

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЗОВІВ ДВОСЕКЦІЙНИХ ТРАМВАЙНИХ ВАГОНІВ З РІЗНИМИ КОМПОНУВАЛЬНИМИ СХЕМАМИ

ТзОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація

Розглянуті компоновальні схеми сучасних зчленованих двосекційних трамвайних вагонів за кількістю, типом і розміщенням колісних візків та пасажирських дверей. На основі аналізу розмірних параметрів існуючих двосекційних трамвайних вагонів та регламентованих вимог до їх маневреності графічним методом визначені максимально допустимі довжини їх кузовів у залежності від кількості колісних візків та їх розміщення. Наведені рекомендації щодо вибору інших розмірних параметрів трамвайних двосекційних вагонів та їх компоновальних схем у залежності від номінальної пасажировмістимості.

Ключові слова: двосекційний трамвайний вагон, компоновальна схема вагона, розмірні параметри вагона, трамвайний колісний візок, номінальна пасажировмістимість.

Abstract

The layout schemes of modern articulated two-section tram cars are considered in terms of the number, type and placement of wheeled bogies and passenger doors. Based on the analysis of the dimensional parameters of the existing two-section tram cars and the regulated requirements for their maneuverability, the maximum allowable lengths of their bodies are determined by a graphical method, depending on the number of wheeled bogies and their placement. Recommendations are given on the choice of other dimensional parameters of two-section tram cars and their layout schemes, depending on the nominal passenger capacity.

Keywords: two-section tram wagon, wagon layout scheme, wagon parameters change, wheeled tram wagon, nominal passenger capacity.

Вступ

Трамвайний транспорт доволі широко застосовується у системах міських перевезень пасажирів багатьох країн світу, оскільки належить до одного з екологічних видів громадського транспорту. На нинішній підприємствами міського електричного транспорту експлуатуються різні типи трамвайних вагонів, зокрема одинарні, зчленовані багатосекційні з кількістю секцій від двох до восьми та причіпні потяги у складі двох-чотирьох одинарних вагонів. До одного з найбільш застосовуваних типів належать двосекційні трамвайні вагони. Створення їх конструкцій базується на застосуванні різних компоновальних схем за двома найбільш характерними (визначальними) критеріями:

- за колісною формулою, яка характеризує кількість, тип та розміщення колісних візків;
- за формулою пасажирських дверей, яка характеризує їх кількість, тип та розміщення.

Окрім того, конструкції сучасних трамвайних вагонів різняться шириною колії колісних візків, довжиною і шириною кузовів, плануваннями пасажирських салонів, кількістю відділень з робочим місцем водія тощо.

Економічна ефективність експлуатації трамвайних вагонів залежить, у першу чергу, від питомих показників номінальної пасажировмістимості та витрати електроенергії під час руху за маршрутом, які залежать від параметрів мас та розмірних параметрів вагонів. Останні, у свою чергу, безпосередньо залежать від компоновальних схем, які визначаються колісною формулою та формулою пасажирських дверей.

Отже, вибір оптимальних компоновальних схем для проектування перспективних і конкурентоспроможних моделей трамвайних вагонів являється дуже важливим і відповідальним завданням.

Результати дослідження

На нинішній час для міських перевезень пасажирів застосовуються зчленовані двосекційні трамвайні вагони, компоновальні схеми яких за колісною формулою (кількістю та розміщенням колісних

візків) та формулою пасажирських дверей (кількістю, типом та розміщенням дверей) наведені на рис. 1 та рис. 2.

