

Два года новой модели ВСВГО



Алексей Архипов

начальник службы развития рынков
«СО ЕЭС»



Марина Долматова

ведущий специалист службы развития рынков,
ОАО «СО ЕЭС»

В мае исполняется два года с момента запуска действующей модели ВСВГО — рыночного инструмента выбора состава включенного генерирующего оборудования.

Одной из основных особенностей работы энергосистемы, которые необходимо учитывать при формировании модели рынка электроэнергии, является необходимость постоянного поддержания равенства производства электроэнергии уровню ее потребления. Нагрузка в энергосистеме меняется в течение дня, и в разные сутки она также разнится, формируя суточные пики различной высоты (рис. 1). Покрытие этой нагрузки осуществляется включенными генераторами. Промежуток времени между принятием решения о включении генератора в сеть и самим включением определяется длительностью пусковых операций и для объектов тепловых электростанций измеряется часами. В связи с этим необходимо заранее определить, какие генерирующие объекты и в какой очередности

должны быть включены в работу для прохождения максимумов нагрузки, равно как и для прохождения периодов минимальной нагрузки требуется определить, какие объекты могут быть отключены от сети и переведены в резерв. При правильном, эффективном выборе состава работающего оборудования потребление в системе покрывается загрузкой экономически эффективного генерирующего оборудования, а возникающий небаланс компенсируется благодаря регулировочному диапазону, формируемому за счет дополнительно включенного оборудования.

Таким образом, процедура выбора состава включенного генерирующего оборудования является важным элементом суточного планирования, а создание математической модели отбора, соответствующей текущим

экономическим условиям, — серьезной исследовательской задачей.

Какие результаты выбора состава оборудования являются адекватными для участников? Что является критерием экономической эффективности решения задачи ВСВГО? В настоящее время ответы на эти вопросы дают регламенты оптового рынка. Выбор наиболее эффективных генераторов осуществляется на основании ценового предложения поставщиков. Участники рынка подают свои ценовые и объемные заявки для целей выбора состава оборудования, указывая также технические параметры. Сам отбор производится по алгоритму, жестко — в соответствии с математической моделью отбора, утвержденной в составе регламентов оптового рынка, являющихся приложением к договору о присоединении к торговой системе оптового рынка электроэнергии и мощности.

Соблюдение утвержденных регламентов оптового рынка является обязательным для всех участников оптового рынка и инфраструктурных

организаций. В то же время у каждого из участников есть право вносить на рассмотрение Наблюдательного совета Ассоциации «НП Совет рынка» предложения по изменению указанных регламентов. Это обеспечивает возможность формирования рыночных механизмов, в том числе процедур и алгоритмов ВСВГО, учитывающих интересы всех участников рынка и адекватных текущей экономической ситуации.

Математическая модель отбора позволяет получать оптимальный результат исходя из заданного критерия оптимизации. Что является критерием оптимальности состава оборудования? Задача поиска оптимального состава по существу сводится к нахождению компромисса в достижении трех основных целей: экономической эффективности, стабильности состава и минимизации избыточной мощности включенного оборудования.

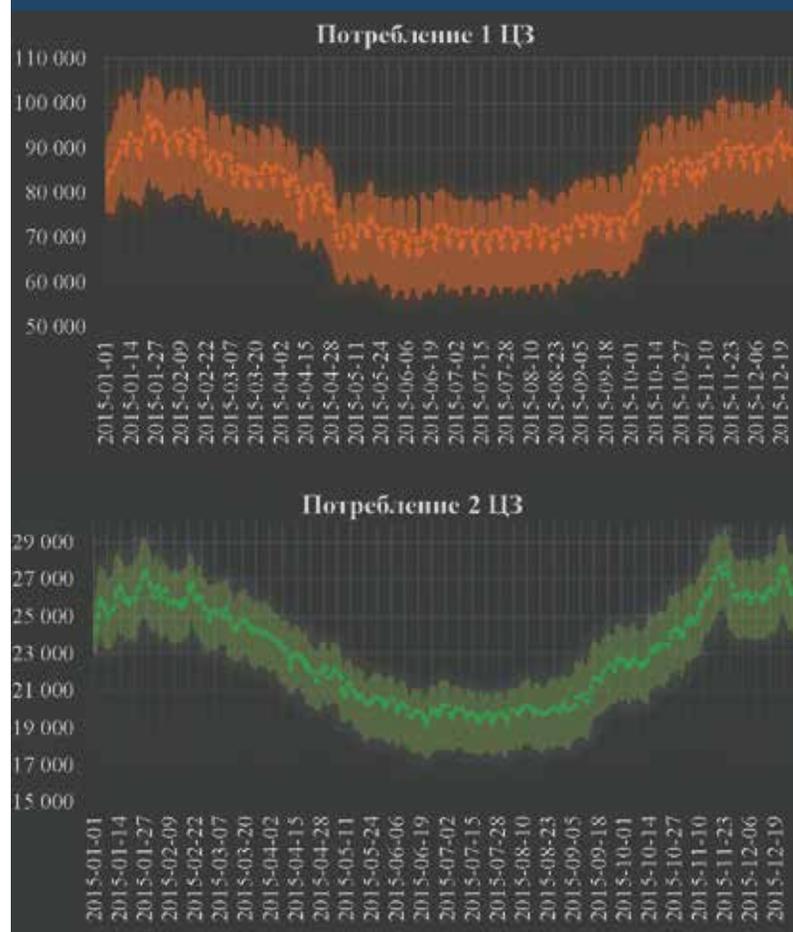
Очевидно, что не существует решения, которое бы одновременно наилучшим образом обеспечивало достижение всех трех перечисленных целей. При формировании модели определения состава оборудования необходимо выбрать экономическую стратегию — ответить на вопрос, «где должен находиться баланс между оптимизируемыми параметрами». Решение влияет не только на состав отобранного оборудования и соответственно на цены последующих торгов, но и на количество включений/отключений оборудования, объемы третичного резерва и запасы пропускной способности по контролируемым сечениям, т.е. на показатели надежности работы оборудования и энергосистемы в целом. Например, выбор наиболее экономически эффективного решения для каждой точки (часа) по критерию непосредственной стоимости производства электроэнергии в данной точке будет означать частые перепуски и, как следствие, повышенный износ оборудования, увеличение топливных затрат на пусковые операции и затрат на ремонты ввиду

