

## О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Проблемы безопасности энергетических объектов и их производственной деятельности, а также режимов эксплуатации объектов повышенной опасности взаимосвязаны, в научных исследованиях встречаются довольно редко. Проблемы безопасности энергетики необходимо рассматривать как по отдельным тепловым электростанциям (далее – ТЭС), отдельным регионам, так и в целом по стране. В то же время, это особенно важно с учетом концепции самообеспечения регионов энергоносителями, используя, прежде всего, местные ресурсы и энергосберегающие технологии, что также является составляющими безопасности. Рассмотрим отдельные аспекты этих взаимосвязанных проблем.

**1. Проблемы, связанные с работой ТЭС и утилизацией твёрдых отходов.** При сжигании на украинских ТЭС около 30 млн т натурального топлива в год выход золошлаков составляет около 10 млн т. Занимая сотни гектаров земельной площади неподалеку от крупных ТЭС, золоотвалы являются постоянно действующими загрязнителями почвы, грунтовых вод и атмосферы. Золоотвалы построены по остаточному принципу, как вспомогательные сооружения, без гидроизоляции подошвы и без средств подавления пылений намывной части золоотвала. Имея многокилометровые ограждающие дамбы из насыпного грунта проектной высотой 20 м и более, золоотвалы, в силу многих причин, переполнены по сравнению с проектной ёмкостью в несколько раз и, как показал печальный опыт эксплуатации Роздольского, Куреневского и других хранилищ жидких и полужидких отходов, в условиях длительной эксплуатации они являются сооружениями повышенной опасности. Нерациональное использование земельных угодий, ветровое запыление больших территорий, угроза прорыва ограждающих дамб, прочность которых трудно гарантировать, – всё это может привести к катастрофическим последствиям и требует принятия неотложных мер как по самим золоотвалам, так и по утилизации золы и сокращению объемов ее складирования. Это тем более необходимо, учитывая то, что в действующих и нерекультивированных золошлакоотвалах ТЭС накоплено свыше 100 млн т вредных отходов.

Еще в начале 90-х годов прошлого столетия ТЭС Украины отгружали потребителям стройиндустрии около половины образующейся в процессе сжигания топлива золы, а сейчас – менее 5 %. Разработанная и поэтапно внедрявшаяся программа утилизации золы перестала существовать ещё в начале нового тысячелетия. В силу ряда причин и, прежде всего, из-за отсутствия государственного подхода к ее утилизации зола стала обузой для предприятий стройиндустрии и они отказались от ее использования.

Утилизация золы в сухом виде является неотъемлемой частью технологического процесса угольных ТЭС стран Евросоюза, США и других промышленно развитых стран мира, соблюдающих нормы и требования безопасности производства и экологии. Энергокомпаниями Германии и других стран в тарифе на электроэнергию заложена плата предприятиям, использующим золу, а также гипс, образующийся в процессе сероочистки дымовых газов ТЭС. В Украине же достаточно хорошо работавшие установки для сбора и отгрузки сухой золы Бурштынской, Ладыжинской и других ТЭС, отгружавшие потребителям до 250 тыс. т сухой золы в год, многие годы практически простаивают.

**2. Проблемы маневренности энергосистемы и создание регулировочных мощностей.** За последние годы в связи со значительной долей выработки электроэнергии на атомных электростанциях (далее – АЭС), работающих из условий ядерной безопасности в базисе, обострились проблемы маневренности энергосистемы Украины. В полупиковую и даже в пиковую область графика электрических нагрузок вынуждено перешли неприспособленные к такой работе угольные энергоблоки ТЭС, что негативно сказалось на их состоянии, работоспособности и, естественно, безопасности. Резко ухудшились производственные и технико-экономические показатели энергетики. Кроме того, как объекты повышенной опасности (ОПО), какими являются ТЭС, они эксплуатируются в непроектных режимах.

