

1. Geneza EUROKODÓW. Probabilistyczne podstawy teoretyczne określania kombinatoryki oddziaływań.

1.1. Wstęp

Norma w technice to dokument będący wynikiem normalizacji i standaryzujący jak najszerzej pojętą działalność badawczą, technologiczną, produkcyjną i usługową. Ustala zasady, wytyczne lub charakterystyki dotyczące różnej działalności i jej wyników; jest zatwierdzana na zasadzie konsensu, przeznaczona do powszechnego i wielokrotnego stosowania, zaakceptowana przez wszystkie zainteresowane strony jako korzyść dla wszystkich i wprowadza kodeks dobrej praktyki i zasady racjonalnego postępowania przy aktualnym poziomie techniki. Postanowienia normy powinny:

- być oparte na podstawach naukowych oraz danych sprawdzonych pod względem słuszności technicznej, ekonomicznej i użytkowej,
- uwzględniać aktualny stan wiedzy oraz poziom techniki osiągnięty lub możliwy do osiągnięcia w najbliższym czasie;
- być możliwe do realizacji oraz absolutnie sprawdzalne

Podstawowe zasady projektowania i realizacji konstrukcji budowlanych zostały zawarte w normach opracowanych przez Polski Komitet Normalizacyjny. Dotychczasowe krajowe normy mają oznaczenia PN-xx/B-xxxx:xx (gdzie x=0,1, 2, ... ,9). Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej do zbioru Polskich Norm zostały wprowadzone normy europejskie – Eurokody (mają one status Normy Polskiej).

Normy są to dokumenty odniesienia w projektowaniu i realizacji budowli stosowanym na zasadzie **dobrowolności**, powszechnie dostępnym i zaakceptowanym przez uznaną jednostkę normalizacyjną. Status normy, jako dokumentu odniesienia nie jest jej stałym atrybutem, lecz zależy od trybu (mocy) jej przywołania w przepisach prawa lub umowach Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. § 204/4: *Warunki bezpieczeństwa konstrukcji (...) uznaje się za spełnione, jeżeli konstrukcja ta odpowiada **Polskim Normom** dotyczącym projektowania i obliczania konstrukcji.*

Najprostszym i bezpośrednim sposobem zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji na etapie projektowania jest wykazanie zgodności projektu z właściwą normą.

1.2. Eurokody

Eurokody są to wspólne, ujednolicone w ramach Unii Europejskiej normy. Służą one do projektowania i realizacji budynków oraz konstrukcji inżynierskich. Są zbiorem zunifikowanych norm międzynarodowych stanowiących kluczowe ogniwo ładu budowlanego w państwach Unii Europejskiej. Intencją autorów było wykorzystanie doświadczenia w zakresie projektowania oraz wyników badań naukowych krajów członkowskich Unii Europejskiej. Eurokody korzystają i porządkują dotychczasową wiedzę o bezpiecznym wznoszeniu i projektowaniu obiektów budowlanych.

Działania Europejskiego Komitetu Normalizującego (CEN, członkowsko polski od 1 stycznia 2004r) polegały na opracowaniu zbioru zharmonizowanych norm europejskich - Eurokodów, które zastępują zróżnicowane reguły stosowane w poszczególnych krajach członkowskich. Eurokody zyskały status dokumentów odniesienia, uznawanych przez władze w krajach członkowskich Unii Europejskiej. Polska przystępując do Unii Europejskiej zobowiązała się do wprowadzenia Eurokodów w projektowaniu i realizacji obiektów budowlanych na podstawie Ustawy o normalizacji z dnia 12 września 2002 r.

