

## Література

1. Костюк, А. Г. Длительная прочность роторов паровых турбин в зоне концентрации напряжений [Текст] / А. Г. Костюк // Теплоэнергетика. – 2006. – № 10. – С. 9-15.
2. Прочность паровых турбин: [моногр.] [Текст] / Шубенко-Шубин, Л. А. и др.; под ред. Шубенко-Шубина, Л. А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 456.
3. Костюк, А. Г. Прочность цельнокованых роторов турбин мощностью 200, 300 и 800 МВт производства ЛМЗ при длительном статическом нагружении / А. Г. Костюк, А. Д. Трухний // Теплоэнергетика. – 2004. – № 10. – С. 45-52.
4. Костюк, А. Г. О прочности цельнокованых роторов при нестационарных тепловых режимах. [Текст] / А. Г. Костюк, А. Д. Трухний, В. Н. Мичулин // Теплоэнергетика. – 1974. – № 8. – С. 73-76.
5. Winne, D. Application of the Griffith – Irwin theory of crack propagation of the bursting behaviour of disks, including analytical and experimental studies. [Текст] / D. Winne, B. Wundt // Trans. ASME. – 1958. – № 8. – P. 1643-1668.
6. Significant progress in the development of large turbine and generator rotors. [Текст] / C. Boyle, R. Curran, D. De Forest, D. Newhouse // Proc. Amer. Soc. Test. Mater. – 1962. – 1175p.
7. Lape, E. On relations between various laboratory fracture test. [Текст] / E. Lape, J. Lubulan // Trans. ASME. – 1956. – № 4. – P. 823-835.
8. Ashton R. The effect of porosity on 5086 – H116 aluminum alloy welds. [Текст] / R. Ashton, J. Wesley, G. Duxon // Welding J. – 1975. – № 3. – P. 95-98.
9. Сухинин, В. П. Исследование напряженно-деформированного состояния и термоциклической стойкости ротора среднего давления турбины К-200-130 ЛМЗ. [Текст] / В. П. Сухинин, Т. Н. Пугачева // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ»: темат. вып. : сб. науч. тр. – Х., 2008. – Вып. 6: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – С. 102-107.
10. Пугачева, Т. Н. Анализ особенностей состояния высокотемпературных роторов и факторов, влияющих на их работоспособность и ресурс [Текст] / Т. Н. Пугачева // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ» : темат. вып. : сб. науч. тр. – Х., 2009. – Вып. 3: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – С. 92-97.

*У теперішній час, враховуючи фінансовий стан країни та енергетики в цілому, а також те, що з 1990 р. практично не вводяться нові потужності, найбільш оптимальним засобом для збереження та забезпечення енергетичної безпеки країни є необхідність реабілітування діючих ТЕС і АЕС з метою подовження строку служби обладнання на 15-20 років, підвищення його економічності та екологічності*

*Ключові слова: низькопотенціальний комплекс, конденсований пар, конденсаційні установки, циліндр низького тиску*

*В настоящее время, учитывая финансовое состояние страны и энергетики в целом, а также то, что с 1990 г. практически не вводятся новые мощности, наиболее оптимальным способом для сохранения и обеспечения энергетической безопасности страны является реабилитация действующих ТЭС и АЭС с целью продления срока службы оборудования на 15 – 20 лет, повышения его экономичности и экологичности*

*Ключевые слова: низькопотенціальний комплекс, конденсований пар, конденсаційні установки, циліндр низького тиску*

УДК 621.311.2:65.011.56

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ НИЗКО- ПОТЕНЦИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЭС И АЭС

Т. И. Быкова

Старший преподаватель\*

E-mail: tatpch@mail.ru

С. Е. Найденов\*

E-mail: Serega\_futbolist@mail.ru

И. Г. Шелепов

Кандидат технических наук, профессор\*

E-mail: Shelepov\_Igor@mail.ru

\*Кафедра теплоэнергетики и энергосбережения  
Украинская инженерно-педагогическая академия  
ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003

---

## 1. Введение

---

Наиболее существенная связь НПК с энергоблоком осуществляется через конечные параметры пара ( $P_k$ ,  $t_k$ ) и расход электроэнергии на привод насосов комплекса, т.е. НПК оказывает влияние на экономичность ТЭС, воздействуя на их КПД [1].

Давление за последней ступенью может изменяться в довольно широких пределах за счет изменения паровой нагрузки, загрязнения трубок конденсатора, ухудшения воздушной плотности вакуумной системы, изменения количества и температуры охлаждающей воды и в следствии других причин, влияющих на режимы работы конденсационной установки, что приводит к изменению мощности турбины, а следовательно и блока в целом. для большинства турбин средних параметров изменения давления примерно на 1% номинальной мощности.