Для угольных энергоблоков, составляющих основу тепловой энергетики Украины (82 энергоблока из 104), выполнение роли маневренных мощностей, кроме значительного дополнительного износа оборудования, – это дополнительные потери топлива, особенно при уменьшении количества находящихся в работе энергоблоков в 2...3 раза по сравнению с их наличием на ТЭС, что значительно повысит стоимость киловатт-часа. По имеющимся данным, КПД ТЭС снизился с 36...38 % до 25...28 %. Складывается парадоксальная ситуация – АЭС постоянно работают с максимальной нагрузкой в целях экономии органического топлива, тем самым вызывая его значительную дополнительную потерю на ТЭС (до 2-х млн т в год).

Нам крайне необходимы ещё 2,5...3 млн кВт регулировочной мощности (порядка 10 % действующих энергомошностей), которыми наряду с гидро- и гидроаккумулирующими являются газотурбинные и парогазовые электростанции. Они дадут возможность обеспечить безопасную работу АЭС, включая ввод двух строящихся энергоблоков Хмельницкой АЭС, и создадут регулировочный диапазон мощности в энергосистеме Украины.

**3. Проблемы безопасной и эффективной работы газотранспортной системы (ГТС).** Свыше 400 газоперекачивающих агрегатов (далее – ГПА) магистральных газопроводов имеют КПД не более 20 %, в то время как современные зарубежные и новые образцы отечественных ГПА в 2 раза экономичнее и значительно безопаснее. Замена устаревших ГПА на современные у нас практически не производится. Зачастую газотурбинный привод заменяется на элетрический, что ставит надёжность работы ГТС в прямую зависимость от состояния энергосистемы, в то время как газотурбинный привод обеспечивает автономную работу ГТС). Так, например, за последние 12 лет в Украине заменено 6 ГПА, а в России – свыше ста. Половину своих ГПА поменяли Туркменистан и Узбекистан. Основным поставщиком ГПА и стационарных газотурбинных установок (далее – ГТУ) является Николаевское производственное объединение «Заря-Машпроект», продукция которого по сравнению с зарубежными аналогами дешевле. Замена и относительно малозатратная модернизация ГПА с более глубоким использованием тепла выхлопных газов газотурбинных двигателей может дать экономию более 1 млрд м<sup>3</sup> газа в год и, наряду с другими изложенными предложениями, повысит энергетическую безопасность Украины. Таких примеров эффективного энергосбережения при сравнительно невысоких затратах можно привести немало. Естественно, что внедрение энергосберегающих технологий должно стимулироваться тарифной и налоговой политикой государства.

**4. Использование новых технологий сжигания твёрдого топлива и использование местных видов топлива.** Одним из путей выхода из кризисного состояния энергетики следует считать применение как на ТЭС, так и на энергообъектах промышленной и коммунальной энергетики новых технологий экологически чистого сжигания угля. К ним относятся, прежде всего:

- применение водоугольных суспензий;
- применение технологий циркулирующего кипящего слоя (далее – ЦКС) и такой его разновидности, как высокотемпературный ЦКС по разработке ЦКТИ-Петрокотёл (Санкт-Петербург);
- внутрицикловая газификация угля и др.

При этом необходимо учитывать приоритетность развития угольной энергетики. Благодаря ряду новых технологий, создаются предпосылки для широкомасштабного использования низкокачественного угля, отходов его обогащения и бурого угля. Использование бурого угля открытых разработок в малой энергетике при значительных разведанных его запасах может стать альтернативным источником энергии в отдельных регионах. Учитывая дефицит энергоносителей, в том числе и энергетические марки каменного угля, наращивание добычи бурого угля могло бы способствовать сбалансированию топливоэнергообеспечения на местном (региональном) уровне. Расчеты показывают, что при наращивании добычи и использовании бурого угля как вспомогательного энергоносителя можно уже в ближайшие годы построить до десятка небольших (50...100 МВт) электростанций непосредственно в местах его открытой добычи. Тем самым можно в определенной степени уменьшить дефицит энергетического угля в стране и затраты на развитие его добычи, что будет способствовать решению насущной задачи децентрализации энергосистемы Украины.

