



# Водоподготовка в энергетике

## курс лекций



## **к.т.н., доцент Константин Александрович Орлов**

каф. Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Email: OrlovKA@mpei.ru

Тел./факс: +7-495-362-71-71

Ком.: В-209 (2)

WWW: <http://twt.mpei.ac.ru/orlov>

Skype: orlov\_ka



# Литература



## ВОДОПОДГОТОВКА В ЭНЕРГЕТИКЕ



Водоподготовка в энергетике:  
учебник / С.Л. Громов, Е.К.  
Долгов, К.А. Орлов и др. – М.:  
Издательство МЭИ, 2021. – 576 с.  
ISBN 978-5-7046-2439-4

УДК 621.311.22:612.182.12 (075.8)

ББК 31.37я 73

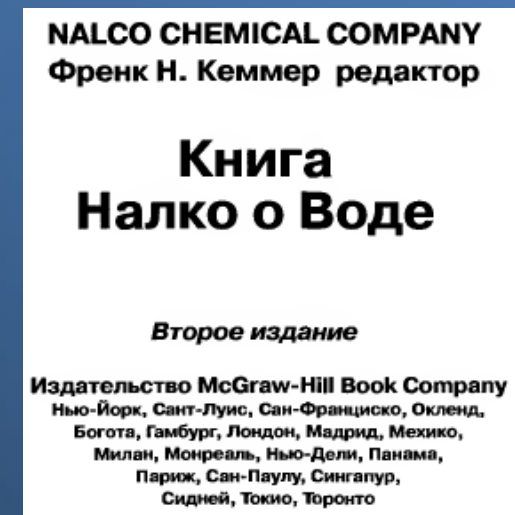
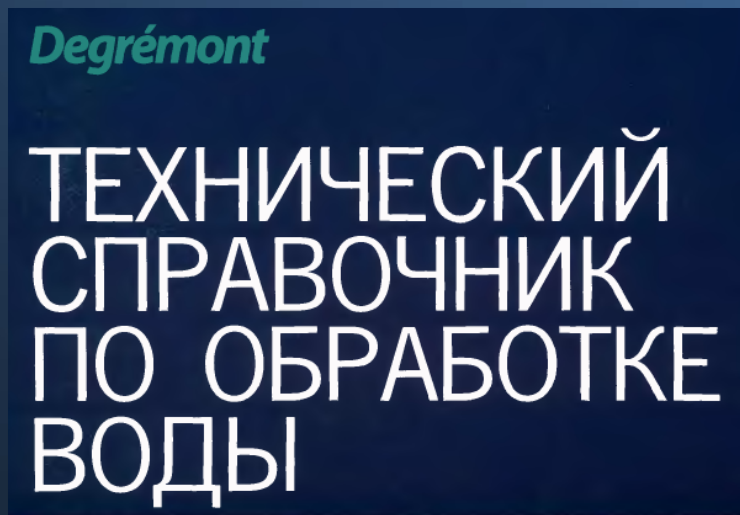
В 624

<https://mpei.ru/bookshelf>

# Дополнительная литература



- Degremont. Технический справочник по обработке воды Том 1 и 2
- Френк Н. Кеммер. Книга НАЛКО о воде



Сидней, Токио, Торонто  
Сан-Паулу, Сингапур

# Методические материалы



<http://twt.mpei.ac.ru/orlov/edu/>



Тест №2

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ НА ТЭС



# Потери воды и пара на ТЭС

- При работе паротурбинных электростанций любых типов часть пара и конденсата теряется с протечками в арматуре и фланцевых соединениях, с переливами, с необходимостью дренирования оборудования при пусках и остановках, при использовании пара на разогрев мазута, паровую обдувку поверхностей котла и другие технические нужды. Эти потери, возникающие непосредственно на электростанциях, называются внутренними и составляют обычно 1,0-1,6% от расхода питательной воды.
- На ТЭЦ с производственными отборами наряду с внутренними потерями существуют потери пара и конденсата в технологических процессах у потребителей теплоты.
- Эти внутренние и внешние потери должны восполняться добавочной водой, подготовляемой на ВПУ, по качеству сопоставимой с качеством питательной воды котлов.
- Эксплуатация тепловых сетей также связана с утечкой водного теплоносителя, величина которой зависит от объема сетей и их типа (закрытые или с открытым горячим водоснабжением). Для подпитки тепловых сетей на ТЭЦ сооружается специальная ВПУ.

