

Арпуть С. В., Пушкар С. В.

## **Високошвидкісні електропоїзда сімейства TGV**

Вперше ідея створення TGV виникла ще в 60-их роках 20-го сторіччя у відповідь на будівництво Японією швидкісної мережі Shinkansen. У той час Французький уряд сприяв розвитку технологій, велися дослідження по створенню маглевів і навіть поїздів на повітряній подушці Aérotrain. Одночасно з цим SNCF (Національна компанія французьких залізниць) почала проектування високошвидкісного поїзда, який можна було б використати на звичайних залізницях.

Двадцять четвертого вересня 1980 року на щойно побудованій високошвидкісній залізниці Париж – Ліон почалися пробні поїздки серійного високошвидкісного поїзда, що отримав найменування TGV SE.

Сьогодні високошвидкісні електропоїзда TGV охоплюють міста на півдні, заході і північному сході Франції. Деякі сусідні країни, у тому числі Бельгія, Італія, Швейцарія, Німеччина та Великобританія, побудували свої високошвидкісні лінії і приєднали їх до французької мережі.

За 35 років у Франції було створено більше 10 модифікацій високошвидкісних поїздів: TGV SE – для обслуговування першої французької високошвидкісної магістралі; TGV P – для доставки термінових поштових відправлень і дрібних партій вантажів; TGV R – для обслуговування усієї мережі високошвидкісних магістралей на південь і північ від Парижу; TGV SMT – для лінії Париж – Брюссель і Лондон; TGV Thalys – для маршруту Париж – Брюссель – Кельн і Амстердам; TGV Duplex – двоповерхові високошвидкісні потяги, якими з 1996 року почали замінювати морально застарілі поїзди TGV SE.

Перша серійна модель TGV Sud-Est (рис. 1 та табл. 1), виготовлялася з 1978 р. по 1985 р. компанією Alstom спеціально для високошвидкісної магістралі (LGV) Sud-Est між Парижем та Ліоном. У період з 1978 по 1985 р.р. було випущено 109 електропоїздів 2 різновидів: двосистемні – для експлуатації на постійному струмі напругою 1,5 кВ, на так званих lignes classiques (звичайні лінії), яких особливо багато в околицях Парижу, і на змінному – напругою

25 кВ і частотою 50 Гц, а також трисистемні – додатково на змінному струмі напругою 15 кВ і частотою  $16\frac{2}{3}$  Гц (для обслуговування ділянок в Швейцарії).



**Рис. 1 – Високошвидкісний електропоїзд TGV SE, який встановив рекорд швидкості 380,4 км/год в 1981 році**

**Таблиця 1 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV SE**

Параметр	Значення
Конструкційна швидкість (після модернізації), км/год	270 (300)
Компоновка вагонів в составі	Гм+8П+Гм <sup>1</sup>
Довжина потяга, м	200,2
Кількість місць в составі, шт	345
Маса, т	
– двосистемний	385
– трисистемний	390
Навантаження на вісь, т	15
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– постійний струм 1,5 кВ	3100
– змінний струм 15 кВ, $16\frac{2}{3}$ Гц	2800
– змінний струм 25 кВ, 50 Гц	6540
Електричне гальмування	реостатне

<sup>1</sup> Гм – головний вагон з тяговими двигунами; П – причіпний вагон.

В 1981 році французька поштова служба замовила високошвидкісний поштово-багажний електропоїзд, який отримав назву TGV Postal (TGV P, див. рис. 2). Вони забарвлені в жовтий колір і служать для перевезень в нічний час пошти, посилок та дрібних вантажів між Парижем, Маконом і Кавайоном.

Електропоїзди цієї моделі були створені на базі TGV SE. У електропоїзді може розміщуватися до 254 поштових контейнерів.



**Рис. 2 – Високошвидкісний електропоїзд TGV P**

Спочатку було побудовано п'ять напівсоставів (кожен напівсостав складається з одного головного моторного і чотирьох проміжних вагонів), що давало можливість формувати два повноцінні електропоїзди і ще половину електропоїзда тримати в резерві. Згодом один з електропоїздів TGV SE був перероблений в TGV P. Конструкційна швидкість TGV P складає 270 км/год, що робить його найшвидшим вантажним потягом у світі. У зв'язку зі щорічним зниженням об'ємів поштових перевезень у Франції в літку 2015 року La Poste призупинила залізничні перевезення і тим самим всі потяги TGV P було виведено з експлуатації.

Після грандіозного успіху TGV SE Національна компанія французьких залізниць вирішила продовжити розвиток високошвидкісної мережі залізниць і в 1989 році було відкрито нову лінію LGV Atlantique. Для обслуговування даної

лінії виготовлялися електропоїзда TGV другого покоління – TGV Atlantique (TGV A, див. рис. 3).



