

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	11
Wprowadzenie	14
Streszczenie	17
Część I POMPY I UKŁADY POMPOWE	21
1. Podstawowe wiadomości o pompach i układach pompowych	22
1.1. Przenośniki cieczy	22
1.2. Układ pompowy i instalacja pompowa	22
1.3. Pompy wyporowe i pompy wirowe	24
2. Podstawowe typy i wielkości charakterystyczne pomp wirowych	27
3. Charakterystyki pompy i układu pompowego	31
3.1. Podstawowe charakterystyki pompy wirowej	31
3.2. Zakres dopuszczalnej ciągłej pracy pompy	32
3.3. Charakterystyka układu pompowego	33
4. Kawitacja i charakterystyki kawitacyjne	35
4.1. Znaczenie problemu kawitacji w przepompowniach ścieków	35
4.2. Przyczyny i skutki kawitacji	35
4.3. Nadwyżki antykawitacyjne i charakterystyki kawitacyjne	38
4.4. Rozporządzalna i wymagana nadwyżka antykawitacyjna	41
4.5. Relacje między $NPSH_i$ a $NPSH_3$	45
4.6. Materiały odporne na erozję kawitacyjną	46
4.7. Uwagi praktyczne dotyczące unikania pracy pomp w kawitacji	47
5. Regulacja pomp	49
5.1. Punkt pracy pompy w układzie. Współpraca kilku pomp	49
5.2. Sposoby regulacji wydajności pomp	52
5.3. Regulacja dławieniowa	52
5.4. Regulacja zmiennoobrotowa	54
5.5. Regulacja przez zmianę liczby pracujących pomp połączonych równolegle	57
5.6. Układy napędowe pomp	59
5.6.1. Silniki asynchroniczne	59
5.6.2. Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi	59

5.6.3. Przetwornice częstotliwości	61
6. Dobór pomp i energooszczędna eksploatacja obiektu pompowego	62
6.1. Powiększenie efektywności energetycznej transportu cieczy w kontekście zmian klimatycznych	62
6.2. Straty nieuniknione i niepotrzebne w pompowaniu cieczy	64
6.3. Efektywność energetyczna układu pompowego	65
6.4. Ogólne zasady energooszczędnej eksploatacji pomp	66
6.5. Ogólne zasady doboru pomp do instalacji	67
6.6. Optymalny energetycznie i/lub kosztowo dobór pomp, w szczególności w przepompowni ścieków	68
6.7. Podstawowe kryteria doboru typu i wielkości pompy oraz jej dostawy	72
6.7.1. Związek doboru pompy z możliwością awarii pompowni	72
6.7.2. Związek doboru pompy z jej zadaniem w obiekcie/instalacji pompowej	72
6.7.3. Związek doboru pompy z tłoczonym medium oraz warunkami pracy	73
6.7.4. Związek doboru pompy i jej wersji materiałowej z możliwością pracy w kawitacji	73
6.7.5. Związek niezawodności pompy z efektywnością energetyczną pompowania	73
Część II PRZEPOMPOWNIE ŚCIEKÓW SUROWYCH	75
7. Rodzaje przepompowni ścieków i pomp ściekowych	76
7.1. Rodzaje i właściwości ścieków surowych	76
7.2. Rodzaje i cechy przepompowni ścieków	76
7.3. Różnorodność stosowanych rodzajów i typów pomp oraz ich wirników	78
8. Wybór typu pompy ściekowej i rodzaju wirnika	81
8.1. Założenia ogólne	81
8.2. Wybór typu zespołu pompowego	81
8.3. Wybór rozwiązania konstrukcyjno-materiałowego pompy danego typu	86
8.4. Wybór typu wirnika/części hydraulicznej pompy	86
9. Doprowadzenie ścieków do pompowni i do pomp. Zbiornik ścieków	90
9.1. Retencja w grawitacyjnym kolektorze doprowadzającym	90
9.2. Doprowadzenie ścieków do pomp	90
9.2.1. Pompy zatapialne suche	90
9.2.2. Pompy zatapialne „mokre” i inne swobodnie zanurzone (np. wałowe)	91
9.3. Cechy konstrukcyjne zbiornika ścieków	93

