

# Spis treści

|           |                                                                  |           |
|-----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
|           | <b>Oznaczenia ważniejszych wielkości</b>                         | <b>9</b>  |
| <b>1.</b> | <b>Wprowadzenie</b>                                              | <b>13</b> |
| <b>2.</b> | <b>Wiadomości ogólne</b>                                         | <b>15</b> |
| 2.1.      | Mieszadła                                                        | 15        |
| 2.2.      | Mieszalniki                                                      | 23        |
| 2.3.      | Przepływ cieczy w mieszalniku                                    | 25        |
| 2.4.      | Cyrkulacja cieczy w mieszalniku z kilkoma mieszadłami            | 27        |
| 2.5.      | Moc mieszania cieczy jednorodnej                                 | 30        |
|           | Bibliografia                                                     | 35        |
| <b>3.</b> | <b>Układy dwufazowe ciecz–ciało stałe</b>                        | <b>38</b> |
| 3.1.      | Wiadomości wprowadzające                                         | 38        |
| 3.2.      | Wytwarzanie zawiesiny w mieszalniku                              | 39        |
| 3.3.      | Kryteria oceny powstawania zawiesin                              | 41        |
| 3.4.      | Podrywanie ciała stałego z dna aparatu i zawieszanie go w cieczy | 44        |
| 3.5.      | Stosowane mieszadła                                              | 47        |
| 3.6.      | Częstości obrotów mieszadeł wymagane do wytworzenia zawiesiny    | 49        |
| 3.6.1.    | Wpływ geometrii mieszadła, jego wymiarów i położenia             | 49        |
| 3.6.2.    | Wpływ geometrii zbiornika mieszalnika i jego wymiarów            | 53        |
| 3.6.3.    | Wpływ własności zawiesiny                                        | 56        |
| 3.6.4.    | Zawiesiny całkowite – opisy ilościowe                            | 58        |
| 3.6.5.    | Warunki wymagane do wytworzenia bardziej jednorodnych zawiesin   | 64        |
| 3.7.      | Moc i efektywność mieszania                                      | 67        |
| 3.8.      | Lokalne stężenia ciała stałego                                   | 72        |
| 3.9.      | Wymiana masy                                                     | 75        |

|           |                                                                                   |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.10.     | Powiększanie skali mieszalników . . . . .                                         | 79         |
| 3.11.     | Zawiesiny „lekkie” . . . . .                                                      | 81         |
|           | Bibliografia . . . . .                                                            | 83         |
| <b>4.</b> | <b>Układy dwufazowe ciecz–ciecz . . . . .</b>                                     | <b>89</b>  |
| 4.1.      | Wiadomości wprowadzające . . . . .                                                | 89         |
| 4.2.      | Wytwarzanie emulsji w mieszalnikach . . . . .                                     | 90         |
| 4.3.      | Stosowane mieszadła . . . . .                                                     | 92         |
| 4.4.      | Częstości obrotów mieszadła wymagane do rozproszenia cieczy . . . . .             | 93         |
| 4.4.1.    | Wpływ rodzaju mieszadła i jego wymiarów . . . . .                                 | 93         |
| 4.4.2.    | Wpływ geometrii zbiornika mieszalnika i położenia w nim mieszadła . . . . .       | 94         |
| 4.4.3.    | Wpływ własności fizycznych cieczy i ich proporcji . . . . .                       | 96         |
| 4.4.4.    | Opisy ilościowe . . . . .                                                         | 96         |
| 4.5.      | Inwersja faz . . . . .                                                            | 100        |
| 4.6.      | Średnice kropeł cieczy rozproszonej . . . . .                                     | 102        |
| 4.6.1.    | Charakterystyka ogólna . . . . .                                                  | 102        |
| 4.6.2.    | Rozkłady średnic kropeł, średnica zastępcza . . . . .                             | 102        |
| 4.6.3.    | Wpływ czasu mieszania . . . . .                                                   | 103        |
| 4.6.4.    | Największe stabilne krople . . . . .                                              | 104        |
| 4.6.5.    | Średnia średnica kropeł . . . . .                                                 | 109        |
| 4.7.      | Powiększanie skali mieszalników . . . . .                                         | 115        |
|           | Bibliografia . . . . .                                                            | 115        |
| <b>5.</b> | <b>Układy dwufazowe ciecz–gaz . . . . .</b>                                       | <b>121</b> |
| 5.1.      | Wiadomości wprowadzające . . . . .                                                | 121        |
| 5.2.      | Mechanizm dyspergowania gazu przez mieszadła . . . . .                            | 123        |
| 5.2.1.    | Przepływ w pobliżu mieszadła, formy gazowe powstające za jego łopatkami . . . . . | 123        |
| 5.2.2.    | Cyrkulacja gazu w mieszalniku . . . . .                                           | 128        |
| 5.3.      | Stosowane mieszadła . . . . .                                                     | 131        |
| 5.4.      | Warunki dyspergowania gazu . . . . .                                              | 133        |
| 5.4.1.    | Charakterystyka ogólna . . . . .                                                  | 133        |
| 5.4.2.    | Wpływ geometrii mieszadła i jego wymiarów . . . . .                               | 134        |
| 5.4.3.    | Wpływ parametrów geometrycznych mieszalnika . . . . .                             | 136        |
| 5.4.4.    | Wpływ własności fizycznych płynów . . . . .                                       | 137        |
| 5.4.5.    | Opisy ilościowe . . . . .                                                         | 138        |
| 5.5.      | Powierzchniowe nagazowywanie cieczy . . . . .                                     | 142        |
| 5.6.      | Nagazowywanie cieczy mieszadłami drążonymi . . . . .                              | 143        |
| 5.7.      | Moc mieszania . . . . .                                                           | 145        |
| 5.7.1.    | Charakterystyka ogólna . . . . .                                                  | 145        |
| 5.7.2.    | Wpływ konstrukcji mieszadła . . . . .                                             | 147        |
| 5.7.3.    | Wpływ geometrii mieszalnika . . . . .                                             | 149        |
| 5.7.4.    | Wpływ własności fizycznych płynów . . . . .                                       | 150        |
| 5.7.5.    | Opisy ilościowe . . . . .                                                         | 151        |
| 5.8.      | Ilość gazu zatrzymanego w mieszaniu . . . . .                                     | 156        |

