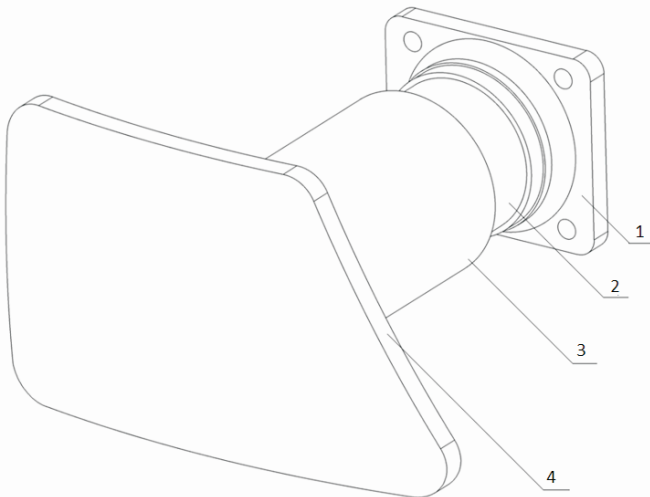


Wojciech Gamon

Zderzaki kolejowe – podział, wymagania, projektowanie, badania. Część II, Wymagania



Rys. 1. Zderzak kolejowy (1- płyta, 2 - tuleja, 3 - pochwa, 4 - tarcza)

Zgodnie z normą PN-EN 15551+A1 zderzaki kolejowe są urządzeniami pochłaniającymi energię, składającymi się z obudowy (pochwy i tulei zderzakowej), systemu sprężystego, tarczy i płyty (rys. 1), umieszczonymi na obu końcach pojazdu szynowego, pozostającymi w kontakcie z sąsiednimi zderzakami drugiego pojazdu. Mają one bardzo duży wpływ na bezpieczeństwo i dynamikę taboru kolejowego. W związku z tym istnieje szereg wymagań, którym muszą sprostać, aby zagwarantować odpowiedni poziom bezpieczeństwa dla pasażerów i towarów. Wymagania te dotyczą zarówno ich usytuowania na pojeździe, oznaczeń oraz wymiarów, jak i kwestii związanych bezpośrednio z ich pracą, czyli charakterystyk statycznych i dynamicznych oraz wytrzymałości całej konstrukcji.

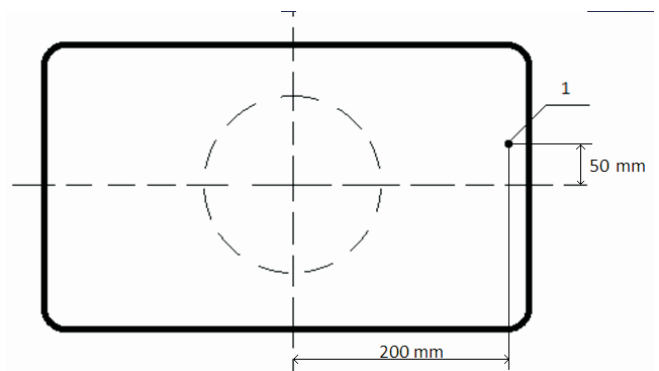
Wymagania ogólne wynikające z normy i kart UIC 526

Według normy PN-EN 15551+A1 oraz karty UIC 526-1 zderzaki o skoku 105 mm dzielone są na 3 kategorie (A, B i C), zgodnie z ich zdolnością do pochłaniania energii. Ponadto oba te dokumenty w ramach ogólnych wymagań określają, że zderzaki zamontowane na końcu pojazdu kolejowego powinny zostać wyposażone w ten sam system sprężysty, powinny należeć do tej samej kategorii, mieć ten sam skok i wymiary tarcz oraz rodzaj obudowy. W przypadku stosowania zderzaków, których obudowy różnią się jedynie materiałem tarczy, uważa się je za takie same. Powyższa norma definiuje również sposób montowania zderzaków do ram pojazdów kolejowych. Zgodnie z jej wytycznymi powinny one być przykręcane do czołownicy za pomocą czterech śrub M24.

