

Badanie wpływu zmian w polskich wytycznych na wartości podstawowych parametrów geometrycznych linii kolejowych

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2019.087

Data zgłoszenia: 15.12.2018 Data akceptacji: 08.02.2019

W artykule omówiono zmiany w krajowych przepisach dotyczących projektowania układów geometrycznych linii kolejowych. Przedstawiono także schemat obliczania podstawowych parametrów układów geometrycznych przeprowadzany dla trzech różnych (skrajnych) przykładów projektowych. Obliczenia przeprowadzono według dwóch wytycznych.

Słowa kluczowe: projektowanie, przechyłka, krzywa przejściowa, promień łuku, parametry układu geometrycznego.

Wstęp

W związku z wejściem w życie Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności [TSI] [3] oraz ujednoczeniem norm europejskich dotyczących projektowania układów geometrycznych linii kolejowych [4], zmianie musiały ulec również polskie przepisy i wytyczne. Pierwszą zmianą było wprowadzenie w 2014 roku nowelizacji przepisów technicznych – budowlanych kolei tj. wejście w życie Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 5 czerwca 2014 r., zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [2] (dalej Dz.U. 151). Powyższy dokument, w znaczący sposób warunkował efektywność rozwiązań, przyjmowanych przez projektantów przy wyborze zarówno geometrii torowiska, skrajni, peronów jak również rozwiązań samej konstrukcji torowiska. Wielokrotnie rozwiązania zgodne z [1] determinowały konieczność stosowania rozwiązań droższych i niekorzystnych, jak na przykład ograniczenie pochyłeń podłużnych do 6 ‰, czy też konieczności sprawdzania warunku dla „sumy/różnicy” sąsiednich pochyłeń. Dokument [2], nazwany również „małą nowelizacją”, dał możliwość częściowego wprowadzenia wymagań zawartych w [3] i [4]. Wytyczna zawarte w [1] i [2] w dalszym ciągu są jednak niezgodnie z wymaganiami określonymi w [4], gdzie przy projektowaniu układów geometrycznych projektant powinien opierać się na metodzie oceny nagłej zmiany niedoboru przechyłki. Dla lepszego dostosowania polskich wytycznych do wymagań europejskich, główny zarządca polskiej infrastruktury kolejowej, którym jest PKP Polskie Linie Kolejowej S.A. opracował dokument pn. „ST-T1-A6 Układy geometryczne toru” stanowiący załącznik do Standardów Technicznych – szczegółowych warunków technicznych dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem) TOM I, stanowiący kompleksowy zbiór wytycznych oraz zasad projektowania układów geometrycznych torów oraz połączeń torów [5]. Dokument ten wszedł w życie z dniem 1 stycznia 2018.

1. Parametry projektowe układów geometrycznych

Podstawowe parametry kinematyczne oraz geometryczne linii kolejowej należy odpowiednio dobrać dla płaszczyzny poziomej i pionowej. Akty normatywne określają zasady doboru oraz wartości dopuszczalne poszczególnych parametrów. W [5] dodatkowo określono 4 progi (zakresy) stosowania dopuszczalnych wartości kolejnych parametrów. Są to kolejno:

1. Próg 0 – zalecane wartości dopuszczalne
2. Próg 1 – normalne wartości dopuszczalne
3. Próg 2 – rozszerzone wartości dopuszczalne
4. Próg 3 – graniczne wartości wynikające z przepisów powszechnie obowiązujących

W pozostałych dokumentach taki podział nie został uwzględniony. Linie kolejowe zostały podzielone na cztery kategorie. Kategorie te uzależnione są od parametrów eksploatacyjnych tj. obciążenia przewozami, prędkości maksymalnej pociągów pasażerskich oraz prędkości maksymalnej pociągów towarowych.

