

VÝPOČTOVÉ METODY VE STAVEBNICTVÍ

Normy pro navrhování a posuzování spolehlivosti stavebních konstrukcí začaly vznikat až počátkem minulého století, do té doby se návrh konstrukcí opíral o zkušenosti, znalosti a cit projektanta, který měl velmi zjednodušené informace o zatížení, působení konstrukce a vlastnostech materiálu.

Spolehlivost – schopnost systému zachovávat požadované vlastnosti po předem stanovenou dobu jeho technického života. Dílčími složkami spolehlivosti jsou např. bezpečnost, použitelnost, trvanlivost.

Většina úloh souvisejících se spolehlivostí stavebních konstrukcí bývá nejčastěji formulována jako srovnání dvou stochastických hodnot: tzv. **účinku zatížení** E a tzv. **odolnosti** R (někdy se používá též název bariéra nebo předepsaná mezní hodnota C). Požadavek tedy zní: $E \leq R$

E	R
Ohybový moment v určitém průřezu nosníku od daného zatížení	Ohybová únosnost tohoto průřezu (mezní oment únosnosti průřezu)
Napětí v zemině od existujícího zatížení	Smyková pevnost zeminy a její koheze
Maximální průhyb nosníku od daného zatížení	Dovolený průhyb

a) Metoda dovolených namáhání

Až do poloviny padesátých let minulého století byla spolehlivost konstrukcí vyjádřena tzv. metodou „dovolených namáhání“, založenou deterministicky na jediném součiniteli k . Tento součinitel je stanoven s ohledem na nejistoty při stanovení lokálního účinku zatížení i odolností materiálů.

Podmínka spolehlivosti:
$$\sigma_{\max} < \sigma_{dov} \rightarrow \sigma_{dov} = \sigma_{krit} / k$$

Prvek měl prokázat, že napětí odpovídající pružné odezvě konstrukce na dané zatížení má být nižší než dovolené namáhání. Pro použitelnost byl posudek v té době omezen na několik podmínek – např. porovnání průhybu nosníku s tolerovanou normovou hodnotou. V té době měli projektanti k dispozici pouze primitivní výpočetní nástroje, přesto tato první celosvětová metoda je v některých zemích uplatňována ještě dodnes.

b) Metoda stupně bezpečnosti

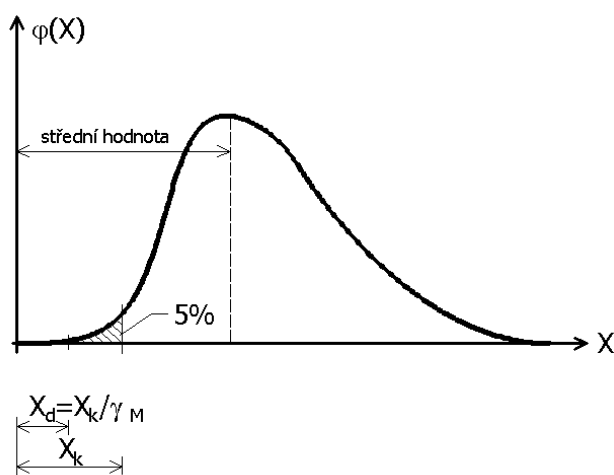
Je založena na principu, že vypočítaný stupeň bezpečnosti s je větší než jeho předepsaná hodnota s_0 . Jedná se o metodu, která sice jeví větší snahu o dokonalejší vystižení chování prvků a jejich průřezů, a to pomocí souhrnných veličin odolnosti konstrukce X_{odol} a účinků zatížení X_{zat} .

Podmínka spolehlivosti:
$$s > s_0 \rightarrow s = X_{odol} / X_{zat}$$

Přesto hlavním nedostatkem zůstává nemožnost zohlednit nejistotami základní vstupní veličiny a výpočtové modely. Stejně jako u metody dovolených namáhání lze pravděpodobnost ovlivnit pouze jednou veličinou – stupněm bezpečnosti.

c) Metoda mezních stavů (metoda dílčích/parciálních součinitelů)

Po druhé světové válce, kdy nastal obrovský rozmach ve stavebnictví, se projevovaly ve větší míře snahy o zdokonalení posudků spolehlivosti. Projektanti přicházeli na to, že deterministické pojetí vstupních veličin je silně nevyhovující k vyjádření účinků zatížení, odolnosti a k posuzování výrobních a montážních imperfekcí. Proto byla vypracována nová koncepce spolehlivosti, založena na pravděpodobnostním přístupu na tzv. „filosofii mezních stavů“. Posudky se vztahují ke dvěma mezním stavům: mezní stav únosnosti a použitelnosti. Interpretace této filosofie mezních stavů uplatnitelná v normách a v projekční praxi byla založena na metodě dílčích součinitelů.