**Рис. 3 – Високошвидкісний електропоїзд TGV A**

Порівняно з представниками першого покоління (TGV SE і TGV P), електропоїзда TGV A відрізняються передусім більш високою потужністю тягового приводу (8800 кВт проти 6400 кВт), застосуванням синхронних тягових електродвигунів і поліпшеним профілем моторних вагонів (див. табл. 2). Окрім цього їх відрізняє характерне сріблясте забарвлення і підвищена довжина составів (число проміжних вагонів збільшене з 8 до 10). Конструкційна швидкість електропоїзда складає 300 км/год. За період з 1988 року по 1992 рік було побудовано 105 потягів.

**Таблиця 2 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV A**

Параметр	Значення
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	15 кВ, 16 2/3 Гц 25 кВ, 50 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	300
Компоновка вагонів в составі	Гм+10П+Гм
Довжина потяга, м	237,5

Параметр	Значення
Кількість місць в складі, шт:	
– загальна	485
– 1 клас	116
– 2 клас	369
Маса, т	444
Навантаження на вісь, т	14,8
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 15 кВ, 16 2/3 Гц	3880
– 25 кВ, 50 Гц	8800
Тип тягового електродвигуна (ТЕД)	синхронний
Потужність ТЕД, кВт	1100
Електричне гальмування	реостатне

Після спорудження у Франції нових високошвидкісних магістралей (LGV Rhône-Alpes, LGV Nord) знадобилися універсальні потяги, що відповідають умовам експлуатації на усій мережі LGV.

Нові електропоїзда отримали найменування TGV Réseau (TGV R, див. рис. 4). Потужність електропоїзда складає 8800 кВт, але в порівнянні з TGV A число пасажирських вагонів зменшене до восьми, що дозволило підвищити його питому потужність, необхідну для роботи на лініях з крутими підйомами (див. табл. 3). Електричне і механічне обладнання потягу TGV R, включаючи проміжні візки, принципово не відрізняється від TGV A.

Однією з причин появи цих електропоїздів послужили численні скарги пасажирів з приводу перепадів тиску в електропоїздах TGV A, коли ті заїжджають в тунелі. На відміну від них, TGV R має герметичний кузов, що дозволило виключити виникнення подібних неприємних відчуттів. Існують моделі як в двосистемному, так і в трисистемному варіантах. Трисистемні потяги можуть курсувати, окрім Франції, ще й на території Бельгії і Італії.

Конструкційна швидкість електропоїзда становить 320 км/год. Всього з 1992 р. по 1996 р. випущено 80 одиниць потягів серії TGV R.



**Рис. 4 – Високошвидкісний електропоїзд TGV R**

**Таблиця 3 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV R**

Параметр	Значення
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	1,5 кВ; 3 кВ 25 кВ, 50 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	320
Компоновка вагонів в составі	Гм+8П+Гм
Довжина потяга, м	200
Кількість місць в составі, шт	377
Маса, т	383
Навантаження на вісь, т	14,8
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 1,5 кВ; 3 кВ	3680
– 25 кВ, 50 Гц	8800
Тип тягового електродвигуна (ТЕД)	синхронний
Потужність ТЕД, кВт	1100
Електричне гальмування	реостатне

Новим кроком в лінійці розвитку TGV став потяг Trans Manche Super Train (TGV TSMT), також відомий як Eurostar (рис. 5).

Потяг Eurostar, по суті, являється подовженим TGV, його довжина становить 394 м (20 вагонів, включаючи головні), він пристосований для експлуатації у Великобританії і Євротунелі. Щоб відповідати умовам

експлуатації у Великобританії він має меншу площу поперечного перерізу в порівнянні з іншими серіями потягів сімейства TGV, крім того в ньому передбачено живлення через третю рейку постійним струмом напругою 750 В, він обладнаний асинхронними тяговими двигунами, створеними у Великобританії, і поліпшеною системою пожежобезпеки на випадок займання в тунелі. TGV TSMT – найпотужніший потяг сімейства. Його сумарна потужність складає 12240 кВт (див. табл. 4).



**Рис. 5 – Високошвидкісний електропоїзд TGV TSMT (Eurostar)**

По британській класифікації потяг має найменування Class 373. Потяг був спроектований фірмою GEC-Alstom (нині Alstom) і виготовлявся на заводах в Ля Рошели (Франція), Бельфоре (Франція) і Вошвуд Хэт (Англія), експлуатація почалася в 1993 році.

