

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ  
ТУРБИН НА КОНЕЧНУЮ ВЛАЖНОСТЬ ПАРА

Анализ причин повреждаемости котельных агрегатов привел к тому, что в 1972 г. на электростанциях было принято решение о снижении начальной температуры пара с  $570^{\circ}\text{C}$  до  $545^{\circ}\text{C}$  на КЭС и  $555-550^{\circ}\text{C}$  на ТЭЦ. Это мероприятие дало повышение надежности котельных агрегатов, но повлияло в свою очередь на экономичность работы турбоустановок и привело к увеличению конечной влажности пара.

Увеличение конечной влажности пара снижает не только к.п.д. части низкого давления (ЧНД) турбин, но и приводит к снижению надежности последних ступеней из-за эрозийного износа рабочих лопаток. Однако требуемое заводами-изготовителями ухудшение вакуума при снижении начальной температуры пара не всегда является необходимым и оправданным. Это объясняется тем, что работа теплофикационных турбин, особенно в течение отопительного периода, характеризуется значительным снижением расхода пара в конденсатор против расчетного значения, что приводит к "подсушиванию" пара из-за возникновения потерь на дросселирование в поворотной диафрагме ЧНД и снижения к.п.д. этого отсека. Поэтому конечная влажность пара остается на допустимом уровне даже при значительном снижении начальной температуры пара.

Таким образом, задача определения возможности работы теплофикационных турбин со сниженной начальной температурой пара без ухудшения вакуума сводится к расчету процесса расширения пара в турбине на заданном режиме ее работы и сравнения полученной при этом величины конечной влажности пара с максимальной величиной конечной влажности пара, рекомендуемой заводом-изготовителем.

На кафедре ТЭС БПИ выполнены исследования по выявлению режимов допустимой работы последних ступеней из условия конечной влажности пара при уменьшении начальной температуры пара. Расчеты проведены с использованием опытных данных кафедры ТЭС БПИ и ОРГРЭС по экономичности ЧНД турбин Т-100-130 и ПТ-60-130/13.

При определении конечной влажности пара для учета ряда факторов, а именно: расхода пара в конденсатор, давления отрабо-

тавшего пара, давления в отопительном отборе турбины, экономичности части высокого давления (ЧВД) и части среднего давления (ЧСД) турбин, начальных параметров пара потребовалось рассчитать большое количество режимов работы турбин. На основе расчетов были построены номограммы, которые позволяют быстро, не прибегая к расчетам, оценить конечную влажность пара при заданном режиме работы турбины. Соответствующая номограмма (для турбины ПТ-60-130/13) приведена на рис. 1.

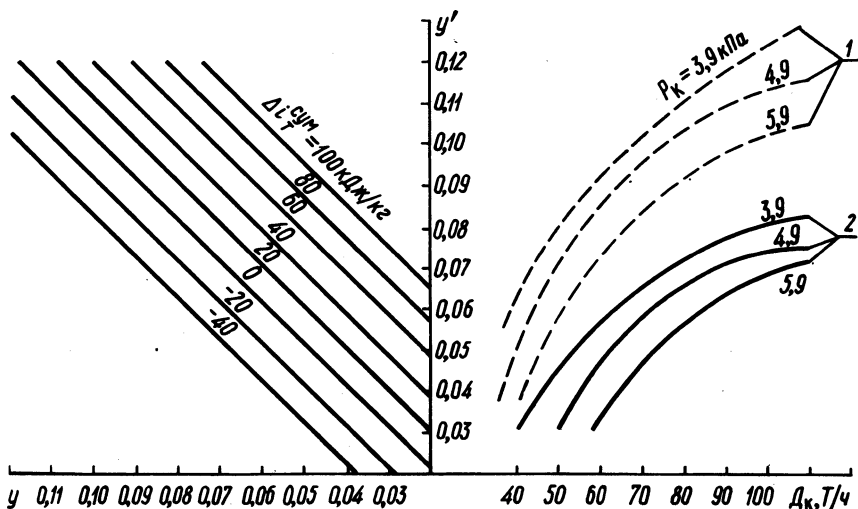


Рис. 1. Номограмма для определения конечной влажности пара турбины ПТ-60-130/13: 1 -  $P_{отб} = 0,098$  МПа; 2 -  $P_{отб} = 0,245$  МПа.

В ее правом квадранте отображается зависимость конечной влажности  $y'$  от давления пара в отопительном отборе (перед ЧНД) и расхода пара в конденсатор, которая построена в предположении расчетного режима работы ЧВД и ЧСД турбины при номинальной начальной температуре пара, равной  $565^{\circ}\text{C}$ . С помощью левого квадранта уточняется значение конечной влажности пара с учетом реальной экономичности проточной части турбин на данном режиме работы и заданной величины начальной температуры пара. Величина  $\Delta i_{\text{Т}}^{\text{сум}}$  представляет собой суммарное изменение энтальпии в нижнем отопительном отборе по сравнению с расчетным значением как за счет ухудшения к.п.д. ЧВД и ЧСД турбин на переменных режимах против расчетного, так и за счет уменьшения энтальпии в отборе при снижении начальной температуры пара, т.е.

$$\Delta i_{\text{т}}^{\text{сум}} = \sum \Delta Q_i - \Delta i_{\text{отб}} \quad (1)$$

Тогда действительная конечная влажность

$$y = y' - \frac{\Delta i_{\text{т}}^{\text{сум}}}{r} \quad (2)$$

где  $\Delta i_{\text{отб}}$  – величина снижения энтальпии пара в нижнем отопительном отборе при изменении начальной температуры пара;  $\sum \Delta Q_i$  – сумма дополнительных (по сравнению с расчетным режимом) потерь тепла в отсеках ЧВД и ЧСД турбин;  $r$  – скрытая теплота парообразования при давлении в конденсаторе  $P_{\text{к}}$ .

Величины  $\Delta i_{\text{отб}}$  и  $\sum \Delta Q_i$  рассчитывались по методике, предложенной кафедрой ТЭС БПИ [1] и находятся по промежуточным номограммам.

Использование номограмм удобно также для детального расчета технико-экономических характеристик турбоустановок при различных конденсационных нагрузках.

Анализ расчетов показывает, что в течение всего отопительного периода, когда конденсационная нагрузка не превышает 60–70% расчетной, с учетом реальной экономичности проточной части, допустима работа турбин ПТ-60-130/13 и Т-100-130 при  $t_0 = 555^{\circ}\text{C}$  с давлением в конденсаторе 3,9 кПа, т.е. без ухудшения вакуума. В летний период турбина ПТ-60-130/13 может также работать без ухудшения вакуума, если нагрузка производственного отбора будет находиться на уровне номинальной. Для турбины Т-100-130 при работе в летний период потребуется ухудшение вакуума до 5,9 – 6,9 кПа. Это снизит ее экономичность на 1,5%. Но ухудшения вакуума можно избежать, если применить для регулирования мощности турбины Т-100-130 скользящее начальное давление пара.

Резюме. Ухудшение вакуума при снижении начальной температуры пара до  $555^{\circ}\text{C}$  для турбин ПТ-60-130/13 и Т-100-130 не является необходимым практически на всех режимах работы ввиду эффекта "подсушивания" пара в ЧНД при снижении расхода пара в конденсатор против расчетной величины.

### Л и т е р а т у р а

1. Качан А.Д., Леонков А.М., Муковозчик Н.В. Расчет уточненных энергетических характеристик теплофикационных турбин. – В сб.: Эксплуатация тепломеханического оборудования в энергосистеме БССР. Минск, 1973.