

# Подготовка энергетических компаний к нестабильному производству электроэнергии

А. А. Троицкий – ООО «Турбомашины»

## In brief

### Preparing the utilities for the uncertainties in the electricity markets.

The decarbonisation targets of the EU and various other countries around the world are changing the electricity landscape.

Many transmission system operators and utilities are already facing increasing problems with balancing the intermittency of renewable energy sources.

Electricity market mechanisms are under development.

This article highlights the role of gas and liquid fuel burning generation technologies, how they should be evaluated and how they fit in with other type of generation in this new changing landscape. It provides new ideas and increased understanding of the technical parameters to be used to prepare feasibility studies and integrated resource plans.

Мероприятия по снижению выбросов парниковых газов, предпринимаемые различными странами, заметно изменяют ситуацию на рынке производства электроэнергии. Большинство операторов энергосетей и энергетических компаний сталкиваются с проблемой, связанной с поддержанием баланса в энергосистемах, где присутствует значительное количество электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии. Рентабельность производства тепловой энергии снижается в связи с сокращением периода эксплуатации оборудования, а также с более низкими ценами на электроэнергию, которая может использоваться для электрооборудования.

Разрабатываются новые механизмы регулирования рынка для обеспечения более гибкого производства электроэнергии. ЕС прилагает значительные усилия для создания единого европейского энергетического рынка. Кроме того, сегодня достаточно сложно прогнозировать доступность природного газа в будущем и его стоимость. Что касается использования угля, в перспективе планируется применять значительные штрафы по эмиссии с целью обеспечения его конкурентоспособности. Все эти факторы заметно влияют на выбор стратегии компаний на рынке по расширению или замене энергетических мощностей.

В данной статье рассматриваются технологии использования природного газа и жидкого

топлива для выработки энергии в условиях нестабильности энергетических рынков, а также в энергосистемах с источниками энергии других типов. Представлены новые идеи и более широкое понимание технических характеристик оборудования, использующихся при подготовке технико-экономического обоснования и планов развития. Показано, какими различными могут быть результаты моделирования в зависимости от параметров, используемых для расчетов.

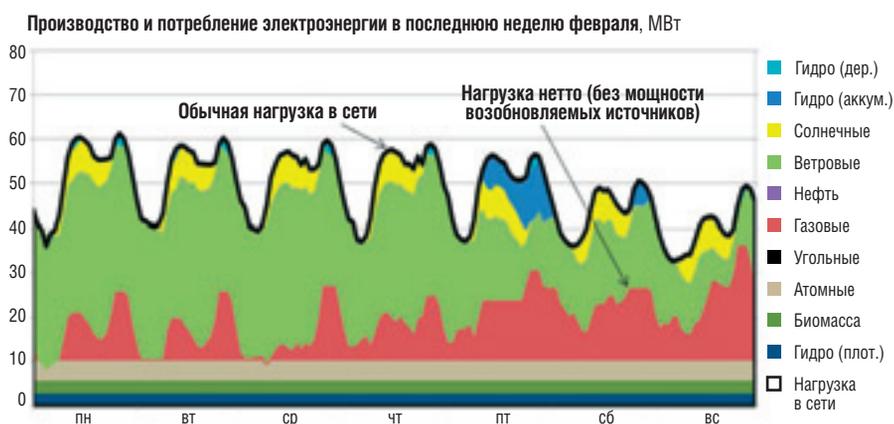
## Выбор энергетического оборудования

Потребности в электроэнергии во всех регионах мира стремительно растут. Соответственно, увеличивается и колебание средней нагрузки в сети в дневной и ночной периоды.

Использование в энергосистеме большого количества электростанций, работающих на возобновляемых источниках, делает прогноз потребностей в электроэнергии все более проблематичным. Даже если известен уровень общего потребления электроэнергии, колебания нагрузки в сети растут. В связи с этим все более очевидной становится необходимость замены энергоблоков, работающих в базовом режиме, оборудованием для гибкого производства энергии. На рис. 1 показан график изменения нагрузки в энергосистемах стран, где активно применяются возобновляемые источники энергии и приняты программы их активного развития на период до 2020 года.