Eurokody składają się z 10 pakietów (zbiorów) tematycznych, dotyczących projektowania poszczególnych rodzajów konstrukcji budowlanych. Oznaczono je symbolem literowym EN i liczbowym od 1990 do 1999. Są to:

- EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji,
- EN 1991 Oddziaływania na konstrukcje,
- EN 1992 Projektowanie konstrukcji z betonu,
- EN 1993 Projektowanie konstrukcji stalowych,
- EN 1994 Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych,
- EN 1995 Projektowanie konstrukcji drewnianych, EN 1996 Projektowanie konstrukcji murowych, EN 1997 Projektowanie geotechniczne, EN 1998 Pro-

jektowanie sejsmiczne, EN 1999 Projektowanie konstrukcji aluminiowo-

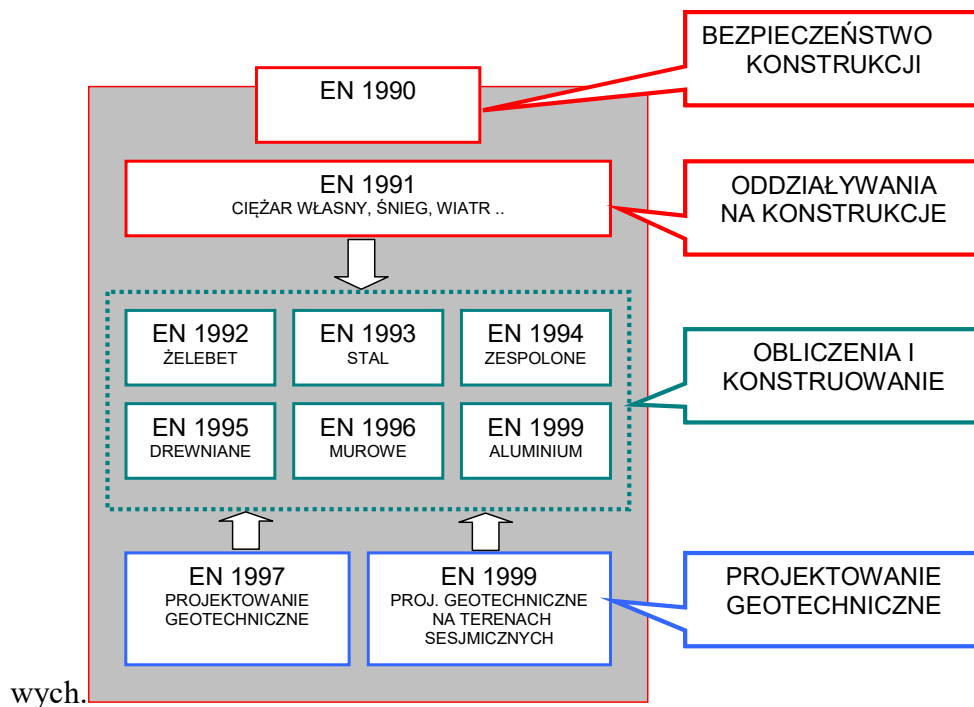


Fig. 1.1. Schemat ideowy i układ powiązań Eurokodów

Eurokody zostały opublikowane w trzech oficjalnych wersjach językowych: angielskiej, francuskiej i niemieckiej. Wersje krajowe Eurokodów są oznaczane wyróżnikiem literowym danego kraju (w przypadku Polski jest to PN), który poprzedza symbol Eurokodu. Symbole polskiej wersji Eurokodu pokazano na Fig. 1.2.

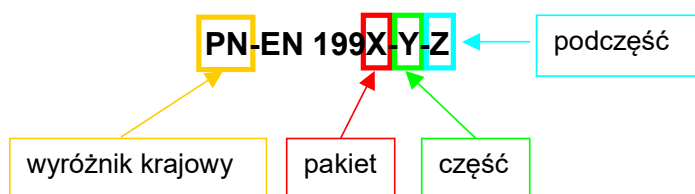


Fig. 1.2. Symbole polskiej wersji Eurokodów

Eurokod PN-EN 1990 jest jednoczęściowy. Pozostałe Eurokody PN-EN 1990÷PN-EN 1999 są wieloczęściowe. Oznaczone są one wówczas dalszymi cyframi określającymi część oraz po część określając specyficzny zakres Eurokodu (np. 1-1, 1-2, itd. – patrz np. .). Dlatego zbiór Eurokodów liczy 58 norm.

