



### **Григорий Мещеринов**

ведущий эксперт Департамента рынка системных услуг  
ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы»

# Управление спросом на рынке ЕС: проект *Interruptibility Service* в Испании (Часть 1)

Мы продолжаем публикацию цикла статей об управлении спросом на электроэнергию (*Demand Response — DR*), начатый статьей «Управление спросом на мировых рынках электроэнергии» (№ 7 (132) за 2015 г.) и продолженный публикацией «Управление спросом на рынке ЕС: датский проект *EcoGrid EU*» (№ 9 (134) за 2015 г.). В третьей статье цикла рассказывается о механизме управления электропотреблением в ЕС на примере проекта, реализованного в энергосистеме Испании в 2014 г.

#### **История вопроса**

В период с 31 августа по 3 сентября 2015 г. объединенный оператор энергосистемы Испании при участии национального регулятора рынка ценных бумаг провел среди крупных потребителей электроэнергии очередную серию аукционов по продаже прав на оказание услуг по снижению мощности электропотребления на 2016 г. В аукционах приняли участие крупные потребители электроэнергии, с которыми были заключены договоры на общую стоимость 501 млн евро. По итогам аукционов

был закуплен весь выставленный на торги объем снижения мощности в размере 2890 МВт.

Привлечение ресурса потребителей с управляемой нагрузкой на возмездной основе для целей регулирования режимов работы энергосистемы стало возможным благодаря внедрению в рамках программы *Demand side Management* нового инструмента, который получил название *Interruptibility Service (IS)*. Основная задача, которая решается с помощью данного инструмента, — это обеспечение гибкой и оператив-

ной реакции потребителей электроэнергии на изменения балансов производства и потребления электроэнергии в энергосистеме в условиях, когда возможности привлечения генерирующих мощностей либо существенным образом ограничены, либо их использование становится неэффективным с точки зрения рынка.

#### **Опыт управления электропотреблением**

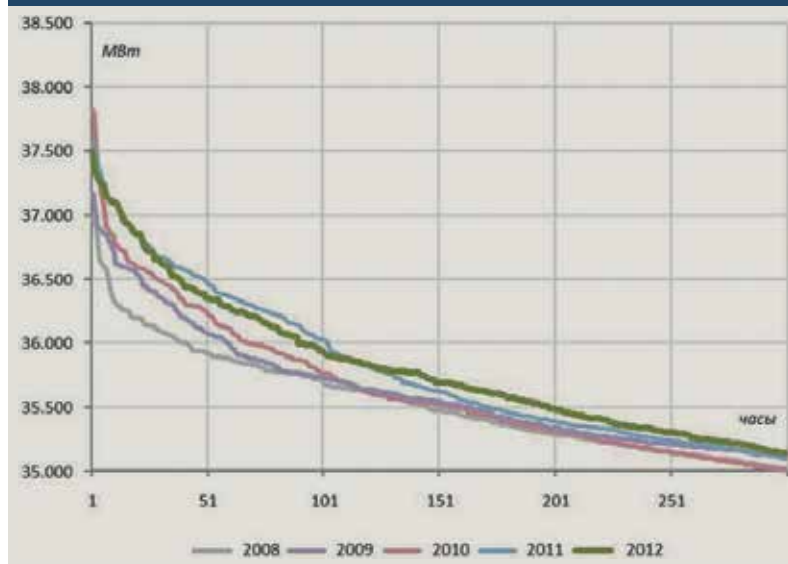
Впервые механизм управления потреблением электроэнергии в Испании был опробован в 1988 г. Для этого было отобрано порядка 200 крупных промышленных потребителей с нагрузкой более 5 МВт, способных по команде диспетчера снижать свое электропотребление. Изначально предполагалось использовать данную возможность регулирования нагрузки в пиковые часы и исключительно при угрозе возникновения дефицита мощности в энергосистеме. При этом команды на разгрузку доводились до потребителя заблаговременно, а в отношении каждо-

го потребителя определялось максимальное количество таких команд и максимальное количество часов разгрузки. Оплата системных услуг потребителям осуществлялась в виде скидки, применяемой к постоянной и переменной составляющей тарифа на электроэнергию, размер которой зависел от количества полученных команд. Пилотный вид управления нагрузкой потребителей, основанный на прямом тарифном регулировании, просуществовал вплоть до 1999 г. и закончился вместе с переходом на модель конкурентного ценообразования в электроэнергетике.