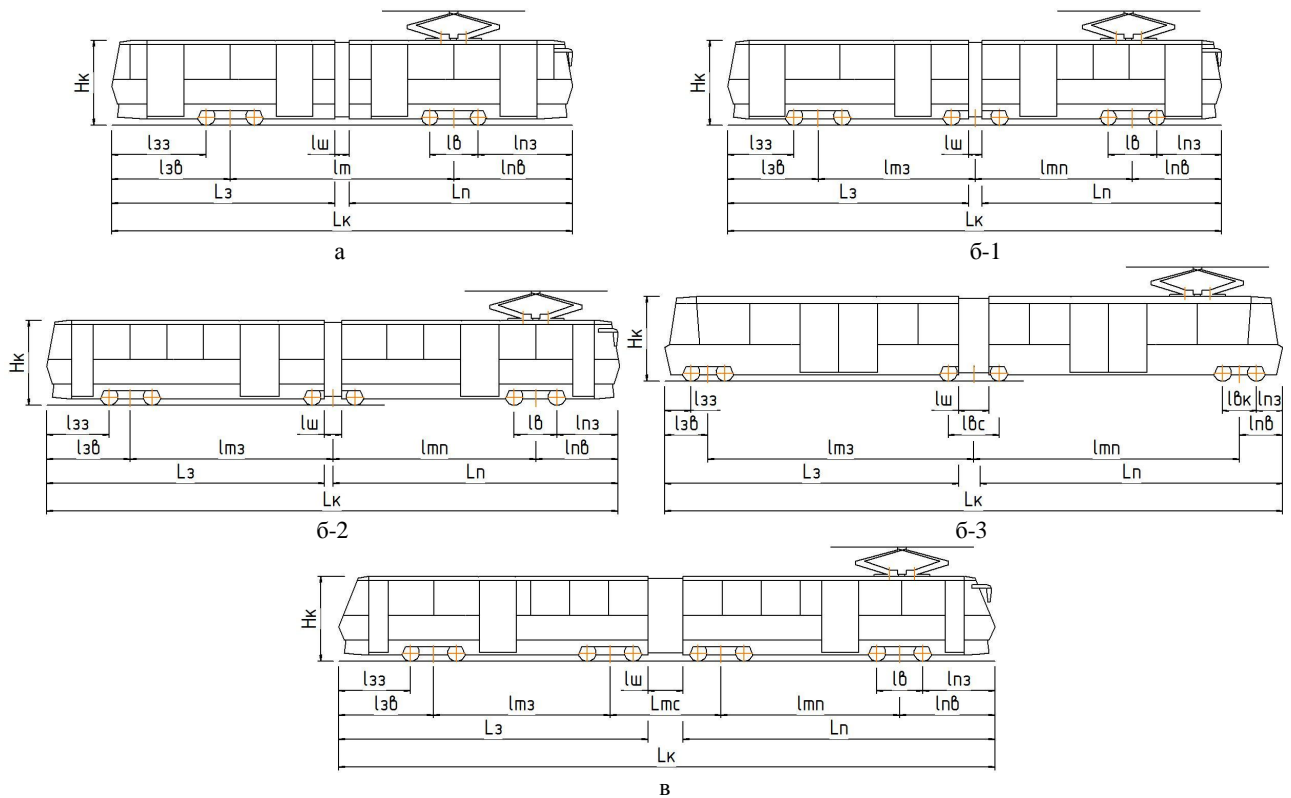


Рис. 1. Компонувальні схеми зчленованих двосекційних трамвайних вагонів із симетричними колісними формулами: а) – з двома колісними візками; б) – з трьома колісними візками; в) – з чотирма колісними візками

Таблиця 1 – Основні розмірні параметри існуючих моделей зчленованих двосекційних трамвайних вагонів симетричної дво-, три- та чотиривізкової колісної формули (рис. 1)

Модель	К4Т		822	Tatra K2R	Vario F2		проект	ЛВС-2005/8
Виробник	ЧКД Прага	-	Stadler	ЧКД Прага; Pragoimex	-	-	-	Вагонмаш
Країна	Чехія		Швейцарія	Чехія				Росія
Компонувальна схема	рис. 1а		рис. 1б-1		рис. 1б-2	рис. 1б-3	рис. 1в	
Розмірні параметри, мм:								
- довжина, Lк	18110	18100	20345	20400	22600	23600	25500	27100
- ширина, Вк	2200	2500		2500	2480	-	2600	2500
- висота, Нк	3110	-	3270	3050	3085	-	-	
- довжина передньої секції, Lп	8790	8650	9772,5	9810	10840	11475	12300	12850
- довжина задньої секції, Lз				9950			11950	
- довжина шарнірної секції, lш	530	800		640	920	650	1250	1400
- діаметра колеса візка	700	-	600	-				
- база колісного візка крайнього	1900	1800		1900		1800	1400	1900
- база колісного візка середнього							2100	
- колісна база вагона, lтп	8900		9910	6400	7500		11265	7500
- колісна база вагона, lтп	-							
- звис передній, lпз	3700	3720	4330	2790	2850	2570	950	2970
- звис задній, lзз								
- звис передній по базі вагона, lпв	4605	4600	5217	3720	3800	3450	1645	3750
- звис задній по базі вагона, lзв								
- довжина по буксирних пристроях	19054	19340	-	21524	-			
- ширина пасажирських дверей								
- крайніх	1160	1270	1300	-				
- середніх	1300							
- ширина проїми пасажирських дверей								
- крайніх	1290	1530	1540	1320	950	-	1550	800
- середніх	1430			1530	1520			