10. Rurociągi ssawne i tłoczne pomp oraz odprowadzenie ścieków z pompowni	94
10.1. Rurociągi ssawne pomp „suchych”	94
10.2. Rurociągi tłoczne	95
10.3. Zasady wykonania i montażu pomp ze względu na pompy	96
10.4. Odprowadzenie ścieków z pompowni	97
10.5. Straty ciśnienia w rurociągu	98
10.6. Sedymentacja w rurociągach	100
10.7. Zawory/kłapy zwrotne	102
11. Regulacja wydajności pomp ściekowych oraz sterowanie pracą pompowni	103
11.1. Regulacja a sterowanie	103
11.2. Funkcjonowanie przepompowni przy znacznej zmienności strumienia ścieków	103
11.3. Poziomy włączania/wyłączania pomp	104
11.4. Regulacja wydajności pomp ściekowych	105
11.5. Sterowanie pracą przepompowni ścieków	106
11.5.1. Regulacja pomp ściekowych i sterowanie pracą przepompowni	106
11.5.2. Możliwe sposoby sterowania pracą przepompowni	107
11.5.3. Optymalne energetycznie sterowanie pracą przepompowni ścieków	108
11.6. Warunki wymagane do poprawnego funkcjonowania systemu optymalnego sterowania pracą przepompowni ścieków	109
12. Wymagania dotyczące niezawodności pracy pomp i pompowni	111
12.1. Wymagania dotyczące pomp	111
12.2. Wymagania dotyczące instalacji pompowej i całej przepompowni	112
13. Uderzenie hydrauliczne jako ważny aspekt projektu przepompowni	114
13.1. Wiadomości podstawowe	114
13.2. Środki zapobiegające uderzeniu hydraulicznemu lub łagodzące jego przebieg	117
13.2.1. Koła zamachowe	118
13.2.2. Zawory/kłapy zwrotne	118
13.2.3. Zbiorniki ciśnieniowo-powietrzne (powietrzniki)	118
13.2.4. Zawory napowietrzające i zawory bezpieczeństwa	119
13.2.5. Upust z zaworem obejściowym pompy	119
13.2.6. Podsumowanie	120
14. Przykłady awarii/niesprawności instalacji pompowych w przepompowniach ścieków i zastosowane środki naprawcze	122
Przykład 1. Nieuwzględnienie przy doborze pomp zakresu dopuszczalnej ciągłej pracy	122

Przykład 2. Wybór pomp nieodpowiedniej jakości	124
Przykład 3. Kłopoty związane z wymianą pomp wałowych na pompy zatapialne suche	125
Przykład 4. Kłopoty związane z zatykaniem się kanałowych wirników pomp ściekowych	126
Przykład 5. Problemy związane z erozją kawitacyjną w pompach zatapialnych suchych	127
Przykład 6. Skutki zalania pomp niehermetycznych w wyniku awarii przepompowni	128
Przykład 7. Zatykanie się wirników pomp wykorzystywanych do czyszczenia zbiornika	129
Przykład 8. Skutki pracy pomp zatapialnych „mokrych” przy okresowym wynurzaniu się silnika ponad poziom ścieków	130

Część III INSTALACJE POMPOWE W OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

15. Schematy instalacji pompowych i rodzaje pomp w oczyszczalniach ścieków

15.1. Schematy technologiczne typowych oczyszczalni ścieków	134
15.2. Rodzaje i typy pomp stosowanych w oczyszczalniach ścieków	136

16. Osady ściekowe; wpływ ich właściwości na przepływy w pompach i rurociągach

16.1. Rodzaje osadów ściekowych	137
16.2. Ciecze nienewtonowskie	139
16.3. Właściwości osadów ściekowych jako cieczy nienewtonowskich	141
16.4. Wpływ właściwości osadów ściekowych na straty ciśnienia w rurociągach	144
16.5. Wpływ właściwości osadów ściekowych na charakterystyki pomp wirowych	146
16.6. Wpływ właściwości osadów ściekowych na wymaganą nadwyżkę antykawitacyjną	151

17. Pompy do osadów ściekowych

17.1. Warunki zastosowania a rodzaje pomp do osadów ściekowych	152
17.2. Rodzaje i typy pomp do osadów ściekowych	153
17.3. Parametry i cechy charakterystyczne pomp wymienionych w podrozdziale 17.2	154
17.3.1. Pompy z wirnikami kanałowymi	154
17.3.2. Pompy o swobodnym przepływie („vortex”)	154
17.3.3. Pompy z urządzeniami rozdrabniającymi	155
17.3.4. Pompy z wirnikami odśrodkowo-śrubowymi	155
17.3.5. Pompy odśrodkowe typu „N” (Flygt)	155
17.3.6. Pompy samozasysające	155
17.3.7. Pompy diagonalne i śmigłowe	156
17.3.8. Pompy tłokowe	157

