

**Н. В. Резидент, С.Й. Ткаченко, М. М. Чепурний**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО  
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО  
УСТАТКУВАННЯ**

**ЧАСТИНА II**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ  
ПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Н. В. Резидент, С.Й. Ткаченко, М. М. Чепурний**

# **ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ**

**ЧАСТИНА II**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ  
ПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК**  
Навчальний посібник

Вінниця  
ВНТУ  
2016

УДК 621.165 (075)

ББК 31.363.2я73

Р34

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 14 від 23.06.2016 р.)

Рецензенти :

**П. Д. Лежнюк**, доктор технічних наук, професор

**С. С. Титар**, кандидат технічних наук, професор

**І. І. Пуховий**, доктор технічних наук, професор

**Резидент, Н. В.**

Р34 Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування : навчальний посібник / Резидент Н. В., Ткаченко С. Й., Чепурний, М. М. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 101 с.

Викладено теоретичні основи побудови енергетичних характеристик паротурбінних установок різного типу та визначення основних показників їх роботи. Розглянуто питання регулювання і розподілу навантаження між сумісно працюючими турбогенераторами. Наведено основні положення про експлуатаційні випробування та експлуатацію основного і допоміжного устаткування. Наведено приклади розв'язування задач.

**УДК 621.165(075)**

**ББК 31.363.2я73**

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ .	5
2 ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ....	5
2.1 Характеристики конденсаційних турбоустановок.....	5
2.2 Характеристики турбоустановок з протитисковими турбінами.	9
2.3 Характеристики теплофікаційних турбоустановок.....	11
3 РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ТУРБОГЕНЕРАТОРАМИ В РАЗІ ЇХ СУМІСНОЇ РОБОТИ.....	12
4 РЕГУЛЮВАННЯ ПАРОВИХ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ.....	13
4.1 Дросельне регулювання.....	15
4.2 Соплове регулювання.....	16
4.3 Обвідне регулювання.....	18
4.4 Статичні характеристики турбогенераторів.....	19
4.5 Сумісна робота турбогенераторів.....	20
5 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ.....	21
6 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК.....	23
6.1 Обслуговування турбоустановок під час роботи.....	25
6.2 Пуск конденсаційної турбіни із холодного ходу.....	29
6.3 Особливості пуску турбін з регульованим відбором пари і протитиском.....	30
6.4 Пуск турбіни із гарячого стану.....	32
6.5 Зупинення парової турбіни.....	32
6.6 Контрольно-вимірювальні прилади турбоустановки .....	36
7 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ ПАРОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ.....	45
7.1 Експлуатація насосів.....	45
7.2 Експлуатація регенеративних підігрівників.....	49
7.3 Експлуатація деаератора.....	53
8 ОСНОВИ ВИПРОБУВАНЬ ПАРОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ... 58	
9 ПОРУШЕННЯ І АВАРІЇ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК.....	64
9.1 Порухення і аварії в проточній частині турбіни.....	65
9.2 Водяний удар.....	66
9.3 Вібрації турбін.....	68
9.4 Порухення в системі регулювання.....	71
9.5 Порухення в роботі масляної системи.....	71
9.6 Порухення в роботі конденсаційної системи .....	77
9.7 Порухення в роботі підігрівників і насосів... ..	77
Література.....	84
Українсько-англійський словник найбільш вживаних термінів.....	97

## ПЕРЕДМОВА

Даний посібник призначений для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки теплоенергетика. Він підготовлений відповідно до навчальної програми дисципліни «Експлуатація, основи випробувань і налагодження теплоенергетичного устаткування» і являє собою другу її частину. Перша частина – Експлуатація промислових парогенераторів видана авторами раніше.

Автори намагались у стислому вигляді викласти основні положення з експлуатації та випробувань промислових паротурбінних установок, які практично не наводяться в навчальній літературі. Вони виходили з того, що в процесі навчання важливо отримати не тільки теоретичні знання, але й знання з питань правильної експлуатації основного і допоміжного устаткування паротурбінних установок, які поширені на промислових теплоелектроцентралях і когенераційних комбінованих установках. Основний матеріал посібника базується на розробках авторів [8, 11, 12, 19 – 35].

