

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ОПЫТУ РАБОТЫ ОДНОЙ ГРЭС

Инж. Н. С. ВАСИЛЬЕВ

Экономичность топливоиспользования, достигнутая на одной из ГРЭС в результате многолетней упорной и кропотливой работы коллектива ее работников, представляет общий интерес по ряду причин, основные из которых: 1. На этой электростанции вскрыты и реализуются новые ресурсы для дальнейшего значительного повышения экономичности. 2. Эта ГРЭС работает на подмосковном угле и имеет паровую сушку по разомкнутой схеме. Длительный опыт её работы должен представлять значительный интерес в связи с разработкой наиболее рациональной схемы использования многовлажных углей, в особенности в установках высокого и сверхвысокого давления.

ГРЭС подразделяется на две части, в значительной мере обособленные: I очередь с давлением у турбин 15 *ата*, составляющая по мощности около 20% от всей мощности станции, и II очередь с давлением у турбин 29 *ата* свыше 80% мощности станции.

Наибольший интерес представляет II очередь.

К настоящему времени уровень экономичности характеризуется следующими данными:

	Станция в целом	II очередь станции
к. п. д. станции брутто среднегодовой	24,7%	25,9%
в зимний период	25,1%	26,1%
Удельный расход условного топлива		
на выrab. квтч среднегодовой *	497 г	475 г
в зимний период	490 г	470 г
Расход электроэнергии на собственные нужды		
среднегодовой в %	6,5	6,3
в зимний период	6,2	5,9
к. п. д. пылеприготовления	97,0	96,5
к. п. д. собственно котельной брутто	90,0	91,0
то же нетто тепловой	88,5	89,5
к. п. д. машинного зала среднегодовой	29,1%	30,0%
в зимний период	29,4%	30,1—30,2%

Примечание. На этой ГРЭС определяются отдельно к. п. д. центрального пылеприготовления с разомкнутой схемой паровой сушки и к. п. д. собственно котельной, без пылеприготовления, что более правильно и наглядно отражает экономичность каждого из этих звеньев процесса.

Центральная система пылеприготовления с разомкнутой схемой паровой сушки

Сушка многовлажных углей по разомкнутой схеме и притом отработавшим паром низкого давления является одним из существенных факторов повышения экономичности топливоиспользования и, по последним данным сушильной лаборатории Всесоюзного теплотехнического института, является наиболее экономичной в тепловом отношении. Так, по данным лауреата Сталинской премии канд. техн. наук Н. И. Михайлова, применение паровой сушки отработавшим паром с давлением в пределах $1,2 \div 4$ *атм* дает экономию топлива по сравнению с газовой сушкой соответственно на $3,7 \div 1,8\%$ от общего расхода топлива на электростанции.

На этой ГРЭС паровые трубчатые сушилки питаются паром $2,5$ *атм* от двух турбин с противодавлением. Уголь подсушивается с $31\text{--}33\%$ до $15\text{--}16\%$, на что расходуется около 8% производимого котельной пара, причем на 1 *кг* выпаренной влаги расходуется $700\text{--}750$ *ккал*. Вырабатываемая на таком теплофикационном потреблении электроэнергия с удельным расходом условного топлива 165 *кг/квтч* составляет 3% от всей выработки её станцией. Это снижает общестанционный удельный расход топлива на 2% или на 10 *г/квтч*. При этом, однако, возникает вопрос о величине дополнительных потерь, специфичных для разомкнутой схемы сушки.

Преимущества такой схемы для многовлажных углей, с точки зрения работы топочно-котельного агрегата, заключающиеся в независимости топочного (в частности воздушного) режима от сушильной системы, в более эффективном использовании топочной радиации, в лучшем выжиге горючих, в возможности иметь высокую температуру первичного воздуха, в более полном использовании поверхности воздухоподогревателя и др., освещались уже в печати и представляются нам достаточно очевидными.

