

# РОЛЬ КРИТИЧЕСКОГО РАССТОЯНИЯ В РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕПЛОФИКАЦИИ

И. САБО, А. ЖЕБИК

Институт тепло- и системотехники, Технический университет, Будапешт  
поступило 20 ноября 1981 г.

Литература, посвященная экономическому исследованию тепло-снабжения на большие расстояния, уделяет большое внимание выбору температурных параметров теплоносителя (горячая вода), а также оптимальному выбору расчетного коэффициента теплофикации. Известно, что на устройство и эксплуатацию системы теплофикации большое влияние оказывает и способ регулирования транспортируемого тепла.

С помощью математической модели системы теплофикации с горячей водой, составленной в Институте тепло-и системотехники Будапештского Технического университета было исследовано изменение статей затрат на тепло, транспортируемое на большие расстояния за счет качественного или количественного регулирования. В нижеследующем описаны полученные результаты.

## Исследуемая система теплофикации

Тепловая нагрузка потребительского центра удовлетворяется центральным источником, отдаленным от потребительского центра, и местными пиковыми котельными. Центральным источником является АТЭЦ, оборудованная водоводяными реакторами типа ВВЭР—1000 и теплофикационными турбинами ТК—450/500—60. Расходы производства тепла в АТЭЦ были определены через дополнительные затраты, нагружающие электроэнергетическую систему — с определением снижения электрической мощности турбины и величины невыработанной электроэнергии за отопительный сезон (с учетом отпуска тепла от теплофикационного пучка) [1]. Изменение электрической мощности турбины было определено на основе литературы [2].

Присоединение АТЭЦ и потребительской системы осуществляется в модифицированной, параллельной кооперации [3], с помощью распределительной и регулирующей станции между потребительской и транспортирующей системами (рис. 1). (Целесообразно устроить распределительную подстанцию около одной из местных источников тепла).

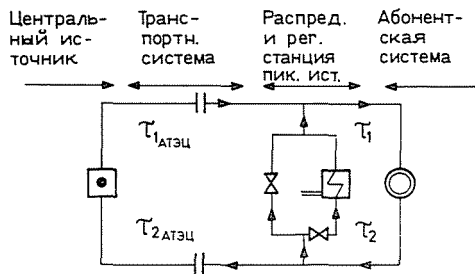


Рис. 1. Принципиальная схема соединения теплофикационных подсистем

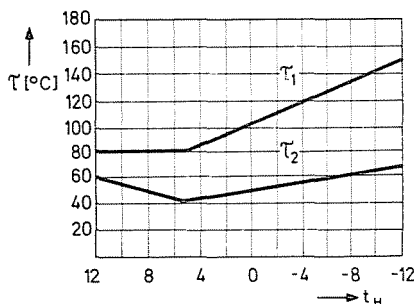


Рис. 2. Температурный график абонентской системы

Предполагается качественная регулировка потребительской системы, и в то же время возможность изменения мощности транспортируемого тепла по транзитной магистрали как качественным, так и количественным регулированием. (В дальнейшем под качественным и количественным регулированием подразумевается регулирование мощности проводимого в транспортной системе тепла). Задача распределительной и регулирующей подстанций состоит в регулировании температуры теплоносителя в подающей линии и сохранении постоянного эквивалента расхода теплоносителя в потребительской системе.

В случае качественного регулирования изменяется температура горячей воды в подающей линии транзитной магистрали, в зависимости от величины тепловой нагрузки при условии постоянного расхода теплоносителя. При количественном регулировании изменяется расход теплоносителя в зависимости от величины тепловой нагрузки. Температура горячей воды в подающей линии транзитной магистрали сохраняется постоянной. В обратной линии транзитной магистрали температура теплоносителя совпадает с температурой отопительной среды, возвращающейся из потребительской системы к распределительной подстанции. В наших исследованиях было предположено, что темпера-