повышенной аварийности. А значит, при рассмотрении на длительном интервале указанное решение не будет оптимальным. В условиях, близких к идеальным, когда все производители имели бы возможность не только заложить в свои ценовые заявки все виды затрат, но и корректно оцифровать потенциальные риски снижения надежности оборудования, достижение оптимума по экономическому критерию на основании исключительно цены в заявке было бы возможно. В реальности необходимо установить приоритеты — зоны допустимого компромисса между целями и включить в модель выбора состава оборудования дополнительные инструменты для их достижения.

В России становление процедуры выбора состава включенного генерирующего оборудования, ее раз-

витие и адаптация в соответствии требованиями оптового рынка электроэнергии и мощности проходили в несколько этапов. В период тарифного регулирования на оптовом рынке электроэнергии выбор состава включенного генерирующего оборудования должен был обеспечить соблюдение всех технических ограничений, при этом в максимальной степени учитывать объемы поставки, определенные утвержденными балансами электроэнергии и мощности. Минимизация платежей потребителей за электроэнергию обеспечивалась за счет максимизации загрузки электростанций с меньшим тарифом и минимизации выработки с высоким тарифом. Выбор состава оборудования, основанный на сравнении тарифов, обеспечивал возможность получения в це-

Рис. 1. Графики фактического потребления электрической энергии в Первой и Второй ценовых зонах, МВт·ч (2015 г.)



лом адекватных результатов и в то же время не позволяя использовать огромный потенциал для повышения эффективности — дорогое в целом по году производство электроэнергии на электростанции не означает, что в конкретные сутки себестоимость производства высока, равно как и дешевый тариф не означает, что во все сутки года при любой нагрузке производство электроэнергии одинаково дешево.

В декабре 2007 г. произошел переход от выбора, базирующегося на тарифах и балансе, к оптимизационному механизму определения планового перечня включаемых в работу объектов генерации. Появилась возможность решать задачу оптимизации выбора оборудования на основании данных о технических параметрах генерирующего оборудования, подаваемых генерирующими компаниями, а также на основании ценовых заявок. Технология ВСВГО была внедрена в технологические процедуры оптового рынка энергии и мощности и действовала как формализованная процедура планирования, учитывавшая все технические ограничения. Расчет проводился один раз

на неделю вперед с последующей однократной корректировкой в течение недели. Для рынка формировался оптимальный при заданных условиях состав оборудования на каждый час расчетного периода — недели.