2. Przykłady projektowe

W celu porównania parametrów projektowych posłużono się trzema przykładami. Jako pierwszy z nich wybrano łuk o dużym promieniu bez krzywych przejściowych. Drugi to układ podstawowy złożony z odcinka prostego – krzywej przejściowej – łuku – krzywej przejściowej – odcinka prostego. Dla dwóch pierwszych przykładów założono planowaną do uzyskania prędkość projektową dla pociągów pasażerskich wynoszącą 200 km/h, a dla pociągów towarowych 120 km/h oraz średnie obciążenie przewozami na poziomie 12 Tg/rok. Założono, że układy te tworzone będą na nowej linii kolejowej. Wobec powyższego przypisano linię kolejową do kategorii „magistralne” (wg. [1]) oraz typu M200 (wg. [6]). Jako trzeci przykład wybrano łuk o małym promieniu z krzywymi przejściowymi na linii modernizowanej do prędkości 80 km/h dla pociągów pasażerskich i 60 km/h dla pociągów towarowych oraz średnie obciążenie przewozami na poziomie 4 Tg/rok. Wobec powyższego przypisano linię kolejową do kategorii „drugorzędne” (wg. [1]) oraz typu P80 (wg. [6]).

Planowana we wszystkich przypadkach do zabudowy nawierzchnia, to konstrukcja podsypkowa w klasie toru 0. W przypadku 3 zaplanowano dodatkowe wzmocnienie konstrukcji toru z uwagi na niewielką wartość promienia łuku kołowego. Ponadto dla elementów układu projektowanego wg [5] przyjęto wartości z progu P1 – normalne wartości dopuszczalne oraz normalne warunki terenowe (odcinki proste – teren nizinny) w przykładzie 1 i 2 oraz trudne warunki terenowe (teren górski) w przykładzie 3.

Tab. 1. Przyjęte wartości parametrów w przykładach obliczeniowych

Parametr	Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
Prędkość pociągów pasażerskich [km/h]	200	200	80
Prędkość pociągów towarowych [km/h]	120	120	60
Obciążenie przewozami [Tg/rok]	12	12	4
Kategoria linii wg. [1]	magistralne	magistralne	drugorzędne
Typ linii wg [6]	M200	M200	P80
Klasa toru	0	0	0 ze wzmocnieniem
Teren wg [2]	nizinny	nizinny	górski
Próg wg [5]	P1	P1	P1

1.1. Minimalna długość łuków poziomych i odcinków prostych

a) Dz. U. 151 [2]

Najmniejsza długość odcinka prostego (bez przechyłki) uzależniona jest od warunków terenowych, rodzaju torów oraz przyjętej prędkości maksymalnej.

Tab. 2. Minimalna długość odcinka prostego w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
80 m	80 m	27 m

Minimalna długość łuku poziomego uzależniona jest od przyjętej prędkości maksymalnej oraz kategorii linii kolejowej. Dla przyjętych przykładów 1 i 2 jest ona tożsama z minimalną długością wstawki prostej. Dla przykładu 3, z uwagi na to iż jest to linia drugorzędna wynosi ona 30m.

Tab. 3. Minimalna długość łuku poziomego w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
80 m	80 m	32 m

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Minimalna długość odcinka prostego pomiędzy łukami powinna być taka sama jak minimalna długość łuku poziomego

Tab. 4. Minimalna długość prostej oraz łuku poziomego w przykładach obliczeniowych wg. [5]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
80 m	80 m	30 m

1.2. Przyspieszenie odśrodkowe\ Niedomiar przechyłki

a) Dz. U. 151 [2]

Dopuszczalna wartość niezrównoważonego przyspieszenia odśrodkowego zależy od rodzaju projektowanego układu torowego. Dla zakładanego przykładu wynosi ona 0,85 m/s², zgodnie z tab. 3.9 dla ruchu pasażerskiego.