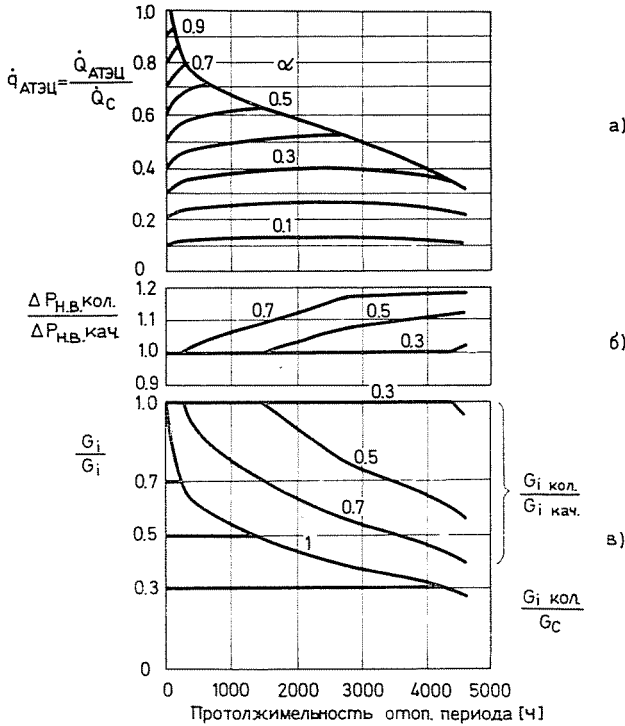


Рис. 3. Относит. значения распредел. нагрузки теплофик. системы (а), выпавшей электр. мощности (б) и расхода теплоносителя (в) в зависимости от годовой продолжительности

турные графики потребительской системы принимают вид приведенных на рис. 2.

Изменение относительных значений подаваемого тепла из АТЭЦ ( $q_e$ ) в случаях разных расчетных коэффициентов теплофикации приведены в графике продолжительности тепловой нагрузки потребительского центра (рис. 3.а).

### Влияние способа регулирования на производство тепла

Изменение электрической мощности из-за отпуска тепла при количественном и качественном регулировании в зависимости от годовой продолжительности показано на рис. 3.б. при разных значениях  $\alpha$ .

Отношение количества невыработанной электроэнергии в АТЭЦ (из-за отпуска тепла в отопительном сезоне) в зависимости от расчетного коэффициента теплофикации при количественном и качественном регулировании приведено на рис. 4.а.

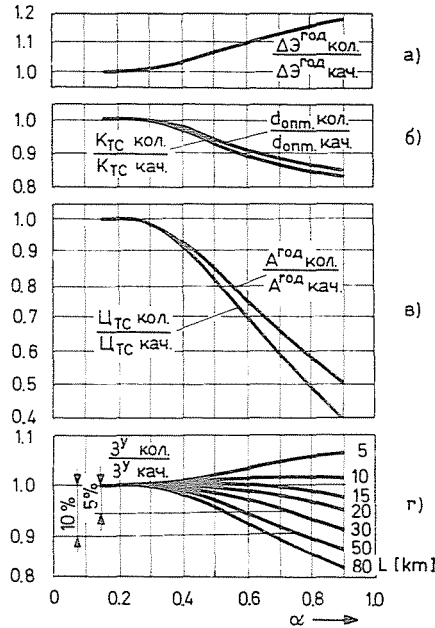


Рис. 4. Изменение относ. знач. невыраб. эл. энергии (а), опт. диаметра транз. магистрали и кап. вложения в трансп. систему (б), годового раб. на перекачку и ежегодные издержки на трансп. сист. (в), а также удельных и замык. затрат на тепло (г) в зависимости от  $\alpha$

Учитывая, что затраты производства тепла в АТЭС пропорциональны значениям снижения электрической мощности и произведенной электроэнергии, можно установить, что количественное регулирование повышает затраты производства тепла.

### Влияние способа регулирования на транспорт тепла

Способ регулирования оказывает влияние на транспорт тепла в двух основных областях: через капитальные вложения и ежегодные издержки. Рис. 3.в. показывает изменение расхода воды в транзитной магистрали по продолжительности при разных значениях расчетного коэффициента теплофикации. После учета изменения расхода воды в транзитной магистрали оказывается однозначным изменение отношения оптимального диаметра транзитного трубопровода, и капитальные вложения на транзитный трубопровод и насосные подстанции в зависимости от  $\alpha$ , как показано на рис. 4.б. При количественном регулировании более высокие транспортные потери, появляющиеся в определенный период отопительного сезона (из-за большей скорости потока в трубе меньшего диаметра) компенсируются меньшим капитальным вложением на транзитную магистраль.