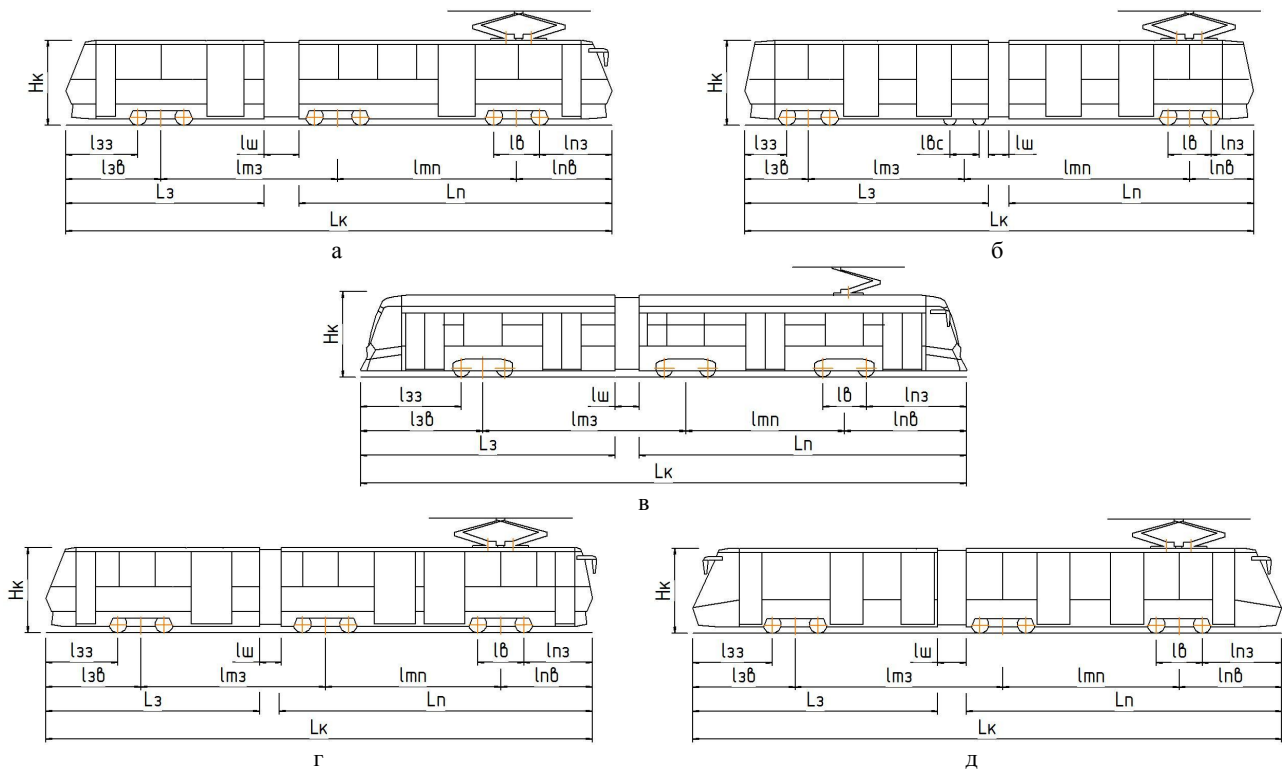


Рис. 2. Компонувальні схеми зчленованих двосекційних трамвайних вагонів із несиметричними колісними формулами: а) і б) – з чотирма дверима; в) – з п'ятьма дверима (одні – службові); в) – з шістьма дверима

Таблиця 2 – Основні розмірні параметри існуючих моделей зчленованих двосекційних трамвайних вагонів несиметричної дво- та тривізкової колісної формули (рис. 2)

