

А.С.Копылов  
В.М.Лавыгин  
В.Ф.Очков

# ВОДОПОДГОТОВКА В ЭНЕРГЕТИКЕ

---

*Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям “Тепловые электрические станции” и “Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях” направления подготовки дипломированных специалистов “Теплоэнергетика”*

3-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский дом МЭИ  
2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Предисловие .....</b>                                                           | <b>3</b>   |
| <b>Введение .....</b>                                                              | <b>5</b>   |
| В.1. Использование воды в теплоэнергетике .....                                    | 5          |
| В.2. Типичные схемы обращения воды в циклах ТЭС и АЭС .....                        | 6          |
| В.3. Загрязнение водного теплоносителя в трактах ТЭС и АЭС .....                   | 9          |
| В.4. Водоподготовка и ее влияние на окружающую среду .....                         | 10         |
| Контрольные вопросы и задания к введению .....                                     | 11         |
| <b>Глава 1. Примеси природных и контурных вод</b>                                  |            |
| <b>Показатели качества воды .....</b>                                              | <b>12</b>  |
| 1.1. Поступление примесей в воду .....                                             | 12         |
| 1.2. Классификация и характеристика примесей природных вод .....                   | 17         |
| 1.3. Характеристика качества контурных вод .....                                   | 31         |
| 1.4. Показатели качества воды .....                                                | 34         |
| 1.5. Выбор источника и производительности водоподготовки .....                     | 41         |
| Контрольные вопросы к гл. 1 .....                                                  | 47         |
| <b>Глава 2. Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаднения .....</b> | <b>48</b>  |
| 2.1. Общие положения .....                                                         | 48         |
| 2.2. Коагуляция коллоидных примесей воды .....                                     | 49         |
| 2.3. Обработка воды реагентами-осадителями .....                                   | 61         |
| 2.4. Оборудование предочистки с осветлителями и его эксплуатация .....             | 72         |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 2 .....                                        | 88         |
| <b>Глава 3. Осветление воды методами фильтрования .....</b>                        | <b>89</b>  |
| 3.1. Общие положения .....                                                         | 89         |
| 3.2. Технология осветления воды на насыпных фильтрах .....                         | 94         |
| 3.3. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами .....                         | 99         |
| 3.4. Очистка конденсатов на намывных фильтрах .....                                | 101        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 3 .....                                        | 103        |
| <b>Глава 4. Обработка воды методами ионного обмена .....</b>                       | <b>104</b> |
| 4.1. Общие сведения о ионитах и закономерностях ионообменных процессов .....       | 104        |
| 4.2. Технологические характеристики ионитов .....                                  | 111        |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3. Технология ионного обмена .....                                            | 119        |
| 4.4. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок.....            | 132        |
| 4.5. Технологические схемы ионитных установок .....                             | 138        |
| 4.6. Эксплуатация ионитных фильтров.....                                        | 145        |
| 4.7. Расчеты ионообменной технологии .....                                      | 150        |
| 4.8. Малосточные схемы ионитных водоподготовок.....                             | 157        |
| 4.9. Автоматизация водоподготовительных установок .....                         | 164        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 4 .....                                     | 166        |
| <b>Глава 5. Мембранная технология водообработки .....</b>                       | <b>167</b> |
| 5.1. Общие положения.....                                                       | 167        |
| 5.2. Технология обратного осмоса и ультрафильтрации .....                       | 168        |
| 5.3. Технология электродиализа .....                                            | 176        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 5 .....                                     | 181        |
| <b>Глава 6. Очистка воды от растворенных газов .....</b>                        | <b>182</b> |
| 6.1. Общие положения.....                                                       | 182        |
| 6.2. Технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе.....               | 186        |
| 6.3. Технология удаления газов в деаэраторах .....                              | 191        |
| 6.4. Химические методы связывания кислорода и диоксида углерода.....            | 206        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 6 .....                                     | 209        |
| <b>Глава 7. Обработка охлаждающей воды .....</b>                                | <b>210</b> |
| 7.1. Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды.....                    | 210        |
| 7.2. Предотвращение образования минеральных отложений .....                     | 216        |
| 7.3. Предотвращение биологических обрастаний.....                               | 221        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 7 .....                                     | 223        |
| <b>Глава 8. Стоки электростанций и технологии их обезвреживания.....</b>        | <b>224</b> |
| 8.1. Общие положения.....                                                       | 224        |
| 8.2. Сточные воды систем охлаждения .....                                       | 226        |
| 8.3. Сточные воды водоподготовительных установок .....                          | 228        |
| 8.4. Воды систем гидрозолаудаления.....                                         | 230        |
| 8.5. Стоки, загрязненные нефтепродуктами.....                                   | 231        |
| 8.6. Стоки от химических очисток и консервации оборудования.....                | 234        |
| 8.7. Обмывочные воды регенеративных воздухоподогревателей мазутных котлов ..... | 235        |
| 8.8. Поверхностные сточные воды .....                                           | 237        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 8 .....                                     | 237        |

---

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 9. Термическая водоподготовка .....</b>                                                                            | <b>239</b> |
| 9.1. Общие положения.....                                                                                                   | 239        |
| 9.2. Включение испарителей в тепловую схему электростанций.<br>Определение производительности испарительных установок ..... | 241        |
| 9.3. Конструкции испарителей .....                                                                                          | 250        |
| 9.4. Очистка пара в испарителях и паропреобразователях .....                                                                | 255        |
| 9.5. Тепловой расчет испарителей.....                                                                                       | 261        |
| 9.6. Малосточные технологии на ТЭС с термической водоподготовкой ...                                                        | 264        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 9 .....                                                                                 | 266        |
| <b>Глава 10. Решение на компьютере задач водоподготовки .....</b>                                                           | <b>267</b> |
| 10.1. Общие положения.....                                                                                                  | 267        |
| 10.2. Особенности Mathcad.....                                                                                              | 269        |
| 10.3. Проблема химических единиц измерения и ее решение в среде<br>Mathcad .....                                            | 279        |
| 10.4. Общая характеристика пакета расчетных методик<br>по водоподготовке в средах Mathcad и Excel.....                      | 281        |
| Контрольные вопросы и задания к гл. 10.....                                                                                 | 292        |
| <b>Приложения .....</b>                                                                                                     | <b>293</b> |
| <b>Список литературы.....</b>                                                                                               | <b>303</b> |
| <b>Предметный указатель.....</b>                                                                                            | <b>305</b> |