



roclawska

Politechnika Wroclawska

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE BUDOWLANE WYKŁAD 8

Analiza konstrukcji (modelowanie konstrukcji i ich obciążeń).

dr hab. inż. Łukasz SADOWSKI, prof. uczelni
lukasz.sadowski@pwr.edu.pl

Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

C-7, pok. 712



Zgodnie z PN-EN 1990 **analiza konstrukcji** jest to proces polegający na wyznaczeniu parametrów odpowiedzi konstrukcji, zatem obliczanie efektów oddziaływań statycznych i dynamicznych w konstrukcji.

Obliczenia konstrukcji należy wykonywać zgodnie z odpowiednimi modelami konstrukcji z uwzględnieniem istotnych zmiennych.

Modele powinny pozwalać na określenie zachowania się konstrukcji z akceptowalną dokładnością oraz być dostosowane do rozważanych stanów granicznych. Powinny odpowiadać uznanej teorii i praktyce inżynierskiej, a w przypadku takiej konieczności powinny być zwalidowane doświadczalnie.



Rozróżnia się kilka rodzaju analiz konstrukcji:

- Analiza dynamiczna (analiza drgań własnych lub wymuszonych)
- Analiza liniowa (analiza sprężysta I rzędu)
- Analiza nieliniowa (wyznaczenie nieliniowych ścieżek równowagi)
- Analiza plastyczna (analiza w której przyjmuje się sztywno-plastyczny lub sprężysto-plastyczny model materiału oraz uwzględnia się plastyczną redystrybucję sił wewnętrznych)



- Analiza I/II rzędu (obliczanie efektów oddziaływać I/II rzędu)
- Analiza sprężysta (analiza w której obowiązuje liniowo-sprężysty model materiału w całym zakresie obciążenia)
- Analiza stateczności (wyznaczanie granic stateczności tj obciążeń odpowiadającym punktom krytycznym)
- Analiza termiczno-statycznie-wytrzymałościowa (analiza z uwagi na warunki pożarowe)









Projektowanie obiektu inżynierskiego zazwyczaj składa się z następujących etapów:

1. Kształtowanie ustroju nośnego (wybór materiału ustroju nośnego, kształtu, schematów statycznych i wstępnych wymiarów konstrukcji i jej elementów i połączeń)
2. Identyfikacja schematów statycznych i modeli obliczeniowych konstrukcji nośnej obiektu budowlanego
3. Określenie obciążeń (ciężar własny, obciążenia użytkowe, obciążenie śniegiem i wiatrem, obciążenie wyjątkowe, wpływy termiczne lub technologiczne)
4. Wyznaczenie sił wewnętrznych i przemieszczeń (charakterystyczne i obliczeniowe efekty oddziaływań tj momentów zginających, sił podłużnych i poprzecznych M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} oraz ugięć y_k)



5. Wymiarowanie, które polega na sprawdzeniu, czy obliczone siły wewnętrzne (momenty zginające, siły podłużne i siły poprzeczne M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} nie są większe od nośności obliczeniowych M_{Rd} , N_{Rd} , V_{Rd} przekrojów i elementów konstrukcyjnych (Stan graniczny nośności) oraz czy przemieszczenia spowodowane obciążeniami y_k nie są większe, niż przemieszczenia dopuszczalne y_{ult}

6. Sporządzenie opisu technicznego i rysunków konstrukcyjnych, stanowiących formę zapisu przyjętego ostatecznie rozwiązania zaprojektowanej konstrukcji, na podstawie wykonanych obliczeń, analiz, norm i katalogów. Opisy techniczne zabezpieczeń (np. przed korozją i ogniem) wykonawstwa, montażu itp. oraz rysunki wraz z wykazami materiałów stanowią podstawę sporządzenia projektu konstrukcyjnego (budowlanego lub wykonawczego)



Kształtowanie budowli jest najczęściej rozumiane jako poszukiwanie formy i nadawanie jej określonej postaci. W konstrukcji jest to poszukiwanie ustroju nośnego obiektu budowlanego, który w najwyższym stopniu spełnia założone wstępnie kryteria dotyczące przede wszystkim jego wytrzymałości. W ramach tego zagadnienia stosuje się **rozwiązania optymalne**.