Здесь же рассмотрим лишь специфические потери разомкнутой схемы сушки, а именно: механические потери топлива (унос) и потери на нагрев сбрасываемого в атмосферу сушильного агента (воздуха). Рассматриваемая схема сушки размыкается до размола непосредственно после сушилок, т. е. до измельчения угля, когда содержание в нем фракций мельче 200 μ не превышает $10 \div 15\%$, между тем как после мельничной системы оно составляет $85 \div 90\%$. При таком малом содержании в угольном потоке мелких фракций, а также в силу малой скорости паровоздушной смеси в шахте за сушилкой вынос угля в шахту из потока его составляет перед пылеуловителем около $2,5\text{--}3\%$ от всего количества угля.

В этом огромное преимущество размыкания схемы до размола, а не после него, как это предлагается до сего времени в большинстве случаев. В настоящее время у этих сушилок устанавливаются циклонные пылеуловители одной из последних модификаций НИИОГАЗ с эффективностью улавливания $90\text{--}94\%$ по данным испытаний на этой ГРЭС (лаборатория газоочистки ВТИ). На каждый сушильный агрегат устанавливается группа из 6 шт. таких циклонов. Таким образом, потеря с уносом за счет разомкнутой схемы в рассматриваемой сушильной установке составляет около $0,3\%$ всего расходуемого станцией угля. Потеря тепла со сбросом в атмосферу сушильного агента (воздуха) составляет 55 *ккал/кг* выпаренной влаги, что соответствует около $0,4\%$ расхода топлива.

Сопоставляя суммарные потери разомкнутой схемы, составляющие $0,7\%$, с экономией, получаемой от применения для сушки отработавшего пара и составляющей, как указано выше, около 2% , получаем, что рассматриваемая сушильная система в тепловом отношении сама по себе экономичнее замкнутых газовых систем, обеспечивая экономию свыше 1% топлива, помимо экономии, получаемой в топочно-котельном агрегате в результате указанных выше преимуществ такой схемы.

Резюмировать сказанное можно следующим образом: а) разомкнутая схема сушки позволяет достигнуть наиболее высокой экономичности котельного агрегата в тепловом отношении; б) разделение процессов сушки и размола и размыкание схемы до размола обеспечивают достижение наименьших потерь топлива с уносом не более 0,3%; в) применение для сушки отработавшего пара не только компенсирует, но и значительно перекрывает специфические потери разомкнутой схемы сушки и дает дополнительную экономию более 1% расхода топлива.

Котельная установка

Основные черты топочного режима

Рассмотренная система пылеприготовления создала благоприятные условия для достижения высокой экономичности котельной установки, что и было максимально использовано работниками станции для наладки наиболее экономичных режимов работы.

Главное из этих условий—независимость работы топки от работы пылеприготовления, в результате чего достигаются: а) постоянство оптимальных влажности (15—16%) и тонкости помола угольной пыли ($R_{30} = 12\%$; $R_{70} = 40\%$); б) постоянство оптимального избытка воздуха во времени и при изменениях нагрузки; в) высокий уровень температур в топке, необходимый для интенсификации теплоотдачи радиационным поверхностям нагрева, для наиболее полного выжига горючих и для максимального осаждения золы (шлака) в топке, с целью снижения золосодержащего износа рабочих поверхностей котла и уменьшения загрязнения их; г) высокая температура первичного воздуха, за счет чего происходит дополнительная подсушка пыли перед горелками.

Одним из решающих факторов высокой экономичности рассматриваемой котельной установки является минимальный избыток воздуха как в топке, так и за установкой.

Установленный испытаниями оптимальный коэффициент избытка воздуха на выходе из топки составляет 1,1 и за установкой (т. е. за воздухоподогревателем)—1,35. При таком избытке воздуха и температуре газов за установкой около 190°C потеря с уходящими газами составляет 6,8%. Потери от химического и механического недожога не превышают в сумме 1%, причем потеря от механической неполноты горения не превышает 0,2—0,3%. Потеря от химической неполноты горения (0,7—0,8%) лежит, по нашему мнению, в нижнем пределе точности ее определения в эксплуатационных условиях нормальным аппаратом Норзе.