Існує два типи составів TGV TSMT: Eurostar Three Capitals складається з двох головних моторних і 18 пасажирських вагонів з двома додатковими моторними візками; Eurostar North of London складається з двох головних моторних і 14 пасажирських вагонів. Состави обох типів складаються з двох частин, незчленованих в середині, тобто у разі поломки або надзвичайної ситуації в Євротунелі половину потягу можна відчепити, щоб та своїм ходом

покинула тунель. Кожна така половинка складу має свій номер. Потяг, що йде на швидкості 300 км/год, повністю зупиняється за 65 секунд, при цьому гальмівний шлях складає 2,7 км. В порівнянні з іншими сучасними високошвидкісними поїздами, TGV TSMТ має маленьку площу лобового скла. Це пов'язано з тим, що тривала їзда в тунелі на великій швидкості викликає гіпноотичний ефект.

**Таблиця 4 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV TSMТ**

Параметр	Значення
Конструкційна швидкість, км/год	300
Компоновка вагонів в складі	Гм+18 (14)П+Гм
Довжина потяга, м	393,7
Маса, т	752 (601)
Навантаження на вісь, т	15
Кількість місць в складі, шт:	
– 18 вагонному	794
– 14 вагонному	558
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 675/750 В	3400
– 1,5 та 3 кВ	5700
– 25 кВ 50 Гц	12240

Усі склади TGV TSMТ є три- або чотирисистемними і пристосовані для роботи на лініях LGV зі змінним струмом (включаючи лінію в Євротунелі і стандартні лінії у Великобританії), бельгійських лініях з постійним струмом і британських системах з третьою рейкою, поширених на півдні країни. Третій тип живлення залишився зайвим, оскільки в 2007 році завершилося будівництво лінії між Лондоном і Євротунелем. Потяги TGV Three Capitals, якими володіє SNCF, також підтримують живлення від постійного струму напругою 1,5 кВ.

Для підвищення об'ємів перевезень без збільшення кількості складів і вагонів в кожному складі в 1996 р. був розроблений TGV Duplex (див. рис. 6, табл. 5).

Електропоїзда цієї серії мають двоповерхові вагони з вхідними дверима на нижньому рівні, що особливо зручно, оскільки у Франції усі платформи на станціях низькі. Також вони вважаються першими, з лінійки TGV, електропоїздами 3-го покоління.



Електропоїзда Duplex були створені на базі TGV R, і спочатку лише як експериментальні. Проте завдяки двоповерховій конструкції, із-за якої TGV Duplex дозволяє при збереженні довжини перевозити майже на 45 % більше пасажирів, роль цих електропоїздів помітно зросла і нині вони є основними «робочими конячками» на лініях LGV. В основному вони працюють на лінії LGV Est, причому нерідко здвоєними складами, які можуть складатися або з 2 Duplex-ів, або з Duplex-а і одноповерхового електропоїзда (TGV SE, TGV A або TGV R), завдяки можливості роботи по системі багатьох одиниць.



**Рис. 6 – Високошвидкісний електропоїзд TGV Duplex**

**Таблиця 5 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV Duplex**

Параметр	Значення
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	1,5 кВ 25 кВ, 50 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	320
Компоновка вагонів в складі	Гм+8П+Гм
Довжина потяга, м	200
Кількість місць в складі, шт	545
Маса, т	390
Навантаження на вісь, т	17
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 1,5 кВ	3680
– 25 кВ, 50 Гц	8800

Спеціально для компанії Thalys, яка займається високошвидкісними міжнародними перевезеннями в Європі, на базі електропоїзда TGV R було розроблено Thalys PVA (рис. 7, табл. 6). Цей електропоїзд є трисистемним. З 1995 р. по 1996 р. їх було побудовано 10 одиниць. Експлуатується дана серія TGV на лінії Париж – Брюссель – Амстердам, звідси пішла і назва цієї серії потягів TGV – Thalys PVA. Їх основна відмінність від TGV R полягає в установці систем локомотивної сигналізації і безпеки за бельгійськими і голландськими стандартами. Потяги мають гранатово-сріблясте забарвлення. Конструкційна швидкість складає 320 км/год.



**Рис. 7 – Високошвидкісний електропоїзд TGV PVA**

На відміну від потягів Thalys PVA состави Thalys PVKA (рис. 8, табл. 6), що експлуатуються на маршруті Париж – Брюссель – Кельн – Амстердам (звідки пішла і назва цього потяга TGV PVKA) є чотирьохсистемними. З технологічної точки зору вони ідентичні TGV Duplex, але вагони у них одноповерхові. Конструкційна швидкість електропоїзда становить 300 км/год. Всього було виготовлено 17 таких составів.