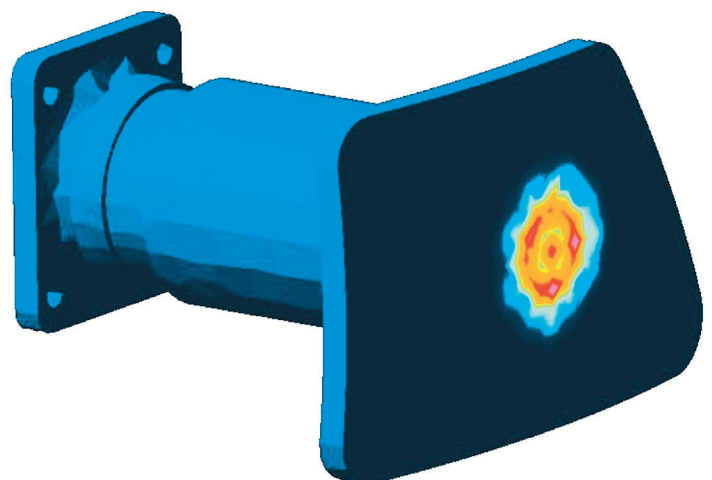
Długość zderzaka zależy od jego skoku i powinna wynosić odpowiednio 620 mm dla zderzaków o skoku 105 mm, 650 mm dla skoku 110 mm oraz 665 mm dla skoku 150 mm. Niezależnie od skoku zderzaka powinien on zostać wyposażony w system zapobiegający niepożądanym obrotom wokół jego osi podłużnej – tak, aby w przypadku nowej konstrukcji maksymalny obrót nie przekroczył wartości $\pm 2^\circ$.

Własności wytrzymałościowe

W normie PN-EN 15551+A1 oraz kartach UIC bardzo szczegółowo przedstawione zostały wymagania dotyczące maksymalnych sił, przyłożonych w różnych punktach zderzaka, które przenieść musi jego konstrukcja. Założono, że zderzak pomyślnie przejdzie testy wytrzymałościowe, jeżeli po zaniku wszystkich sił wyszczególnionych w normie będzie dalej w stanie prawidłowo funkcjonować, a wymiary głównych jego elementów nie ulegną zmianie o więcej niż 0,2%. Wartości sił, którymi obciążany jest zderzak podczas testów wytrzymałościowych, zależą od jego skoku. W przypadku zderzaków o skoku 105 mm i 150 mm (stosowanych w wagonach towarowych) siły te charakteryzują się wyższymi wartościami (w porównaniu do tych, którymi obciążany jest stosowany w wagonach pasażerskich zderzak o skoku 110 mm). W normie przedstawiono tabele z wartościami konkretnych sił, rysunki obrazujące miejsce ich przyłożenia oraz zamieszczono aneks zawierający wytyczne dotyczące metod obciążania zderzaka dla poszczególnych sił. Zgodnie z powyższym zderzak o skoku 105 mm i 150 mm musi być w stanie przenieść siłę o wartości większej lub równej 2,5 MN przyłożonej w środkowym punkcie jego tarczy [3, 5, 6]. W przypadku zderzaków o skoku 110 mm analogiczna siła charakteryzuje się wartością 1,25 MN [3],



Rys. 2. Punkt przyłożenia siły do tarczy zderzakowej (1 – punkt przyłożenia siły)



Rys. 3. Przykład symulacji badań wytrzymałościowych z wykorzystaniem MES

czyli wartością dwukrotnie mniejszą. Siły o mniejszej wartości, tj. 500 kN dla skoku 105 mm i 150 mm oraz 300 kN dla skoku 110 mm, zderzak musi być w stanie przenieść poprzez tarczę, w punkcie usytuowanym na skraju tarczy zderzakowej. Dokładny punkt przyłożenia siły został zaznaczony na rysunku 2. Należy mieć na uwadze, że siła ta nie działa wzdłuż prostej równoległej do osi zderzaka, a wzdłuż promienia krzywizny tarczy zderzakowej.

Zderzak poddaje się również testom z siłami działającymi na jego obudowę (pochwę i tuleję – rys. 1), sprawdzając, czy cała konstrukcja jest w stanie przenieść wymagane obciążenia.

