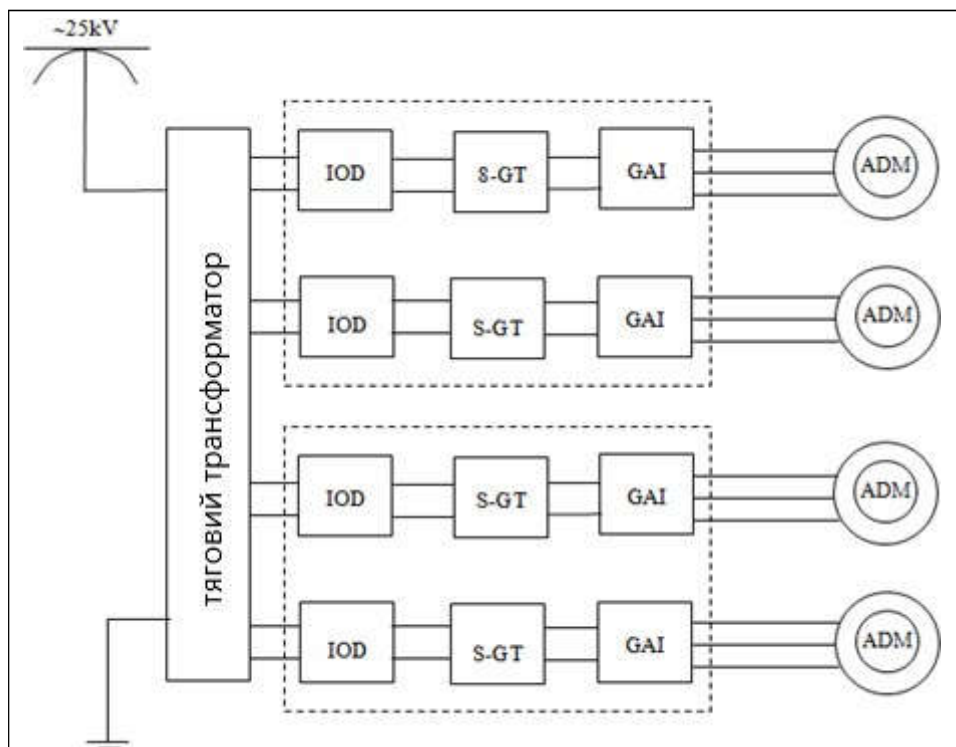


Рис. 3. Структурна схема електричної частини 8-вісного (односекційного) електровоза на змінному струмі: IOD-керований випрямляч - тип 4qS

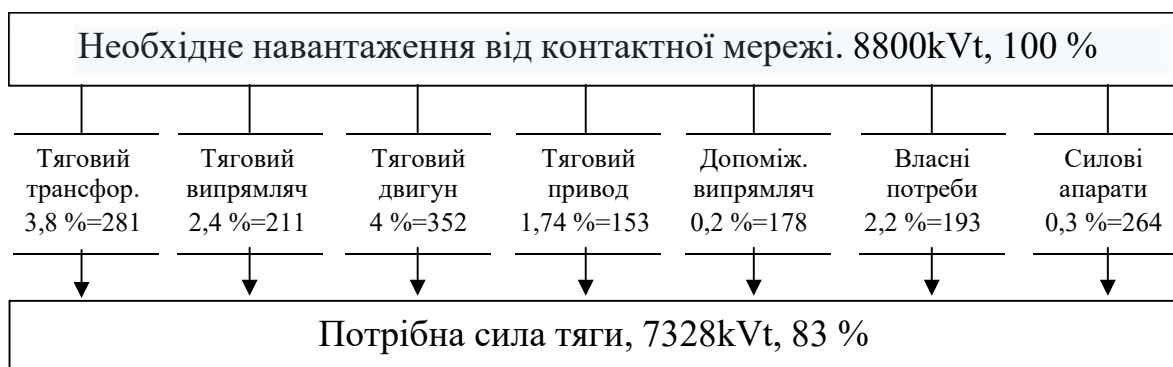


Рис. 4. Структурна енергетична схема електровоза Az8A, що експлуатується в тривалому режимі

У результаті придбання та введення в експлуатацію сучасних локомотивів на Азербайджанській залізниці будуть значно збільшені економічні показники залізничного транспорту та поліпшена безпека руху поїздів.