Суммарная величина потерь располагаемой энергии НПК для энергоблоков ТЭС мощностью 300 – 1200 МВт составляет 7 – 8 % для систем водоснабжения с водоемами охладителями и испарительными градирнями и 8 – 10% для систем с радиаторными и сухими градирнями [2] [3].

Поскольку в области НПК пар в проточной части турбины имеет низкий потенциал, то оценивать влияние изменения термодинамических параметров энергоносителей на показатели работы ТЭС принято по влиянию его изменение мощности отсека турбины, расположенного между последним регенеративным отбором и выхлопных патрубков, или последней ступени турбины. При этом, принимая во внимание НПК и взаимозависимость его элементов, необходимо учитывать влияние изменения  $P_k$  не только на  $N_k$ , но и на перераспределении потоков энергии в этих элементах, т. е. изменения давления  $P_k$  приведет к изменению: мощности электроприводов циркуляционных конденсатных насосов; расхода пара, воды или электроэнергии на привод воздухоудаляющих устройств; расхода пара в ПНД-1, вследствие изменения температуры конденсата  $t_k$  и, вследствие, этого к изменению мощности между последним отбором и выхлопным патрубком.

---

## 2. Основная часть

---

### 2.1 Влияние режимов работы НПК на эффективность работы энергоблока

Наиболее существенная связь НПК с энергоблоком осуществляется через конечные параметры пара ( $P_k$ ,  $t_k$ ) и расход электроэнергии на привод насосов комплекса, т.е. НПК оказывает влияние на экономичность ТЭС, воздействуя на их КПД.

Давление за последней ступенью может изменяться в довольно широких пределах за счет изменения паровой нагрузки, загрязнения трубок конденсатора, ухудшения воздушной плотности вакуумной системы, изменения количества и температуры охлаждающей воды и в следствии других причин, влияющих на режимы работы конденсационной установки, что приводит к изменению мощности турбины, а следовательно и блока в целом, для большинства турбин средних параметров изменения давления примерно на 1% номинальной мощности [5-6].

Суммарная величина потерь располагаемой энергии НПК для энергоблоков ТЭС мощностью 300 – 1200 МВт составляет 7 – 8 % для систем водоснабжения с водоемами охладителями и испарительными градирнями и 8 – 10% для систем с радиаторными и сухими градирнями.

Поскольку в области НПК пар в проточной части турбины имеет низкий потенциал, то оценивать влияние изменения термодинамических параметров энергоносителей на показатели работы ТЭС принято по влиянию его изменение мощности отсека турбины, расположенного между последним регенеративным отбором и выхлопных патрубков, или последней ступени турбины. При этом, принимая во внимание НПК и взаимозависимость его элементов, необходимо учитывать влияние изменения  $P_k$  не только на  $N_k$ , но и на перераспределении потоков энергии в этих элементах, т. е. изменения давления  $P_k$  приведет к изменению: мощности электроприводов циркуляционных конденсатных насосов; расхода пара, воды или электроэнергии на привод воздухоудаляющих устройств; расхода пара в ПНД-1, вследствие изменения температуры конденсата  $t_k$  и, вследствие, этого к изменению мощности между последним отбором и выхлопным патрубком.

---

## 3. Основные виды отказов в НПК

---

В результате обобщения статических данных при эксплуатации НПК отмечены наиболее характерные отказы в работе.

Снижение вакуума в конденсаторе или увеличение  $P_k$ . Это может происходить в следствии:

- нарушение энергетического баланса между тепловой, подводимой с отработавшим паром и отводимой охлаждающей водой;
- увеличение пропуска пара в конденсатор;
- снижение расхода охлаждающей воды или увеличения температуры охлаждающей воды;
- нарушение теплообмена между конденсируемым паром и охлаждающей водой.

Причиной этого отказа является снижение коэффициента теплопередачи и увеличение температурного напора.

Снижение коэффициента теплопередачи может происходить вследствие [7]:

- загрязнения поверхностей охлаждения (трубок) конденсаторов органическими и неорганическими отложениями;
- повышения содержания неконденсирующихся газов в паровом пространстве конденсаторов, в основном воздуха, попадающего в конденсатор с отработавшим паром, через не плотности вакуумной системе;
- одновременного загрязнения и повышения содержания воздуха в конденсирующемся паре.