Charakterystyki statyczne

Charakterystyki statyczne zderzaków, czyli zależność ich skoku od przyłożonej do tarczy siły, określa się zgodnie z aneksami załączonymi do normy i kart UIC. Zależnie od skoku zderzaka i rodzaju zastosowanego systemu sprężystego dokumenty te określają różne charakterystyki statyczne dla zderzaków o skoku 105 mm, zderzaków o skoku 110 mm ze sprężynami konwencjonalnymi, zderzaków o skoku 110 mm ze sprężynami hydrodynamicznymi i hydrostatycznymi oraz dla zderzaków o skoku 150 mm (zgodnie z tabelą 1). Oprócz tego zdefiniowane zostały również – dla wybranych rodzajów zderzaków – wartości zmagazynowanej i pochłoniętej przez nie energii.

Dokumenty określają także dokładne warunki, w jakich przeprowadzane mają być testy. Wskazane są: zakres temperatury, prędkość, z jaką tuleja powinna być wciskana w pochwę, liczba cykli ściskania oraz inne warunki specyficzne dla zderzaków gumowych, elastomerowych, hydrostatycznych czy hydrodynamicznych. W wyniku testów otrzymuje się wykres zależności skoku od siły ściskającej (rys. 4), z którego możliwe będzie obliczenie wartości energii pochłoniętej i zmagazynowanej. Oprócz tej charakterystyki należy zarejestrować również prędkość ściskania oraz temperaturę otoczenia, w której przeprowadzano badania.

Charakterystyki dynamiczne

Norma PN-EN 15551 oraz karty UIC 526 opisują metodykę przeprowadzania dynamicznych badań zderzaków. Zgodnie z ich wytycznymi dynamiczne charakterystyki zderzaków są otrzymywane w wyniku zderzenia pojazdu wyposażonego w badane konstrukcje z innym, dokładnie sprecyzowanym typem pojazdu. Badania te i otrzymane w ich wyniku wartości nie mogą przekraczać dopuszczalnych wielkości, które określone zostały w taki sposób, aby zapewnić bezpieczeństwo przewożonym pasażerom i towarom oraz nie naruszać konstrukcji pojazdu, zarówno w trakcie eksploatacji, jak i podczas rozrządzenia.

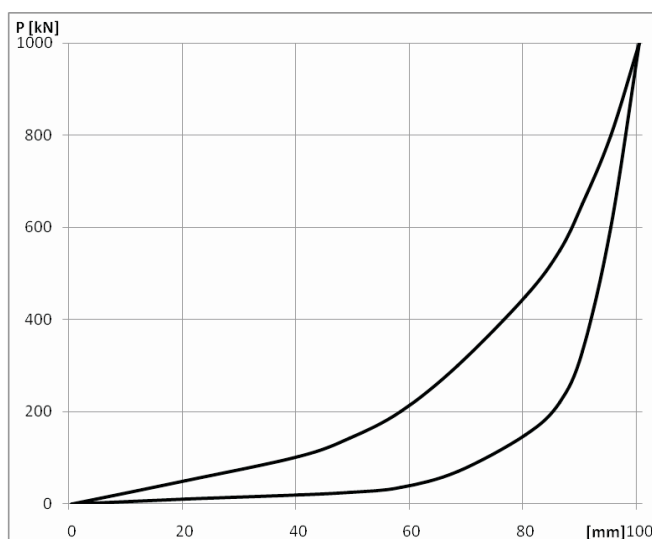
Zgodnie z zapisami aneksów zawartych w omawianych dokumentach (dotyczących badań dynamicznych zderzaków) podczas testów rejestrować należy prędkość zderzenia, obciążenie zderzaka, przemieszczenie zderzaka oraz przyspieszenie. Ponadto w dokumentach opisane są wytyczne dotyczące umieszczenia przyrządów pomiarowych, maksymalnych dopuszczalnych wartości sił czy dokładności pomiarowej.