Eurokod **PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji** pełni funkcję nadrzędną w stosunku do pozostałych Eurokodów tj. PN-EN 1991÷PN-EN 1999, gdyż podano w nim podstawy projektowania oraz określono główne wymagania dotyczące oceny nośności, użyteczności i trwałości konstrukcji budowlanych. Jest to norma

wiodąca w projektowaniu konstrukcji budowlanych według Eurokodów. Postanowienie tego Eurokodu muszą być respektowane w pozostałych Eurokodach tj. PN-EN 1991÷PN-EN 1999.

Pakiet Eurokodów dotyczących oddziaływań PN-EN 1991 Oddziaływania na konstrukcje składa się z następujących części:

PN-EN 1991 ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE	PN-EN 1991-1 - CZĘŚĆ 1	
		PN-EN 1991-1-1:2004. Część 1-1: Oddziaływanie ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
		PN-EN 1991-1-2:2006. Część 1-2: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie na konstrukcje w warunkach pożaru
		PN-EN 1991-1-3:2005. Część 1-3: Oddziaływanie ogólne. Obciążenia śniegiem
		PN-EN 1991-1-4:2008. Część 1-4: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie wiatru
		PN-EN 1991-1-5:2005. Część 1-5: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie termiczne
		PN-EN 1991-1-6:2007. Część 1-6: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie w czasie wykonywania konstrukcji
		PN-EN 1991-1-7:2008. Część 1-7: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie wyjątkowe
	PN-EN 1991-2 - CZĘŚĆ 2	
		PN-EN 1991-2:2007. Część 2: Obciążenia ruchome mostów
	PN-EN 1991-3 - CZĘŚĆ 3	
		PN-EN 1991-3:2009. Część 3: Oddziaływanie wywołane przez pracę dźwigów i maszyn
	PN-EN 1991-4 - CZĘŚĆ 4	
		PN-EN 1991-4:2009. Część 4: Silosy i zbiorniki

Rys. 1.3. Schemat PN-EN 1991. Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje

W Eurokodach PN-EN 1991 przedstawiono zasady przyjmowania obciążeń od ciężaru własnego, obciążeń: użytkowych, w warunkach pożaru, śniegiem, oddziaływań: wiatrem, termicznych, w czasie wykonywania konstrukcji, wyjątkowych, wywołanych przez pracę dźwigów i maszyn, obciążeń ruchomych mostów, a także obciążeń silosów i zbiorników.

Pakiety Eurokodów konstrukcyjnych PN-EN 1992÷PN 1996 i PN-EN 1999 służą do obliczania i konstruowania ustrojów nośnych obiektów budowlanych. Do projektowania posadowienia konstrukcji nośnych obiektów służą pakiety Eurokodów dotyczące projektowanie geotechnicznego PN-EN 1997 oraz projektowania na terenach sejsmicznych PN-EN 1998. Wymienione Eurokody nie będą tutaj szczegółowo omawiane.

Eurokody jako normy europejskie (EN) stanowią wspólne dokumenty odniesienia:

- do wykazywania zgodności obiektów budowlanych z wymaganiami bezpieczeństwa (w zakresie nośności, stateczności, zagrożenia pożarowego, wymagań dotyczących wyrobów budowlanych);

- ustalenia podstaw do zawierania kontraktów – przy opracowywaniu specyfikacji technicznych do umów na roboty budowlane i usługi inżynierskie;
- ustalenia podstawy opracowywania zharmonizowanych specyfikacji technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (norm EN i aprobat technicznych ETA).