Модель	ЛВС-2005/6			Tram 03	Tango NF2 nOVA		проект	
Виробник	Вагонмаш	Bombardie			Stadler	-	Южмаш	
Країна	Росія			-	Швейцарія		Україна	
Компонувальна схема	рис. 2а			рис. 2б	рис. 2в	рис. 2г	рис. 2д	
- довжина, Lк	22500	20500	21085	21000	24900	22070	24290	
- ширина, Bк	2500	2300		-	2500	2550	2500	
- висота, Hк	-	3130	3240	3310	3280	3350	3400	
- довжина передньої секції, Lп	12875	11500	11250	10000	13500	12360	13000	
- довжина задньої секції, Lз	8225	9000	8835		10500	8820	10110	
- довжина шарнірної секції, lш	1400	1000			900	890	1180	
- діаметра колеса візка							710	
- база колісного візка крайнього	1900	1800				1940	1900	
- база колісного візка середнього								
- колісна база вагона, lтп	7385	5500		9275	6545	7500	7400	
- колісна база вагона, lтп	7270	7600	7650	6450	8375		8570	
- звис передній, lпз	2970	2830	3000	1750	4140	2800	3280	
- звис задній, lзз								
- звис передній по базі вагона, lпв	3925	3755	3900	2650	5045	3900	4230	
- звис задній по базі вагона, lзв								
- довжина по буксирних пристроях	-	2230	-	22250	-			
- ширина пройми пасажирських дверей								
- крайніх	800	850		1450	1600	1260	930	
- середніх	1520	1600				1700	1360	

Основними, тобто, визначальними розмірними параметрами трамвайних вагонів, від яких, у значній мірі, залежить їх основний експлуатаційний параметр – номінальна пасажировмістимість, являються довжина та ширина вагонів по кузовах. Окрім того, важливими розмірними параметрами являються також ширина пасажирських дверей та відстань між суміжними дверима, від яких залежить зручність користування трамвайними вагонами.

Максимальні (допустимі) величини довжини і ширини трамвайних вагонів по кузовах регламентовані вимогами ДСТУ 4070-2002 [1] у залежності від ширини колії колісних візків:

- трамвайні вагони для колій шириною 1,524 м та 1,0 м повинні проходити криву ділянку шляху радіусом 20 м, при цьому найбільш виступаючі точки кузова повинні описувати коло радіусом не більше 21,8 м з зовнішньої сторони і не менше, відповідно, 18,4 м та 18,7 з внутрішньої сторони кривої;
- ширина вагонів по кузовах для шириною 1,524 м та 1,0 м не повинні перевищувати, відповідно, 2,5 м і 2,2 м.

Ширина проїм пасажирських дверей повинна складати не менше ніж 0,65 м для одинарних та 1,2 м для подвійних дверей. Кількість пасажирських дверей, у залежності від номінальної пасажиромістимості трамвайних вагонів, повинна становити не менше 3 при містимості 61-95 чол.; не менше 4 при 96-125 чол.; не менше 5 при 126-155 чол. та не менше 6 при 156-185 чол. При пасажиромістимості вагона більше 185 чоловік, кількість дверей повинна бути не меншою, ніж одні двері на кожні 30 пасажирів. Подвійні пасажирські двері вважаються як двоє одинарних дверей.

Отже, допустима ширина трамвайних вагонів фіксована у залежності від ширини колії рейкових мереж. А допустима довжина по кузовах вагонів визначається для кожної конкретної компоувальної схеми, варіанти яких наведені на рис. 1 і рис. 2 графічним методом.

Схема визначення довжини кузова зчленованого двосекційного двовізкового трамвайного вагона з компоувальною схемою, відповідною рис. 1а, наведена на рис. 3.

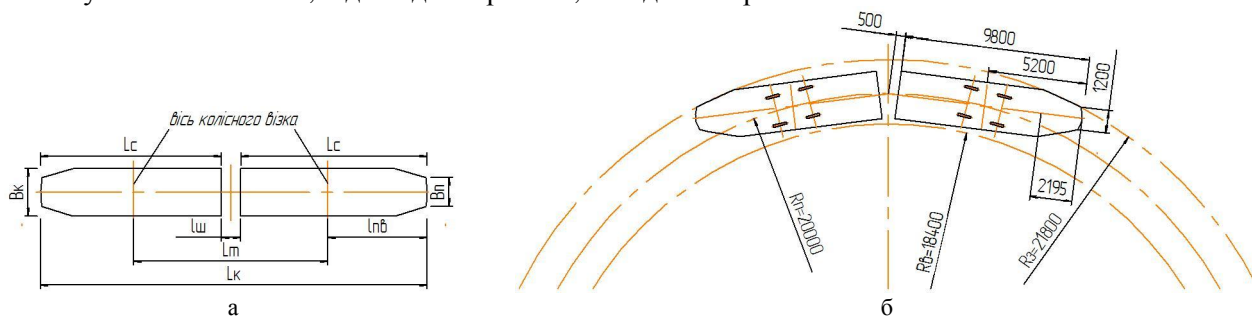


Рис. 3. Схема визначення максимальної довжини зчленованого двосекційного трамвайного вагона із симетричною двовізковою колісною формулою:
а) – основні розмірні параметри; б) – визначення допустимої довжини секцій вагона