|         |                                                                      |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.8.1.  | Charakterystyka ogólna . . . . .                                     | 156 |
| 5.8.2.  | Wpływ rodzaju mieszadła i jego wymiarów . . . . .                    | 158 |
| 5.8.3.  | Wpływ własności fizycznych płynów . . . . .                          | 160 |
| 5.8.4.  | Wpływ geometrii mieszalnika . . . . .                                | 161 |
| 5.8.5.  | Opisy ilościowe . . . . .                                            | 163 |
| 5.9.    | Średnice pęcherzy gazowych . . . . .                                 | 170 |
| 5.9.1.  | Charakterystyka ogólna . . . . .                                     | 170 |
| 5.9.2.  | Wielkości wpływające na średnice pęcherzy . . . . .                  | 172 |
| 5.9.3.  | Opisy ilościowe . . . . .                                            | 173 |
| 5.10.   | Wymiana masy . . . . .                                               | 176 |
| 5.10.1. | Informacje ogólne . . . . .                                          | 176 |
| 5.10.2. | Wielkości rzutujące na wartość współczynnika wnikania masy . . . . . | 177 |
| 5.10.3. | Opisy ilościowe . . . . .                                            | 180 |
| 5.11.   | Powiększanie skali mieszalników . . . . .                            | 183 |
|         | Bibliografia . . . . .                                               | 183 |

## **6. Układy trójfazowe ciecz–gaz–ciało stałe . . . . . 193**

|        |                                                                                     |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.   | Wiadomości wprowadzające . . . . .                                                  | 193 |
| 6.2.   | Wytwarzanie mieszaniny trójfazowej w mieszalnikach . . . . .                        | 194 |
| 6.3.   | Stosowane mieszadła . . . . .                                                       | 195 |
| 6.4.   | Częstości obrotów mieszadeł wymagane do rozproszenia gazu i ciała stałego . . . . . | 196 |
| 6.4.1. | Informacje ogólne . . . . .                                                         | 196 |
| 6.4.2. | Wpływ wydatku gazu i rodzaju mieszadła . . . . .                                    | 197 |
| 6.4.3. | Wpływ wymiarów i geometrii mieszalnika . . . . .                                    | 198 |
| 6.4.4. | Wpływ własności zawiesiny . . . . .                                                 | 200 |
| 6.4.5. | Opisy ilościowe . . . . .                                                           | 201 |
| 6.5.   | Moc mieszania i efektywność wytwarzania zawiesiny . . . . .                         | 203 |
| 6.6.   | Wpływ obecności ciała stałego na rozpraszanie gazu . . . . .                        | 206 |
| 6.7.   | Wymiana masy między gazem a cieczą . . . . .                                        | 207 |
| 6.8.   | Powiększanie skali mieszalników . . . . .                                           | 209 |
|        | Bibliografia . . . . .                                                              | 210 |

## **Skorowidz . . . . . 214**