Eurokody poszczególnych krajów Unii Europejskiej zawierają pełny tekst (**dosłowne tłumaczenie bez żadnych zmian**) eurokodów i ich załączników w postaci opublikowanej przez CEN. Mogą one być poprzedzone **krajową stroną tytułową i krajowym wstępem**, a także mogą być uzupełnione **Załącznikiem Krajowym**, zawierającym wszystkie specyficzne zmiany wartości liczbowych w postaci parametrów ustalonych przez krajowe władze normalizacyjne (w przypadku Polski przez Polski Komitet Normalizacyjny). Zwykle dotyczą one wartości charakterystycznych różnic w warunkach klimatycznych (np. obciążenia śniegiem, wiatrem), wyboru poziomu bezpieczeństwa z uwagi na trwałość konstrukcji oraz ogólnie klas (materiałów i konstrukcji), lub stosowanych metod obliczeń.

Załączniki Krajowe nie mogą zmieniać lub modyfikować treści poszczególnych Eurokodów z wyjątkiem wyraźnie wskazanych sytuacji, kiedy możliwy jest „wybór” parametrów ustalonych przez krajowe organizacje normalizacyjne. Na przykład w EN 1990 wszystkie częściowe współczynniki bezpieczeństwa podano w postaci symboli, których zalecane wartości podano w „uwagach”. W takim przypadku w Załączniku Krajowym można: albo podać zalecane wartości, albo podać wartości alternatywne **na podstawie krajowych doświadczeń i tradycji projektowania**. Projektanci z innych krajów, którzy projektują obiekt zlokalizowany w Polsce będą musieli stosować Krajowe Załączniki polskie i odwrotnie.

1.3. Podstawy projektowania konstrukcji budowlanych według PN-EN 1990

1.3.1. Wprowadzenie

Do podstawowych kryteriów jakości konstrukcji należy zaliczyć:

- funkcjonalność;
- efektywność,

- niezawodność.

Niezawodność jest podstawowym kryterium jakości i głównym postulatem występującym w projektowaniu, realizacji i eksploatacji budowli. Termin ten oznacza zdolność ustroju do spełniania przyjętych wymagań wytrzymałościowych i użytkowych, w określonych warunkach i określonym czasie.

Norma PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji zawiera pryncypia dotyczące zagadnień niezawodności i bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych, gdyż podano w niej zasady i wymagania dotyczące oceny nośności, użyteczności i trwałości konstrukcji.

Jej treść obejmuje między innymi zasady i wymagania dotyczące:

- sposobów oceny prognozy obciążeń i oddziaływań konstrukcji,
- metod szacowania wytrzymałości materiałów, elementów i konstrukcji,
- identyfikacji modelu materiału i zachowania się konstrukcji,
- sposobów określania kombinacji oddziaływań (ustalenia efektów oddziaływań),
- metod sprawdzania nośności i sztywności konstrukcji,
- wymagań dotyczących trwałości konstrukcji.

Zasady projektowania według PN-EN-1990 nawiązują do koncepcji stanów granicznych według metody współczynników częściowych.

1.3.2. Podstawy metodologiczne metody stanów granicznych i współczynników częściowych

Konstrukcje i elementy konstrukcji należy zaprojektować, zrealizować i utrzymywać w taki sposób, aby w zamierzonym okresie użytkowania (przewidzianym w projekcie, np. dla budynków mieszkalnych jest to 50 lat), z należyty poziomem niezawodności i bez nadmiernych kosztów, przejmowała wszystkie oddziaływania i wpływy, które mogą wystąpić podczas wykonania (budowy) i użytkowania. Ponadto powinny pozostawać przydatne do przewidywanego w projekcie okresie użytkownika i nie powinny wykazywać uszkodzeń w stopniu nieproporcjonalnym do pierwotnej przyczyny w wyniku takich wydarzeń jak powódź, obsunięcie terenu, pożar, wybuch, uderzenie itp. W tym celu według PN-EN 1990 należy zapewnić jej odpowiednią:

- nośność (wytrzymałość – zdolność przenoszenia oddziaływań, a także odporność ogniową),
- użyteczność (zdolność użytkową w sensie sztywności),
- trwałość w projektowanym okresie użytkowania tj. kontrolowaną deteriorację (pogorszenie się stanu konstrukcji podczas jej eksploatacji) przez właściwe utrzymanie budowli w trakcie użytkowania eksploatacji,
- integralność strukturalna, czyli nieuleganie nadmiernym zniszczeniom w wypadku zdarzeń wyjątkowych (np. wybuch, uderzenie) tj. nie uleganie zniszczeniom, których konsekwencje (szkody) byłyby niewspółmierne do początkowej przyczyny.

