

В. И. Трутаев

(Белорусский филиал Энергетического института
им. Г. М. Кржижановского)

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЗУТА В ЭНЕРГЕТИКЕ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ ССР

В настоящее время коэффициент полезного использования энергоресурсов (к.п.и.) применяется лишь для анализа топливно-энергетического хозяйства в масштабе страны [1]. Однако в результате современного развития методов анализа и оптимизации возникает необходимость иметь дифференцированные значения этого показателя, позволяющие учитывать местные районные факторы и специфику различных видов топливных ресурсов.

Мазут из-за его особых физических и энергетических свойств и условий производства относится к наиболее «трудным» и в то же время наиболее «общим» для исследований эффективности видам энергетического топлива. Это обстоятельство в условиях интенсивного роста потребления мазута делает задачу определения к.п.и. мазута очень важной и актуальной. В настоящей статье рассматривается методика определения к.п.и. мазута в энергетике и анализируются конкретные значения к.п.и. применительно к условиям Белорусской ССР, где мазут становится основным видом энергетического топлива [2].

В соответствии с общим понятием к.п.и. энергоресурсов [3] основные положения методики расчета к.п.и. мазута в энергетике могут быть сведены к следующему.

1. Для любой энергетической установки j к.п.и. мазута η_{mj} без учета потерь преобразованного ресурса определяется произведением частных к.п.и. процессов добычи (производства) η_d , магистрального $\eta_{м.т}$ и распределительного $\eta_{р.тj}$ транспорта, хранения η'_{xj} , * очистки от серы η_{cj} и использования в энергоустановке η_{yj} :

$$\eta_{mj} = \eta_d \eta_{м.т} \eta_{р.тj} \eta'_{xj} \eta_{cj} \eta_{yj}$$

2. Для группы потребителей или энергетики экономического района в целом, включающей m потребляющих мазут энергоустановок, к.п.и. мазута η_m определяется с учетом долевого участия каждой энергоустановки в общем расходе мазута α_{mj} :

$$\eta_m = \sum_{j=1}^{j=m} \alpha_{mj} \eta_{mj}$$

3. Влияние к.п.и. мазута на общий к.п.и. энергоресурсов η_n опреде-

*Здесь к.п.д. хранения η'_{xj} отнесен к полному расходу мазута энергоустановкой и связан с к.п.д. собственно хранения η_{xj} через долю мазута, проходящего через мазутохранилища, φ_{xj} выражением: $\eta'_{xj} = 1 - (1 - \eta_{xj}) \varphi_{xj}$.

ляется с учетом к.п.и. каждого энергоресурса η_i и доли соответствующего энергоресурса i в топливно-энергетическом балансе α_i :

$$\eta_{\text{н}} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \eta_i.$$

4. Частные к.п.д. процессов должны учитывать все потери мазута, включая расход его на производство энергии для собственных нужд. В соответствии с этим в к.п.д. добычи учитываются потери и расход нефти при ее добыче и транспортировке, потери и расход мазута на собственные нужды нефтеперерабатывающих заводов; в к.п.д. магистрального и распределительного транспорта — потери мазута при начальной, конечной и движущейся транспортной операциях и расход на подогрев в процессе транспортировки; в к.п.д. хранения — потери мазута с утечкой и испарением в мазутохранилищах; в к.п.д. очистки мазута от серы — потери в соответствующих процессах очистки (гидроочистка, газификация, высокотемпературный пиролиз и т. д.). К.п.д. энергоустановок определяются по общеизвестным выражениям [4].

В расчетах и исследованиях к.п.и. мазута необходимо учитывать влияние подогрева мазута перед сжиганием и в мазутохранилищах на термический к.п.д. цикла электростанций. При использовании отборного пара это влияние различно: подогрев мазута перед подачей к форсункам приводит к повышению термического к.п.д. и может рассматриваться как особый вид регенерации; расход же пара на компенсацию невозвратных тепловых потерь в мазутном хозяйстве понижает термический к.п.д. цикла.