W zależności od skoku zderzaka (105 mm, 110 mm, 150 mm) oraz od jego kategorii (A, B, C w przypadku zderzaków o skoku 105 mm) stosowana jest inna metodyka badań. W przypadku zderzaków o najmniejszym skoku, kategorii A, przeprowadza się serię 5 testów. Pierwszy z nich, w którym zderza się ze sobą wagon dwuosiowy o masie 20 t z wagonem wyposażonym w wózki (o masie 80 t), przeprowadza się w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ładunku. W teście tym, który jest obowiązkowy, na obu wagonach zamontowane są badane zderzaki. Kolejne dwa testy, w których zderzają się ze sobą kolejno dwa wagony dwuosiowe i dwa wagony wyposażone w wózki, są również obowiązkowe i przeprowadza się je w celu zapewnienia odpowiedniej ochrony konstrukcji wagonu. Dwa kolejne testy nie są wymagane. Są one przeprowadzane w celu sprawdzenia, czy zderzaki poddawane testom są zgodne z eksploatowanymi obecnie zderzakami kategorii A. Zaleca się przeprowadzenie

tych badań w przypadku zastosowania nowego typu systemu sprężystego zderzaka. W dalszej części aneksu zawartego w normie i kartach UIC [3, 5, 6] znaleźć można dokładne informacje na temat prędkości, przy których mają być zderzane wagony podczas poszczególnych testów, wartości przyspieszeń i sił, które nie powinny zostać przekroczone, czy minimalne wartości energii, którą zderzaki muszą być w stanie zmagazynować i pochłoniąć. Warunki i metodyka badań zderzaków o skoku 105 mm kategorii B i C zostały opisane w sposób analogiczny. W podobny sposób zostały opisane wymagania dotyczące badań charakterystyk dynamicznych zderzaków o skoku 110 mm i 150 mm.

Badania wytrzymałościowe systemu sprężystego pod obciążeniami eksploatacyjnymi

Celem tych badań jest przeprowadzenie symulacji naturalnej pracy zderzaka podlegającego obciążeniom eksploatacyjnym. Zderzak poddawany jest działaniu siły powodującej jego częściowy skok w celu zasymulowania zachowania w łukach i podczas hamowania.



Rys. 4. Przykładowa charakterystyka statyczna dla zderzaka z amortyzatorem gumowym

Tab. 1
Charakterystyki statyczne zderzaków

Skok zderzaka	Zderzak o skoku 105 mm	Zderzak o skoku 110 mm ze sprężynami konwencjonalnymi	Zderzak o skoku 110 mm ze sprężynami hydrodynamicznymi i hydrostatycznymi	Zderzak o skoku 150 mm
Początkowy skok	10 kN–50 kN	7,5 kN–20 kN	7,5 kN–50 kN	15 kN–90 kN
Po 25 mm	30 kN–130 kN	10 kN–40 kN	–	60 kN–130 kN
Po 50 mm	–	–	60 kN–200 kN	–
Po 60 mm	100 kN–400 kN	–	–	100 kN–220 kN
Po 100 mm	350 kN–1 000 kN	–	–	150 kN–390 kN
Po 105 mm	–	300 kN–1000 kN	? 600 kN	–
Po 125 mm	–	–	–	200 kN–520 kN
Po 145 mm	–	–	–	350 kN–880 kN
Zmagazynowana energia dla siły < 1000 kN	≥ 12,5 kJ	≥ 10 kJ	–	–
Zmagazynowana energia dla siły ≤ 880 kN	–	–	–	≥ 18 kJ
Zmagazynowana energia dla siły ≤ 600 kN	–	–	≥ 12 kJ	–
Pochłonięta energia odpowiednia do poprzedzającej energii zmagazynowanej	≥ 0,5 energii zmagazynowanej	≥ 0,5 energii zmagazynowanej	≥ 0,5 energii zmagazynowanej	≥ 0,5 energii zmagazynowanej

Źródło: oprac. własne na podst. [3, 5, 6].

Zderzak poddaje się 10 000 cykli ściskania, od 25% do 60% nominalnego skoku. Wartości te są dobrane w taki sposób, aby test w maksymalnym stopniu odpowiadał warunkom eksploatacyjnym, zakładając, że sąsiadujące pojazdy są ze sobą sprzęgnięte, wywołując niewielki skok zderzaka (25%), a podczas jazdy, w łukach i w czasie hamowania, skok zderzaka nie osiąga wartości większej niż 60%. Po przeprowadzeniu powyższych 10 000 cykli należy stworzyć nowy wykres zależności skoku zderzaka od siły przyłożonej do jego tarczy.