Зважаючи на вищевикладене в посібнику розглянуто не тільки енергетичні характеристики та експлуатаційні показники роботи паротурбінного устаткування, але й питання правильної експлуатації, характерні причини порушень, неполадок і аварійних ситуацій в процесі його роботи, а також засоби їх запобігання.

Посібник стане в нагоді в процесі проектування, під час проходження практики і в подальшій роботі за фахом.

Автори вдячні рецензентам за поради і зауваження в процесі підготовки рукопису посібника.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. – Львів, 2002. – 342 с.
2. Закон України про охорону навколишнього середовища (1264 – 12). – Київ, 1995. – 14 с.
3. Закон України про енергозбереження. – Київ, 1995. – 12 с.
4. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Інформаційно-аналітичний бюлетень. Відомості Міністерства палива та енергетики України. Спеціальний випуск. – Київ, 2012. – 118 с.
5. Гаджиев Р. А. Охрана труда в тепловом хозяйстве промышленных предприятий / Гаджиев Р. А. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 224 с.
6. Положение о системе планово-предупредительных ремонтов основного оборудования теплоэнергетических предприятий (с нормами времени и расходов материалов). – М. : Стройиздат, 1986. – 457 с.
7. Чепурний М. М. Нагнітачі та теплові двигуни / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 98 с.
8. Чепурний М. М. Ефективність роботи паротурбінних і газотурбінних теплоелектроцентралей / М. М. Чепурний // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2008. – № 2. – С. 36–40.
9. Горшков А. С. Технично-экономические показатели тепловых электрических станций / Горшков А. С. – М. : Энергия, 1974. – 239 с.
10. Соколов Б. А. Котельные установки и их эксплуатация / Соколов Б. А. – М. : Академия, 2007. – 428 с.
11. Чепурний М. М. Теплові розрахунки парогенераторів / Чепурний М. М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 154 с.
12. Чепурний М. М. Показники ефективності роботи енергетичних установок для сумісного виробництва теплової та електричної енергії / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, 2010. – № 1. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/index.html>.
13. Теплотехнический справочник / Под ред. В. М. Юренева и П. Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1976. – Т.1. – 745с.
14. Кирюхин В. И. Паровые турбины малой мощности КТЗ / Кирюхин В. И., Тараненко Н. М., Огурцова Е. П. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.
15. Номенклатурный каталог. Энергетическое оборудование для тепловых электростанций и промышленной энергетики. – М. : ЦНИИТЭИтяжмаш, 1997. Ч.3. – 154 с.
16. Ривкин С. Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара / С. Л. Ривкин, А. А. Александров. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 175 с.
17. Щегляев А. В. Паровые турбины / Щегляев А. В. – М. : Энергия, 1976. – 328 с.