В настоящее время на нерегулируемых рынках независимые производители энергии не несут ответственности за надежную поставку электроэнергии – эта обязанность ложится на государственные компании. Однако эксперты прогнозируют повышение ответственности независимых производителей за надежность и бесперебойность поставки энергии путем

Рис. 1. Различие между общей и номинальной нагрузкой в энергосистеме с большим количеством электростанций, работающих на возобновляемых источниках (на примере энергосистемы Испании, прогноз на 2020 г.)



введения новых правил, требований и стимулов.

К сожалению, поскольку энергетические рынки в большинстве своем уже сложились, имеется недостаточно стимулов для генерирующих компаний инвестировать в создание гибких энергосистем или резерва для покрытия пиковых потребностей в системе. Это обусловлено тем, что цены на электроэнергию для покрытия пиковых потребностей заблокированы, и в то же время оплата дополнительных услуг и резервных мощностей достаточно низкая.

Проблема здесь заключается в том, что энергетические компании не рассматривают никаких других возможностей по созданию гибкого резерва в сети, кроме традиционных мощностей, работающих в базовом режиме. Для оптимального использования инвестиций операторы должны быть готовы к внедрению гибких энергосистем с применением значительного количества электростанций на возобновляемых источниках.

Традиционные энергоблоки, работающие в базовом режиме на природном газе, в перспективе не будут такими же рентабельными, как сейчас. Это обусловлено ростом цен на газ и снижением стоимости электроэнергии на оптовом рынке, что связано с выработкой ее в сеть электростанциями на возобновляемых источниках при субсидировании их государством. Стоимость угля и лигнита значительно ниже стоимости газа, и работа угольных станций в базовом режиме достаточно рентабельна. Однако проблема заключается в том, что время эксплуатации в базовом режиме резко снижается, а оборудование угольных электростанций не способно эффективно работать с частыми пусками и остановами.

Роль природного газа в европейских странах изменяется. Все чаще он используется в качестве топлива для резервных электростанций, которые поддерживают энергетический баланс в сети. При этом необходимо гарантировать техническую и экономическую возможность газового оборудования работать в качестве горячего резерва (быстрый пуск и останов, гибкое реагирование на изменение нагрузки в сети) для поддержания баланса. Нужны также новые рыночные механизмы и государственная поддержка для активизации деятельности в данном направлении.

### **Потребности энергетических компаний**

В данном случае под термином «энергетическая компания» понимается организация, продающая электроэнергию или тепло промышленным потребителям, жилому сектору и др. Такие компании работают как на регулируем

ых, так и на нерегулируемых рынках: условия ведения бизнеса в этом случае в значительной степени зависят от состояния рынка, на котором они работают.

Трудности работы компаний, рассмотренные в данной статье, относятся в первую очередь к нерегулируемым, конкурентным рынкам. Однако независимо от того, на каких рынках работают компании, их основные цели практически одинаковы, и они сводятся к следующему:

- повышение дохода путем выработки электрической и тепловой энергии, холода, продажи карбон-кредитов, обеспечение работоспособности сетей, максимальное использование генерирующих мощностей (эффективная работа оборудования в наиболее выгодные часы);
- сокращение эксплуатационных расходов (топливо, оплата труда, страхование, стоимость привлечения капитала), оптимизация использования существующих ресурсов и активов;
- сокращение рисков путем управления краткосрочными рисками (строительство и эксплуатация оборудования), управление долгосрочными и планируемыми рисками (законодательство, рыночные цены, конкуренция, новые технологии);
- обеспечение лояльности клиента через создание положительного имиджа компании и надежное энергоснабжение по конкурентным ценам.