Uznaje się, że badany zderzak pomyślnie przeszedł testy, jeżeli nie będą zauważalne żadne uszkodzenia systemu sprężystego albo wycieki (w przypadku zderzaków hydrodynamicznych). Ponadto w zakresie skoku zastosowanego w badaniu (25–60%) różnice pomiędzy nominalną charakterystyką zderzaka nie powinny różnić się o więcej niż 20% dla siły, 10% dla skoku i 20% dla energii zmagazynowanej i pochłoniętej.

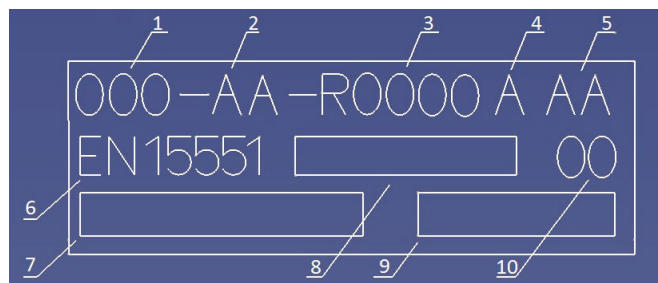
W normie i kartach UIC [3, 5, 6] określono również dokładne warunki przeprowadzania testów symulujących obciążenia eksploatacyjne. Sprecyzowano zakres prędkości ściskania zderzaka czy sposób jego umiejscowienia pomiędzy płytami prasy.

Oznaczenie zderzaków

Zarówno norma PN-EN 15551+A1, jak i karty UIC 526 zawierają bardzo dokładne informacje i rysunki dotyczące oznaczeń, które powinny być umieszczane na zderzakach. Określone są informacje, które mają znaleźć się na zderzaku, a nawet rozmiar liter i cyfr czy odstępów pomiędzy kolejnymi symbolami. Zgodnie z wytycznymi na informacyjnej tabliczce umieszczonej na obudowie zderzaka znaleźć powinny się przede wszystkim informacje o skoku zderzaka, jego kategorii oraz promieniu krzywizny tarczy zderzakowej. Ponadto na tabliczce należy umieścić informacje o typie tarczy zderzakowej oraz o rodzaju zastosowanej amortyzacji (również w przypadku, gdy zastosowanych jest kilka rodzajów amortyzacji). Oprócz wyżej wymienionych danych na tabliczce znajdować się powinny: symbol normy, którą dany zderzak spełnia (EN 15551), logo producenta, dwie ostatnie cyfry roku produkcji, numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej oraz nazwa lub logo właściciela.

Inne wymagania wynikające z normy PN-EN 15551

Oprócz wspomnianych powyżej wymagań norma zawiera również inne wytyczne związane między innymi z obudową zderzaka, tarczą zderzakową czy zderzakami wyposażonymi w elementy mogące ulec plastycznej deformacji. W przypadku obudowy dotyczą one sposobów badań nieniszczących, które przeprowadzane są w celu wykrycia ewentualnych defektów tulei i pochwy zderzakowej, sposobów wytwarzania ww. elementów czy smarowania tarczy zderzakowej. Zawarte w normie wymagania obejmujące tarczę [3] dotyczą materiału, z którego może być ona wykonana (w normie umieszczony został aneks zawierający wskazówki dotyczące materiałów na tarcze zderzakowe i sposobów ich ba-



Rys. 5. Schemat tabliczki znamionowej umieszczonej na zderzaku (1 – skok zderzaka, 2 – klasa zderzaka, 3 – promień krzywizny kulistej tarczy zderzakowej, 4 – typ tarczy zderzakowej, 5 – typ systemu sprężystego, 6 – numer normy, którą spełnia zderzak, 7 – numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej, 8 – miejsce na logo producenta, 9 – miejsce na nazwę lub logo właściciela, 10 – dwie ostatnie cyfry roku produkcji)

dania), twardości i chropowatości jej powierzchni, a także jej wymiarów i krzywizn dla zderzaków o skoku 105 mm, 110 mm i 150 mm. Wymagania, które – zgodnie z normą – stawiane są zderzakom wyposażonym w elementy mogące ulec plastycznej deformacji, stosowane np. do wagonów przewożących towary niebezpieczne, stanowią aneks do normy. Są w nim przedstawione wymagania dotyczące tego typu zderzaków oraz procedury badań, którym powinny zostać one poddane w celu zagwarantowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Wymagania wynikające z Technicznych Specyfikacji dla Interoperacyjności