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Niedomiar przechyłki wyznaczany jest indywidualnie, zależy od promienia łuku poziomego – R_{min}, przechyłki – D oraz prędkości maksymalnej V_{max}. Ponadto dopuszczalne wartości niedomiaru przechyłki uzależnione są od przyjętego progu (zakresu) oraz warunkowań projektowych. W omawianych przykładach przyjęto maksymalną dopuszczalną wartość parametru, pozwalającą na uzyskanie możliwie najmniejszego promienia łuku kołowego przy zakładanej prędkości pociągów. Wartość ta dla torów szlakowych oraz głównych zasadniczych i dodatkowych, przy zakładanym progu P1 wynosi 130 mm.

1.3. Przyspieszenie dośrodkowe\ Nadmiar przechyłki

a) Dz. U. 151 [2]

Dopuszczalna wartość niezrównoważonego przyspieszenia dośrodkowego zależy od projektowanego obciążenia przewozami. W omawianym przykładzie 1 oraz 2 założono obciążenie przewozami na poziomie 12 Tg/rok. W związku z tym wartość przyspieszenia odśrodkowego, na podstawie tabeli 3.10 przyjęto na poziomie 0,52 m/s².

Tab. 5. Wartości przyspieszenia dośrodkowego w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
0,52 m/s ²	0,52 m/s ²	0,72 m/s ²

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Nadmiar przechyłki jest wartością wyznaczaną indywidualnie i zależy od promienia łuku poziomego – R_{min}, przechyłki – D oraz prędkości minimalnej V_{min}. Ponadto wartości dopuszczalne niedomiaru przechyłki uzależnione są od przyjętego progu /zakresu/ oraz prognozowanego natężenia przewozów. W omawianych przykładach

przyjęto maksymalną dopuszczalną wartość parametru, która pozwala na wyznaczenie maksymalnej możliwej przechyłki. Wartość ta dla progu P1 oraz obciążenia przewozami wynoszącego 12 Tg/rok (przykład 1 i 2) wynosi 95 mm, natomiast dla obciążenia 4 Tg/rok (przykład 3) – 110 mm.

Tab. 6. Wartości przyspieszenia dośrodkowego w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
95 mm	95 mm	110 mm

1.4. Promień łuku poziomego

a) Dz. U. 151 [2]

Minimalna wartość promienia łuku poziomego powinna być dobrana w sposób dwuetapowy. Po pierwsze, zależy ona od dopuszczalnego przyspieszenia odśrodkowego – a_{dop}, maksymalnej dopuszczalnej przechyłki – h_{max} (150 mm) oraz prędkości maksymalnej – V_{max}.

Tab. 7. Wartości minimalnego promienia łuku kołowego policzonego w przykładach obliczeniowych

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
1 686 m	1 686 m	269,7 m

W drugim kroku należy sprawdzić czy wartość obliczona promienia nie jest mniejsza niż dopuszczalna podana tab. 3.8 [1]. W rozważanym przypadku 1 i 2 wartość dopuszczalna wynosi 1400 m i jest mniejsza niż obliczona (linia magistralna, teren nizinny). W przypadku 3 policzona minimalna wartość jest mniejsza niż dopuszczalna podana w tab. 3.8 i wynosi ona 300 m (linia drugorzędna, teren górski).

W przypadku 1 rozważany będzie układ złożony z prostej – łuku – prostej bez krzywych przejściowych, dlatego założono duży promień łuku kołowego. W aktualnej formie dokumentu nie jest on w żaden sposób ograniczony, dlatego przyjęto ograniczenie jak w [5].

Tab. 8. Wartości minimalnego promienia łuku kołowego przyjęte w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
50 000 m	1 686 m	300 m

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Minimalna wartość promienia łuku poziomego dobierana jest również dwuetapowo. W pierwszym kroku minimalną wartość promienia łuku należy wyliczyć, w zależności od prędkości maksymalnej – V_{max}, przechyłki – D (przyjęto maksymalną dopuszczalną dla progu P1 – 150 mm) oraz niedomiaru przechyłki – l_{dop} (przyjęto maksymalny dopuszczalny – 130 mm).

