

---

# SPIS TREŚCI

---

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Zestawienie zastosowanych symboli</b> .....                                      | 9  |
| <b>1. WPROWADZENIE</b> .....                                                        | 13 |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                                  | 33 |
| <b>2. AERACJA WODY I AERATORY</b> .....                                             | 42 |
| 2.1. Wprowadzenie .....                                                             | 42 |
| 2.2. Podstawowe prawa i czynniki wpływające na proces aeracji .....                 | 44 |
| 2.3. Równowaga międzyfazowa .....                                                   | 51 |
| 2.4. Kinetyka absorpcji. Dyfuzja .....                                              | 52 |
| 2.5. Modele mechanizmu aeracji .....                                                | 55 |
| 2.6. Metody określania skuteczności działania aeratorów .....                       | 68 |
| 2.7. Uwagi i wnioski końcowe .....                                                  | 70 |
| 2.8. Przegląd konstrukcji wybranych aeratorów .....                                 | 73 |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                                  | 84 |
| <b>3. BUDOWA I WYPOSAŻENIE FILTRÓW CIŚNIENIOWYCH</b> .....                          | 88 |
| 3.1. Wprowadzenie .....                                                             | 88 |
| 3.2. Budowa filtra podstawowego .....                                               | 89 |
| 3.3. Instalacyjno-armaturowe wyposażenie filtra .....                               | 93 |
| 3.4. Etapy cyklu działania filtra. Metody sterowania działaniem filtra .....        | 97 |
| 3.5. Charakterystyki hydrauliczne filtra – dla kolejnych faz działania filtra ..... | 99 |

|           |                                                                            |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.      | Instalacja sprężonego powietrza .....                                      | 104        |
| 3.7.      | Przegląd źródeł filtracyjnych i warunków stosowania .....                  | 106        |
| 3.8.      | Przegląd zmodyfikowanych konstrukcji filtra i instalacji zewnętrznej ..... | 108        |
|           | BIBLIOGRAFIA .....                                                         | 113        |
| <b>4.</b> | <b>UKŁADY FILTRÓW CIŚNIENIOWYCH .....</b>                                  | <b>114</b> |
| 4.1.      | Wprowadzenie .....                                                         | 114        |
| 4.2.      | Przegląd budowy układów hydrauliczno-technologicznych .....                | 119        |
| 4.2.1.    | Układy jednostopniowego pompowania z hydroforami ....                      | 120        |
| 4.2.2.    | Układy dwustopniowego pompowania .....                                     | 124        |
| 4.2.3.    | Układy jednostopniowego pompowania ze zbiornikiem wieżowym .....           | 128        |
| 4.2.4.    | Analiza porównawcza budowy i działania układów .....                       | 131        |
| 4.3.      | Analiza porównawcza własności układów .....                                | 135        |
| 4.4.      | Analiza hydraulicznych warunków działania układów .....                    | 137        |
| 4.4.1.    | Analiza układu jednostopniowego pompowania z hydroforami .....             | 138        |
| 4.4.2.    | Analiza układu dwustopniowego pompowania .....                             | 156        |
| 4.4.3.    | Analiza układu jednostopniowego pompowania ze zbiornikiem wieżowym .....   | 161        |
| 4.5.      | Uwagi uzupełniające do analizowanych trzech układów .....                  | 169        |
| 4.6.      | Automatyczne sterowanie układami .....                                     | 169        |
| 4.6.1.    | Określenie podstawowych pojęć sterowania i regulacji ....                  | 171        |
| 4.6.2.    | Wybrane elementy wyposażenia układów automatycznego sterowania .....       | 173        |
|           | BIBLIOGRAFIA .....                                                         | 180        |
| <b>5.</b> | <b>CIŚNIENIOWE FILTRY CULLIGANA I ICH UKŁADY .....</b>                     | <b>183</b> |
| 5.1.      | Wprowadzenie .....                                                         | 183        |
| 5.2.      | Ogólna charakterystyka technologii Culligan .....                          | 184        |
| 5.3.      | Rodzaje źródeł filtracyjnych .....                                         | 188        |
| 5.4.      | Warunki i zakresy zastosowań źródeł filtracyjnych .....                    | 190        |
| 5.5.      | Przegląd rodzajów filtrów Culligana .....                                  | 193        |
| 5.6.      | Budowa zewnętrznej instalacji filtra. Konieczność kryzowania ....          | 195        |
| 5.7.      | Instalacyjne wyposażenie i sterowanie filtrów Hi-Flo 6 i 9 .....           | 196        |
| 5.8.      | Warunki współdziałania filtra z układem pomp .....                         | 202        |
| 5.9.      | Ogólna charakterystyka układu filtrów TWIN Hi-Flo .....                    | 207        |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.10. Technologia wielofunkcyjnego filtrowania OFSY .....                       | 208        |
| 5.11. Instalacyjne wyposażenie i sterowanie układu filtrów OFSY i TWIN .....    | 212        |
| 5.12. Ogólna charakterystyka automatycznego sterowania filtrów Culligana .....  | 217        |
| 5.13. Ogólny opis układów hydrauliczno-technologicznych .....                   | 218        |
| 5.14. Analiza hydraulicznych warunków działania układów .....                   | 220        |
| 5.15. Ocena energochłonności spowodowanej kryzowaniem .....                     | 228        |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                              | 232        |
| <b>6. FILTRY NOWOCZESNE .....</b>                                               | <b>233</b> |
| 6.1. Określenie przedmiotu i zakresu .....                                      | 233        |
| 6.2. Samoczynne filtry sterowane hydraulicznie .....                            | 235        |
| 6.2.1. Rys historyczny tematu .....                                             | 235        |
| 6.2.2. Budowa i ogólne zasady działania .....                                   | 235        |
| 6.2.2.1. Wersja francuska Degrémonta .....                                      | 235        |
| 6.2.2.2. Wersja japońska .....                                                  | 241        |
| 6.3. Filtry z ciągłym płukaniem złoża .....                                     | 248        |
| 6.3.1. Wstępne określenie przedmiotu .....                                      | 248        |
| 6.3.2. Rys historyczny rozwoju problematyki .....                               | 249        |
| 6.3.3. Budowa i ogólne zasady działania .....                                   | 250        |
| 6.4. Uwagi i wnioski końcowe .....                                              | 259        |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                              | 260        |
| <b>7. PNEUMATYCZNE PODNOŚNIKI CIECZY I ZIAREN – PODSTAWY HYDRAULICZNE .....</b> | <b>263</b> |
| 7.1. Wprowadzenie .....                                                         | 263        |
| 7.1.1. Definicja pojęcia .....                                                  | 263        |
| 7.1.2. Zalety i wady podnośników .....                                          | 265        |
| 7.1.3. Zakresy zastosowań technicznych .....                                    | 265        |
| 7.1.4. Zarys rozwoju wiedzy .....                                               | 267        |
| 7.1.5. Wstępne określenie zagadnień .....                                       | 268        |
| 7.1.6. Cel i zakres tematyki rozdziału .....                                    | 269        |
| 7.2. Ogólny opis warunków działania podnośnika .....                            | 269        |
| 7.2.1. Mechanizm działania .....                                                | 269        |
| 7.2.2. Sprawność podnośnika .....                                               | 274        |
| 7.3. Podstawowe pojęcia przepływów wielofazowych .....                          | 278        |
| 7.4. Charakterystyki podnoszenia cieczy .....                                   | 285        |