Важнейшим условием эффективной работы компании на энергетическом рынке является соответствие эксплуатационных параметров станции требованиям рынка. В данной статье не обсуждаются рыночные механизмы и пути повышения дохода компании. Это в большей степени зависит от того, на каком рынке и в какой стране она работает. Основное внимание уделено сокращению эксплуатационных расходов, максимальному использованию активов и управлению рисками.

### **Сокращение эксплуатационных расходов**

Кроме увеличения доходов, необходимо и сокращение эксплуатационных расходов, которые складываются из фиксированных и переменных затрат. Структура затрат варьируется в зависимости от используемых технологий, профиля работы, количества рабочих часов в год, а также срока службы оборудования.

Для электростанций, работающих на ископаемых видах топлива в базовом режиме (более 8000 ч/год), стоимость топлива составляет самую большую часть эксплуатационных расходов. Для пиковых или резервных электро-



**Рис. 2.**  
Сравнение структуры эксплуатационных затрат в течение 15 лет для газопоршневой электростанции, работающей в базовом режиме (8750 ч/год), и пиковой ГПЭС (500 ч/год)

станций (500...1000 ч/год) большую часть составляют капитальные затраты и другие фиксированные расходы (рис. 2).

Это означает, что при расчете эксплуатационных затрат на полупиковую электростанцию, которая используется для поддержания баланса в сети (1000...4000 ч/год), необходимы другие критерии, чем при расчете расходов на станции, работающие в базовом режиме (4000...8760 ч/год), или пиковые (100...1000 ч/год).

В перечень эксплуатационных расходов газовой электростанции входит:

- инвестиционный кредит и финансирование за счет собственных средств;
- топливо, договоры на поставку и хранение топлива (фиксированные затраты);
- вода, химикаты, смазочные материалы;
- запчасти и техническое обслуживание;
- обслуживание в эксплуатации и фиксированные административные затраты;
- санитарное обслуживание станции (вывоз мусора, уборка помещений);
- собственные нужды (расход электроэнергии на поддержание станции в резервном режиме);
- страхование, получение необходимых разрешений и согласований;
- налоги на выбросы углекислого газа, утилизация отходов.

### Максимальное использование мощностей

Энергетическое оборудование обеспечивает доход только при работе в базовом режиме или в резерве. После принятия решения о реализации проекта и его инвестировании, после создания рабочего проекта необходимо подготовить станцию к коммерческой эксплуатации как можно быстрее.

После ввода электростанции в эксплуатацию важно, чтобы все параметры оборудования

поддерживались на оптимальном уровне. Чтобы устранить возможность снижения рабочих характеристик, нужно проводить техническое обслуживание в строго установленные сроки. Необходимо также обеспечить максимальную надежность работы оборудования, чтобы собственники не теряли возможную прибыль в пиковые периоды потребления электроэнергии.

Значительным конкурентным преимуществом является возможность технического обслуживания одного из энергоблоков станции без останова остальных. Для этого необходима многоблочная конструкция станции с последовательной программой обслуживания энергоблоков.

К основным факторам, обеспечивающим максимальное использование мощностей и повышение дохода, относятся:

- более короткий период проектирования и строительства, что обеспечивает оперативный ввод электростанции в коммерческую эксплуатацию;
- сокращение времени простоя для технического обслуживания и более высокий коэффициент использования установленных мощностей благодаря высокой надежности и готовности оборудования к эксплуатации;
- гибкий график технического обслуживания, который предусматривает простои оборудования в «непиковые» часы.

Многоблочная конструкция станции позволяет поэтапно проводить техническое обслуживание, что обеспечивает стабильную работу оборудования и гарантированную выдачу мощности в сеть.

### Управление рисками

#### Риски, связанные с разработкой и реализацией проекта

При инвестировании в строительство новых генерирующих мощностей существует несколько факторов риска, которые необходимо принимать во внимание для обеспечения гарантированного ввода станции в коммерческую эксплуатацию.