Начиная с 2002 г. для стимулирования промышленных потребителей к снижению нагрузки в условиях рыночного ценообразования системный оператор Испании на основе анализа почасовых графиков потребления и оптовых цен разработал систему тарифных ставок, по которым оплачивался объем снижения потребления электроэнергии по команде диспетчера в пиковые часы. Данные тарифные ставки пересматривались ежегодно. При этом выполнение команд диспетчера носило исключительно добровольный характер, а их невыполнение не штрафовалось. Проведенные на том момент расчеты определили максимальную потребность в снижении нагрузки в энергосистеме Испании в объеме около 2600 МВт. Мгновенное единовременное снижение нагрузки оценивалось в размере 1000 МВт.

Система тарифных ставок должна была, как считалось, обеспечить экономические стимулы участия потребителей в оказании услуг по разгрузке. Однако анализ работы 87 крупных потребителей показал, что сокращение производства продукции ради снижения затрат на электроэнергию оказалось невыгодным для большинства потребителей. Сокращение прибыли из-за снижения производства в часы разгрузки оказалось большим, чем снижение расходов на электроэнергию. Усугублялось данное обстоятельство важной особенностью: в действующей на тот момент моде-

**Рис.1. Количество часов использования установленной генерирующей мощности Испании**



ли рынка потребление электроэнергии оплачивалось потребителями по рыночным ценам, а снижение потребления оплачивалось потребителю по тарифу, что в условиях роста оптовых цен на электроэнергию приводило к дестимулирующему эффекту с точки зрения размера оплаты участия в оказании услуг [1].

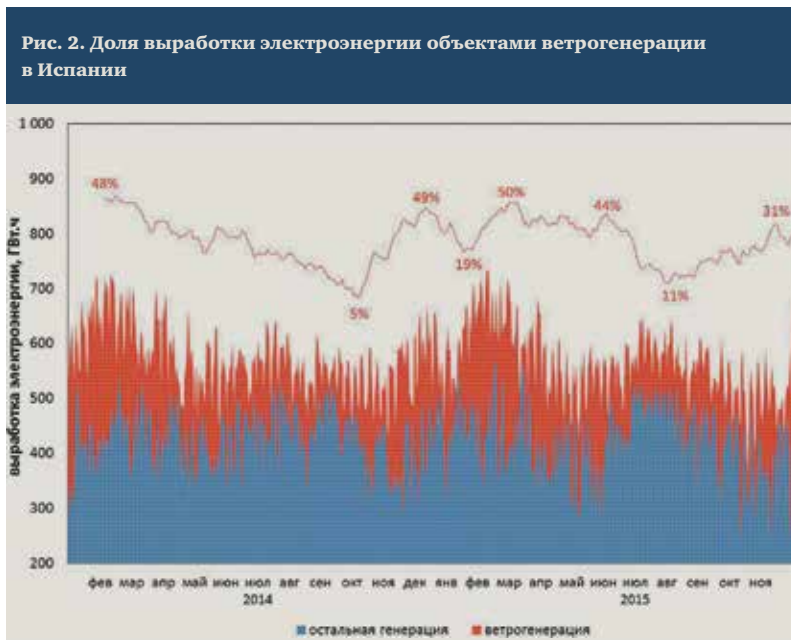
Эти и другие дополнительные проблемы, с которыми пришлось столкнуться системному оператору и потребителям, не позволили найти широкого применения механизму управления электропотреблением в том виде, в котором он существовал на тот момент времени. Вместе с тем накопленный опыт взаимодействия с потребителями, касающийся технических и экономических аспектов снижения нагрузки, позволил качественно переработать нормативную базу регулирования взаимоотношений между системным оператором и потребителем, выявить множество технических ограничений по выполнению команд на разгрузку со стороны потребителя, определить наиболее подходящие категории электропотребителей и, самое главное, совместно выработать подходы к изменению механизма отбора поставщиков услуг и правила их оплаты на взаимовыгодной основе.

#### Актуальные задачи

Наряду с дополнительными возможностями, которые предоставила новая модель рынка электроэнергии, в том числе и расширением использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), перед энергосистемой Испании возникли и новые трудности, которые требовали скорейшего решения.

