

**ЕЩЕ РАЗ К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ АДИАБАТИЧЕСКОГО
ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ**

С. В. ПОЛОЖИИ

(Представлена кафедрой теплоэнергетических установок)

Технический прогресс в мировой и отечественной энергетике за последние 15—20 лет обусловлен современным паросиловым циклом — благодаря переводу теплоэнергетики на сверхвысокие и закритические параметры пара, применению сложного регенеративного подогрева питательной воды, одного-двух повторных перегревов пара при широчайшем прогрессе в части производства основного и вспомогательного оборудования блочных ТЭС, исключительно высокой концентрации и централизации производства электрической энергии в блочных установках огромной мощности. В результате этого произошло резкое улучшение технико-экономических показателей производства электроэнергии на ТЭС — снижение удельного расхода топлива, первоначальных и текущих капиталовложений на строительство и эксплуатацию ТЭС, себестоимости производства электроэнергии. Особенно высокими темпами сопровождается развитие советской энергетике. Удвоение производства электрической энергии в нашей стране совершается за каждые 6—7 лет — на 2—3 года меньше мировых сроков удвоения производства электроэнергии.

В рамках существующего паросилового цикла современное направление развития теплоэнергетики, техническая политика в этой области, безусловно, являются правильными и доказаны всем ходом развития мировой и отечественной энергетике за последние два десятка лет. Низкий технический уровень развития теплоэнергетики прошлого периода особенно рельефно подчеркивает высокие технико-экономические показатели мощных блочных ТЭС сверхвысоких и закритических параметров. Последнее обстоятельство является одной из причин удовлетворенности таким путем развития теплоэнергетики, некритического отношения к недостаткам современного паросилового цикла. Этим в значительной степени определяется недооценка сторонниками современного паросилового цикла работ ТПИ по паротурбинным установкам с адиабатическим фазообразованием, а также развитие современных блочных ТЭС в начальный период в мировой энергетике на практически непригодные температуры пара. В результате этого энергетика США еще в начале шестидесятых годов после 6—8 лет освоения и эксплуатации таких высокотемпературных блоков в 600—650°C была вынуждена полностью от них отказаться и перейти в дальнейшем к строительству мощных блоков на низкую начальную температуру пара порядка

538°C. То же случилось и с энергетикой ФРГ, а позже — и с энергетикой СССР.

Седьмая Мировая энергетическая конференция (Москва, 1968 г.) фактически подвела такие итоги современному состоянию развития мощных блочных ТЭС сверхвысокого и закритического давления, дала объективную оценку современному паросиловому циклу и его низким возможностям обеспечить дальнейшее повышение тепловой экономичности ТЭС.

Работу Мировой энергетической конференции в этом отношении необходимо расценивать положительно для развития ТЭС с адиабатическим фазообразованием как более эффективных для развития отечественной и мировой энергетики [1—4].

Огромных трудностей и больших затрат стоило освоение в нашей стране более низкой, чем в прошлом в США, температуры пара в 565°C в блоках сверхвысокого давления в 150 и 200 Мвт в прошлой семилетке. Еще больших напряжений и дополнительных материальных затрат уже потребовали освоение и эксплуатация блоков в 300 Мвт на температуру пара в 560°C при закритическом давлении, введенных в эксплуатацию в прошлой семилетке, основных агрегатов текущей и последующей пятилеток.

В результате невозможности достижения проектных показателей работы таких блоков (по тепловой экономичности, числу часов использования установленной мощности, по надежности работы и себестоимости и другим показателям) в 1968 году, после многолетней работы таких блоков, принято решение временно снизить температуру пара в блоках закритического давления мощностью в 300, 500 и 800 Мвт до 540°C. Этим решением фактически подведены неутешительные итоги многолетнему этапу освоения и эксплуатации блоков в 300 Мвт с температурой пара в 560°C и ознаменовался переход отечественной энергетики, как это прежде произошло с энергетикой США и других стран, на низкую температуру пара в мощных блоках закритического и сверхвысокого давления пара. Еще более наглядным примером недостатков современного паросилового цикла может служить застой в снижении удельного расхода топлива за последние 5—6 лет в ряде развитых капиталистических стран и прежде всего в США — передовой энергетической стране мира. Насыщение энергетики США самыми мощными и современными блоками в мире не привело к ожидаемому снижению удельного расхода топлива в стране. За последние пять лет удельный расход топлива в энергетике США не только не понизился, но даже несколько возрос — с 361 г/квтч в 1963 году до 363 г/квтч в 1967 году.