Учитывая также потерю тепла установкой в окружающую среду, составляющую по подробным измерениям около 1,2%, получаем к. п. д. котельной установки брутто—91%, что подтверждается и годовыми отчетными данными при подсчетах к. п. д. непосредственно по пару и топливу.

Столь низкий избыток воздуха оказался возможным потому, что топка не балластируется сбросом сушильных систем, включающим, помимо сушильного агента и выпара топливной влаги, также еще и значительные присосы воздуха, всегда имеющиеся в замкнутых газозоодушных сушильных системах.

Вместе с тем такой избыток воздуха оказался наивыгоднейшим с экономической точки зрения и приемлемым с точки зрения нормальной работы топки потому, что уделяется особое внимание равномерному распределению топлива и воздуха по всем горелкам, и тем самым в топочном пространстве, равно как и во времени.

Такое порционирование обеспечивается разработанным на станции постоянным дистанционным контролем температуры аэропыли перед каждой

горелкой, зависящей от соотношения топлива и первичного воздуха, поскольку в потоке последнего происходит интенсивная подсушка пыли. Повышение или снижение температуры аэропыли на 1°C соответствует уменьшению или увеличению подачи пылепитателя на 3%. По воздуху порционирование обеспечивается соответствующей настройкой горелок с воздушной стороны специальными воздушными шиберами у горелок „Калюмет“. При таких условиях работы топки температура в наиболее активной ее зоне составляет $1500\text{--}1600^{\circ}\text{C}$, что значительно превышает уровень максимальных температур в топках с замкнутыми схемами сушки, работающих на подмосковном угле. Указанное порционирование топлива и воздуха позволяет работать, как правило, без шлакования котельных пучков и без образования местных очагов шлакования. Вместе с тем в отношении выделения шлака топка работает напряженно, так как в ней выделяется 45—50% всей золы топлива—частично в виде размягченного и частично в виде сухого гранулированного шлака, что является совершенно необычным для пылеугольных топок с замкнутыми схемами, в особенности на подмосковном угле, зола которого в основном тугоплавка.

Указанная величина выпадения шлака в топке определена замерами как по балансу золы при измерениях концентраций летучей золы в газах, так и непосредственными измерениями выноса шлака на золоотстойники и является достоверной. Таким образом, рассматриваемая топка является как бы „полужидкошлаковой“, с большой степенью улавливания золы, что имеет существенное значение для установок, работающих на многозольном топливе и сильно страдающих от золового износа поверхностей нагрева дымососов и прочих элементов газового тракта.

Применяемое порционирование топлива и воздуха в сочетании с высокой температурой в топке позволяет работать, несмотря на низкий избыток воздуха, с минимальной неполнотой горения, указанной выше.

Выдерживание оптимальных технологических параметров

Помимо рассмотренных выше основных факторов высокой экономичности, большое значение имеет степень выдерживания оптимальных параметров рабочего процесса, отклонения от которых в данной котельной, как правило, меньше установленных эксплуатационных допусков, а именно: за 1950 г.

Средняя величина отклонения от оптимальной нормы		Допуск по положению МЭС	Фактически
давления пара у турбин	атм	0,5	0,3
температура пара „	$^{\circ}\text{C}$	5	2,6
CO_2 за установкой	%	0,5	0,37
температуры уходящих газов	$^{\circ}\text{C}$	5	3

Примечание. Фактические данные являются результатом повседневной обработки записей регистрирующих приборов.