Tab. 9. Wartości minimalnego promienia łuku kołowego policzone w przykładach obliczeniowych

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
1 686 m	1 686 m	269,71 m

Ponadto zależy ona od przyjętego progu i rodzaju projektowanych torów oraz opiera się na podstawie tabeli 9.2. Dla przyjętych przykładów obliczeniowych wynosi ona 300 m (próg P1, tory szlakowe i główne zasadnicze), w związku z czym jako wartość minimalną w przykładzie 3 należy przyjąć 300 m.

Z uwagi na to, iż w przykładzie 1 zakładany układ to prosta – łuk – prosta, przyjęto maksymalną dopuszczalną wartość promienia łuku kołowego wynoszącą wg tabeli 9.2 50000 m.

Tab. 10. Wartości minimalnego promienia łuku kołowego przyjęte w przykładach obliczeniowych wg. [5]

Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
50 000 m	1 686 m	300 m

Warto również zauważyć, że Zarządca Infrastruktury podaje zalecane wartości minimalnych promieni łuków, w zależności od typu linii oraz warunków terenowych. Dla przytoczonego przykładu 1 i 2 minimalna zalecana wartość to 2300 m (linia M200 i normalne warunki terenowe), natomiast dla przykładu 3 – 300 m (linia P80 i trudne warunki terenowe). Wartości te są wstępnymi zalecanymi do projektowania z uwagi na zmniejszenie oddziaływania taboru na nawierzchnię kolejową. Nie mają one jednak charakteru obligatoryjnych do zastosowania.

1.5. Przechyłka

a) Dz. U. 151 [2]

Dla przedstawionych przykładów 2 i 3 obliczona wartość przechyłki powinna znajdować się w przedziałach:

Tab. 11. Wartości minimalne i maksymalne przechyłki obliczone w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Wartość przechyłki	Przykład 2	Przykład 3
Minimalna	149,98 mm	121,76 mm
Maksymalna	180,29 mm	251,69 mm

Powyższe wartości dodatkowo ograniczone są przedziałem 20-150 mm, dlatego konieczne ich było skorygowanie:

Tab. 12. Przyjęte wartości przechyłki w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Wartość przechyłki	Przykład 2	Przykład 3
Przyjęta	150 mm	125 mm

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

W [2] wprowadzono nowy skrót dla oznaczenia przechyłki jako D – dostosowany do wymagań [4]. Minimalną wartość przechyłki, określa się dla maksymalnej prędkości jazdy, natomiast maksymalną wartość przechyłki określa się dla minimalnej prędkości jazdy.

Tab. 13. Wartości minimalne i maksymalne przechyłki obliczone w przykładach obliczeniowych wg. [5]

Wartość przechyłki	Przykład 2	Przykład 3
Minimalna	149,95 mm	121,73 mm
Maksymalna	180,29 mm	251,6 mm

Ponadto przechyłka powinna się mieścić przedziale wartości dopuszczalnych, w zależności od przyjętego progu (zakresu), w analizowanym przypadku jest to przedział 20 – 150 mm. W związku z powyższym przyjęto następujące wartości:

Tab. 14. Przyjęte wartości przechyłki w przykładach obliczeniowych wg. [5]

Wartość przechyłki	Przykład 2	Przykład 3
Przyjęta	150 mm	125 mm

1.6. Krzywa przejściowa i rampa przechyłkowa

a) Dz. U. 151 [2]