Zgodnie z TSI dotyczącymi taboru kolejowego koniec wagonu towarowego powinien być wyposażony w dwa identyczne zderzaki. W przypadku stosowania zderzaków o skoku większym niż 105 mm wagon powinien zostać wyposażony w cztery identyczne zderzaki (o takim samym skoku, systemie sprężystym i charakterystyce). Zgodnie z powyższymi TSI wysokość osi zderzaków powinna wynosić od 940 mm do 1 065 mm nad poziomem szyny [2], niezależnie od obciążenia danego wagonu. TSI dotyczące wagonów towarowych definiują również odległość pomiędzy osiami zderzaków na jednym końcu wagonu – powinna ona wynosić 1 750 mm [2]. TSI zakłada również, że zderzaki powinny być rozmieszczone symetrycznie względem osi wagonu.

W powyższych TSI zawarto również wytyczne dotyczące charakterystyki zderzaka. Pokrywają się one z wymaganiami normy i zakładają, że zderzak musi posiadać minimalny skok o wartości 105 mm i zdolność absorpcji energii dynamicznej wynoszącej przynajmniej 30 kJ [2]. Ponadto tarcze zderzaków powinny charakteryzować się promieniem krzywizny sferycznej części wypukłej $2\ 750\ \text{mm} \pm 50\ \text{mm}$ [2]. W TSI znajdują się również wymogi związane z wysokością tarczy zderzakowej oraz znakami identyfikacyjnymi nanoszonymi na obudowę zderzaka, które pokrywają się z wytycznymi zawartymi w normie PN-EN 15551+A1 oraz w kartach UIC 526.

Zgodnie z TSI dotyczącymi taboru dla wagonów pasażerskich i lokomotyw, podobnie jak w przypadku wagonów towarowych, zderzaki zamontowane na tym samym końcu pojazdu powinny mieć takie same charakterystyki. Wysokość osi zderzaków powinna wynosić od 980 mm do 1 065 mm [6], niezależnie od zużycia i obciążenia pojazdów. W TSI sprecyzowano również odległość między osiami zderzaków zamontowanych na tym samym końcu pojazdu, która powinna wynosić $1\ 750\ \text{mm} \pm 10\ \text{mm}$ [1]. Zderzaki te powinny zostać rozmieszczone symetrycznie względem osi pojazdu. Dotyczące lokomotyw i wagonów pasażerskich Techniczne Specyfikacje dla Interoperacyjności określają także współdziałanie układu cięglowego i zderzaków. Zgodnie z wytycznymi odległość między przednią krawędzią haka cięglowego i przednią stroną całkowicie wysuniętych zderzaków powinna wynosić $355\ \text{mm} +45/-20\ \text{mm}$ w stanie nowym [6]. Ponadto własności statyczne urządzeń cięglowych i zderzaków powinny być ze sobą skoordynowane w celu zagwarantowania możliwości bezpiecznego pokonywania przez pociąg łuków przy normalnym sprzęgnięciu pojazdów [6].

Bibliografia:

1. Decyzja Komisji z dnia 26 kwietnia 2011 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” w transeuropejskim systemie kolei konwencjonalnych.
2. Decyzja Komisji z dnia 28 lipca 2006 r. dotycząca technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor kolejowy – wagony towarowe” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych.
3. PN-EN 15551+A1:2011, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2011.
4. Sitarz M., Gamon W., Zderzaki kolejowe. Podział, wymagania, projektowanie, badania. Cz. I, Podział zderzaków kolejowych, „Technika Transportu Szynowego” 2013, nr 9.
5. UIC 526-1 Wagons – Buffers with a stroke of 105 mm, 2008.
6. UIC 526-3 Wagons – Buffers with a stroke of 130 and 150 mm, 2008.