Stany graniczne to takie stany, po przekroczeniu których konstrukcja nie spełnia wymienionych wymagań wytrzymałościowych i użytkowych (przestaje spełniać swoje funkcje lub przestaje odpowiadać założonym kryteriom projektowym). Ogólnie można stwierdzić, że osiągając stan graniczny konstrukcja zagraża bezpieczeństwu (zostaje wyczerpana jej wytrzymałość) lub przestaje spełniać wymagania użytkowe. Stąd różnią się stany graniczne:

- nośności (związane z katastrofą lub innymi podobnymi postaciami zniszczenia konstrukcji)
- użyteczności (stany odpowiadające warunkom, po przekroczeniu których konstrukcja przestaje spełniać stawiane jej wymagania użytkowe).

Efekt oddziaływań E w postaci sił wewnętrznych tj. momentów zginających M_E , sił podłużnych N_E , sił poprzecznych V_E oraz ugięć y , to wynik działania na konstrukcję obciążeń F_i :

- stałych (np. G - ciężaru własnego, instalacji itp.) oraz
- zmiennych (Q - obciążenia: użytkowego, śniegiem, technologicznego, oddziaływania: wiatru, temperatury itp.).

Nośności R przekrojów oraz elementów konstrukcji (np. na zginanie M_R , na rozciąganie N_R , na ściskanie N_{Rb} , na ścinanie V_R) zależą od cech wytrzymałościowych materiału i charakterystyk geometrycznych przekrojów. Konstrukcje uznaje się za bezpieczną, gdy jej efekty oddziaływań E są mniejsze od nośności R . Warunek bezpieczeństwa konstrukcji opisuje zależność

$$E \leq R, \quad (0.1)$$

Charakter zarówno efektu oddziaływań (od ciężaru własnego, śniegu, wiatru) $E(\omega)$ jak również nośności konstrukcji (wytrzymałość materiałów) $R(\omega)$ jest losowy

W celu uzyskania informacji o losowych właściwościach $x(\omega)$ (np. o obciążeniach, parametrach wytrzymałościowych materiałów lub konstrukcji, wielkościach geometrycznych przekrojów elementów itp.) należy zaplanować badania eksperymentalne lub prowadzić obserwacje (np. w przypadku obciążeń klimatycznych). Z tych badań doświadczalnych otrzymujemy wielkości – zmienne losowe x_i . Z badań otrzymujemy dyskretne wielkości badanego zbioru zwane histogramem. Aproksymację histogramu przedstawia funkcja rozkładu zmiennej losowej $f(x)$ (Fig. 1.4). Funkcja rozkładu prawdopodobieństwa $f(x)$ jest to funkcja określająca prawdopodobieństwo zdarzenia polegające na tym, że zmienna losowa przyjmie określoną wartość x_i .

W technice wiele właściwości opisuje się rozkładem normalnym. Parametrami probabilistycznymi rozkładów zmiennych losowych są stałe wielkości charakteryzujące funkcję tego rozkładu. W przypadku rozkładu normalnego zmiennej losowej są to: \bar{x} - wartość średnia oraz s_x - odchylenie standardowe.