17.3.9. Pompy membranowe z napędem pneumatycznym	157
17.3.10. Pompy zębate	158
17.3.11. Pompy krzywkowe (Rootsa)	159
17.3.12. Pompy śrubowe (Mono)	159
17.3.13. Pompy perystaltyczne (przewodowe)	161
17.4. Dodatkowe uwagi i zalecenia dotyczące pomp poszczególnych typów	161
17.4.1. Pompy odśrodkowe	161
17.4.2. Pompy śmigłowe	163
17.4.3. Pompy śrubowe (Mono)	163
17.5. Uwagi i zalecenia dotyczące rurociągów	163
17.5.1. Projektowanie nowych i modernizacja rurociągów	163
17.5.2. Eksploatacja rurociągów	164
18. Inne pompy w oczyszczalniach ścieków	166
18.1. Pompy ścieków surowych/podczyszczonych	166
18.2. Pompy ścieków oczyszczonych	166
18.3. Inne pompy niż omówione w rozdziale 17 i podrozdziałach 18.1 i 18.2	167
18.3.1. Pompy wód opadowych i pompy do wody technologicznej	167
18.3.2. Pompy do tłuszczów	167
18.3.3. Pompy dozujące	168
18.4. Dodatkowe wymagania dotyczące dużych pomp do ścieków surowych i oczyszczonych w przepompowniach i oczyszczalniach ścieków	168
18.4.1. Minimalny poziom cieczy w zbiorniku ze względu na wiry	168
18.4.2. Precyzyjne zainstalowanie pomp	170
19. Przykłady awarii/niesprawności instalacji pompowych w oczyszczalniach ścieków i zastosowane sposoby ich usunięcia	171
Przykład 9. Skutki błędnego oszacowania oporów przepływu w rurociągu	171
Przykład 10. Zakleszczanie się łopatek wirnika pompy śmigłowej w obudowie	172
Przykład 11. Problemy związane z erozją kawitacyjną pomp zatapialnych „mokrych”	173
Przykład 12. Niewłaściwy dobór pompy wyporowej ze względu na właściwości osadu	175
Przykład 13. Wpływ dopuszczalnego rozrzutu parametrów pracy pomp odśrodkowych	176
Przykład 14. Zaopatrzenie tylko jednej z dwóch pomp w przetwornicę częstotliwości	178
Część IV TOK POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKTOWANIU, ZALECENIA EKSPLOATACYJNE ORAZ MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE	181
20. Zarys toku postępowania podczas projektowania instalacji pompowych do transportu ścieków, osadów ściekowych i innych cieczy	182

20.1. Uwagi ogólne	182
20.2. Elementy projektu instalacji pompowej w przepompowni ścieków	183
20.2.1. Założenia	183
20.2.2. Liczba magistral przesyłowych oraz charakterystyka układu pompowego	184
20.2.3. Dobór pomp	188
20.3. Elementy projektów instalacji pompowych w oczyszczalniach ścieków	191
20.3.1. Pompownie ścieków surowych/podczyszczonych i ścieków oczyszczonych	191
20.3.2. Inne instalacje pompowe w oczyszczalniach ścieków	192
20.4. Dodatkowe przykłady obliczeniowe dotyczące pompowni ścieków surowych i pompowni ścieków oczyszczonych	193
Przykład 15. Wybór średnicy długiej magistrali tłocznej oraz liczby i wielkości pomp	193
Przykład 16. Porównanie dwóch sposobów sterowania pracą przepompowni ścieków surowych lub ścieków oczyszczonych	195
21. Uzupełniające materiały informacyjne dotyczące różnych rozwiązań pomp ściekowych, przepompowni i tłoczni ścieków oraz zaworów zwrotnych	197
21.1. Różne rozwiązania typowych, pionowych pomp ściekowych	197
21.2. Różne sposoby chłodzenia silników pomp zatapialnych suchych	206
21.3. Pompownie, zawory zwrotne i pompa zmodyfikowana	210
21.3.1. Pompownia kompaktowa	210
21.3.2. Pompownia przewałowa	212
21.3.3. Pompownie klasyczne	213
21.3.4. Zawory zwrotne	214
21.3.5. Pompa zmodyfikowana	216
21.4. Tłocznie ścieków	217
22. Uwagi i zalecenia eksploatacyjne	221
Literatura	224
Skorowidz rzeczowy	226