**5. Применение газотурбинных, парогазовых установок и когенерации.** За счет высвобождаемого в результате осуществления мероприятий по энергосбережению природного газа, начиная с 2013 г., можно постепенно решить проблему создания минимально необходимой маневренной мощности ГТУ (парогазовых установок (далее – ПГУ)), уменьшения расходов топлива на ТЭС и, соответственно, сокращения выбросов вредных веществ и повышения промышленной безопасности теплоэнергетики. КПД ПГУ достигает 54 % и их применение, как показывает опыт европейских стран (в том числе и Беларуси), в большинстве своём не добывающих природный газ, даст значительный эффект в целом по топливо-энергетическому комплексу (далее – ТЭК). Обновлению энергетики Украины будет способствовать масштабное внедрение различных схем когенерации, учитывая большой зарубежный опыт их использования.

**6. Предотвращение крупных аварий в Объединённой энергосистеме (далее – ОЭС) Украины.** Уже свыше 20 лет практически не обновляется теплоэнергетическая отрасль, которая раньше была предметом нашей гордости. И это весьма небезопасно, т. к. более 80 % энергоагрегатов отработали расчётный ресурс, составляющий ни много ни мало – 100 тыс. часов наработки при весьма высоких параметрах пара, и требуют глубокой модернизации или замены. Отсутствие в течение длительного времени финансирования на модернизацию и реконструкцию тепловой энергетики в условиях, когда исчерпан проектный ресурс энергооборудования, является одной из определяющих причин нарастающей аварийности энергооборудования.

О том, что это не пустые слова, свидетельствуют как крупнейшие за всю историю тепловой энергетики Украины аварии на Запорожской ТЭС ПАО «Днепроэнерго» и на Угледорской ТЭС ПАО «Центрэнерго», так и менее резонансные, но достаточно тяжёлые аварии для ТЭС и отдельных регионов. Эти аварии должны быть тщательно изучены и проанализированы не только в научно-техническом плане, но и на государственном уровне, так как уровень опасности таких аварий очень высок и может привести к развалу ОЭС Украины с отделением от энергосистем сопредельных стран, с которыми мы связаны линиями электропередач. За последние десятилетия подобные аварии неоднократно имели место в Европе, США и Канаде с обесточиванием огромных территорий и миллионов потребителей, включая крупные промышленные комплексы, имеющие в своём составе опасные производства, для которых потеря энергоснабжения недопустима. Проанализируем эти аварии подробнее.

6.1. Авария с полной остановкой Запорожской ТЭС (ЗТЭС) произошла в разгар ответственного для энергетиков периода – зимнего максимума электрических нагрузок 2011/2012 гг., когда каждый энергоблок на счету. Из-за разрыва напорного циркуляционного водовода системы охлаждения конденсаторов одной из турбин ЗТЭС, что явилось причиной просадки грунта и привело к повреждению циркуляционных трубопроводов остальных энергоблоков, эти энергоблоки также были выведены из строя. В результате остановки ЗТЭС возникли проблемы в работе Запорожской АЭС (ЗапАЭС), которые были оперативно устранены благодаря умелым действиям персонала обеих электростанций. Запорожская ТЭС возобновила свою работу только в конце зимы 2012 г. Ни в проектных решениях, ни в противоаварийных мероприятиях подобная авария даже не рассматривалась не только относительно каждой из электростанций, но и относительно крупнейшего взаимосвязанного энергокомплекса в целом, составляющими которого являются ЗТЭС и крупнейшая в мире ЗапАЭС. Произошедшее стало неожиданностью для энергетиков, потому что этот технический узел считался абсолютно надёжным, никак не диагностировался и даже не подвергался периодическому осмотру. Кстати, подобные заявления об абсолютной надёжности того или иного энерго(гидро)узла мы слышим от энергетиков и гидротехников постоянно.

К сожалению, не была создана государственная комиссия по расследованию этой аварии, и всё свелось к тому, что это – авария местного значения. Хотя по всем критериям – это системная авария с большим объёмом восстановительных работ, занявшим несколько

месяцев. К счастью, она обошлась без человеческих жертв, в отличие от аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. Убытки от аварии на ЗТЭС не установлены официально, однако по оценкам энергетиков составили около 100 млн грн.