Первостепенной задачей при реализации данных проектов является создание грамотной технической спецификации, гарантирующей, что эксплуатационные параметры станции будут полностью соответствовать потребностям компании. Для этого нужно четко понимать, как энергетический рынок, а также бизнес-окружение будут развиваться в перспективе.

Необходимо также иметь представление о том, какие виды энергетического оборудования и технологии присутствуют на рынке и

какие из них обеспечат оптимальную работу станции в условиях конкретного рынка.

После выбора оптимальных технологий, оборудования и поставщика компания сталкивается с рисками, связанными с разработкой проекта, получением необходимых разрешений, закупкой оборудования и строительством.

Чтобы обеспечить готовность станции к коммерческой эксплуатации в соответствии с планом, компания должна четко обозначить ответственность всех участников, с применением обоснованных штрафов за нарушение сроков и этапов реализации проекта. Применение необоснованно высоких штрафов к поставщикам и генподрядчикам приведет только к увеличению стоимости проекта, но не обеспечит приемлемого решения.

После готовности станции к коммерческой эксплуатации нужно убедиться в том, что эксплуатационные параметры оборудования полностью соответствуют указанным в технических спецификациях. Для этого необходимо проведение приемочных испытаний. Несоответствие технических характеристик оборудования, указанных в контракте/закупочных спецификациях, также должно регулироваться обоснованными штрафами.

### Эксплуатационные риски

Для надежной работы электростанции необходим квалифицированный персонал, регулярное техническое обслуживание оборудования, своевременная поставка запасных частей, топлива и других расходных материа-

лов. Высокая надежность оборудования является ключевым фактором для обеспечения стабильной и доходной работы энергетической компании на рынке и получения максимальной прибыли.

Другой фактор повышения надежности работы станции – использование многоблочной конструкции. В результате устраняется риск невыдачи гарантированной мощности в аварийных ситуациях или простоя оборудования во время технического обслуживания (рис. 3).

Снижение мощности и других эксплуатационных параметров станции в результате изменения атмосферных условий также является очень важным фактором, который необходимо учитывать при оценке эксплуатационных рисков. Нужно иметь в виду, что ГТУ крайне чувствительны к снижению плотности подаваемого воздуха, а для паротурбинных установок необходимы системы охлаждения. При повышении температуры окружающего воздуха снижается мощность и КПД электростанций на базе газотурбинных и паротурбинных установок.

Кроме того, необходимо учитывать, что параметры энергетического оборудования могут снижаться и в процессе эксплуатации. Большинство производителей и поставщиков оборудования дают гарантии при условии заключения с ними дополнительных соглашений на проведение технического обслуживания в процессе эксплуатации.



Рис. 3. Влияние многоблочной конструкции станции на готовность к эксплуатации и выдачу гарантированной мощности

**Топливные риски**

Как указывалось выше, стоимость топлива является основной составляющей в структуре затрат электростанции, работающей в базовом режиме. С другой стороны, эта статья является самой непредсказуемой и может меняться в перспективе. Если электростанция достаточно гибкая, т.е. может работать на различных видах топлива, — риск минимальный. Другой альтернативой является наличие мощностей в системе, использующих различные виды топлива. Это дает возможность задействовать наиболее эффективные мощности, с точки зрения цены на топливо, для выработки энергии.

В самых худших случаях может сложиться ситуация, при которой станция будет остановлена, если необходимое топливо недоступно. В ряде стран газовая инфраструктура еще только создается, и сроки начала гарантированной поставки газа неизвестны. Многотопливные электростанции являются в данной ситуации оптимальным решением проблемы. Даже при надежной поставке газа из газопровода или в сжиженном виде использование многотопливной концепции может стать дополнительной страховкой на случай резкого повышения цены на газ.

**Риски, связанные с потреблением воды**

Потребление воды является в настоящее время еще одной причиной для беспокойства, которая в ближайшей перспективе станет одной из самых критичных. В ряде стран уже сейчас приняты ограничения по использованию воды на электростанциях. Они касаются строительства градирен, объемов потребления воды, а также уровней температуры возвратной воды при использовании неочищенной воды.