# Расчетная производительность водоподготовительной установки



- 1) Восполнение различных стационарных потерь и создания запаса обработанной воды в размере 3% от суммарной номинальной производительности котлов любого типа.
- 2) Восполнение потерь с продувочной водой барабанных котлов в пределах 0,5 - 2% их паропроизводительности.
- 3) Восполнение потерь пара на разогрев мазута, используемого как основное или резервное топливо, для чего производительность ВПУ увеличивается на 0,15 т на каждую тонну сжигаемого мазута.
- 4) Восполнение потерь пара и конденсата, отдаваемого на производство, с 25% запасом на расчетный не возвращаемый объем конденсата.





# Округление

- Расчетную производительность ВПУ округляют до ближайшего большего целого.

$$137,23 \text{ т/ч} \approx 138 \text{ т/ч}$$



Топливо: газ

## 2.1.1. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВПУ ДЛЯ ГРЭС

# Исходные данные



- Количество энергоблоков: 6 шт.
- Паропроизводительность котла одного блока: 1490 т/ч.
- Основное и резервное топливо - газ.



# Расчет

- Суммарная паропроизводительность всех котлов:

$$D_{\Sigma} = 6 \text{ шт.} \cdot 1\,490 \text{ т/ч} = 8\,940 \text{ (т/ч)}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ (3% от суммарной производительности):

$$Q_{\text{ВПУ}} = 3\% \cdot 8940 \text{ т/ч} = 268,2 \text{ т/ч}$$

- Округление до ближайшего большего целого:

$$Q_{\text{ВПУ}} = 268,2 \text{ т/ч} \approx 269 \text{ т/ч}$$



Топливо: газ и мазут

## 2.1.2. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВПУ ДЛЯ ГРЭС

# Исходные данные



- Количество энергоблоков: 6 шт.
- Паропроизводительность котла одного блока: 1490 т/ч.
- Основное топливо - газ. Резервное топливо - мазут.
- Расход мазута на один энергоблок  
 $V_{\text{мазут}}: 48 \text{ т/ч.}$



# Расчет

- Суммарная паропроизводительность всех котлов:

$$D_{\Sigma} = 6 \text{ шт.} \cdot 1\,490 \text{ т/ч} = 8\,940 \text{ (т/ч)}$$

- Расчетная производительность ВПУ (3% от суммарной производительности) на восполнение стационарных потерь:

$$Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} = 3\% \cdot 8940 \text{ т/ч} = 268,2 \text{ т/ч}$$





# Расчет

- Суммарный расход мазута на все энергоблоки:

$$V_{\Sigma\_мазут} = 6 \text{ шт.} \cdot 48 \text{ т/ч} = 288 \text{ (т/ч)}$$

- Расчетная производительность ВПУ для восполнения потерь пара на разогрев мазута:

$$Q_{\text{ВПУ\_мазут}} = 150 \text{ кг/т} \cdot V_{\Sigma\_мазут} = 0,15 \cdot 288 \text{ т/ч} = 43,2 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ:

$$Q_{\text{ВПУ}} = Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} + Q_{\text{ВПУ}_{\text{мазут}}} = 268,2 \text{ т/ч} + 43,2 \text{ т/ч} = 311,4 \text{ т/ч}$$

- Округление до ближайшего большего целого:

$$Q_{\text{ВПУ}} = 311,4 \text{ т/ч} \approx 312 \text{ т/ч}$$



Топливо: газ

## 2.1.3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВПУ ДЛЯ ТЭЦ С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОТБОРОМ ПАРА

# Исходные данные



- Суммарная паропроизводительность всех котлов: 1670 т/ч.
- Продувка котлов: 1,0%.
- Все котлы - барабанные.
- Основное и резервное топливо - газ.
- Отдача пара на производство: 355 т/ч.
- Возврат конденсата с производства: 76%.