Najprostszą (zalecaną) krzywizną dla krzywej przejściowej jest parabola stopnia trzeciego. Parametrami decydującymi o długości krzywej przejściowej są przyrost nierównomiernego przyspieszenia bocznego (Ψ) oraz prędkość podnoszenia koła na rampie przechył-

kowej (f). Ψ zależne jest od prędkości pociągu (V_{max}), wartości nierównomiernego przyspieszenia bocznego w łuku kołowym (adop) oraz długości krzywej przejściowej, natomiast f zależne jest od prędkości pociągu (V_{max}), wartości przechyłki (h) oraz długości krzywej przejściowej. Długość krzywej powinna być tak dobrana, aby przyrost nierównoważonego przyspieszenia bocznego oraz prędkość podnoszenia koła na rampie przechyłkowej nie przekroczyły wartości dopuszczalnych. W omawianym przykładzie 1 i 2 wartość dopuszczalna przyrostu nierównoważonego przyspieszenia bocznego, dla torów głównych zasadniczych i szlakowych oraz dogodnych warunków terenowych wynosi 0,3 m/s³, natomiast w przykładzie 3 – 0,5 m/s³ (tory główne zasadnicze i szlakowe – dogodne warunki terenowe). Wartość dopuszczalnej prędkości podnoszenia koła na rampie przechyłkowej przyjęto jako dopuszczalną wynoszącą 50mm/s w obu przykładach.

Tab. 15. Długości krzywych przejściowych w przykładach obliczeniowych wg. [2]

Długość krzywej przejściowej	Przykład 2	Przykład 3
Obliczona	max { 157,41 m 166,67 m 75 m	max { 37,78 m 55,56 m 62,5 m
Przyjęta	166,67 m	62,5 m

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

W przypadku Standardów technicznych zaleca się stosowanie krzywej przejściowej w postaci kłotoidy bądź paraboli trzeciego stopnia (stanowiącej przybliżenie kłotoidy). Wymagane jest sprawdzenie wskaźnika zmiany niedomiaru przechyłki w czasie (dI/dt). Minimalna długość krzywej przejściowej powinna zostać obliczona z uwagi na maksymalną prędkość – V_{max} , dla danego typu linii lub odcinka linii. Z uwagi na fakt, iż zaleca się przyjmowanie równej długości krzywej przejściowej oraz rampy przechyłkowej, należy sprawdzić również pochylenie rampy – dD/ds , a także zmianę przechyłki w czasie – dD/dt .

Tab. 16. Długości krzywych przejściowych w przykładach obliczeniowych wg. [5]

Długość krzywej przejściowej	Przykład 2	Przykład 3
Obliczona	max { 75 m 166,67 m 103,18 m 30 m –	max { 62,5 m 55,56 m 41,27 m 30 m –
Przyjęta	166,67 m	62,5 m

1.7. Nieciągła zmiana krzywizny

W pierwszym z omawianych przykładów (połączenie prosta – łuk – prosta) występuje nieciągła zmiana krzywizny. W takim przypadku konieczne jest sprawdzenie dodatkowych parametrów.

a) Dz. U. 151 [2]

Zgodnie z Rozporządzeniem [2] dopuszczalne jest zastosowanie układu geometrycznego polegającego na połączeniu prostej z łukiem kołowym bez krzywej przejściowej. Konieczne jest wówczas zachowanie odpowiedniej wartości przyrostu bocznego przyspieszenia nierównoważonego. Dla parametrów z przykładu pierwszego otrzymujemy wartość nierównoważonego przyrostu przyspieszenia bocznego wynoszącą 0,17 m/s³, co jest wartością mniejszą niż maksymalna dopuszczalna wynosząca 0,3 m/s³. Powyższe oznacza, iż taki układ geometryczny, przy zadanej prędkości może zostać zaprojektowany.

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

W przypadku Standardów technicznych, dla elementów układu torowego, na których występuje nieciągłość zmiany krzywizny konieczne jest sprawdzenie parametru zwanego nagłą zmianą niedomiaru przechyłki (ΔI). Dla przedmiotowego przykładu prosta – łuk – prosta wynosi ona tyle, co wartość niedomiaru przechyłki dla łuku kołowego. Wartość to zgodnie z [5] wynosi 126,73mm. Wartość dopuszczalna wynosi natomiast 48 mm. W związku z czym, w przeciwieństwie do Rozporządzenia [2], a zgodnie ze Standardami Technicznymi [5] nie jest możliwe zaprojektowanie układu prosta – łuk – prosta przy prędkości maksymalnej 80km/h (brak jest możliwości zwiększenia promienia łuku kołowego z uwagi na jego maksymalną wartość podaną w tabeli 9.2 w zakresie P1).

