

Spis treści

Wprowadzenie	IX
Podstawowe oznaczenia	XII
CZĘŚĆ I. KSZTAŁTOWANIE, OBCIĄŻENIA I SIŁY WEWNĘTRZNE, KONSTRUOWANIE I ZBROJENIE, NAPRAWY	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. Zasypywanie 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
3.2.	Obciążenia wynikające z parcia materiału sypkiego według normy EC1-4	120
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 użytkowności	152
6.2. Stany graniczne nośności	153
6.3. Stany graniczne użytkowności	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	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 wzmacniania 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 srowadzonych 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 średnioskukły ze ścianami prowadzonymi 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 niecen- trycznym otworem wysypowym	300
P12. Silos retencyjny	308
Bibliografia	311