

---

---

# САДРЖАЈ

---

---

|  |           |
|--|-----------|
| Предговор .....  | 1         |
| <b>I – ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И ДЕФИНИЦИЈЕ .....</b>                                  | <b>3</b>  |
| 1. Предмет и метод термодинамике .....   | 3         |
| 2. Термодинамички систем .....   | 4         |
| 3. Величине (параметри) стања .....  | 6         |
| 3.1. Специфична запремина и густина .....                                      | 7         |
| 3.2. Притисак .....  | 7         |
| 3.3. Температура, термодинамичка равнотежа,<br>нулти закон термодинамике ..... | 9         |
| 4. Једначина стања .....   | 12        |
| 5. Термодинамички процеси .....  | 13        |
| 5.1. Квazистатички и неквazистатички процеси .....                             | 13        |
| 5.2. Повратни и неповратни процеси .....                                       | 15        |
| 5.3. Стационарни и струјни процеси .....                                       | 16        |
| 5.4. Кружни процеси (циклуси) .....  | 18        |
| <b>II – ИДЕАЛНИ И РЕАЛНИ ГАСОВИ .....</b>                                      | <b>19</b> |
| 1. Опште напомене .....  | 19        |
| 2. Једначина стања идеалних гасова .....                                       | 19        |
| 3. Основни закони идеалних гасова .....  | 21        |
| 4. Једначине стања реалних гасова .....  | 25        |
| 5. Смеше идеалних гасова .....   | 27        |
| 5.1. Далтонов закон .....  | 28        |
| 5.2. Састави смеше .....   | 28        |
| 5.3. Средња (привидна) молекуларна маса смеше .....                            | 30        |
| 5.4. Међусобни односи састава.<br>Парцијални притисци компонената .....        | 32        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>III - ПРВИ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКЕ .....</b>   | <b>37</b> |
| 1. Рад .....  | 37        |
| 1.1. Механички рад .....  | 37        |
| 1.2. Запремински (апсолутни) рад .....  | 38        |
| 1.3. Технички рад .....   | 41        |
| 2. Унутрашња енергија и енталпија система .....                                     | 42        |
| 3. Количина топлоте .....   | 44        |
| 4. Аналитички изрази првог закона термодинамике .....                               | 45        |
| 4.1. Отворени термодинамички системи .....  | 45        |
| 4.2. Затворени, покретни систем .....   | 49        |
| 4.3. Затворени, непокретни систем .....   | 49        |
| 5. Расположиви рад. Бернулијева једначина .....                                     | 50        |
| <b>IV - СПЕЦИФИЧНИ ТОПЛОТНИ<br/>КАПАЦИТЕТ ИДЕАЛНИХ ГАСОВА .....</b>                 | <b>57</b> |
| 1. Основне дефиниције .....   | 57        |
| 2. Изохорски и изобарски специфични<br>топлотни капацитет. Мајерова једначина ..... | 59        |
| 3. Зависност специфичног топлотног капацитета<br>од температуре .....               | 61        |
| 4. Специфични топлотни капацитет смеше гасова .....                                 | 63        |
| <b>V - ОСНОВНИ ТЕРМОДИНАМИЧКИ<br/>ПРОЦЕСИ ИДЕАЛНИХ ГАСОВА .....</b>                 | <b>65</b> |
| 1. Задатак истраживања процеса .....  | 65        |
| 2. Изохорски процес .....   | 66        |
| 3. Изобарски процес .....   | 67        |
| 4. Изотермски процес .....  | 70        |
| 5. Адијабатски процес .....   | 72        |
| 6. Политропски процеси .....  | 76        |
| 6.1. Анализа политропских процеса .....   | 79        |
| 6.2. Одређивање експонента политропе .....  | 82        |
| <b>VI - ДРУГИ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКЕ .....</b>   | <b>87</b> |
| 1. Топлотне машине. Формулације<br>другог закона термодинамике .....                | 87        |
| 2. Повратни кружни процеси (циклуси).<br>Термички коефицијент искоришћења .....     | 89        |
| 3. Карноов циклус .....   | 92        |
| 4. Клаузијусов интеграл за повратне процесе. Појам ентропије .....                  | 94        |

|   |     |
|---|-----|
| 5. Промена ентропије квазистатичких процеса .....   | 97  |
| 6. Топлотни - $(s, T)$ дијаграм .....               | 99  |
| 7. Средња интегрална температура .....              | 102 |
| 8. Клаузијусов интеграл неповратних процеса .....   | 105 |
| 9. Закон пораста ентропије .....                    | 106 |
| 10. Адијабатско ширење и адијабатско сабијање ..... | 109 |
| 11. Ексергија и анергија .....                      | 112 |
| 11.1. Одређивање ексергије .....                    | 113 |
| 11.2. Ексергија топлоте .....                       | 114 |
| 11.3. Ексергија стационарног струјног процеса ..... | 114 |
| 11.4. Ексергија непокретног радног тела .....       | 116 |
| 11.5. Губици ексергије .....                        | 117 |
| 11.6. Ексергијски коефицијент искоришћења .....     | 119 |
| 12. Физички смисао ентропије .....                  | 119 |