1.8. Pochylenie podłużne

a) Dz. U. 151 [2]

Maksymalna wartość pochylenia podłużnego linii kolejowej zależy od rodzaju przewidzianego ruchu na danym odcinku. W przytoczonym przykładzie mamy do czynienia z ruchem mieszanym, dla którego dopuszczalna wartość pochylenia wynosi 12,5‰.

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Maksymalna wartość pochylenia podłużnego linii kolejowej zależy od przyjętego proggu (zakresu) oraz od przyjętych uwarunkowań dla danego typu torów. W przytoczonym przykładzie – ruch mieszany - wynosi ona 10 ‰ dla torów szlakowych i głównych zasadniczych (z wyłączeniem długości użytkowej torów stacyjnych, gdzie maksymalna wartość to 2‰). Ponadto dopuszczalne jest zastosowanie pochylenia podłużnego o wartości 17,5 ‰, z zastrzeżeniem, iż nie może znajdować się ono na odcinku dłuższym niż 500 m.

Warto również dodać, iż ST, w przeciwieństwie do Dz.U. poz. 151 definiują największą długość odcinka o maksymalnym pochyleniu (która w przypadku linii dla ruchu mieszanego wynosi 3km), a także najmniejszą długość odcinka o stałym pochyleniu, zależną od maksymalnej długości pociągu. W rozważanym przypadku 1 i 2 wynosi ona 250 m. Natomiast dla przykładu 3 - 134 m. Ponadto zdefiniowano maksymalną wartość średniego pochylenia na odcinku 10 km, która dla proggu P1 i linii o charakterze ruchu mieszanym (przykład 1 i 2) wynosi 6,25 mm/m, natomiast dla proggu P1 i linii typu P – 12,5 mm/m (przykład 3).

1.9. Zmiana pochylenia podłużnego (załomy niwelety) i min. promień łuku pionowego

Aby porównać powyższy parametr założono odcinek toru o dwóch różnych pochyleniach: wzniesienie 5‰ (i1), a następnie wzniesienie 7 ‰ (i2) we wszystkich przykładach.

a) Dz. U. 151 [2]

Zaokrąglenia załomów niwelety należy wykonywać w przypadku, gdy odległość teoretycznego punktu załomu niwelety od krzywizny łuku zaokrąglającego jest większa od 8 mm.

Wartość promienia wyokrąglającego załom niwelety zależna jest rodzaju projektowanych torów. W zakładanym przypadku 1 i 2 minimalna wartość promienia łuku pionowego (R) na podstawie tabeli 3.16 wynosi 20 000 m (dla torów przeznaczonych do jazdy z prędkościami maksymalnymi ponad 160 km/h na liniach nowobudowanych), natomiast w przypadku 3 – 5 000 m (główne linie drugorzędne i tory główne dodatkowe linii drugorzędnych).

Tab. 17. Konieczność wykonania zaokrąglenia załomu niwelety w przykładach obliczeniowych wg. [2]

	Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
Obliczona wartość strzałki	10 mm	10 mm	2,5 mm
Konieczność wykonania zaokrąglenia	TAK	TAK	NIE
Wartość promienia wyokrąglającego	20 000 m	20 000 m	-

b) ST-T1-A6 Układy geometryczne torów [5]

Zaokrąglenia załomów niwelety należy wykonywać w przypadku, gdy bezwzględna różnica sąsiednich pochyłeń podłużnych przekracza 2 mm/m. W analizowanych przypadkach konieczne jest wyokrąglenie załomu. Wartość promienia wyokrąglającego załom niwelety zależna jest od przyjętego proggu (zakresu) oraz maksymalnej prędkości na danym odcinku linii.

