

Wprowadzenie IX

Podstawowe oznaczenia XII

**CZĘŚĆ I. KSZTAŁTOWANIE, OBCIĄŻENIA I SIŁY WEWNĘTRZNE, KONSTRUOWANIE I ZBROJENIE, N
APRAWY 1**

1. Ogólna charakterystyka zbiorników na materiały sypkie 3

1.1. Krótki rys historyczny 3

1.2. Klasyfikacja zbiorników na materiały sypkie 8

1.3. Parametry geometryczne i klasyfikacja silosów według normy EC1-4 11

1.4. Operacje technologiczne i zjawiska fizyczne wpływające na pracę statyczną i rozwiązania konstrukcyjne silosów żelbetowych 13

1.4.1. Napełnianie silosów 13

1.4.2. Opróżnianie silosów 16

1.4.3. Przepływ materiału podczas opróżniania 22

1.4.4. Wprowadzanie sprężonego powietrza 25

1.4.5. Homogenizacja 25

1.4.6. Wybuchy pyłów 26

1.4.7. Zасыpywanie materiału gorącego 26

1.4.8. Mechaniczne ścieranie powierzchni komór 27

1.4.9. Izolacja termiczna silosów 28

1.4.10. Inne instalacje w silosach 29

2. Silosy smukłe 30

2.1. Charakterystyka technologiczno-konstrukcyjna 30

2.2. Parcie materiału sypkiego na ściany silosów smukłych 43

2.2.1. Informacje ogólne 43

2.2.2. Klasyczne teorie obliczania parcia materiałów sypkich w silosach smukłych 45

2.2.3. Parcie materiału sypkiego w silosach smukłych po napełnieniu według normy EC1-4 47

2.2.4. Parcie materiału sypkiego w silosach smukłych podczas opróżniania według normy EC1-4 52

2.2.5. Zestawienie parć w silosach smukłych 56

2.2.6. Parcie na ściany w silosach na materiały napowietrzane według normy EC1-4 56

2.3. Parcie na leje i dna silosów 58

2.3.1. Parcie na lej według teorii klasycznych 58

2.3.2. Klasyfikacja den silosów według normy EC1-4 60

2.3.3. Zasady obliczania parć na dna silosów według normy EC1-4

61

2.4. Pozostałe obciążenia silosów 64

2.4.1. Wyszczególnienie obciążeń 64

2.4.2. Obciążenie termiczne 65

2.4.3. Odkształcenia wymuszone 67

2.4.4. Obciążenie wybuchem pyłów 68

2.5. Siły wewnętrzne w ścianach silosów smukłych 69

2.6. Silosy kołowe - obliczanie sił wewnętrznych w sposób tradycyjny 72

2.6.1. Silosy jednokomorowe 72

2.6.2. Leje stożkowe 81

2.6.3. Silosy z komorami dzielonymi ścianami działowymi 84

2.6.4. Baterie wielokomorowe 86

2.7. Silosy o przekrojach niekołowych - obliczanie sił wewnętrznych w sposób tradycyjny 90

2.7.1. Silosy jednokomorowe 91

2.7.2. Baterie wielokomorowe 95

2.7.3. Leje ostrosłupowe 97

3. Silosy niskie i średniosmukłe 107

3.1. Charakterystyka ogólna 107

3.1.1. Silosy o przekroju kołowym 107

3.1.2. Bunkry na materiały gruboziarniste 108

120	3.2. Obciążenia wynikające z parcia materiału sypkiego według normy EC1-4	
	3.2.1. Obciążenia symetryczne po napełnieniu	120
	3.2.2. Parcie lokalne przy napełnianiu	122
	3.2.3. Parcie symetryczne podczas opróżniania	123
	3.2.4. Efekty lokalne podczas opróżniania	124
	3.2.5. Zestawienie parć w silosach średniosmukłych i niskich	126
	3.2.6. Obciążenia den i lejów	126
	3.3. Obliczanie sił wewnętrznych w sposób tradycyjny	130