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ (3% от суммарной производительности) на восполнение стационарных потерь:

$$Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} = 3\% \cdot 1670 \text{ т/ч} = 50,1 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ на восполнение потерь с продувкой котла:

$$Q_{\text{ВПУ\_продувка}} = 1\% \cdot 1670 \text{ т/ч} = 16,7 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ на восполнение потерь возвратного конденсата с 25% запасом:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВПУ\_возвр.конд.}} &= 1,25 \cdot (355 \text{ т/ч} - 355 \text{ т/ч} \cdot 76\%) = \\ &= 1,25 \cdot 355 \text{ т/ч} \cdot 24\% = 106,5 \text{ т/ч} \end{aligned}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВПУ}} &= Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} + Q_{\text{ВПУ}_{\text{продувка}}} + \\ & \quad Q_{\text{ВПУ}_{\text{возвр.конд.}}} = \\ &= 50,1 + 16,7 + 106,5 = 173,3 \text{ т/ч} \end{aligned}$$

- Округление до ближайшего большего целого:

$$Q_{\text{ВПУ}} = 173,3 \text{ т/ч} \approx 174 \text{ т/ч}$$





Топливо: газ и мазут

## **2.1.4. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВПУ ДЛЯ ПОДПИТКИ ОСНОВНОГО ЦИКЛА ТЭЦ И ТЕПЛОСЕТИ**

# Исходные данные



- Количество энергоблоков: 6 шт.
- Паропроизводительность котла одного блока: 1710 т/ч.
- Тепловая мощность отборов одного блока: 599 Гкал/ч.
- Продувка котла: 1,3%.
- Все котлы - барабанные.
- Основное топливо - газ, резервное - мазут.
- Расход мазута на один энергоблок: 115 т/ч.



# Расчет

- Суммарная паропроизводительность всех котлов:

$$D_{\Sigma} = 6 \text{ шт.} \cdot 1\,710 \text{ т/ч} = 10\,260 \text{ (т/ч)}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ (3% от суммарной производительности) на восполнение стационарных потерь:

$$Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} = 3\% \cdot 10\,260 \text{ т/ч} = 307,8 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ на восполнение потерь с продувкой котла:

$$Q_{\text{ВПУ\_продувка}} = 1,3\% \cdot 10\,260 \text{ т/ч} = 133,4 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Суммарный расход мазута на все энергоблоки:

$$V_{\Sigma\_мазут} = 6 \text{ шт.} \cdot 115 \text{ т/ч} = 690 \text{ (т/ч)}$$

- Расчетная производительность ВПУ для восполнения потерь пара на разогрев мазута:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВПУ\_мазут}} &= 150 \text{ кг/т} \cdot V_{\Sigma\_мазут} = 0,15 \cdot 690 \text{ т/ч} = \\ &= 103,5 \text{ т/ч} \end{aligned}$$



# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВПУ}} &= Q_{\text{ВПУ}_{3\%}} + Q_{\text{ВПУ}_{\text{продувка}}} + Q_{\text{ВПУ}_{\text{мазут}}} = \\ &= 307,8 \text{ т/ч} + 133,4 \text{ т/ч} + 103,5 \text{ т/ч} = \\ &= 544,7 \text{ т/ч} \end{aligned}$$

- Округление до ближайшего большего целого:

$$Q_{\text{ВПУ}} = 544,7 \text{ т/ч} \approx 545 \text{ т/ч}$$



# Расчет

- Суммарная тепловая мощность отборов ТЭЦ:

$$Q_{\Sigma} = 6 \text{ шт.} \cdot 599 \text{ Гкал/ч} = 3\,594 \text{ (Гкал/ч)}$$

- Объем воды в тепловых сетях:

$$\begin{aligned} Q_{\text{воды\_ТС}} &= Q_{\Sigma} \cdot 50 \text{ м}^3/\text{Гкал}\cdot\text{ч} = \\ &= 3\,594 \text{ Гкал/ч} \cdot 50 \text{ м}^3/\text{Гкал}\cdot\text{ч} = \\ &= 179\,700 \text{ м}^3 \end{aligned}$$





# Расчет

- Расчетная производительность ВПУ для подпитки тепловой сети на ТЭЦ при часовой потере 0,5% от объема сети:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВПУ\_ТС}} &= Q_{\text{воды\_ТС}} \cdot 0,5\%/ч = \\ &= 179\,700 \text{ м}^3 \cdot 0,5\%/ч = 898,5 \text{ т/ч} \end{aligned}$$

- Округление до ближайшего большего целого:

$$Q_{\text{ВПУ\_ТС}} = 898,5 \text{ т/ч} \approx 899 \text{ т/ч}$$