В Англии за последние шесть лет значительный ввод мощных блоков также не обеспечил снижения удельных расходов топлива в стране, который стабильно остается на уровне 440—445 г/квтч.

Особенно примечательно то, что за рубежом произошла переоценка возможностей современных блоков. Теперь многие энергетики мира новые блоки рассматривают как последний этап развития классической теплоэнергетики перед заменой ее атомными электрическими станциями и МГД-установками, а также пришли к выводу о предельных возможностях — «потолке» современных блоков при невысокой температуре пара в 535—540°C. Потребовались огромные материальные затраты, многолетняя и многообразная деятельность по разработке, освоению и эксплуатации блоков сверхвысокой температуры пара, чтобы убедиться мировой энергетике в ошибочности развития таких блоков на сверхбарьерную начальную температуру пара. Такая «барьерная» температура современного паросилового цикла на 90—110°C оказалась ниже той, которую начали осваивать полтора десятка лет тому назад и на 150—200°C ниже той, которую предсказывали теплоэнергетики в прош-

лом на сегодняшнее время — 60—70-е годы. В этом заключается регресс современного паросилового цикла, абсолютная несостоятельность дальнейшего существенного технического прогресса теплоэнергетики на базе такого цикла и объективные условия для перевода теплоэнергетики на адиабатическое фазообразование как более прогрессивного пути развития теплоэнергетики.

Теперь особенно очевидна ошибочность рекомендаций ведущих научно-исследовательских организаций нашей страны — ЭНИН, ЦКТИ, ВТИ, МЭИ и др. по переводу отечественной энергетики на сверхвысокие температуры пара в 580—650°C, сделанных еще в пятидесятых годах. В этой связи стоит также напомнить неоправданный оптимизм участников совещания по паротурбинным установкам с адиабатическим парообразованием в ЭНИН в 1965 году в Москве (ЭНИН, ЦКТИ, ВТИ, МЭИ), которые утверждали о широкой перспективе дальнейшего повышения начальных параметров и тепловой экономичности современных отечественных блоков, отрицая на этом основании актуальность работ ТПИ по переводу энергетики на адиабатическое фазообразование. В основу перевода энергетики на блочные установки как за рубежом, так и в нашей стране в прошлом была положена технически и экономически неоправданная высокая термодинамическая эффективность современного паросилового цикла сверхвысокой начальной температуры пара, расчетные (теоретические) показатели работы таких блоков в базовой нагрузке без соответствующего глубокого анализа реальных возможностей осуществления и целесообразности реализации таких расчетных показателей блоков, без научно-обоснованных прогнозов и достаточного анализа новых проблем и путей их решения как по самим блокам, так и по энергосистемам и в стране в целом.

В обеспечении этого нового этапа развития теплоэнергетики в высоко развитых странах мира проделана огромная работа во всех направлениях, перед которыми меркнут масштабы и научные достижения прошлого периода. Однако ни высокий уровень организации научных исследований, ни невиданные в прошлом масштабы этих исследований, ни большие усилия эксплуатационного персонала ТЭС и энергосистем, монтажных, наладочных и других организаций и энергетической промышленности, ни высокий технический уровень развитых стран не позволили преодолеть недостатки современного паросилового цикла и реализовать высокую теоретическую эффективность цикла сверхвысокой температуры в 580—650°C и давлений в 300—350 *ата*, с которых начался новый этап развития энергетики в развитых странах мира.

Теперь хорошо известны трудности и недостатки развития блочных установок с современным паросиловым циклом, а также энергосистем и теплоэнергетики в целом.

1. Сроки освоения проектных показателей работы блочных установок оказались во много раз выше, чем это предполагалось и было принято при проектировании блоков. Блоки же с температурой пара свыше 560°C, с которых начался новый этап развития теплоэнергетики в развитых странах мира, оказались экономически нецелесообразными и технически неоправданными.