Ширина передньої стінки секції вагонів B_n приймається відповідно до рекомендацій [2] $B_n = 1,1 \dots 1,8$ м. Величина l_{ne} / L_c для моделей вагонів, наведених у табл. 1, рівна $0,53 \pm 0,04$, а рекомендована середня величина розміру $l_{uu} = 1,0 \pm 0,2$ м. При прийнятих величинах $B_n = 1,2$ м і $l_{ne} / L_c = 0,53$ та $l_{uu} = 1,0$ м довжина секції вагона становить 9,8 м а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м рівна $[L_k] \leq 20,6$ м.

Схема визначення довжини кузова зчленованого двосекційного тривізкового трамвайного вагона з компоувальними схемами, відповідними рис. 1б-1, рис. 1б-2 та рис. 1б-3, наведена на рис. 4.

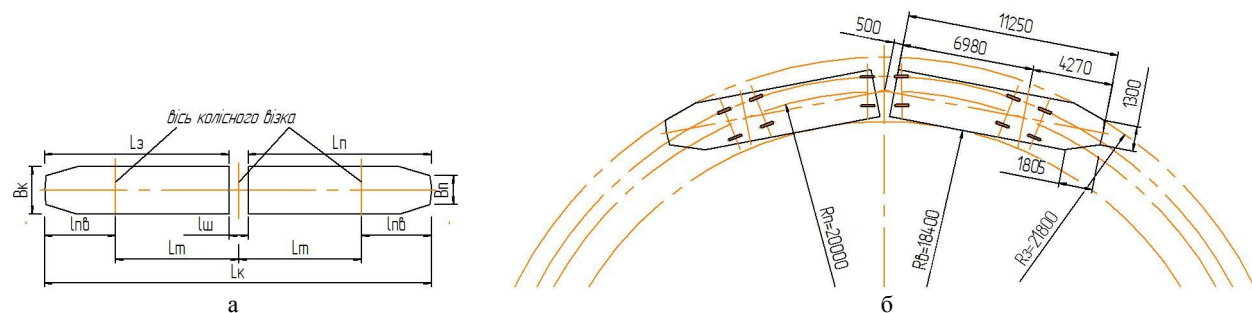


Рис. 4. Схема визначення максимальної довжини зчленованого двосекційного трамвайного вагона із несиметричною тривізковою колісною формулою:
а) – основні розмірні параметри; б) – визначення допустимої довжини секцій вагона

Довжина секції симетричного тривізкового двосекційного вагона становить 11,25 м, а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м рівна $[L_k] \leq 23,5$ м.

Схема визначення довжини кузова зчленованого двосекційного чотиривізкового трамвайного вагона з компоувальною схемою, відповідною рис. 1в, наведена на рис. 5.

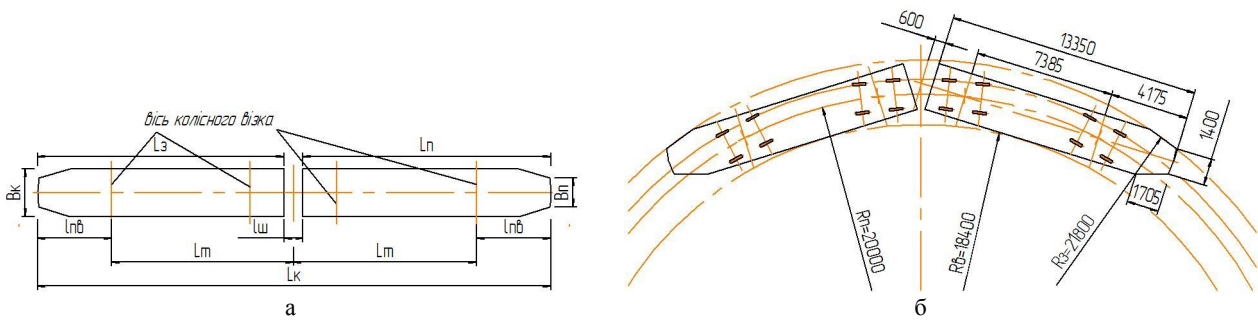


Рис. 5. Схема визначення максимальної довжини зчленованого двосекційного трамвайного вагона із симетричною чотиривізковою колісною формулою:
а) – основні розмірні параметри; б) – визначення допустимої довжини секцій вагона