Во-первых, общий рост электропотребления, пик которого пришелся на 2008 г., привел к существенному росту цен на электроэнергию. В период с 2007 по 2008 г. цена на электроэнергию на оптовом рынке выросла на 52% — с 42 до 64 евро/МВт•ч [2], что привело к скачку цен на розничном рынке электроэнергии и вызвало недовольство населения. Кроме того, бурный рост электропотребления выявил технические трудности увеличения пропускной способности распределительных сетей среднего и низкого напряжения в условиях плотной городской застройки, особенно в крупных центрах электропотребления (Мадрид, Барселона, Валенсия и др.).

Во-вторых, неравномерность графика потребления электроэнергии в течение суток, выраженная в значительном и непродолжительном росте нагрузки в дневные и вечерние часы



обусловила необходимость поддержания в работе значительного объема генерирующих мощностей для покрытия пиковых нагрузок. Так, порядка 3—4 ГВт генерирующих мощностей использовалось для покрытия пиковых нагрузок не более 300 часов в год [3] (рис. 1). При этом оплата этой балансирующей мощности распределялась на все категории потребителей. Кроме того, конкурентная модель ценообразования, которая предполагает ранжирование заявок поставщиков электроэнергии по возрастанию цены, означает, что данные балансирующие блоки также являются ценообразующими для всего рынка. Другими словами, они формируют максимальную цену электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии.

В-третьих, следуя требованиям ЕС, Испания последние годы планомерно наращивала объемы выработки электроэнергии от ВИЭ. Основной рост ВИЭ в стране пришелся на объекты ветрогенерации. В данном сегменте ВИЭ Испания по праву может считаться одним из лидеров среди стран ЕС: установленная мощность ветрогенераторов в 2014 г. в Испании составила 23 ГВт, что соответствует 17% установленной мощности ветрогенераторов в Европе и 6% общемирового уровня [4]. Основная особен-

ность работы ветрогенерации заключается в том, что объемы выработки электроэнергии на объектах ветрогенерации максимальные, как правило, в ночные часы, когда потребление электроэнергии в энергосистеме Испании и перетоки в смежные энергосистемы Португалии и Франции минимальные. Для системного оператора это означало решение новой сложной задачи, связанной с прохождением минимальных нагрузок в ночные часы: либо ежедневно на несколько часов выводить в резерв тепловые энергоблоки, обеспечивая приоритет выработки электроэнергии на объектах ВИЭ, что повышает аварийность работы этих блоков, либо переводить ветрогенераторы на холостой ход, что означает нерациональное использование ресурсов. Кроме того, значительная доля мощности ветрогенераторов в энергосистеме (22% суммарной установленной мощности страны) и особенности режимов их работы, обусловленные в том числе погодными факторами, привели к тому, что доля выработки электроэнергии на них в общем объеме стала изменяться в широком диапазоне — от 5 до 50% [5] (рис. 2). Это привело к тому, что, с одной стороны, потребовалась необходимость держать во вращающемся резерве большие объемы мощно-

стей в случае внезапного выбытия ветрогенерации из-за отсутствия ветра, с другой стороны, значительно возросла волатильность цен на электроэнергию на балансирующем рынке.

### Программа Demand-side Management

Для решения выявленных проблем была разработана программа Demand side Management (DSM), в основе которой лежит комплекс взаимосвязанных механизмов — инструментов, действующих на широком горизонте планирования и используемых для снижения уровня электропотребления в пиковые часы нагрузки. Весь комплекс действующих в рамках этой программы инструментов по степени их воздействия на потребителя условно можно разделить на две основные группы [3] (рис. 3):

- инструменты косвенного управления, ориентированные на цену электроэнергии;
- инструменты прямого управления электропотреблением.

Инструменты, ориентированные на цену, оказывают стимулирующее опосредованное влияние на уменьшение электропотребления в зависимости от размера цены на электроэнергию и носят исключительно добровольный характер. Каждый потребитель решает, сокращать ли ему электропотребление, принимая во внимание собственную экономическую целесообразность. На горизонте месячного планирования функцию таких инструментов выполняют тарифы по зонам суток (*Time-of-use Tariff*), при ежедневном планировании — это цены рынка «на сутки вперед» (*Critical Peak Pricing*), при текущем потреблении — это цены балансирующего рынка (*Real-time Pricing*).

Инструменты прямого управления электропотреблением нацелены главным образом на управление электропотреблением со стороны системного оператора по техническим критериям (дефицит генерирующей мощности, снижение частоты сети, ограничения по максимально допу-

стимулу перетоку и др.). Степень влияния на уровень электропотребления тем выше, чем ближе время фактического электропотребления.