2. Небывало низкая в истории энергетики надежность работы блоков, недопустимо большая аварийность и малое число часов использования установленной мощности в течение многих и даже десятка лет, огромное недопроизводство электроэнергии, большие дополнительные капиталовложения в энергетику и убытки в промышленности в течение длительных сроков освоения и эксплуатации блочных установок.

3. Полная непригодность, непригодность и нецелесообразность работы блоков при переменном режиме и частичных нагрузках

резко ухудшает экономические показатели работы самих блоков, энергосистем и энергетики страны в целом, приводит к широкому использованию в пиковой и полубазовой нагрузке неэкономичных ТЭС прошлого периода постройки, специальных низкоэкономичных пиковых ТЭС, к невозможности снижения удельного расхода топлива в течение многих лет несмотря на интенсивное ежегодное увеличение блочной мощности в стране (США, Англия и др.).

4. Оптимизация эффективности блочных установок не предшествовала внедрению блоков, а производилась в подавляющем большинстве случаев и выявлялась в процессе освоения и эксплуатации блоков и растягивается на многие годы и еще не закончена до настоящего времени:

а) начальные параметры пара — внедрение блоков в прошлом — 12—15 лет тому назад началось с температуры пара в 600—650°C и давления в 300—350 *ата* с отказом от таких параметров и переходом на блоки с низкой температурой пара в последние годы;

б) развитие двухвалентных блоков с невысокой мощностью в 200—350 Мвт в начальный период и отказ от двухвалентных агрегатов до мощности в 800—900 Мвт (США, СССР) в настоящее время;

в) широкое использование дубльблоков прежде (СССР) и отказ от них в настоящее время и в перспективе;

г) чрезмерная многониточность паропроводов и многокомплектность вспомогательного оборудования в блоках большой мощности в начале и отказ и укрупнение — в новых блоках;

д) строительство сложных турбин с большим числом ступеней в прошлом и переход к более простым в последнее время;

е) усложнение тепловых схем в прошлом и упрощение их в ряде стран в настоящее время.

Такова объективная реальность развития современной теплоэнергетики, и она должна служить основой для оценки возможностей паротурбинных установок с адиабатическим фазообразованием, отрицательной позиции сторонников современного паросилового цикла к этой проблеме, а также для коренного пересмотра сложившейся ситуации с целью всемерного развития работ в этом направлении, реализации перехода энергетики на адиабатическое фазообразование.

Задержка перевода энергетики нашей страны на адиабатическое фазообразование приводит к огромному материальному ущербу, исчисляемому только за последние годы в миллиардах рублей перерасходованных средств в десятках миллионов тонн топлива, в недопроизводстве десятков миллиардов киловатт-часов электроэнергии, а также к большим убыткам в промышленности.

Перевод отечественной энергетики на адиабатическое фазообразование полностью подготовлен для всех типов паротурбинных установок как на органическом, так и на ядерном топливе и может осуществляться широким фронтом и быстрыми темпами со значительным снижением материальных затрат и с большой эффективностью в эксплуатации.

Перевод энергетики на адиабатическое фазообразование базируется на хорошо освоенном энергетическом оборудовании невысоких давлений пара обычных серийных турбин промышленных ТЭС, цилиндров среднего и низкого давления современных блоков, паропроводов и пароперегревателей невысокого давления) с одновременной организацией в энергомашиностроении производства специфических недорогих элементов таких установок с адиабатическим фазообразованием (одноступенчатых турбин с адиабатическим фазообразованием низкой температуры и давлением рабочего тела, котлов закритического давления низкой температуры рабочего тела — 375—385°C на выходе из котла с пароперегревателем низкого давления на современную температуру начально или вторично перегретого пара) с одновременным прекра-

щением выпуска современных котлов сверхвысоких и закритических параметров пара, турбинного оборудования в части закритического, сверхвысокого и высокого давления — цилиндров СКД, СВД и ВД, а также паропроводов на сверхвысокие и закритические параметры пара из высококачественных легированных сталей — металлоемких и дорогостоящих элементов современных блочных установок [1—5].

Перевод энергетики на адиабатическое фазообразование устраняет недостатки современного пути развития ТЭС как малой [8], так и большой мощности и, в частности, те, которые были перечислены выше.