Довжина секції симетричного чотиривізкового двосекційного вагона становить 13,35 м, а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м при $l_{ш} = 1,2$ м рівна $[L_k] \leq 27,7$ м.

На основі рис. 5 отримуємо компоувальну схему визначення довжини кузова зчленованого двосекційного тривізкового трамвайного вагона з несиметричною компоувальною схемою (рис. 6), відповідною рис. 2.

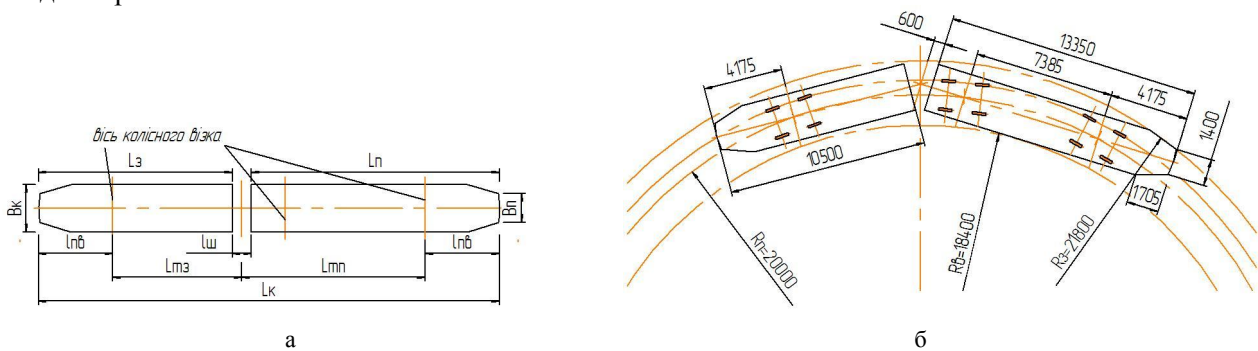


Рис. 6. Схема визначення максимальної довжини зчленованого двосекційного трамвайного вагона із несиметричною тривізковою колісною формулою:
а) – основні розмірні параметри; б) – визначення допустимої довжини секцій вагона

Довжина передньої секції несиметричного тривізкового двосекційного вагона становить 13,35 м, задньої – 10,5 м, а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м при $l_{ш} = 1,2$ м рівна $[L_k] \leq 25,05$ м.

Схеми визначення довжини кузовів зчленованих двосекційних трамвайних вагонів несиметричної компоувальної схеми з трьома візками, за умови мінімізованого та максимізованого переднього звису $l_{нв}$, наведені на рис. 7.

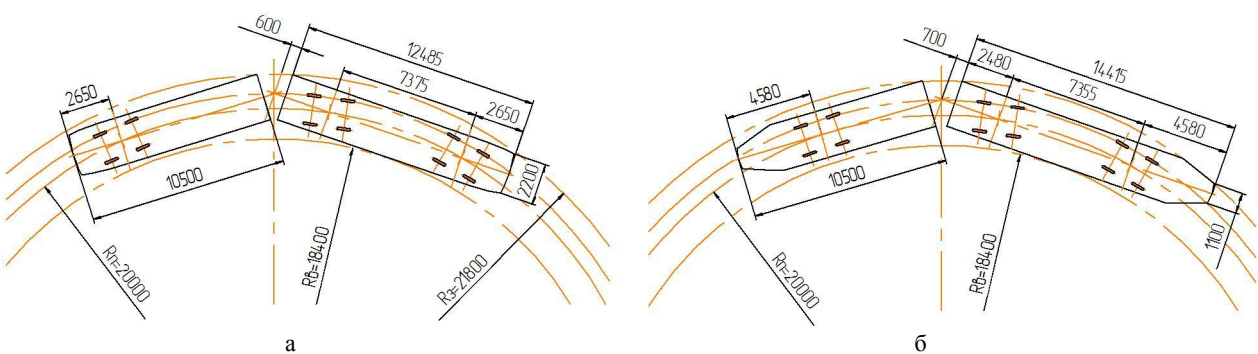


Рис. 7. Схема визначення максимальної довжини зчленованого двосекційного трамвайного вагона із несиметричною тривізковою колісною формулою:
а) – з мінімізованим переднім звисом; б) – з максимізованим переднім звисом