Исследование схем мазутных электростанций позволило вывести следующее выражение термического к.п.д. цикла, учитывающее использование пара из отборов турбин на подогрев мазута перед сжиганием и в мазутохранилищах:

$$\eta_{\text{тм}} = \frac{(i_0 - i_k) - \sum_i \alpha_{\text{от}i} (i_{\text{от}i} - i_k) - \left[\frac{(i_0 - i'_{\text{п.в}}) (i_{\text{от.м}} - i_k) c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}}}{(i_{\text{от.м}} - i'_{\text{от.м}}) (Q_{\text{н}}^{\text{р}} + c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}}) \eta_{\text{к.у}}} + \frac{(i_{\text{от.м}} - i_k) c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}} b_{\text{мх}}}{(Q_{\text{н}}^{\text{р}} + c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}}) \eta_{\text{к.у}}} \right]}{(i_0 - i'_{\text{п.в}}) - \frac{(i_0 - i'_{\text{п.в}}) c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}}}{(Q_{\text{н}}^{\text{р}} + c_{\text{т}} \Delta t_{\text{ф}}) \eta_{\text{к.у}}}},$$

где $c_{\text{т}}$ — теплоемкость мазута; $\Delta t_{\text{ф}}$ — подогрев мазута перед форсунками; $b_{\text{мх}}$ — удельный запас мазута в мазутохранилище (кг), отнесенный к 1 кг вырабатываемого пара; $\eta_{\text{к.у}}$ — к.п.д. котельной установки; $\alpha_{\text{от}i}$ — доля пара, отводимого из i -го отбора; $i_{\text{от.м}}$ и $i'_{\text{от.м}}$ — соответственно энтальпии пара и конденсата для отбора на мазутохозяйство; остальные обозначения общеприняты.

Расчеты $\eta_{\text{тм}}$ показали, что совокупное влияние названных расходов пара на подогрев мазута снижает термический к.п.д. цикла на 0,2—0,4%.

В 1970 г. мазут занимал около 27% в топливно-энергетическом балансе Белорусской ССР. В текущем пятилетии доля его увеличится до 50% и абсолютное потребление достигнет 11 млн. т [2]. Есть основания полагать, что потребление мазута в республике будет расти и в более отдаленной перспективе, хотя и меньшими темпами вследствие увеличения

поставок природного газа и перехода к атомной энергии. Опережающими темпами растет потребление мазута в энергетике. Если в 1960 г. на электростанциях и в котельных республики расходовалось всего 9,6% общего потребления мазута, то в 1965 г. — уже 31%, а в 1970 г. — 67,2%. В перспективе доля мазута возрастет до 75—80%. Расчеты показали, что ежегодный прирост потребления мазута в энергетике БССР за период 1965—1980 гг. в среднем составит 22% и превысит средний прирост суммарного топливопотребления за этот период примерно в 3,2 раза.

Анализ представленной на рис. 1 диаграммы роста и структуры потребления мазута в белорусской энергетике показывает, что на современном этапе интенсивно увеличивается доля общего расхода мазута на конденсационных электростанциях; стабилизировалась, а к концу десятилетия несколько снизится доля на теплоэлектроцентралях; снижается доля мазута, расходуемого в котельных. Такое изменение структуры мазутопотребления объясняется опережающим ростом в БССР мазутных конденсационных электростанций, переводом с угля на мазут действующих электростанций, дальнейшим развитием газификации энергоустановок, расположенных в городах.

Серьезным препятствием для получения к.п.и. топливных ресурсов служит отсутствие систематического учета фактических потерь топлива на стадиях, предшествующих сжиганию, а также обобщенных проектных и фактических к.п.д. многочисленных котельных, находящихся в ведении различных предприятий, организаций и ведомств.

К.п.д. добычи, транспорта, хранения и очистки мазута от серы принимались на базе действующих норм и имеющихся проектных решений для случая поставки мазута от белорусских нефтеперерабатывающих заводов, использующих частично и белорусскую нефть (табл. 1). К.п.д. промышленных и районных котельных при использовании мазута принимались усредненные проектные соответственно 79,2 и 83%.

Наиболее полная и достоверная информация по топливоиспользованию имеется по электростанциям. В процессе исследований были определены и проанализированы отчетные, плановые и перспективные к.п.д. практически всех потребляющих мазут белорусских электростанций (табл. 2).