Особенности энергоблоков, ТЭС и теплоэнергетики с адиабатическим фазообразованием:

1. Высокая тепловая экономичность энергетических блоков, превышающая расчетную тепловую экономичность современных блоков сверхвысоких и закритических давлений пара с барьерной начальной температурой пара в 540—560°C.

2. Широкая универсальность установок с адиабатическим фазообразованием по агрегатной мощности при высокой тепловой экономичности — от установок малой мощности в несколько Мвт до блоков огромной мощности до 800—900 Мвт в одновальном и до 1200—1500 Мвт в двухвальном исполнении.

3. Низкая удельная стоимость энергетического оборудования как особенно большой, так и малой мощности относительно современных паротурбинных установок: котельных агрегатов, паропроводов, турбоагрегатов.

4. Широкая потребность низкокачественных металлов высокоэкономичных блоков большой мощности — блоки углеродистой стали — малый расход легированных сталей — во много раз ниже современных блоков при одинаковой начальной температуре пара.

5. Высокая эксплуатационная надежность блоков — значительно меньшая аварийность основного оборудования по сравнению с современными блоками, относительная простота эксплуатации, сопоставимые в значительной степени с соответствующими показателями современных ТЭС среднего или высокого давления.

6. Высокая маневренность работы мощных блоков, целесообразность и эффективность работы в пиковом и переменном графике нагрузок (высокая мобильность, низкая стоимость, высокая надежность и тепловая экономичность) — большая универсальность блоков по режимам работы в энергосистемах, исключая необходимость использования неэкономичных ТЭС и создания специальных установок низкой тепловой экономичности для пиковых и переменных нагрузок, резкое повышение среднегодовой экономичности энергосистем и теплоэнергетики страны в целом.

7. Высокая тепловая экономичность ТЭС с адиабатическим фазообразованием малой и средней мощности, промышленных ТЭС и КЭС, пиковых и полупиковых ТЭС при значительном снижении материальных затрат на сооружение и эксплуатацию таких ТЭС при высокой надежности и мобильности их работы.

8. Высокая интегральная эффективность теплоэнергетики с адиабатическим фазообразованием — повышение надежности работы ТЭС, энергосистем и энергетики страны; резкое снижение среднего годового удельного расхода топлива в энергосистемах; значительный дополнительный прирост выработки электроэнергии в стране; повышение качества энергоснабжения в энергосистемах; резкое снижение первоначальных и текущих капиталовложений в развитие и эксплуатацию энергетики, снижение себестоимости производства энергии в энергосистемах; повышение производительности труда в энергетике и в энерго-

машиностроении; общий положительный эффект в развитии народного хозяйства и технического прогресса в стране.

Использование адиабатического фазообразования является также более эффективным в разрабатываемых новых циклах — в парогазовых ТЭС, в МГД-установках, а также при создании бинарных и тройных циклов на базе паросилового цикла и, особенно, в атомной энергетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Д. Лаврененко. Седьмой мировой конгресс энергетиков. Теплоэнергетика, № 8, 1968.
 2. В. Б. Пакшвер. Вопросы теплоэнергетики на VII Мировой энергетической конференции. Энергохозяйство за рубежом, № 5, 1968.
 3. В. Г. Жилин, А. М. Некрасов, А. С. Павленко. Энергетика СССР и ближайшие перспективы ее развития. Электрические станции, № 8, 1968.
 4. Д. Г. Жимерин. Проблемы развития теплоэнергетики СССР. Теплоэнергетика, № 8, 1968.
 5. С. В. Положий. Паросиловые установки с адиабатическим парообразованием. Изв. вузов СССР — Энергетика, № 1, 1965.
 6. С. В. Положий. Паросиловые циклы с адиабатическим парообразованием. Известия ТПИ, том 150, 1968.
 7. С. В. Положий. Испарители-генераторы паросиловых установок с адиабатическим парообразованием. Изв. ТПИ, том 150, 1968.
 8. С. В. Положий. Повышение эффективности промышленных электростанций посредством применения адиабатического парообразования. Изв. ТПИ, том 150, 1968.
 9. С. В. Положий. Состояние и перспективы научных исследований по проблеме адиабатического парообразования. Изв. ТПИ, том 150, 1968.
-