Обращает на себя внимание и тот факт, что после вывода из строя восьми газомазутных энергоблоков по 800 МВт каждый на ЗТЭС и УТЭС ещё 15 лет тому назад, не была проанализирована опасность потери устойчивости этих мощнейших энергоузлов, т. к. возросла вероятность их посадки на ноль из-за уменьшения количества работающих блоков с семи до одного – трех, и, соответственно, выдаваемая мощность уменьшилась в несколько раз – с 3600 МВт до 300...900 МВт по каждой из них. При этом для ЗапАЭС не учитывалась опасность перегрузки автотрансформатора связи между подстанциями 330 кВ обеих электростанций. Это же касается и взаимосвязанной схемы технического водоснабжения ЗТЭС – ЗапАЭС.

Вызывает также сомнение надёжность выдачи мощности этого энергоузла воздушными высоковольтными линиями (далее – ВЛ), проходящими через Каховское водохранилище. За последнее время уровень перепада суточных и недельных температур, другие климатические аномалии, особенно ураганные ветры, стали довольно частыми в Украине, что не могло быть учтено в проектных решениях тридцатилетней давности и должно быть подвергнуто полной ревизии с внесением необходимых коррективов. Это же касается и последствий образования наледи на ВЛ. Всё это усиливает тревогу по поводу устойчивой работы высоковольтных линий и Объединённой энергосистемы Украины в целом.

6.2. Авария с пожаром на Угледорской ТЭС (УТЭС), которая произошла 29.03.2013 г., началась, как подтверждают специалисты Центрэнерго, с одного из самых уязвимых мест электростанции, работающей на высокорезакционных газовых и длиннопламенных углях. Речь идёт о системе пылеприготовления с промежуточным бункером, который в силу устаревших проектных решений 80-х годов прошлого столетия практически не имеет температурного контроля или других средств безопасности и защит. Этот органический недостаток характерен для всех пылеугольных энергоблоков ТЭС Украины и особенно опасен для тех из них, которые сжигают высокорезакционный уголь. К ним относятся крупнейшие ТЭС – Бурштынская (12x200 МВт), Запорожская (4x300 МВт), Ладыжинская (6x300 МВт), Угледорская (4x300 МВт) и Добротворская (2x150 МВт).

Именно из-за взрыва воспламенившейся пыли в бункере энергоблока № 2 УТЭС и выброса нескольких сот тонн горячей пыли в

главный корпус начался пожар в бункерно-деаэрационной этажерке, который распространился на машинный зал электростанции, где расположены большие ёмкости турбинного масла. В результате образования вторичных очагов возгораний, обрушились фермы и бетонные перекрытия машинного зала. Пожар, который продолжался более 6 часов, был в основном подавлен силами 23 пожарных расчётов. Хотя истинный объём повреждений, ущерба, как и причины аварии, пока ещё устанавливаются государственной комиссией, уже сейчас ясно, что электростанция выведена из строя на длительное время. Для расчистки завалов, определения состояния оборудования, проведения восстановительных работ с вводом в строй одного-двух энергоблоков потребуется минимум полгода и свыше 200 миллионов гривен бюджетных ассигнований.

Давно назрела необходимость отказаться от порочной практики применения в системах с использованием высокорекреационного угля пылесистем с шаробарабанными мельницами и промежуточным бункером, которые были позаимствованы из проектных решений по сжиганию на ТЭС Донбасса низкорекреационных антрацитов и тощих углей. Вместо них предлагается перейти на размол угля среднеходными мельницами по схеме прямого вдувания угольной пыли в топку котлоагрегата. Подобное предложение выдвигалось ещё на заре освоения сжигания газовых и длиннопламенных углей в Украине на Бурштынской ТЭС в 70-е годы прошлого столетия, когда пылесистемы взрывались чуть ли не каждый день, правда, без тяжёлых последствий. Тогда было предложено осуществлять сушку угля при его размолу в пылесистемах дымовыми газами котлоагрегата вместо горячего воздуха. Взрывы практически полностью прекратились.

В дальнейшем аналогичные схемы подачи дымовых газов были применены на всех вышеперечисленных электростанциях, хотя кардинально проблема безопасной эксплуатации ТЭС на высокорекреационных углях не была решена. Одной из причин применения пылесистем с промежуточным бункером являлось то, что в Советском Союзе не было налажено производство среднеходных мельниц, а шаробарабанные мельницы производились любых типоразмеров. Несмотря на настойчивые рекомендации специалистов, проблему сжигания высокорекреационного угля с применением среднеходных мельниц по схеме прямого вдувания пыли в топку котлоагрегата утопили в бесконечных дискуссиях.