Ważną rolę w probabilistycznych analizach spełniają kwantyle zmiennej losowej. Wartość x_p nazywa się kwantylem p -tego rzędu ($0 < p < 1$) zmiennej losowej x , która spełnia nierówności $\Pr\{x \leq x_p\} \geq p$ oraz $\Pr\{x \geq x_p\} \geq 1-p$ (Pr - prawdopodobieństwo zdarzenia). Na Fig. 1.44 pokazano kwantyl górny x_g o prawdopodobieństwie jego przekroczenia (wystąpienia większej wartości) p_g oraz kwantyl dolny x_d o prawdopodobieństwie wystąpienia mniejszej wartości p_d . (Np. gdy przyjmie się kwantyl **0,98**, to prawdopodobieństwo przekroczenia wartości charakterystycznej wynosi **0.02**, czyli ryzyko wynosi **2%**, a okres powrotu **$T=50$** lat.

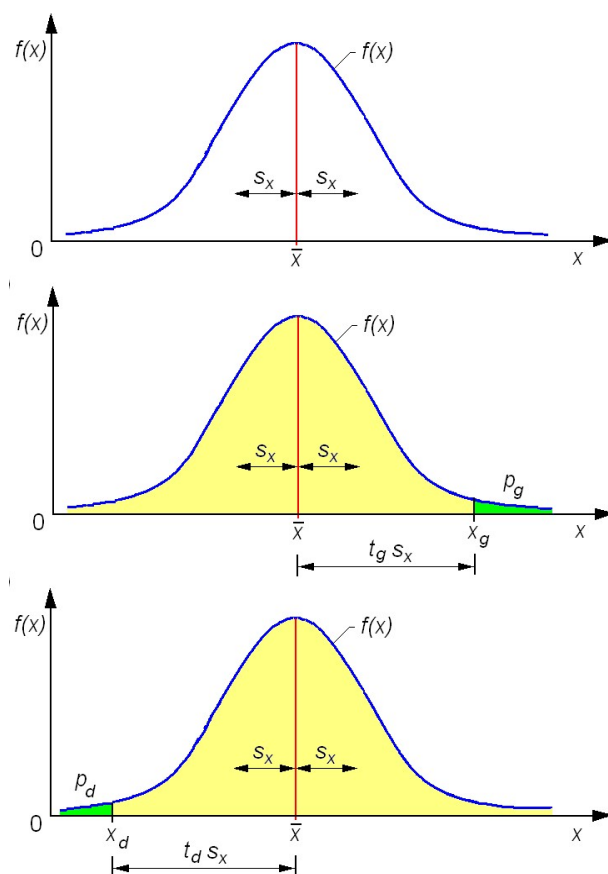


Fig. 1.4. Funkcja prawdopodobieństwa zmiennej losowej $f(x)$ oraz kwantyle zmiennej losowej: górny x_g i dolny x_d (Biegus A. (2013))

W przypadku analizy bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych ich parametry losowe np. wartości średnie \bar{E} , \bar{R} oraz odchylenie standardowe s_E , s_R – charakteryzujące zmienność losowych obciążeń $E(\omega)$ jak i nośności konstrukcji $R(\omega)$ określa się doświadczalnie, na podstawie odpowiednio dużej liczby pomiarów i badań. Otrzymane wyniki statystyczne są opisywane odpowiednimi krzywymi rozkładu (np. normalnego, logarytmiczno-normalnego, Gumbela).

Pomierzone doświadczalnie wartości parametrów obciążeń i wytrzymałości odbiegają od charakteryzujących je wartości średnich. Chcąc zapewnić bezpieczeństwo projektowanej konstrukcji należy się liczyć z losowym charakterem efektu oddziaływań $E(\omega)$ oraz nośności konstrukcji $R(\omega)$ i odpowiednio to uwzględnić w wykonywanych obliczeniach oceniających jej niezawodność.

Na Fig. 1.5 pokazano funkcje: losowego efektu oddziaływań $E(\omega)$ i losowej nośności elementu konstrukcji $R(\omega)$. Z analizy tego rysunku wynika, że wyczerpanie nośności elementu konstrukcji (stan graniczny) może mieć miejsce wówczas, gdy – zgod-

nie z ogólnym warunkiem bezpieczeństwa – efekty oddziaływań $E(\omega)$ osiągną wartość co najmniej równą wartości nośności $R(\omega)$ (zakreskowane pole ilustruje prawdopodobieństwo zniszczenia elementu konstrukcji).