18. Паровые и газовые турбины / [под ред. А. Г. Костюка и В. В. Фролова]. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 316 с.
19. Чепурний М. М. Енергозбережні технології в теплоенергетиці / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 114 с.
20. Чепурний М. М. Енергетичні характеристики турбогенераторів та економічні режими їхнього завантаження [Електронний ресурс] / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, І. М. Димніч // Наукові праці ВНТУ. – 2012. – № 2. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/e-journals/VNTU/2012\\_2/2012-2.files/uk/12mncotl\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/VNTU/2012_2/2012-2.files/uk/12mncotl_ua.pdf)
21. Чепурний М. М. До питання про раціональні режими роботи ТЕЦ / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1999. – № 4. – С. 28–31.
22. Чепурний М. М. До питання про розподіл витрат палива між видами енергопродукції в когенераційних установках, утворених на базі котельень і ГТУ / М. М. Чепурний, В. В. Бужинський, С. Й. Ткаченко // Вісник ВПІ. – 2004. – № 4. – С. 33–35.
23. Чепурний М. М. Аналіз роботи протитискових турбін на теплоцентралях / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко // Вісник ВПІ. – 2010. – № 1. – С. 52–54.
24. Чепурний М. М. Застосування прибудованих теплофікаційних турбін на промислових теплоелектроцентралях / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, С. В. Дишлюк // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 1. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/206/204>
25. Чепурний М. М. Ефективність роботи газотурбінних електроцентралей / М. М. Чепурний, О. В. Куцак // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 4. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/229>
26. Чепурний М. М. Газотурбінні надбудови на промислових теплоелектроцентралях з протитисковими турбінами / М. М. Чепурний, О. В. Куцак, І. М. Димніч // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 1. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/242>.
27. Чепурний М. М. Застосування прибудованих турбін на теплоелектроцентралях з протитисковими турбінами / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, С. В. Дишлюк // Вісник ВПІ. – 2011. – № 4. – С. 82–85.
28. Чепурной М. Н. Газотурбинная надстройка энергоблоков К-300-240 / М. Н. Чепурной, С. И. Ткаченко, Н. В. Резидент // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 12(986). – С. 63 – 68.
29. Чепурний М. М. Оцінка ефективності енергопостачання від промислових теплоцентралей / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – № 4. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/e-journals/VNTU/2012\\_4/2012-4.files/uk/12mmcpar\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/VNTU/2012_4/2012-4.files/uk/12mmcpar_ua.pdf)
30. Чепурний М. М. Аналіз застосування протитискової турбіни ПР-6-35/5/1,2 для теплофікації / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент,

- Є. С. Корженко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2013. – № 1. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/e-journals/VNTU/2013\\_1/2013-1.files/uk/13mmcfhs\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/VNTU/2013_1/2013-1.files/uk/13mmcfhs_ua.pdf)
31. Чепурний М. М. Показники роботи протитискової турбіни ПР-6-35/5/1,2 в системах теплофікації / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 13 (1056). – С. 139–146.
  32. Чепурний М. М. Газопарові установки на основі газових і протитискових парових турбін / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, С. В. Поліщук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2014. – № 4. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV\\_2014\\_4\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV_2014_4_10.pdf).
  33. Чепурной М. Н. Бинарные циклы на ТЭЦ с противодавленческими турбинами / М. Н. Чепурной, Н. В. Резидент // Энергетическая стратегия. – 2014. – № 5 (41). – С. 44–46.
  34. Чепурной М. Н. Электростанции на базе газоперекачивающих станций / М. Н. Чепурной, Н. В. Резидент // Энергетическая стратегия. – 2015. – № 1. – С. 55 – 57.
  35. Чепурний М. М. Теплоелектроцентралі на базі протитискових парових турбін з низькотемпературним робочим тілом / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, Т. М. Олексина // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2015. – № 1. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV\\_2015\\_1\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV_2015_1_10.pdf).
- Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции / Рыжкин В. Я. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 458 с.
36. Иевлев Д. В. Эксплуатация паротурбинных установок небольшой мощности / Иевлев Д. В. – М. : Энергия, 1971. – 352 с.
  37. Липсман В. С. Наладка и эксплуатация промышленных паровых турбин / В. С. Липсман, С. И. Липсман, А. Т. Музыка. – М. : Энергия, 1967. – 215с.
  38. Мандрус В. І. Гідравлічні та аеродинамічні машини / Мандрус В. І. – Львів : Магнолія, 2007. – 328 с.



*Навчальне видання*

*Резидент Наталія Володимирівна*

*Ткаченко Станіслав Йосипович*

*Чепурний Марко Миколайович*

## **ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ**

*Навчальний посібник*

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено Н. Резидент

Підписано до друку

Формат 29,7×42 <sup>1</sup>/<sub>4</sub>. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк.

Наклад пр. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,

навчально-методичний відділ ВНТУ.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, к. 2201.

тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті

в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к.114.

Тел. (0432) 59-87-38.

publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.