Kryteria optymalizacji konstrukcji budowlanych:

- Maksymalizacja niezawodności konstrukcji,
- Maksymalizacja odporności na oddziaływania wyjątkowe
- Minimalizacja ryzyka związanego ze zniszczeniem lub wyłączeniem obiektu z eksploatacji
- Minimalizacja masy konstrukcji lub objętości materiałów budowlanych
- Minimalizacja kosztu konstrukcji lub przedsięwzięcia budowlanego
- Maksymalizacja trwałości i czasu przydatności obiektu



Obliczenia statyczne polegają na wyznaczeniu najniekorzystniejszych wartości sił wewnętrznych w przekrojach i elementach krytycznych konstrukcji (wyczerpanie nośności konstrukcji może być przyczyną awarii lub katastrofy), a także przemieszczeń. Obliczenia wykonuje się zgodnie z zasadami mechaniki budowli i wytrzymałości materiałów, z uwzględnieniem zidentyfikowanych schematów statycznych i modeli wyężenia konstrukcji rzeczywistej

Wymiarowanie jest to sprawdzenie wytrzymałości i sztywności ustroju nośnego obiektu budowlanego. Ma ono na celu przede wszystkim ustalenie (na podstawie obliczeń) wymiarów poprzecznych przekrojów elementów konstrukcyjnych, bądź sprawdzenie czy siły wewnętrzne nie są większe od nośności tych elementów.



PN-EN 1991 definiuje 3 rodzaje obciążeń, których modelowanie należy przeprowadzić w ramach analizy konstrukcji:

- Oddziaływania statyczne
- Oddziaływania dynamiczne
- Oddziaływania termiczne w warunkach pożaru



Modelowanie **oddziaływań statycznych** powinno być oparte na odpowiednio dobranych zależnościach siła-odkształcenie elementów konstrukcji i ich interakcji z podłożem. Przyjęte w modelowaniu warunki brzegowe powinny odwzorowywać warunki istniejące w konstrukcji. Efekty przemieszczeń i odkształceń należy uwzględniać przy sprawdzeniu stanu granicznej nośności, w przypadku kiedy zwiększają one w sposób znaczący efekty oddziaływań.



Model konstrukcji służący do obliczenia efektów **oddziaływania dynamicznego** powinien uwzględniać wszystkie istotne elementy konstrukcji, ich masy, wytrzymałości, sztywności i charakterystyki tłumienia. Jeżeli uznano za właściwe uwzględniać oddziaływania dynamiczne jako quasi-statyczne, części dynamiczne tych oddziaływań można uwzględnić włączając je do wartości statycznych albo wprowadzając równoważne współczynniki dynamiczne.





Obliczenia **odporności pożarowej** konstrukcji powinny być oparte na scenariuszu obliczeniowym pożaru (zgodnym z PN-EN 1991-1-2) i uwzględniać modele zmian temperatury wewnątrz konstrukcji, a także mechaniki konstrukcji poddanej wysokim temperaturom. Zaleca się, aby zachowanie się konstrukcji w warunkach pożaru oceniać uwzględniając nominalne warunki pożaru albo modele warunków pożaru, a także oddziaływania towarzyszące. Należy przyjmować nieliniowe zachowania się konstrukcji w warunkach pożaru.





Projektowanie może również być przeprowadzone na podstawie przeprowadzonych **badania i obliczeń**. Zagadnienie to stosuje się zwykle do konstrukcji, które są nowatorskie i niestandardowe, a odpowiednia ocena oddziaływań i zachowania się konstrukcji nie byłaby możliwa z racji braku wymagań normowych i literaturowych. Badania wykonuje się także w przypadku gdy w konstrukcji zastosowana ma być duża liczba tych samych elementów.

Projektowanie wspomagane badaniami musi zapewnić niezawodność co najmniej taką jaką można uzyskać stosując metody obliczeniowe. Należy uwzględnić niepewność statystyczną dotyczącą wyników badań, w tym celu zaleca się stosowanie współczynników częściowych podanych w PN-EN 1991 oraz PN-EN 1999





Dziękuję za uwagę