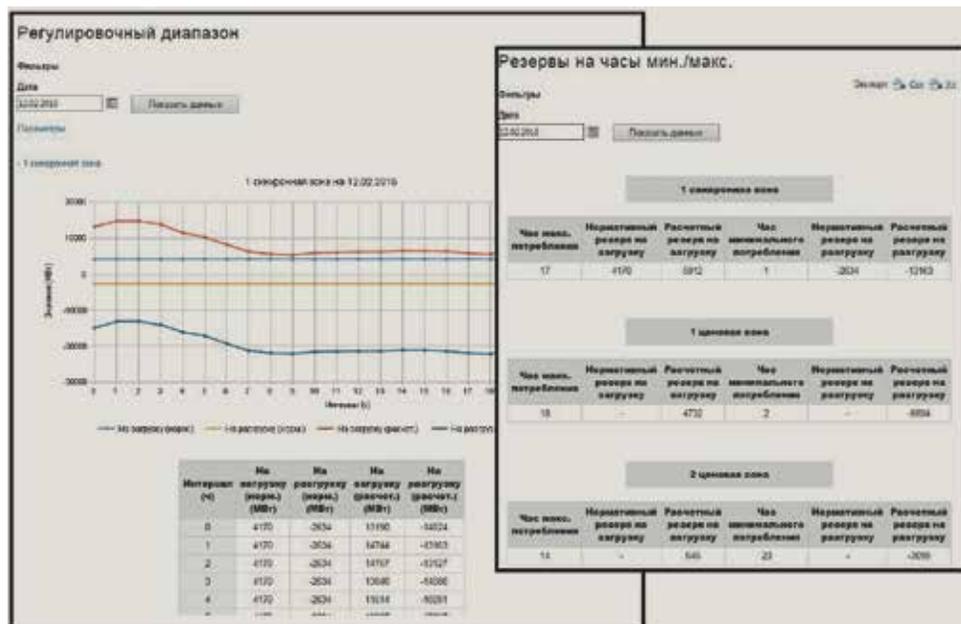
Однако результаты ВСВГО имели статус прогноза, а регламенты оптового рынка электроэнергии и мощности не требовали от генерирующих компаний обязательного исполнения результатов ВСВГО. Процедура ВСВГО в таком виде не устраивала участников рынка, т.к. фактический состав оборудования зачастую существенно отличался от прогнозного. Длительный (семидневный) период планирования не позволял обеспечить исполнимость результатов ВСВГО в полном объеме из-за невозможности предвидеть при расчете неплановые и аварийные ремонты генерирующего и сетевого оборудования, неизбежно возникавшие в течение недели. Другими слабыми сторонами первой версии оптимизационной процедуры ВСВГО были раздельное для ценовых зон проведение расчетов и участие в отборе ограниченного перечня оборудования — только блочное генерирующее обо-

рудование.

Для принятия консолидированного решения о модернизации модели отбора вопрос о совершенствовании процедур ВСВГО активно обсуждался в 2013 г. на площадке Совета рынка с участием всех заинтересованных представителей рыночного сообщества. Сформулированные подходы были формализованы и легли в основу новой модели ВСВГО. С целью повышения эффективности процедур краткосрочного планирования решением Наблюдательного совета «НП Совет рынка» (протокол от 23.09.13 № 23/2013) были приняты изменения в Договор о присоединении к торговой системе оптового рынка электроэнергии и мощности, предусматривающие изменение с 31 мая 2014 г. модели ВСВГО. Длительный (с сентября 2013 по май 2014 г.) подготовительный период свидетельствует о масштабе изменений. Усложнение самой технологии ВСВГО, взаимосвязи ВСВГО с другими рыночными процедурами и бизнес-процессами потребовали реализации комплекса организационно-технических мероприятий, проводившихся на протяжении 2013 и в I кв. 2014 г. Двухнедельное комплексное тестирование технологий и деловых процессов новой процедуры ВСВГО с доведением тестовых результатов до электростанций стартовало 24 марта 2014 г. и стало завершающим этапом ее разработки. В ходе тестирования подтвердились технологическая и организационная готовность к переходу на новую технологию ВСВГО.

31 мая 2014 г. был осуществлен переход на новую технологию ВСВГО, предполагающую ежедневный расчет — планирование состава оборудования электрических станций на три предстоящих дня с ежесуточной актуализацией результатов ВСВГО. Выбор состава включенного генерирующего оборудования в новой модели — это выполняемая системным оператором в сутки X – 2 формализованная, определенная регламентами рынка и описанная в ви-

Рис. 2. Пример информации, публикуемой СО ЕЭС в открытом доступе на сайте www.br.so-ups.ru



де математической модели процедура отбора включаемых в работу объектов генерации на сутки X , $X + 1$, $X + 2$. Эксплуатационное состояние (работа/резерв) всего готового к работе генерирующего оборудования участников оптового рынка теперь определяется по результатам оптимизационного расчета. Оптимальность состава оборудования при необходимости его изменения в период между расчетами обеспечивается формированием в цикле расчета ранжированных таблиц на пуск/отключение оборудования. Исходными данными для расчета являются подаваемые генерирующими компаниями для целей ВСВГО ценовые заявки, уведомления о составе и технических параметрах оборудования, а также прогноз системных условий и параметров работы Единой энергосистемы на соответствующие операционные сутки. По результатам такого отбора формируется состав включенного генерирующего оборудования, учитываемый коммерческим оператором при проведении торгов в рынке «на сутки вперед» и системным оператором при проведении расчетов на балансирующем рынке и формировании графиков загрузки электростанций.