Tab. 18. Konieczność wykonania zaokrąglenia załomu niwelety oraz wartości zaokrąglenia w przykładach obliczeniowych wg. [5]

	Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3
Konieczność wykonania zaokrąglenia	TAK	TAK	TAK
Obliczone wartości promienia zaokrąglającego	{ 14 000 m 5 000 m	{ 14 000 m 5 000 m	{ 2 240 m 5 000 m
Przyjęte wartości promienia zaokrąglającego	14 000 m	14 000 m	5 000 m

Podsumowanie

W kolejnych tabelach zestawiono wyniki otrzymane dla poszczególnych przykładów obliczeniowych :

Tab. 19. Zestawienie parametrów obliczonych zgodnie z wytycznymi [2] i [5] dla przykładu 1

Parametr	Dz. U. 151 [2]	ST-T1-A6 [5]
Minimalna długość łuków poziomych	80 m	80 m
Minimalna długość odcinków prostych	80 m	80 m
Przyspieszenie odśrodkowe \ Niedmiar przechyłki	0,85 m/s ²	130 mm
Przyspieszenie dośrodkowe \ Nadmiar przechyłki	0,52 m/s ²	95 mm
Minimalny promień łuku kołowego	1686 m	1686 m
Maksymalny promień łuku kołowego	-	50 000 m
Przyjęty promień łuku poziomego	50 000 m	50 000 m
Wartości dopuszczalne: Przyrost przyspieszenia niezrównoważonego / Nagła zmiana niedomiaru przechyłki	0,3 m/s ³	48 mm
Przyrost przyspieszenia niezrównoważonego / Nagła zmiana niedomiaru przechyłki	0,17 m/s ³	126,73 mm
Pochylenie podłużne	12,5 ‰	10 ‰ (17,5 ‰ na dl. ≤ 500m)
Maksymalna wartość średniego pochylenia na odcinku 10 km	-	6,25 mm/m
Minimalna długość odcinka o stałym pochyleniu	-	250 m
załomy niwelety	wyokrąglenie	wyokrąglenie
Promień łuku pionowego	20 000 m	14 000 m

Tab. 20. Zestawienie parametrów obliczonych zgodnie z wytycznymi [2] i [5] dla przykładu 2

Parametr	Dz. U. 151 [2]	ST-T1-A6 [5]
Minimalna długość łuków poziomych	80 m	80 m
Minimalna długość odcinków prostych	80 m	80 m
Przyspieszenie odśrodkowe \ Niedmiar przechyłki	0,85 m/s ²	130 mm
Przyspieszenie dośrodkowe \ Nadmiar przechyłki	0,52 m/s ²	95 mm
Minimalny promień łuku kołowego	1686 m	1686 m
Maksymalny promień łuku kołowego	-	50 000 m
Przyjęty promień łuku poziomego	1686 m	1686 m
Minimalna obliczona wartość przechyłki	149,98 mm	149,95 mm

Przechyłka	150 mm	150 mm
Maksymalna obliczona wartość przechyłki	180,29 mm	195,78 mm
Krzywa przejściowa/rampa przechyłkowa	166,67 m	166,67 m
Pochylenie podłużne	12,5 ‰	10 ‰ (17,5 ‰ na dl. ≤ 500m)
Maksymalna wartość średniego pochylenia na odcinku 10 km	-	6,25 mm/m
Minimalna długość odcinka o stałym pochyleniu	-	250 m
Zalomy niwelety	wyokraglenie	wyokraglenie
Promień łuku pionowego	20 000 m	14 000 m

Tab. 21. Zestawienie parametrów obliczonych zgodnie z wytycznymi [2] i [5] dla przykładu 3