Значение этого фактора характеризуется соответствующей экономией, получаемой по сравнению с установленными МЭС допусками и составляющей по указанным параметрам более 3000 т условного топлива в год. Достигается это сочетанием мастерства дежурных центрального теплового щита, ведущих рабочий процесс котлов, с автоматизацией регулирования процесса горения всех котлов данной котельной, автоматизацией регулирования температуры пара и развитым дистанционным управлением. При таких условиях основное управление всеми котлами, включая наблюдение за работой автоматов, за исключением питания водой, осуществляется одним дежурным центрального теплового щита с помощником. В настоя-

щее время осуществляется централизация на этом же щите также и управления питанием одновременно с усовершенствованием его автоматики.

Присосы воздуха

Присосы воздуха в пределах поверхностей нагрева характеризуются приростом коэффициента избытка воздуха от топки до выхода из воздухоподогревателя на величину 0,20—0,25 и, как правило, укладываются в нормы Правил технической эксплуатации электростанций.

Достигается это систематической и тщательной работой по выявлению и устранению мест присосов главным образом во время капитальных и текущих ремонтов котлов.

Перспективы дальнейшего повышения экономичности

Достигнутый среднеэксплуатационный уровень к. п. д. брутто собственно котельной—91%—не является еще пределом, и на станции развернута работа по дальнейшему его повышению. Из приведенных выше данных видно, что температура уходящих газов, несмотря на проведенную реконструкцию хвостовых поверхностей нагрева, остается еще повышенной, в среднем около 190°C, а по отдельным котлам—от 180 до 200°C.

Дальнейшее развитие экономайзерных поверхностей могло бы быть достигнуто лишь в результате коренной реконструкции за счет замены нормальных воздухоподогревателей малогабаритными трубчатыми, разработанными и предлагаемыми ВТИ, выполняемыми из трубок 37/40 мм и двухпоточными по воздуху. В этом случае может быть достигнуто снижение температуры уходящих газов около 40°C и повышение к.п.д. котла на 2%. Однако при этом температура воды за экономайзером уже заметно превышает предел, желательный для обеспечения надежности циркуляции в данных котлах.

Станцией разработан другой путь снижения температуры уходящих газов, заключающийся в установке за воздухоподогревателями котлов-утилизаторов низкого давления с использованием пара от них в регенеративной системе машинного зала. Смысл этого решения заключается в том, что теплом уходящих газов, в настоящее время выбрасываемым, должно замещаться тепло пара II отбора турбин давлением 5 *ата*, используемого для питания деаэраторов атмосферного типа и при этом дросселируемого до 1,2 *ата*.

Для этого на каждом из котлов должно быть установлено по 4 котла-утилизатора, типа трубчатых—дымогарных поверхностью нагрева каждый 365 м² и паропроизводительностью 4,5—5,0 т/час.

Для питания деаэраторов должно работать 12 котлов-утилизаторов с давлением 1,75—*ата* от 3 основных котлов. (Схема 1).

Тепло уходящих газов от остальных 2 основных котлов должно использоваться в подогревателе питательной воды с давлением около 3 *ата* также взамен пара II отбора. Для этого 8 котлов-утилизаторов от 2 других основных котлов должны работать с давлением 3 *ата*. (Схема 2).

Снижение температуры уходящих газов должно составить около 50°C и, соответственно, повышение к. п. д. основных котлов более 2,5%.

С учетом вытеснения регенеративного отбора экономия топлива по отношению к расходу его по II очереди станции составит около 2%, а по отношению к расходу топлива по всей станции—около 1,6% или около 8 г/квтч.

Затраты на такую утилизационную установку для всех основных котлов должны составить 1,1 млн. руб. Стоимость сэкономленного топлива составит 1,7 млн. руб. Таким образом, затраты окупятся менее чем в 1 год.

Потери пара и конденсата

Потери пара и конденсата по станции в целом в среднем за год составляют 1,5%, против предельной нормы ПТЭ 3%. Продувки котловой воды, кроме того, составляют около 0,5%.