Ограничения могут проявляться в форме вынужденного вывода старых электростанций из эксплуатации, принудительном переоборудовании систем охлаждения или введении дополнительных налогов и сборов в зависимости от того, какой объем воды используется электростанцией. В настоящее время все более конкурентоспособными становятся электростанции с малым или нулевым потреблением воды. **D**

*Окончание в следующем номере.*

*Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на конференции PowerGen Europe' 2014, г. Кельн (Германия), с согласия компании PennWell*

**Для Устьюртского газохимического комплекса в Узбекистане поставлены газотурбинные установки Siemens.**

Корейские компании Samsung Engineering, GS Engineering и Hyundai Engineering приступили к активной фазе строительства технологической части Устьюртского ГКХ на северо-западе Узбекистана. Для компримирования природного газа Siemens изготовила четыре компрессорные установки SGT-400 мощностью по 13,4 МВт. На предприятии будут поставлены также паротурбинные компрессорные агрегаты для производства этилена.

Обеспечивать комбинат электрической и тепловой энергией будет электростанция на базе трех SGT-700. Общая электрическая мощность ГТЭС составляет 90 МВт, тепловая — 120 МВт. Энергоблоки имеют цеховое исполнение. Ввод станции планируется в текущем году.

**Компания «ПСМ» изготовила ДЭС для нефтяного месторождения в Иркутской области.**

Шесть агрегатов суммарной мощностью 1,5 МВт будут снабжать электроэнергией буровой комплекс Дулисьминского месторождения (Восточно-Сибирская управляющая компания).

Дизельные электростанции серии Perry на базе двигателей Perkins будут основным источником энергии для месторождения. Мощность энергоблоков составляет от 200 до 400 кВт. Четыре ДЭС ADP-200 оснащены генераторами производства Mecc Alte, а ADP-320 и ADP-400 — Stamford.

Выбранные для проекта двигатели, имеющие повышенную нагрузочную способность, могут работать в суровых сибирских условиях. Установки ПСМ будут выдавать энергию в режиме основного источника, поэтому они снабжены системой управления первой степени автоматизации.

Все ДГУ помещены в усовершенствованные контейнеры «Север». Новая конструкция идеально подходит для сложных погодных условий Сибири. Утепленные сэндвич-панели обеспечат работу электростанции при температуре от -50 до +50 °С, а усиленный металлический каркас и антикоррозийное покрытие гарантируют долгий срок службы.

*Дулисьминское месторождение является одной из наиболее перспективных ресурсных баз для нефтепровода Восточная Сибирь — Тихий океан, по которому нефть доставляется на рынки Азии и США. Его проектная мощность — 400...450 тыс. тонн нефти в год.*

**Группа компаний «МКС» построила для химического завода в Тамбове когенерационную электростанцию.**

Мини-ТЭС для ОАО «Пигмент» построена на условиях «под ключ». Компания выполнила проектирование и все строительные-монтажные работы. На станции установлены три газопоршневых агрегата TCG 2020V20 электрической мощностью по 2 МВт немецкой фирмы MWM. Напряжение на клеммах генератора — 6,3 кВ.

Электростанция полностью обеспечит потребности предприятия в электрической и тепловой энергии (в виде пара). Производительность составляет 3,54 т/ч пара для технологического процесса. Выработываемый пар подается в существующий паропровод.

Оборудование цехового исполнения размещается возле существующей котельной предприятия. Энергоблоки синхронизированы между собой и будут работать параллельно с энергосистемой без экспорта энергии.

*ОАО «Пигмент» — современное многопрофильное химическое предприятие. Его продукция представлена на российском и зарубежном рынке под торговой маркой «КРАТА». В ассортименте предприятия более 350 видов продукции для строительной, нефтехимической, лакокрасочной, целлюлозно-бумажной отраслей.*