Parametr	Dz. U. 151 [2]	ST-T1-A6 [5]
Minimalna długość łuków poziomych	32 m	30 m
Minimalna długość odcinków prostych	27 m	30 m
Przyspieszenie odśrodkowe \ Niedomiar przechyłki	0,85 m/s ²	130 mm
Przyspieszenie dośrodkowe \ Nadmiar przechyłki	0,72 m/s ²	110 mm
Minimalny obliczony promień łuku kołowego	269,7 m	269,71 m
Maksymalny promień łuku kołowego	-	50 000 m
Przyjęty promień łuku poziomego	300 m	300 m
Minimalna obliczona wartość przechyłki	121,76 mm	121,73 mm
Przechyłka	125 mm	125 mm
Maksymalna obliczona wartość przechyłki	251,69 mm	251,6 mm
Krzywa przejściowa/rampa przechyłkowa	62,5 m	62,5 m
Pochylenie podłużne	12,5 ‰	10 ‰ (17,5 ‰ na dl. ≤ 500m)
Maksymalna wartość średniego pochylenia na odcinku 10 km	-	12,5 mm/m
Minimalna długość odcinka o stałym pochyleniu	-	134 m
Zalomy niwelety	brak wyokraglenia	wyokraglenie
Promień łuku pionowego	-	5 000 m

Przeprowadzone analizy pozwalają stwierdzić, iż większość zmian zawartych w [5] dotyczy innego zapisu wzorów oraz zmiany nomenklatury na zgodną z [4]. W nielicznych przypadkach zauważono różnicę pomiędzy wartościami parametrów projektowych wg [2] i [5].

Należy jednak zwrócić uwagę, iż w pierwszym z omawianych przykładów (połączenie prosta – łuk – prosta) występuje nieciągła zmiana krzywizny, przez konieczne było sprawdzenie dodatkowego parametru tj. nieciągłej zmiany krzywizny. Po przeprowadzeniu obliczeń dla tego układu okazuje się, że zgodnie z [2] taki układ spełnia wszystkie wymagania natomiast zgodnie z [5] nie jest możliwe zaprojektowanie układu prosta – łuk – prosta przy prędkości maksymalnej 80km/h (brak jest możliwości zwiększenia promienia łuku kołowego z uwagi na jego maksymalną wartość podaną w tabeli 9.2 w zakresie P1). W takiej przypadkach pozostaje tylko możliwość zmniejszenia prędkości albo wykonania zamiast układu prosta-łuk-prosta, układu prosta-krzywa przejściowa-krzywa przejściowa – prosta.

Reasumując, większość zmian opisanych w [5] dotyczy głównie przekształceń wzorów, zmian nomenklatury, czy przyporządkowania wartości dopuszczalnych do różnych progów. Jedynie nieliczne przypadki wychodzą poza wartości dopuszczalne względem starych wytycznych.

Bibliografia:

1. Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie.
2. Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 5 czerwca 2014 r., zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie.
3. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej;
4. PN-EN 13803 Kolejnictwo - Tor - Parametry projektowania toru w planie - Tor o szerokości 1435 mm i większej.
5. Standardy Techniczne; Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem); TOM I – ZAŁĄCZNIK ST-T1-A6; UKŁADY GEOMETRYCZNE TORÓW WERSJA 1.0.; Warszawa 2017.
6. Standardy Techniczne; Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem); TOM I – Droga Szynowa, wersja 1.1, Warszawa 2017

Studying the impact of amendments in the Polish guidelines on the values of basic geometric parameters of railway lines

The article discusses changes in domestic regulations related to designing geometric systems of railway lines. Also, a model of calculating the basic parameters of geometric systems performed for three different (extreme) design examples was presented. The calculations were performed according to two guidelines.

Keywords: design, cant, transition curve, curve radius, geometric system parameters

Autorzy:

mgr inż. **Dorota Błaszkiwicz** – Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków,
email: dorotablaszkiewicz@gmail.com

mgr inż. **Paulina Szablowska** – Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków,
email: paulinaszablowska@gmail.com