Программы энергосбережения и оптимизации электропотребления (*Capacity Programs*), действующие на этапе годового и месячного планирования, нацелены на повышение энергоэффективности оборудования промышленных потребителей. Для участников программы на законодательном уровне устанавливаются штрафы за их невыполнение и предусматривается возможность привлечения механизмов субсидирования. При планировании потребления на сутки вперед используется условно-конкурентный механизм возмездного снижения потребления электроэнергии (*Demand bidding/Buy-back programs*) среди потребителей, участвующих в рынке «на сутки вперед». При текущем планировании используются механизмы противоаварийного регулирования электропотребления (*Emergency Demand Response Programs*) и управления электропо-

треблением специальной группы потребителей (*Interruptibility Service*). В текущем режиме при ликвидации угрозы развития аварийной ситуации применяется непосредственное ограничение электропотребления (*Direct-load Control*).

Особое место в линейке инструментов прямого управления занимает инструмент *Interruptibility Service (IS)*. С одной стороны, принятие потребителями решения об участии в работе инструмента носит добровольный характер, в основе которого лежит экономическая заинтересованность, с другой стороны, правила участия таковы, что невыполнение взятых на себя в рамках *IS* обязательств существенным образом ограничено или экономически нецелесообразно.

#### **Новый вид системных услуг**

Инструмент *IS* представляет собой **одну** из новых системных услуг, которые существуют в энергосистеме Испании с момента либерализации рынка электроэнергии. Данный вид

## Справка

Компания *REE* основана в 1985 г. в качестве объединенного системного оператора энергосистемы Испании. Компания выполняет функции прогнозирования потребления электроэнергии на всех горизонтах планирования, осуществляет диспетчерское управление энергосистемой материковой и островной частей страны, в том числе управляет перетоками с внешними энергосистемами Португалии и Франции. Также компания выполняет функции электросетевого оператора Испании. В собственности компании находятся все сети высокого напряжения общей протяженностью более 42 тыс. км. В зоне ответственности компании передача электроэнергии от электростанций к крупным питающим центрам и обеспечение условий недискриминационного доступа потребителей к сети.

услуг был утвержден постановлением правительства Испании от 31.10.13 *N IET/2013/2013*. Фактическое оказание услуг *IS* началось с 1 января 2014 г. В соответствии с постановлением услуги оказывают потребители электроэнергии, а заказчиком и последующим эксплуатантом выступает объединенный оператор энерго-

Рис. 3. Инструменты управления электропотреблением в системе DSM



системы Испании — компания *Red Eléctrica de España (REE)*. Предметом оказания услуг являются обязательства потребителя по снижению мощности электропотребления по инициативе системного оператора. По факту оказания услуг потребитель получает оплату.

Наличие в энергосистеме группы потребителей с управляемой нагрузкой предоставляет системному оператору дополнительные возможности для более «тонкой» настройки баланса производства и потребления электроэнергии, что, в свою очередь, повышает устойчивость работы всей энергосистемы. Регулирование потребления в энергосистеме позволяет в допустимых пределах оперативно нивелировать последствия таких режимных ситуаций, как:

- скачкообразный рост электропотребления;
- внезапная «потеря» возобновляемых источников энергии;
- ограничение пропускной способности сети;
- возникновение дефицита гене-

рирующей мощности в отдельные часы суток.

Наряду с техническими задачами также успешно решается не менее важная задача эффективного использования генерирующих мощностей, в основе которой лежит минимизация стоимости электроэнергии для конечных потребителей с учетом расходов по оплате услуг потребителей с управляемой нагрузкой — участников *IS*. Как и в классической модели рыночного ценообразования, когда снижение спроса на товар приводит к уменьшению цены на него, в рынке электроэнергии снижение электропотребления так же приводит к снижению цены. Как правило, снижение электропотребления с целью снижения цены на электроэнергию осуществляется в часы пиковых нагрузок, когда цена определяется самыми дорогими и неэффективными электростанциями.