На рис. 2 представлены результаты расчетов общего и частных к.п.и. мазута в производстве электрической и тепловой энергии в Белорусской ССР в динамике по годам с учетом и без учета очистки мазута от серы перед сжиганием. Наряду с конкретными значениями к.п.и., которые сами по себе важны для оценки эффективности потребления мазута, кривые 1 и 2 показывают определенную тенденцию изменения к.п.и. мазута в белорусской энергетике на современном этапе, определяемую техниче-

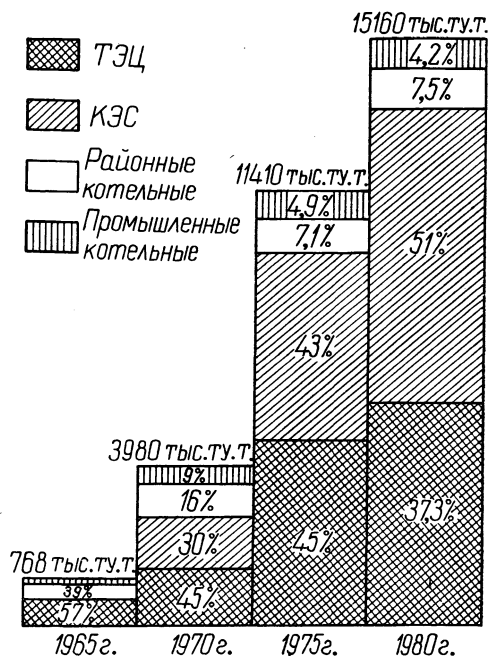


Рис. 1 Рост и структура потребления мазута в энергетике Белорусской ССР.

Таблица 1

Звено	Условия расчета	Обозначение	Величина, %
Добыча, транспорт нефти и производство мазута на НПЗ	Пропорциональное распределение расхода мазута на НПЗ между продуктами нефтепереработки	η_d	92,5
Магистральный транспорт мазута	Железнодорожный транспорт в цистернах с паровыми рубашками	$\eta_{м.т}$	98,8
Распределительный транспорт мазута	Доставка с нефтебаз потребителям в мазутовозах	$\eta_{р.тj}$	99,0
Хранение мазута	Железобетонные резервуары емкостью 10, 20 и 30 тыс. м ³ , к.п.д. отнесен к расходу хранимого топлива	$\eta_{хj}$	99,5
Очистка мазута от серы	Гидроочистка на НПЗ	$\eta_{сj}$	90,0
	Газификация у потребителей	»	72,0

Таблица 2

Электростанция	Годы					
	1970			1975		
	расход мазута, тыс. т у.т.	к.п.д., %		расход мазута, тыс. т у.т.	к.п.д., %	
электроэнергии		теплоэнергии	электроэнергии		теплоэнергии	
Лукомльская ГРЭС	794,0	34,7	80,0	3517	37,3	80,7
Минская ТЭЦ-3	126,2	40,1	80,5	1060	44,2	82,0
Березовская ГРЭС	413,9	31,1	80,0	1403	32,5	80,0
Полоцкая ТЭЦ-2	858,0	53,7	86,3	1469	61,5	86,0
Василевичская ГРЭС	44,6	32,1	81,0	6,4	33,5	82,0
Могилевская ТЭЦ-2	237,0	31,8	77,0	595	46,7	80,0
Гродненская ТЭЦ-2	699,0	26,8	80,0	470	52,5	84,0
Бобруйская ТЭЦ-2	—	—	—	522	50,6	81,1
Витебская ТЭЦ	86,8	34,7	78,5	109,6	38,5	79,1
Гродненская ТЭЦ-1	13,5	41,2	85,0	13,7	44,0	84,5
Минская ТЭЦ-2	41,3	54,7	86,8	36,3	54,9	86,8
Могилевская ТЭЦ-1	46,8	44,8	78,0	45,2	47,2	78,8
Полоцкая ТЭЦ-1	26,8	53,2	79,5	44,8	57,2	80,0
Минская ТЭЦ-4	—	—	—	44,3	34,2	79,0
Мозырская ТЭЦ	—	—	—	392	35,0	80,4

ким прогрессом в развитии энергоустановок и структурными сдвигами в топливном балансе.