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4.1. Przybliżone rozwiązania zagadnień podstawowych               | 285        |
| 7.4.2. Czynniki wpływające na charakterystykę działania             | 292        |
| 7.5. Charakterystyki podnoszenia ziaren                             | 294        |
| 7.5.1. Sformułowanie zagadnienia                                    | 294        |
| 7.5.2. Podstawowe równania i metoda obliczania                      | 297        |
| BIBLIOGRAFIA                                                        | 309        |
| <b>8. PRZELEWY MIERNICZE I REGULACYJNE</b>                          | <b>312</b> |
| 8.1. Wprowadzenie                                                   | 312        |
| 8.2. Określenie natężenia przepływu przez przelew                   | 315        |
| 8.3. Własności miernicze przelewów                                  | 317        |
| 8.4. Przelewy prostokątne                                           | 322        |
| 8.4.1. Wzory dla natężenia przepływu                                | 322        |
| 8.4.2. Współczynniki odpływu dla przelewów bez bocznego przewężenia | 324        |
| 8.4.3. Przelewy z bocznym przewężeniem strumienia                   | 327        |
| 8.5. Przelewy trójkątne                                             | 328        |
| 8.6. Przelewy trapezowe                                             | 330        |
| 8.7. Przelewy kołowe                                                | 332        |
| 8.7.1. Określenie zagadnienia                                       | 332        |
| 8.7.2. Przepływ przez duży otwór kołowy                             | 333        |
| 8.7.3. Przepływ przez przelew kołowy                                | 335        |
| 8.7.4. Współczynnik przepływu                                       | 340        |
| 8.7.5. Przybliżone metody określania współczynnika $\omega$         | 341        |
| 8.7.6. Inne stosowane wzory                                         | 344        |
| 8.8. Przelewy półkoliste                                            | 345        |
| 8.8.1. Dolna połowa koła                                            | 345        |
| 8.8.2. Górna połowa koła                                            | 345        |
| 8.9. Rzadziej stosowane wykroje przelewu                            | 347        |
| 8.9.1. Wykroj odwróconego trapezu                                   | 347        |
| 8.9.2. Kombinacja prostokąta z dolnym półkołem                      | 348        |
| 8.9.3. Kombinacja prostokąta z górnym półkołem                      | 349        |
| 8.10. Przelewy proporcjonalne i wykładnicze                         | 350        |
| 8.10.1. Przelew proporcjonalny                                      | 351        |
| 8.10.2. Przelewy wykładnicze                                        | 357        |
| BIBLIOGRAFIA                                                        | 361        |
| <b>Załącznik 1. Wersja edukacyjna rysunków</b>                      | <b>363</b> |
| <b>Załącznik 2. Wersja egzaminacyjna rysunków</b>                   | <b>366</b> |