	3.3.1. Silosy o przekrojach kołowych	130
	3.3.2. Silosy o komorach kwadratowych i prostokątnych	130
	4. Silosy retencyjne	137
	4.1. Charakterystyka ogólna	137
	4.2. Parcie materiału sypkiego według normy EC1-4	138
	4.2.1. Parcie po napełnieniu	138
	4.2.2. Parcie podczas opróżniania	139
	4.3. Siły wewnętrzne w silosach retencyjnych	139
	5. Obliczanie sił wewnętrznych w silosach metodą elementów skończonych	141
	5.1. Informacje wstępne	141
	5.2. Układy odniesienia i analiza otrzymanych wartości sił	142
	5.3. Kształtowanie modelu i siatka elementów skończonych	143
	5.4. Modelowanie posadowienia silosu	145
	5.5. Modelowanie obciążenia parciem materiału sypkiego	146
	5.6. Modelowanie innych obciążeń silosów	147
	6. Wymiarowanie silosów	148
	6.1. Kombinacje oddziaływań	148
	6.1.1. Sytuacje obliczeniowe	148
	6.1.2. Kombinacje oddziaływań w stanach granicznych nośności	149
	6.1.3. Kombinacje oddziaływań w stanach granicznych użyteczności	149
i	6.2. Stany graniczne nośności	153
152	6.3. Stany graniczne użyteczności	154
	6.3.1. Stan graniczny zarysowania	154
	6.3.2. Efekty odkształceń wymuszonych w ścianach silosów	157
	6.3.3. Stan graniczny ugięć	158
	7. Elementy konstrukcyjne silosów i ich zbrojenie	159
	7.1. Fundamenty	159
	7.2. Ściany i leje	164
	7.2.1. Wymagania ogólne dotyczące betonu i zbrojenia	164
	7.2.2. Zbrojenie ścian i lejów silosów kołowych	166
	7.2.3. Zbrojenie ścian i lejów silosów o przekroju prostokątnym	166
170	7.2.4. Wykonawstwo silosów	174
	7.2.5. Silosy prefabrykowane	178
	8. Sprężanie silosów	182
	9. Trwałość, awarie i naprawy silosów	189
	9.1. Przyczyny uszkodzeń silosów	189
	9.2. Diagnostyka silosów	192
	9.3. Metody napraw i wzmocnienia silosów	193
	CZĘŚĆ II. PRZYKŁADY OBLICZENIOWE	197
	P1. Silos kołowy smukły ze ścianami sprowadzonymi do fundamentu	201
	P2. Silos kołowy smukły ze ścianami sprowadzonymi do fundamentu, obliczony z uwzględnieniem skurczu betonu	221
	P3. Silos kołowy smukły ze ścianami sprowadzonymi do fundamentu, przeznaczony do przechowywania materiału wsypywanego w stanie gorącym	226
	P4. Silos kołowy smukły z dnem płaskim w formie stropu opartego na ścianach sprowadzonych do fundamentu	240
	P5. Silos kołowy smukły ze ścianami utwierdzonymi w płycie dennej, opróżniany niecentrycznie	248

P6. Silos kołowy smukły z dnem płaskim i ze ścianami opartymi na słupach	251
P7. Silos kołowy smukły z lejem stożkowym i ze ścianami opartymi na słupach	259
P8. Silos smukły o przekroju prostokątnym ze ścianami opartymi na słupach	265
P9. Silos kołowy średniosmukły ze ścianami sprowadzonymi do fundamentu i z dnem w postaci stropu grzybkowego	278
P10. Silos niski o przekroju kwadratowym ze ścianami opartymi na słupach	287
P11. Silos niski o przekroju prostokątnym ze ścianami opartymi na słupach i z niecentrycznym otworem wysypowym	300
P12. Silos retencyjny	308
Bibliografia	311