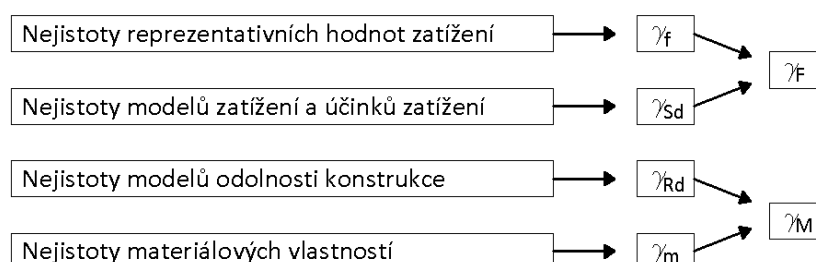


Metoda dílčích součinitelů je založena na posudku porovnání návrhové hodnoty maximálního účinku zatížení E_d a návrhové (minimální) odolnosti R_d konstrukce.

Podmínka spolehlivosti: $\gamma_F \cdot E_k \leq R_k / \gamma_M$

γ_F ... dílčí součinitel vyjadřující rozptyl účinků zatížení

γ_M ... dílčí součinitel vyjadřující rozptyl odolnosti konstrukce



Z výše uvedené podmínky spolehlivosti je zřejmé, že se jedná o polopravděpodobnostní metodu a výsledek nedává představu o velikosti rezervy spolehlivosti, příp. určení pravděpodobnosti poruchy nebo indexu spolehlivosti. I když byly dílčí součinitelé stanoveny na základě statistiky, teorie pravděpodobnosti a spolehlivosti a výsledků experimentálně zjištěných vlastností materiálů, hodnot zatížení apod., docházelo při jejich zpracování k značným zjednodušením.

Z hlediska projektanta jsou normy opět založené na „deterministické“ metodě jako u metody dovoleného namáhání, s tím rozdílem, že počet dílčích součinitelů se zdvojnásobil

Mezní stavy jsou takové stavy, při jejichž překročení přestává konstrukce plnit návrhové požadavky na užité vlastnosti. Mohou být vztaženy k trvalým, přechodným nebo mimořádným návrhovým situacím. Obecně rozlišujeme:

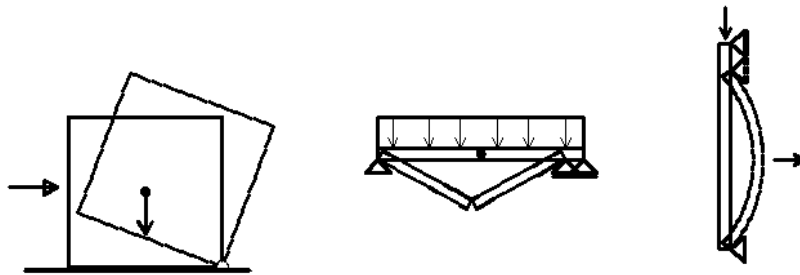
- **Mezní stavy únosnosti (první skupina mezních stavů)** – souvisejí se zřícením a podobnými poruchami konstrukce. Za mezní stavy únosnosti se pokládají také stavy předcházející zřícení konstrukce považované pro jednoduchost za vlastní zřícení (např. vznik velkých trhlin nebo oblastí, kde se drtí materiál).

EQU – Ztráta statické rovnováhy konstrukce nebo její části, uvažované jako tuhé těleso, např. převrácení

STR – Vnitřní porucha (překročení pevnosti materiálu) nebo nadměrná deformace (přetvoření) konstrukce nebo nosných prvků, transformace konstrukce nebo její části na mechanismus, ztráta stability konstrukce nebo její části včetně podpor a základů

GEO – Porucha nebo nadměrná deformace základové půdy, kde pevnosti zeminy nebo skalního podloží jsou významné pro únosnost

FAT – Porucha únavou nebo jinými časově závislými účinky (např. koroze materiálu nebo jeho opotřebením)



- **Mezní stavy použitelnosti (druhá skupina mezních stavů)** – souvisejí s podmínkami, po jejichž překročení nejsou splněny provozní požadavky na konstrukci nebo její část. Požadavky použitelnosti se týkají funkce stavebního objektu a jeho částí, pohodlí osob, vzhledu. Pokud je třeba, rozlišují se vratné a nevratné mezní stavy použitelnosti.

Deformace a posuvy, které ovlivňují vzhled nebo účinné využití konstrukce (včetně funkce strojů a vybavení), popř. způsobují poškození povrchů nebo nenosných prvků

Kmitání, které způsobuje nepohodlí osob, poškození konstrukce nebo nesených materiálů, nebo které omezuje jejich funkční účinnost

Lokální poškození (včetně trhlin), která mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo funkce konstrukce

Závěrem lze říci, že vývoj směřuje od deterministických metod (metoda dovolených namáhání, metoda stupně bezpečnosti) přes polopravděpodobnostní metody (metoda mezních stavů), kde vstupy jsou stochastické ale počítá se s deterministickými hodnotami, k plně pravděpodobnostním metodám, jejichž výsledkem může být hodnota rezervy spolehlivosti, pravděpodobnosti poruchy nebo indexu spolehlivosti.