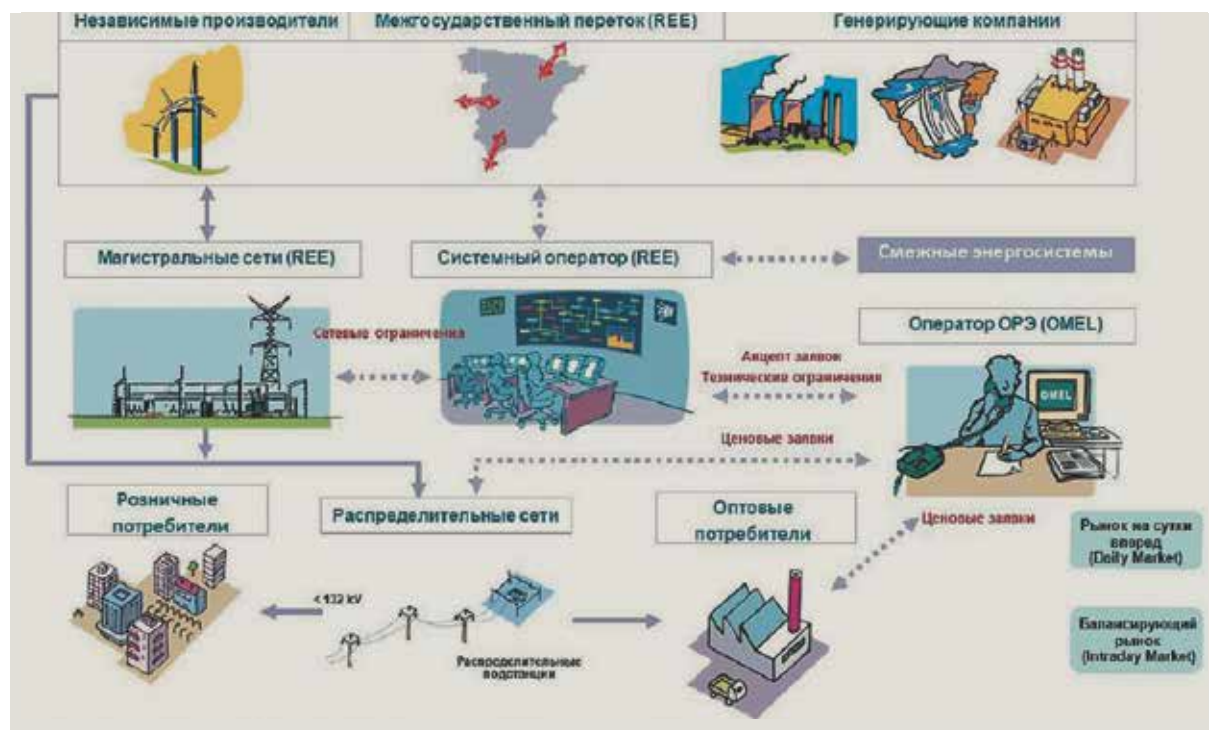
Участвуя в снижении электропотребления в пиковые/полупиковые часы, участники *IS* в соответствии с правилами оказания услуг должны

основной объем собственного потребления планировать на ночные часы. Подобное перераспределение нагрузки способствует, с одной стороны, заполнению ночного провала в совмещенном графике нагрузки энергосистемы, а с другой, позволяет увеличить долю выработки электроэнергии от ВИЭ.

#### Объемы услуг

Системный оператор ежегодно определяет необходимый суммарный объем снижения мощности электропотребления на следующий период оказания услуг, равный календарному году. В основе проводимых оценок лежит годовой прогноз электропотребления с учетом темпов экономического роста, численности населения, энергоэффективности производства, прогнозного объема пиковой генерирующей мощности с КИУМ менее 5%, изменения доли ВИЭ в балансе и пр. Прогнозный объем снижения мощности может быть актуализирован в течение периода оказания услуг.

Рис. 4. Схема взаимодействия участников энергосистемы Испании



Требования к участникам <i>Interruptibility Service</i>		
Организационные	Технические	Финансовые
Расположен на материковой части Испании (не входят Канарские, Болеарские о-ва, о. Сеута, о. Мелилья)	Присоединенная нагрузка не менее 5 МВт	Предоставить финансовые гарантии для покрытия обязательств, которые могут возникнуть в случае несоблюдения условий предоставления услуг
Не осуществляет деятельность, сопряженную с риском для безопасности людей и/или окружающей среды	Энергопринимающее оборудование имеет присоединение к сети высокого напряжения	
Иметь в собственности или на другом законном основании энергопринимающее оборудование	Энергопринимающее оборудование должно быть оснащено системой управления электропотреблением, датчиками измерения мощности электропотребления, каналами связи с СО и системой хранения данных. Соответствие оборудования требованиям системного оператора подтверждается сертификатом	
В отношении энергопринимающего оборудования зарегистрирована точка поставки на оптовом рынке		
Заклучен контракт с провайдером телекоммуникационных услуг на период оказания услуг		
Профиль потребления электроэнергии в соответствии с правилами оказания услуг IS		