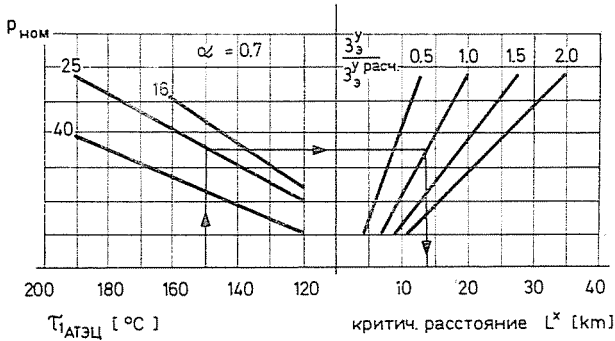


Рис. 5. Изменение критического расстояния, в зависимости от температуры горячей воды в подающей линии, номин. давления транзитной магистрали и замыкающих затрат на электроэнергию

Изменение относительного значения годовой насосной работы при количественном и качественном регулировании представлено на рис. 4.в. Из рис. 4.б. и 4.в. видно, как количественное регулирование снижает капитальное вложение ( $K_{mc}$ ) и ежегодные издержки ( $I_{mc}$ ) транспортной системы.

### Влияние способа регулирования на удельные затраты на тепло

Как указано в введении, тепловая нагрузка потребительского центра удовлетворяется из центрального источника и пиковых котельных. Замыкающие затраты на производство тепла определяются как сумма замыкающих затрат на производство тепла в АТЭЦ и в пиковых источниках. Удельные замыкающие затраты на отпуск тепла от распределительной и регулирующей станции определяются из суммы замыкающих затрат на производство и транспорт тепла по транзитной магистрали.

Рис. 4.г. показывает изменение отношения удельных замыкающих затрат на отпуск тепла от распределительной и регулирующей станции в зависимости от  $\alpha$  при различной длине транзитной магистрали. Как видно из рисунка, при заданных технико-экономических показателей можно определить то расстояние (критическое расстояние), в пределах которого более выгодным оказывается качественное регулирование, а за этими пределами — количественное. Экономность количественного и качественного регулирования в большой мере зависит от расчетного коэффициента теплофикации. Экономия удельных замыкающих затрат при количественном регулировании будет 5% в случае  $\alpha=0,7$ ;  $L=30$  км ( $L$  — длина транзитной магистрали) и 10% в случае  $\alpha=0,75$ ;  $L=50$  км.

Рис. 5 показывает, как критическое расстояние изменяется с изменением температуры горячей воды в подающей линии, номиналь-

ных значений давления в транзитной магистрали, а также замыкающих затрат на электроэнергию.

На основе вышеописанного исследования можно предлагать в качестве общей стратегии экономической оценки теплоснабжения: определение критического расстояния в качестве первого шага (заданными технико-экономическими показателями рассматриваемой теплофикационной системы), далее, в зависимости от полученных результатов проведение дальнейших исследований только для качественного или количественного регулирования.

## Резюме

С помощью математической модели, составленной в Институте тепло- и системотехники Будапештского Технического университета было рассмотрено влияние качественного и количественного регулирования транспорта тепла на компоненты затрат тепла.

По результатам исследования можно установить следующее:

— экономность количественного и качественного регулирования зависит от расчетного коэффициента теплофикации ( $\alpha$ );

— качественное регулирование оказывает положительное влияние на производственные затраты тепла, а количественное регулирование — на транспортные;

— с помощью заданных технико-экономических показателей можно определить то расстояние, в пределах которого более выгодным оказывается качественное регулирование, а за этими пределами — количественное (в данном случае это расстояние составляет  $\sim 14$  км — рис. 5);

— с повышением температуры горячей воды в подающей линии снижается экономность количественного регулирования;

— изменение замыкающих затрат на электроэнергию в большей мере влияет на производство, чем на транспорт тепла, — с повышением его уменьшается значение количественного регулирования;

— с повышением номинального значения теплофикационного провода возрастает значение количественного регулирования.

На основе проведенных исследований в качестве общей стратегии можно предлагать — в первом шаге технико-экономических расчетов определить критическое расстояние регулирования и в зависимости от получаемых результатов дальнейшие расчеты проводить предполагая количественное или качественное регулирование.

## Литература

1. Жебик, А.: Расчет затрат на тепло, производимое в атомной электростанции, на основе замыкающих затрат произведенной электроэнергии. — 9-я конференция по теплоснабжению, г. Печ, август 1979 г. (на венгерском языке)
2. Сабо, И., Тилгнер, Х., Жебик, А.: Определение изменения электрической мощности ядерного теплофикационного блока мощностью 500 Мвт (с учетом отпуска тепла), путем математической симуляции. Журн.: *Energia és atomtechnika*, вып. XXXII, дек. 1979 г. (на венг. языке)
3. Бюки, Г.: Теплоэлектроцентрали и теплофикационные системы Изд.: *Műszaki Könyvkiadó*, Будапешт, 1980 (на венг. языке)

Prof. Dr. Imre SZABÓ }  
Albin ZSEBIK } H-1521, Budapest