## VII - ОСНОВНА ТЕРМОДИНАМИЧКА СВОЈСТВА ТЕЧНОСТИ И ПАРЕ .....

125

|   |     |
|---|-----|
| 1. Фазни $(t, p)$ дијаграм. Тројна тачка .....                    | 125 |
| 2. Водена пара, фазни $(v, p)$ дијаграм .....                     | 127 |
| 3. Величине стања влажне паре .....                               | 128 |
| 4. Прегрејана пара .....  | 130 |
| 5. Термодинамички $(s, T)$ и $(s, h)$ дијаграми водене паре ..... | 130 |
| 6. Промене стања водене паре .....                                | 132 |

## VIII - ИСТИЦАЊЕ ГАСОВА .....

139

|   |     |
|---|-----|
| 1. Основни закони струјања гасова .....                                 | 139 |
| 2. Брзина звука .....   | 142 |
| 3. Зауставни параметри .....  | 144 |
| 4. Изентропско струјање кроз канале променљивог попречног пресека ..... | 145 |
| 5. Истицање из млазника .....   | 147 |
| 6. Адијабатско неповратно истицање .....                                | 152 |
| 7. Процес пригушивања .....   | 154 |

## IX - РАДНИ ПРОЦЕСИ КОМПРЕСОРА .....

159

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 1. Намена и подела компресора ..... | 159 |
| 2. Идеални клипни компресор .....   | 160 |
| 2.1. Принцип рада .....             | 160 |
| 2.2. Технички рад компресора .....  | 161 |
| 3. Реални клипни компресор .....    | 164 |
| 4. Вишеструко сабијање .....        | 165 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>X - ЦИКЛУСИ КЛИПНИХ МОТОРА</b>                                      |            |
| <b>УНУТРАШЊЕГ САГОРЕВАЊА.....</b>                                      | <b>165</b> |
| 1. Основни појмови .....   | 165        |
| 2. Принцип рада четворотактног мотора.....                             | 170        |
| 3. Анализа термодинамичких циклуса мотора .....                        | 173        |
| 3.1. Ото циклус .....  | 173        |
| 3.2. Дизел циклус.....   | 175        |
| 3.3. Комбиновани циклус.....   | 178        |
| 4. Поређење теоријских циклуса мотора.....                             | 180        |
| <b>XI - ГАСНО ТУРБИНСКА ПОСТРОЈЕЊА .....</b>                           | <b>187</b> |
| 1. Мотори спољњег сагоревања .....                                     | 187        |
| 2. Принцип рада ГТП .....  | 187        |
| 3. Џулов циклус .....  | 189        |
| 4. ГТП са регенерацијом .....  | 191        |
| <b>XII - ОСНОВЕ РЕАКТИВНИХ МОТОРА .....</b>                            | <b>197</b> |
| 1. Основне карактеристике .....  | 197        |
| 2. Ваздушно-реактивни мотори.....                                      | 198        |
| 3. Турбореактивни мотори.....  | 200        |
| 4. Ракетни мотори .....  | 201        |
| <b>XIII - САГОРЕВАЊЕ .....</b>   | <b>203</b> |
| 1. Основни појмови .....   | 203        |
| 2. Карактеристике горива.....  | 205        |
| 2.1. Елементарни састав горива.....                                    | 205        |
| 2.2. Топлотна моћ горива .....   | 206        |
| 3. Прорачун сагоревања горива.....                                     | 207        |
| 3.1. Стехиометријске једначине сагоревања                              |            |
| чврстог и течног горива .....  | 207        |
| 3.2. Количина кисеоника (ваздуха) за                                   |            |
| сагоревање чврстог и течног горива .....                               | 209        |
| 3.3. Стехиометријске једначине сагоревања гасовитог горива .....       | 210        |
| 3.4. Количина кисеоника (ваздуха) за сагоревање гасовитог горива ..... | 212        |
| 3.5. Састав и количина продуката сагоревања.....                       | 213        |
| 4. О штетном утицају продуката сагоревања.....                         | 215        |
| <b>XIV - ПРОСТИРАЊЕ ТОПЛОТЕ.....</b>                                   | <b>221</b> |
| 1. Основни појмови .....   | 221        |
| 2. Простирање топлоте провођењем .....                                 | 222        |

|  |            |
|--|------------|
| 2.1. Температурно поље. Градијент температуре.....       | 222        |
| 2.2. Фуријеов закон.....                                 | 223        |
| 2.3. Диференцијална једначина провођења топлоте.....     | 225        |
| 2.4. Стационарно провођење топлоте.....                  | 227        |
| 2.4.1. Раван зид (плоча).....                            | 227        |
| 2.4.2. Раван вишеструки зид.....                         | 229        |
| 2.4.3. Цилиндрични зид.....                              | 231        |
| 2.4.4. Цилиндрични зид са више слојева.....              | 232        |
| 3. Простирање топлоте прелажењем.....                    | 233        |
| 4. Пролажење топлоте.....                                | 236        |
| 4.1. Пролажење топлоте кроз раван зид.....               | 236        |
| 4.2. Пролажење топлоте кроз цилиндрични зид (цев).....   | 238        |
| 4.3. Топлотна изолација. Критични пречник изолације..... | 240        |
| 5. Зрачење топлоте.....                                  | 241        |
| 5.1. Основни појмови.....                                | 241        |
| 5.2. Стефан (Болцманов закон).....                       | 244        |
| <b>Преглед ознака.....</b>                               | <b>251</b> |
| <b>Индекси.....</b>                                      | <b>255</b> |
| <b>Литература.....</b>                                   | <b>257</b> |
| <b>Белешка о аутору.....</b>                             | <b>259</b> |