Прогнозный суммарный объем снижения мощности электропотребления делится на определенное количество лотов таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить возможность привлечения как можно большего числа потребителей для создания условий конкуренции, с другой стороны, распределить данный объем по территории страны вблизи крупных центров электропотребления. Обе эти задачи решаются путем нахождения оптимального соотношения минимальной необходимой величины снижения мощности электропотребления и количества потребителей, способных обеспечить такое снижение. Для более гибкого использования инструмента *IS* в суммарном объеме снижения электропотребления также выделяют части с большим по сравнению с остальными частями объемом в соотношении, близком к 1/4. Такая дискретность дает возможность системному оператору уменьшать электропотребление с разной скоростью и интенсивностью в зависимости от потребностей в регулировании.

#### Механизм отбора участников

Отбор поставщиков услуг *IS* происходит в ходе проведения серии ежегодных аукционов, которые организует *Red Eléctrica de España* при участии Национальной комиссии по вопросам конкуренции и рынков. В качестве механизма конкурентного отбора участников применяется открытый тип аукциона с понижением цены. Торги в аукционе начинаются с максимальной стартовой цены и снижаются в каждом раунде на величину шага цены, который составляет 1000 евро. Участники, которые не подтверждают своего согласия на оказание услуг по цене текущего раунда, выбывают из аукциона. Торги проводятся до тех пор, пока не останется только один или несколько участников, которые готовы оказывать услуги по самой низкой цене.

Ценовые заявки участники подают удаленно с помощью электронной торговой системы. При этом все участники аукциона видят обезличенные ставки других участников. Кроме цены, в составе заявки на участие в аукционе указывается продолжительность допустимых простоев в работе участника (периодов нулевого потребления), обусловленная

возможной неравномерностью производства или ремонтной программой участника. При равенстве цен в заявках участников, предпочтение отдается участнику с минимальным количеством часов неучастия в оказании услуг.

Предметом аукциона является торги двумя типами лотов, различающихся объемом снижения мощности электропотребления:

- лот на оказание услуг по снижению мощности на 5 МВт;
- лот на оказание услуг по снижению мощности на 90 МВт.

Срок оказания услуг по обоим видам лотов составляет один календарный год с 1 января по 31 декабря. Потребитель может принять участие в торгах как по одному, так и по нескольким лотам 5 и/или 90 МВт одновременно.

Как правило, в течение года на регулярной основе проводится одна основная серия аукционов, но при необходимости системный оператор может организовать дополнительную серию аукционов, как это было в 2014 и 2015 гг. Потребность в дополнительной серии аукционов может возникнуть как из-за отсутствия

Рис. 5 Схема отбора поставщиков услуг *Interruptibility Service*



необходимого уровня предложения со стороны потребителей в ходе основной серии аукционов, так и из-за необходимости восполнить недостающие объемы предложения отобранных ранее, но исключенных за некачественное оказание услуг участников.

В качестве надзорного органа за проведением аукциона выступает Национальная комиссия по вопросам конкуренции и рынков. По итогам аукциона в установленный срок с момента закрытия торгов она подтверждает, что аукцион был проведен открыто без дискриминации участников, с обеспечением минимально необходимого уровня конкуренции и соблюдением установленных правил.

### Требования к участникам

Правила оказания услуг [6] предъявляют к потенциальным участникам комплекс технических, организационных и финансовых требований. Участниками оказания услуг *IS* могут быть потребители, удовлетворяющие основным критериям, представленным в таблице.

Для участия новых потребителей в оказании услуг *IS* была разработана упрощенная процедура из четырех основных этапов [7] (рис. 5):

- 1) подача и рассмотрение заявки на участие в аукционе с указанием основных организационных и технических параметров;
- 2) процедура технического присоеди-

единения к системе торговли на аукционе (установка и тестирование торгового терминала участника);

- 3) участие и победа в аукционе;
- 4) предоставление системному оператору информации о минимально допустимой нагрузке.

Процесс сертификации оборудования, необходимого для участия в оказании услуг *IS*, может осуществляться параллельно с основными процедурами с момента подачи заявки на участие в аукционе вплоть до начала времени оказания услуг.

*(Продолжение следует)*