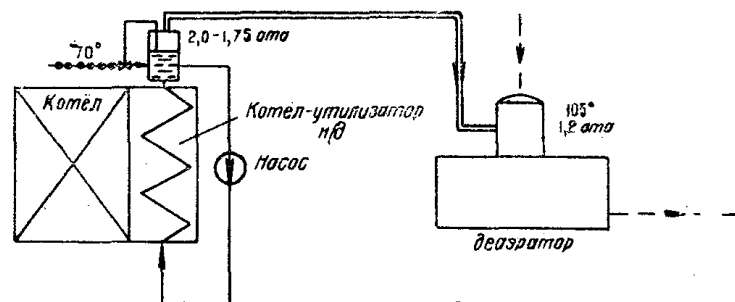


Схема 1

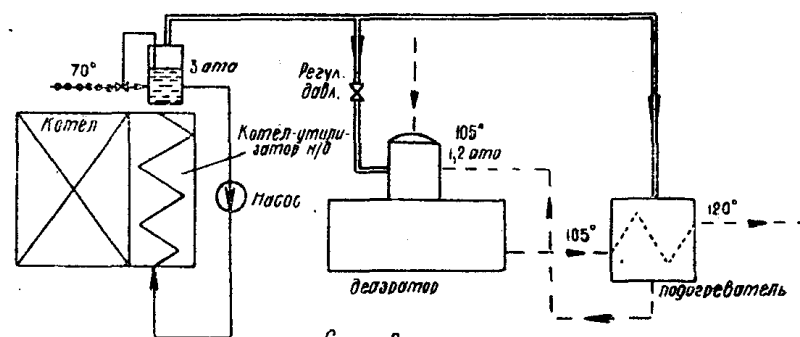
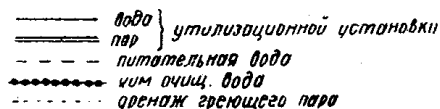


Схема 2



Варианты использования тепла уходящих газов
в регенеративной системе

Такой уровень потерь пара и конденсата достигнут кропотливой работой коллектива станции по 3 основным направлениям: а) систематическое поддержание плотности пароводяных коммуникаций во всех элементах; б) максимальное использование различных продувок, дренажей и т. п.; в) сокращение до необходимого минимума неизбежных режимных потерь.

В настоящее время разрабатывается ряд дополнительных мероприятий с целью снижения потерь пара и конденсата до 1% вместо 1,5%. Работа эта проводится под знаком полной ликвидации открытых (в атмосферу) продувок и дренажей, какие еще имеются в данное время.

В настоящей статье изложен в основных чертах достигнутый уровень экономичности лишь по котельной установке с пылеприготовлением. Между тем значителен также уровень экономичности и турбинных установок II очереди станции в результате проделанной коллективом работы, где так же, как и в котельной, разработан и будет осуществлен в ближайшее время ряд новых мероприятий, существенно повышающих экономичность против уровня, достигнутого к настоящему времени.

Министр электростанций СССР поставил перед этой ГРЭС ответственную и трудную задачу: снизить удельный расход топлива еще на 4%, т. е. сделать станцию в еще большей степени образцовой по экономично-

сти, равно как и в других отношениях. В настоящее время коллектив станции напряженно и уверенно работает над тем, чтобы решить эту задачу.

С осуществлением в течение 1951—1952 гг. уже разработанных мероприятий по дальнейшему повышению экономичности пылеприготовительных, котельных и турбинных установок удельный расход условного топлива по II очереди снизится еще на 15 г/квтч, чему соответствует к. п. д. станции брутто 27%. Однако имеются возможности еще и для дальнейшего повышения экономичности. Так, например, в настоящее время начата проработка вопросов использования отбросного тепла углесушилок. Положительное решение их, а также и некоторых других может повысить эксплуатационный среднегодовой к. п. д. станции II очереди до уровня 27,5%. Достижение такого высокого уровня экономичности конденсационной электростанцией среднего давления (30 атм) оказывается вполне реальным при условии правильного использования за счет надлежащей организации эксплуатации значительных преимуществ рационально выполненной разомкнутой схемы паровой сушки угля.