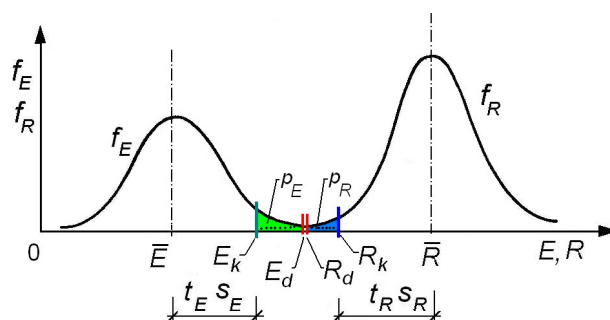


Fig. 1.5. Schemat analizy bezpieczeństwa konstrukcji w metodzie stanów granicznych (Biegus A. (2013))

Metodę stanów granicznych według współczesnych norm projektowania należy ko-żarzyć z próbą uwzględnienia niekorzystnych losowych odchyleń efektów oddziaływań i nośności od ich wartości oczekiwanych. W PN-EN1990 do oceny bezpieczeństwa konstrukcji przyjęto półprobabilistyczną metodę stanów granicznych i częściowych współczynników. Założenia tej metody są bardzo proste.

Bezpieczeństwo konstrukcji jest zagrożone wówczas, gdy jednocześnie występują duże oddziaływania i niskie wytrzymałości. Dlatego przyjmuje się, że w stanie granicznym nośności projektowana konstrukcja podlegać będzie działaniu odpowiednio dużych obciążeń, a jej nośność będzie odpowiednio niska. Wartości efektów oddziaływań i nośności przyjmowane do oceny bezpieczeństwa konstrukcji, powinny być przy tym dobierane odpowiednio do charakteryzujących je rozrzutów (losowości) oraz przy założeniu bardzo niskiego prawdopodobieństwa ich wystąpienia (niskiego ryzyka). Wartości obliczeniowe tych parametrów ustala się dwuetapowo.

W I etapie obliczeń wyznacza się wartości charakterystyczne efektów oddziaływań E_k , tj. „maksymalne” prognozowane obciążenia przy założonym ryzyku ich przekroczenia (kwantyle górne) i wartości charakterystyczne nośności R_k , tj. minimalne prognozowane wytrzymałości materiałów przy przyjętym ryzyku ich zmniejszenia (kwantyle dolne). W celu zapewnienia konstrukcji wymaganego bezpieczeństwa, przed wprowadzeniem tych wielkości do obliczeń wyężenia konstrukcji w stanie granicznym nośności, w II etapie dodatkowo są one odpowiednio podwyższane (obciążenia) lub

obniżane (wytrzymałość) drogą mnożenia lub dzielenia częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa γ_i (gdzie $\geq 1,0$ i γ).

1.3.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa γ_i są dobierane arbitralnie, z uwzględnieniem rozrzutu (losowości) jakim charakteryzuje dany parametr. Wartości charakterystyczne (zakładając rozkłady normalne analizowanych zmiennych losowych) można oszacować w przypadku efektu oddziaływań E_k (jako kwantyl górny o prawdopodobieństwie jego przekroczenia p_E) ze wzoru:

$$E_k = \bar{E} + t_E s_E \quad (0.2)$$

zaś w przypadku nośności R_k (jako kwantyl dolny o prawdopodobieństwie wystąpienia niższej wytrzymałości p_R) ze wzoru:

$$R_k = \bar{R} - t_R s_R \quad (0.3)$$

gdzie:

E_k, R_k - wartości charakterystyczne odpowiednio efektu oddziaływań oraz nośności,

E, R - wartość średnia odpowiednio efektu oddziaływań oraz nośności,

s_E, s_R - odchylenie standardowe odpowiednio efektu oddziaływań oraz nośności,

t_E, t_R - argument rozkładu, zależny od założonego ryzyka oceny odpowiednio efektu oddziaływań oraz nośności.