При мінімальному передньому звісі існуючого двосекційного вагона такої компоувальної схеми моделі "Трам 03", рівному $l_{не} = 2,65$ м, довжина його передньої секції становить 12,485 м, задньої – 10,5 м, а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м при $l_{ш} = 1,2$ м рівна $[L_k] \leq 24,185$ м.

При максимізованому передньому звісі існуючого двосекційного вагона несиметричної компоувальної схеми, рівному $l_{не} = 4,58$ м, довжина його передньої секції становить 14,415 м, задньої – 10,5 м, а допустима довжина зчленованого вагона шириною $B_k = 2,5$ м при $l_{ш} = 1,2$ м рівна $[L_k] \leq 26,115$ м.

Довжина задньої секції трамвайних вагонів з тривізковими компоувальними схемами прийнята на основі максимальної довжини реального вагона моделі "Tango NF2 nOVA" (табл. 2, рис. 2в), яка рівна $L_3 = 10,5$ м. Рекомендована величина заднього звису задньої секції вагонів несиметричної тривізкової компоувальної схеми становить $l_{зв} = (0,445 \pm 0,02) L_3$. Для трамвайних вагонів з мінімізованими переднім та заднім звисами $l_{зв} = l_{не} = (0,265 \dots 0,28)$ м.

Рекомендована довжина секції зчленування $l_{ш}$ вагонних секцій L_n та L_3 трамвайних вагонів максимальної довжини по кузовах для прийнятих величин радіуса повороту $R_n = 20,0$ м та ширини кузовів $L_k = 2,5$ м приймається рівною $l_{ш} = (1,2 \dots 1,4)$ м.

Висновки

Проведені розрахункові дослідження щодо визначення максимальної (допустимої) довжини проєктованих перспективних моделей зчленованих двосекційних трамвайних вагонів на стадії розроблення ескізних пропозицій відповідно до вимог ДСТУ 4876: 2007 дають підставу для наступних висновків:

- максимальна довжина кузовів двосекційних вагонів симетричної компоувальної схеми залежить виключно від кількості колісних візків – $[L_k] \leq 20,6$ м для двовізкових, $[L_k] \leq 23,5$ м для тривізкових і $[L_k] \leq 27,7$ м для чотиривізкових двовісних компоувальних схем при $l_{ш} = 1,0$ м для дво- та тривізкових і $l_{ш} = 1,2$ м для чотиривізкової схем;

- максимальна довжина кузовів двосекційних вагонів несиметричної компоувальної схеми з трьома двовісними колісними візками залежить від величини переднього звису передньої секції кузовів вагонів:

- при прийнятій мінімізованій величині переднього звису кузова, рівній $l_{зв} = 2,65$ м, та прийнятих величинах довжини задньої секції кузова $L_3 = 10,5$ м і $l_{ш} = 1,2$ м $[L_k] \leq 24,185$ м;

- при максимальній величині переднього звису кузова, рівній $l_{зв} = 4,58$ м, та прийнятих величинах довжини задньої секції кузова $L_3 = 10,5$ м і $l_{ш} = 1,4$ м $[L_k] \leq 26,115$ м;

Отже, для забезпечення максимальної номінальної пасажиромістимості зчленованих двосекційних трамвайних вагонів при питомій нормі стоячих пасажирів 8 чол./м² повинна застосовуватись симетрична компоувальна схема з чотирма двовісними колісними візками. При менших питомих нормах стоячих пасажирів – на рівні 4...5 чол./м², доцільними являються тривізкові несиметричні компоувальні схеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4876: 2007. Вагони трамвайні пасажирські. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2007-11-21]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 39 с. (Інформація та документація).

Войтків Станіслав Володимирович – канд. техн. наук, Заслужений машинобудівник України, генеральний конструктор, ТЗОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів, e-mail: voytkivsv@ukr.net.

Voytkiv Stanislav V. – Cand. Sc. (Eng), The deserved machine engineer of Ukraine, general designer "Scientific and technical center "Autopoliprom", e-mail: voytkivsv@ukr.net.