Начавшееся в прошлом пятилетии интенсивное снижение частных к.п.и. в производстве электрической и тепловой энергии, которое меньшими темпами продолжается и в настоящее время, уже в ближайшем будущем сменится медленным их ростом. Наименьшие значения к.п.и. приходятся на середину текущего пятилетия: по электроэнергии они составляют 34,8%, по теплоэнергии — 74,5%. Суммарный к.п.и. мазута в энергетике вследствие опережающего роста потребления мазута на производство электроэнергии снижается в течение всего рассматриваемого периода, однако темп его снижения в будущем значительно замедлится. В настоящее время общий к.п.и. мазута в белорусской энергетике составляет около 53%, к 1975 г. без учета сероочистки он снизится до 51% и к 1980 г. — до 48%. Применение сероочистки мазута перед сжиганием (для ТЭЦ учитывалась газификация, для котельных — гидроочистка на НПЗ) при-

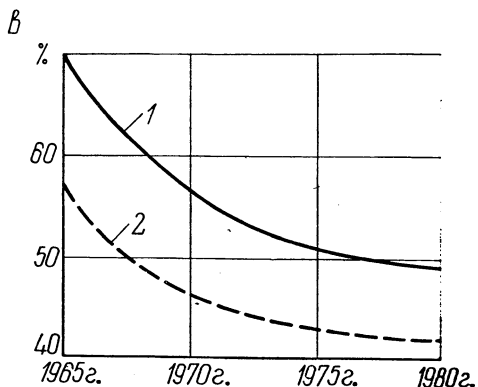
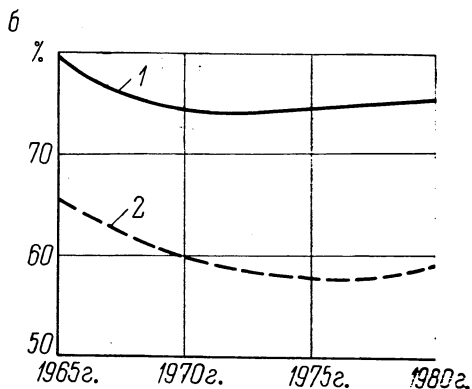
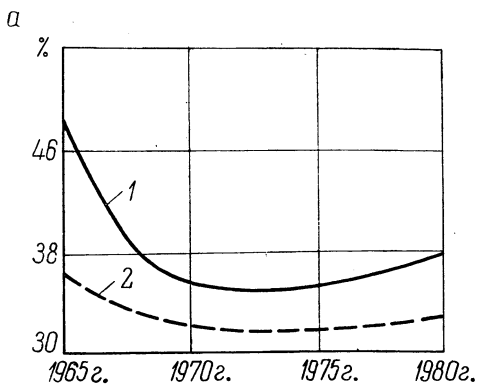


Рис. 2. Значение к.п.и. мазута в энергетике Белорусской ССР по годам с учетом (кривые 1) и без учета (кривые 2) сероочистки:

а — в производстве электроэнергии; б — в производстве теплоты; в — общий к.п.и. мазута по энергетике БССР.

водит к значительному снижению к.п.и. мазута (кривые 2 на рис. 2), при этом общий к.п.и. мазута практически приближается к к.п.и. производства электроэнергии без сероочистки. Это еще раз показывает, что очистка мазута от серы перед сжиганием, особенно очистка посредством газификации, приводит к значительному перерасходу топлива.

Изложенная методика расчета к.п.и. мазута учитывает специфические особенности мазута как энергетического топлива и структуру потребляющих мазут энергетических установок.

Литература

1. Савенко Ю. Н., Штейнгауз Е. О. Энергетический баланс (некоторые вопросы теории и практики). Под общ. ред. В. М. Некрасова. М., 1971.
2. Трутаев В. И. Повышение эффективности и оптимизация энергетического использования мазута в Белорусской ССР. Минск, 1972.
3. Мелентьев Л. А., Штейнгауз Е. О. Экономика энергетики СССР. М.—Л., 1963.
4. Керцелли Л. И., Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции. М., 1956.