---

## 4. Загрязнение конденсатора

---

Характер и интенсивность загрязнения внутренней поверхности конденсаторных труб и связанные с этим нарушения их работы зависят от многих факторов, к которым относится физико-химический состав охлаждающей воды, ее биологические осо-

бенности, конструкция конденсатора и режим его работы (скорость движения воды в трубах, температурный перепад и т.д.) и коррозионная стойкость конденсаторных труб. Возможно случайное попадание посторонних предметов, а также смывание и унос с потоком охлаждающей воды элементов конструкций на всос циркуляционных насосов после вращающихся сеток {3}.

Механические и биологические загрязнения охлаждающих трубок и трубных досок конденсатора приводят к:

- медленному или застою течению охлаждающей воды в трубах из-за их частичного забивания;
- разрушению защитного окисного слоя с последующей точечной коррозией медных сплавов;
- повышению местной скорости воды на участке, где застряли крупные частицы, с возникновением быстро прогрессирующей эрозии медных сплавов;
- язвенной коррозии трубных досок из-за волокнистых загрязнений, травы;
- уменьшению охлаждающей поверхности конденсатора из-за полного забивания охлаждающих трубок;
- увеличению потери давления в конденсаторе из-за забиваний, охлаждающих трубок.

Из всего многообразия проблем, возникающих в процессе эксплуатации конденсаторов одна из основ-

ных – отложения на стенках трубок трубного пучка, образующихся в процессе движения по ним охлаждающей воды.

---

## 5. Вывод

---

В процессе работы выяснили, что уже долгое время не вводятся новые мощности, наиболее оптимальным способом для сохранения и обеспечения энергетической безопасности страны необходимо реабилитировать действующее ТЭС и АЭС с целью продления срока службы оборудования на 15 – 20 лет, повышения его экономичности и экологичности.

В настоящее время, учитывая финансовое состояние страны и энергетики в целом, а также то, что с 1990г. практически не вводятся новые мощности, наиболее оптимальным способом для сохранения и обеспечения энергетической безопасности страны необходимо реабилитировать действующее ТЭС и АЭС с целью продления срока службы оборудования на 15 – 20 лет, повышения его экономичности и экологичности. Наиболее существенная связь НПК с энергоблоком выполняется через конечные параметры пары (Рк, tk) и затраты электроэнергии на привод насосов комплекса.

---

## Литература

1. Костюк, А. Г. Длительная прочность роторов паровых турбин в зоне концентрации напряжений [Текст] / А. Г. Костюк // Теплоэнергетика. – 2006. – № 10. – С. 9-15.
2. Прочность паровых турбин: [моногр.] [Текст] / Шубенко-Шубин, Л. А. и др.; под ред. Шубенко-Шубина, Л. А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 456.
3. Костюк, А. Г. Прочность цельнокованых роторов турбин мощностью 200, 300 и 800 МВт производства ЛМЗ при длительном статическом нагружении / А. Г. Костюк, А. Д. Трухний // Теплоэнергетика. – 2004. – № 10. – С. 45-52.
4. Костюк, А. Г. О прочности цельнокованых роторов при нестационарных тепловых режимах. [Текст] / А. Г. Костюк, А. Д. Трухний, В. Н. Мичулин // Теплоэнергетика. – 1974. – № 8. – С. 73-76.
5. Winne, D. Application of the Griffith – Irwin theory of crack propagation of the bursting behaviour of disks, including analytical and experimental studies. [Текст] / D. Winne, B. Wundt // Trans. ASME. – 1958. – № 8. – P. 1643-1668.
6. Significant progress in the development of large turbine and generator rotors. [Текст] / C. Boyle, R. Curran, D. De Forest, D. Newhouse // Proc. Amer. Soc. Test. Mater. – 1962. – 1175p.
7. Lape, E. On relations between various laboratory fracture test. [Текст] / E. Lape, J. Lubulan // Trans. ASME. – 1956. – № 4. – P. 823-835.
8. Ashton, R. The effect of porosity on 5086 – H116 aluminum alloy welds. [Текст] / R. Ashton, J. Wesley, G. Duxon // Welding J. – 1975. – № 3. – P. 95-98.
9. Сухинин, В. П. Исследование напряженно-деформированного состояния и термоциклической стойкости ротора среднего давления турбины К-200-130 ЛМЗ. [Текст] / В. П. Сухинин, Т. Н. Пугачева // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ»: темат. вып. : сб. науч. тр. – Х., 2008. – Вып. 6: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – С. 102-107.
10. Пугачева, Т. Н. Анализ особенностей состояния высокотемпературных роторов и факторов, влияющих на их работоспособность и ресурс [Текст] / Т. Н. Пугачева // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ» : темат. вып. : сб. науч. тр. – Х., 2009. – Вып. 3: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – С. 92-97.