Единственное, что удалось сделать, – установить среднеходные мельницы и обеспечить прямое вдувание угольной пыли в топку на энергоблоке 150 МВт Добротворской ТЭС и сделать проектные проработки для энергоблока 200 МВт Бурштынской ТЭС. Настало время

вернуться к этой проблеме, которая успешно решена за рубежом. Естественно, что с наскака эту проблему не решить, нужны время и ресурсы, большие ресурсы, если мы хотим привести отечественную энергетику в соответствие с евростандартами, как это сделали наши бывшие партнёры по СЭВ. Необходимо осуществить программу перехода вышеперечисленных ТЭС на схему прямого вдувания везде, где это возможно по компоновочным решениям.

Что касается сиюминутных решений, то необходимо разработать и ускоренным темпом реализовать малозатратные оргтехмероприятия по безопасной эксплуатации, прежде всего, бункеров пыли как очагов возгораний, потенциальных взрывов и пожаров на ТЭС. Учитывая то, что определённую роль в возникновении аварии на УТЭС и её тяжёлых последствиях сыграл человеческий фактор, к ним относятся:

- доработка и усовершенствование эксплуатационных инструкций по пылесистемам и противоаварийных инструкций с учётом произошедшей аварии и пожара с обучением и тренировками оперативного персонала;

- безопасная эксплуатация бункеров пыли, чему следует уделить особое внимание, в части: установки дистанционного температурного контроля, как в приёмных карманах питателей пыли, так и в верхней части бункера пыли с регистрацией измерений и сигнализацией с тем, чтобы исключить возможность самовозгорания пыли; установки не менее двух дистанционных измерителей уровня пыли в бункере; недопущения длительного простоя питателей пыли и регулярного полного срабатывания бункера пыли с его осмотром и очисткой от возможных очагов возгораний; проверки герметичности бункера пыли и т.п. Дополнительно необходимо определить величины уставок сигнализации о повышении температуры пыли в бункере и защиты на отключение пылесистем по этому же показателю;

- необходимость дать оценку руководству и технической политике ТЭС, региональных энергокомпаний и Энергетической компании Украины по обеспечению промышленной безопасности энергетических объектов. По мнению многих энергетиков, они крайне недостаточны и не соответствуют тем задачам, которые стоят перед энергетикой страны. В основном всё сводится к проблеме финансовых ресурсов.

- необходимость активизировать работу научно-технических советов по разработке и выполнению мероприятий по злободневным вопросам эксплуатации энергетического оборудования.

К сожалению, за последние 15...20 лет к руководству в энергетике на всех уровнях пришли малокомпетентные, а зачастую и случайные люди.

Назрела необходимость создания межведомственной группы высококвалифицированных специалистов-энергетиков различного

профиля, а также учёных, которые занимаются проблемами промышленной безопасности и техногенных катастроф, для анализа и предотвращения возможности возникновения аналогичных критических ситуаций, в первую очередь в ОЭС Украины. Мировой опыт относительно неоднократного обесточения крупнейших регионов США, Великобритании, Австралии, Франции и других стран, а также аварий на Саяно-Шушенской ГЭС, АЭС «Фукусима-1», Чернобыльской АЭС и многих других генерирующих источниках, включая проанализированные в данной статье, дает нам чёткие сигналы о том, что излишнего внимания к опасностям техно-технологического характера в энергетике не бывает, а есть только их недооценка.

Как видно из вышеизложенного, решение насущных проблем промышленной безопасности энергетики в современных условиях носит глобальный характер. Научно обоснованные и оптимизированные решения насущных проблем надёжности, экономичности, продления ресурса, а также промышленной и экологической безопасности энергетики в комплексе позволили бы повысить её эффективность. Необходимо ускорить принятие 10-летней программы реконструкции и технического переоснащения украинской энергетики, обеспечив её реализацию необходимыми ресурсами.

Комплексное решение изложенных проблем позволит обеспечить надёжную и безопасную эксплуатацию ОЭС и энергетического комплекса Украины в целом на длительный период.

*Дата подання статті до збірника – 09.04.2013*