Na konstrukcję zazwyczaj oprócz ciężaru własnego $F_i=G$ może oddziaływać kilka obciążeń zmiennych $F_i=Q$ (obciążenie użytkowe, obciążenie śniegiem, oddziaływanie wiatru itp.). Analizując bezpieczeństwo konstrukcji należy ustalić taką kombinację równoczesnego występowania obciążeń stałych i zmiennych, która wywoła najmniej korzystniejsze jej wyężdżenie. Stąd charakterystyczny efekt oddziaływań jest funkcją kombinacji charakterystycznych obciążeń (stałych i zmiennych) konstrukcji $E_k(F_{k,i})$

W metodzie stanów granicznych i współczynników częściowych bezpieczeństwo konstrukcji ocenia się na podstawie kwantyli wartości charakterystycznych obciążeń $E_k(F_{k,i})$ i kwantyli wartości charakterystycznych nośności R_k oraz cząstkowych współczynników bezpieczeństwa odnoszących się odpowiednio do obciążeń $\gamma_F \geq 1,0$ i

nośności $\gamma_R \geq 1,0$. Wartość obliczeniowa efektu oddziaływań E_d obliczana jest ze wzoru:

$$E_d = E_k(F_{k,i}\gamma_{F,i}) \quad (0.4)$$

zaś losowość wytrzymałości ocenia się przez jej zmniejszenie współczynnikiem nośności γ_R (dzielnikiem) i obliczeniowa nośność wynosi R_d obliczamy ze wzoru:

$$R_d = R_k \left(\frac{R_k}{\gamma_R} \right) \quad (0.5)$$

Ocenę bezpieczeństwa konstrukcji wyraża zależność:

$$\frac{E_d}{R_d} = \frac{E_k(F_{k,i}\gamma_{F,i})}{R_k \left(\frac{R_k}{\gamma_R} \right)} \leq 1 \quad (0.6)$$

Stany graniczne użyteczności odnoszą się do analizy zawodności konstrukcji w aspekcie wymagań dotyczących ugięć, przemieszczeń, rozwartości rys, drgań itp. Przekroczenie wartości dopuszczalnych ww. wielkości nie powoduje awarii lub katastrofy konstrukcji. Stąd zapas bezpieczeństwa konstrukcji wymagany w przypadku stanu granicznego użyteczności nie musi być tak duży, jak w przypadku stanu granicznego nośności. Dlatego też w ocenie stanów granicznych użyteczności konstrukcji przyjmuje się charakterystyczne wartości efektów oddziaływań $E_k(F_{k,i})$ bez współczynników obciążeń $\gamma_{F,i}$ oraz charakterystyczne parametry wytrzymałościowe ustroju nośnego.

W a PN-EN 1990 częściowe współczynniki bezpieczeństwa oddziaływań γ_F oraz nośności γ_R występują w postaci wielu cząstkowych współczynników np. współczynniki obciążenia $\gamma_{F,i}$, współczynniki konsekwencji zniszczenia $K_{F,i}$, jednoczesności działania obciążeń $\psi_{0,i}$, $\psi_{1,i}$, $\psi_{2,i}$ i współczynniki materiałowe dotyczące np.: betonu γ_c , stali zbrojeniowej γ_s .

Wg postanowień PN-EN 1990 wartości charakterystyczne obciążeń np. oddziaływań klimatycznych (śniegu, wiatru, temperatury) ustala się przy założeniu, że prawdopodobieństwo przekroczenia jego części zmiennej wynosi $p_E=0,02$, czyli ryzyko wystąpienia oddziaływania większego wynosi 2% . Jest to równoważne średniej wartości okresu powrotu 50 lat dla części zmieniającej się w czasie. Przez okres powrotu rozu-

mie się średni przedział czasu między kolejnymi przekroczeniami (zwykle przewyższeniami) określonych wartości.