Висновки. У статті проаналізовано матеріально-технічну базу наявного локомотивного парку в системі залізниць Азербайджану та обґрунтовано закупівлю

нових локомотивів. Визначено структуру локомотивного парку та завдання, що стоять перед ними. Визначено характеристики енергії нових електровозів Az4A та Az8A на Азербайджанській залізниці та складено структурні схеми ланцюга живлення локомотивів. Тягові випробування показали, що використання електровозів з асинхронним тяговим двигуном на Азербайджанській залізниці дало змогу

зменшити експлуатаційні витрати на 20 %. Запуск міжнародних транспортних коридорів та зростання економічної сили Азербайджану збільшують попит на вантажні та пасажирські перевезення. Для

цього було розроблено технічні вимоги та основні тягові й енергетичні параметри для закупівлі та введення в експлуатацію нових локомотивів і моторного рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Фурьянский Н. А., Долганов А. Н., Нестрахов А. С. Развитие локомотивной тяги. Москва: Транспорт, 1988. 344 с.
2. Грищенко А. В., Стрекопытов В. В. Электрические машины и статические преобразователи подвижного состава. Москва: Академия, 2005. 320 с.
3. Официальный сайт электровозоборочного завода в г. Астана. Казахстан. URL: <http://ekz.com.kz> (дата звернення: 12.05.2021).
4. «Azərbaycan Dəmir yolları» QSC Bakı 2020 il. URL: <http://railway.gov.az> (дата звернення: 19.06.2021).
5. Асланов Д. Г., Ершов А. В., Зинулла Е. Анализ результатов испытаний и базовых характеристик электровозов KZ8A и KZ4AT, планируемых к эксплуатации на Азербайджанских железных дорогах. *Новости Науки Казахстана*. Алматы, 2015. № 4. С. 88–94.
6. Шрамко С. Г. Повышение эффективности эксплуатации электровозов переменного тока в режиме рекуперативного торможения. *Вестник ИрГТУ*. 2016. № 4 (111). С. 192–199.
7. Hitoshi Hayashiya, Keiichiro Kondo, Recent trends in power electronics applications as solutions in electric railways. *Institute of electrical engineers of Japan*, Vol.15. Iss. 5. 2020. P. 632–645.
8. Васильев И. П., Тулупов В. Д. Повышение энергетической эффективности электровозов переменного тока с коллекторным приводом. *Вестник МЭИ*. 2016. № 4. С. 88–91.
9. Киржнер Д. Л. Требования к новому тяговому подвижному составу. *Железнодорожный транспорт*. 2007. № 8. С. 13–14.

Еязов Исраїл Шукур огли, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортної техніки та технологій управління Азербайджанського технічного університету. Тел.: +994 (050) 664-4271, E-mail: iselyazov@beu.edu.az
Гусейнов Ільхам Дільгам огли, старш. виклад. кафедри транспортної логістики та безпеки руху Азербайджанського технічного університету. Тел.: +994 (051) 303-0183, E-mail: ilham.huseynov83@mail.ru
Равлюк Василь Григорович канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-35. E-mail: ravvg@ukr.net

Elyazov Izrail Shukur oglu, PhD (Tech). Associate professor, Department of "Transport Engineering and Technology Management" of the Azerbaijan Technical University. Tel: +994 (050) 664-42 -71, E-mail: iselyazov@beu.edu.az
Huseynov Ilham Dilgam ogli, senior wkladach of the department "Transport logistics and the spirit of safety" of the Azerbaijan Technical University. Tel: +994 (051) 303-01-83, E-mail: ilham.huseynov83@mail.ru
Ravlyuk Vasyl G. PhD (Tech). Associate professor, Department of cars, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: ravvg@ukr.net

Статтю прийнято 05.10.2021 р.