**Рис. 8 – Високошвидкісний електропоїзд TGV PBA**

**Таблиця 6 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV PBA та TGV PBA**

Параметр	Значення	
	TGV PBA	TGV PBA
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	1,5 кВ; 3 кВ; 25 кВ, 50 Гц	1,5 кВ; 3 кВ; 25 кВ, 50 Гц, 15 кВ, 16 2/3 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	320	300
Компоновка вагонів в составі	Гм+8П+Гм	
Довжина потяга, м	200	
Кількість місць в составі, шт	377	
Маса, т	383	
Навантаження на вісь, т	15	
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:		
– 1,5 кВ; 3 кВ	3380	3380
– 15 кВ, 16 2/3 Гц	–	5160
– 25 кВ, 50 Гц	8800	8800

Електропоїзда серії TGV POS (рис. 9, табл. 7) оснащені новими асинхронними тяговими двигунами із загальною потужністю 9600 кВт. У разі відмови, можливе відключення тягових двигунів будь-якого візка. Пасажи́рські вагони одноповерхові, один состав вміщує 377 пасажирів. Потяги експлуатуються на маршруті Париж – Східна Франція – Південна Німеччина (Paris – Ostfrankreich – Süddeutschland, звідси пішла і назва потяга).

До офіційного відкриття лінії LGV Est, на якій зараз експлуатуються TGV POS, було вирішено оцінити її можливості, встановивши разом новий світовий рекорд швидкості, який на той час ще продовжував належати електропоїзду TGV A – 515,3 км/год, і був встановлений ще 3 травня 1990 року.

Метою було встановити рекорд швидкості не менше 540 км/год (150 м/с), через що даний захід дістав назву «Проект V150».



**Рис. 9 – Високошвидкісний електропоїзд TGV POS**

**Таблиця 7 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV POS**

Параметр	Значення
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	1,5 кВ; 15 кВ 16 2/3 Гц 25 кВ, 50 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	320
Компоновка вагонів в составі	Гм+8П+Гм
Довжина потяга, м	200
Кількість місць в составі, шт	377
Маса, т	383
Навантаження на вісь, т	15
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 1,5 кВ	3680
– 15 кВ, 16 2/3 Гц	6880
– 25 кВ, 50 Гц	9600

Для встановлення рекорду було модернізовано електропоїзд TGV POS № 4402, який піддали модернізації, в ході якої число проміжних вагонів скоротили до 3. Окрім цього, моторні вагони були обладнані потужнішими тяговими електродвигунами, через що потужність електропоїзда зростає з 9600 кВт до 19600 кВт, колісні пари були замінені на нові з більшим діаметром (1020 мм замість 920 мм), а для зниження повітряного опору проміжки між вагонами були закриті. Також напруга в контактній мережі була підвищена з 25 кВ до 31 кВ, а на самому составі було розміщено більше 600 різних датчиків. На початку 2007 року на лінії проводилися дослідні поїздки, в ході яких 13 лютого був встановлений неофіційний рекорд швидкості 554,3 км/год, а 3 квітня при великій кількості журналістів потяг розігнали до швидкості 574,8 км/год, тим самим офіційно встановивши новий світовий рекорд

швидкості для рейкових потягів. Сьогодні потяг здійснює міжнародні рейси з Франції в Німеччину і Швейцарію.

В 2010 році компанією Alstom був побудований експериментальний потяг TGV 2N2 (рис. 10, табл. 8). Він є удосконаленою версією TGV Duplex. Також як і свій попередник, цей потяг двоповерховий і має асинхронні тягові електродвигуни потужністю 1200 кВт. Основними відмінностями від Duplex є: нові фари, міжвагонні переходи, ширший дах причіпних вагонів, інформаційна система про параметри потягу, спеціальні пандуси і купе для осіб на інвалідних візках. Потяг є трисистемним, розрахований він для роботи від контактної мережі з параметрами 1,5 кВ постійного струму, 15 кВ 16 2/3 Гц і 25 кВ 50 Гц змінного струму. У 2011-2014 роках побудовано 55 потягів, які ходять з Парижу в Мюнхен, Марсель, Цюрих, Страсбург і Барселону.



**Рис. 10 – Високошвидкісний електропоїзд TGV 2N2**

**Таблиця 8 – Технічні дані високошвидкісного електропоїзда TGV 2N2**

Параметр	Значення
Напруга, кВ та частота струму контактної мережі, Гц	1,5 кВ; 15 кВ, 16 2/3 Гц 25 кВ, 50 Гц
Конструкційна швидкість, км/год	320
Компоновка вагонів в составі	Гм+8П+Гм
Довжина потяга, м	200
Кількість місць в составі, шт	377
Маса, т	399
Навантаження на вісь, т	17
Потужність на ободі рушійних коліс, кВт:	
– 1,5 кВ	3680
– 15 кВ, 16 2/3 Гц	6800
– 25 кВ, 50 Гц	9600

Сімейство високошвидкісних потягів TGV є одним з найвідоміших технічних засобів транспорту. Високі швидкості поєднуються з прекрасною надійністю і безпекою, а передова конструкція, яка йде в ногу з часом, дозволяє говорити про TGV як про найдосконаліший потяг світу ось вже майже на протязі тридцяти п'яти років, і століття TGV триватиме ще дуже довго.

Матеріали підготовлено з використанням інформаційних ресурсів Інтернет.