Процедура ВСВГО стала открытой как формализованная математическая задача и была дополнена обширной системой показателей, публикуемой в открытом доступе и на персональных страницах участников оптового рынка на сайте ОРЭМ (рис. 2). Публикуется информация как об исходных данных ВСВГО, например, агрегированные параметры ценовых заявок, кривые предложения по стоимости производства электроэнергии, прогнозные значения потребления, так и о результатах отбора — данные о мощности включенной генерации, причинах нахождения оборудования во включенном состоянии, объемы выработки по типам электростанций, расчетные величины резервов, значения сальдо перетоков мощности по сечениям экспорта-импорта. Кроме того, публикуются данные о результатах фор-

Соответствие состава оборудования в ПДГ составу, определенному по результатам ВСВГО

День недели	Старая технология 03—07.06.2013	Новая технология ВСВГО 02—06.06.2014
	в ПДГ не по ВСВГО	
Понедельник	44	3
Вторник	58	8
Среда	22	9
Четверг	28	2
Пятница	39	6

мирования планового диспетчерского графика (ПДГ). Это позволяет каждому участнику сравнивать основные показатели процедур планирования ВСВГО и ПДГ, а также делать выводы о причинах несовпадения фактического и планируемого (прогнозируемого участником в момент подачи заявки) состава включенного оборудования. Целостная система публикуемой информации дает полную исходную картину прогнозируемого электроэнергетического режима и делает возможными для участников рынка проведение самостоятельного глубокого анализа и установление причинно-следственных связей между заявляемыми параметрами генерирующего оборудования и результатами его отбора в ВСВГО.

В текущей модификации процедура ВСВГО работает почти два года — срок достаточный для оценки результатов внедрения. Сокращение времени упреждения между подачей исходных данных для расчета состава и операционными сутками повысило точность планирования. Переход на ежесуточные конкурентные отборы ВСВГО позволил участникам оперативно реагировать на изменения системных условий, корректируя свои стратегии подачи заявок. Все это увеличило прогнозируемость результатов ВСВГО и их исполнимость.

Уже в первые месяцы работы модифицированная процедура ВСВГО подтвердила свою эффективность: статистика по крупному блочному оборудованию показала многократное снижение отклонений фактических состояний от запланированных

в ВСВГО (см. таблицу). Достигнута одна из основных целей — состав оборудования в ПДГ соответствует составу, определенному по результатам ВСВГО. Количество пусков в ПДГ, не запланированных в ВСВГО, невелико и соотносится с суточным изменением системных условий. Состав оборудования по результатам ВСВГО учитывается при формировании расчетной модели для РСВ, что наряду с ограничением ценовых заявок генераторов в РСВ ценовыми заявками ВСВГО обеспечивает связь между конкурентным выбором состава оборудования и определением цен и объемов поставки на каждый час соответствующих операционных суток в торгах на РСВ.

Возможность и обязательность физической реализации результатов формализованного расчета ВСВГО принципиально изменили отношение к процедурам подачи технических параметров и ценовых заявок ВСВГО — механизм ВСВГО стал реальным рыночным инструментом конкуренции между генерирующими компаниями. Обязательность реализации результатов расчетов показала ранее не замечавшиеся недостатки процедур и алгоритмов расчета, которые оперативно устраняются путем внесения изменений в регламенты ОРЭМ. Только за первый год работы новой технологии Наблюдательный совет восемь раз вносил изменения в регламенты ОРЭМ, уточняющие порядок исполнения процедур ВСВГО. После устранения «детских болезней» новой технологии стало очевидным, что для дальней-



шего развития механизма ВСВГО необходимо решение ряда ключевых задач.

Решение задачи ВСВГО напрямую зависит от заданных ограничений, как общесистемных, так и внутростанционных. Избыточность или несовместность исходных данных может привести к труднообъяснимым и неоптимальным результатам. В настоящее время сохраняется существенная доля генераторов, работающих в уведомительном порядке (в заявленном участниками режиме) (рис. 3). Этот фактор создает не только риски формирования непрогнозируемых результатов для участников, использующих ценовые стратегии подачи заявок на конкурентный отбор ВСВГО для получения оптимального состава оборудования, но и риски несоответствия цен, формируемых в РСВ, фактическому уровню ценового предложения генераторов, поскольку ценовые заявки «самозаявленных» генераторов, включенных по уведомлениям, участвуют в конкурентном отборе РСВ, минуя фильтр конкурентного отбора ВСВГО.

Следующая задача, требующая выработки принципиальных подходов для ее решения, — существенная разница в ценовых заявках, которые участники подают в процедуре ВСВГО и на РСВ. С июня 2014 г., когда соблюдение состава, определенного по результатам ВСВГО, стало обязательным, наметился явный тренд на увеличение объемов, относительно которых для целей ВСВГО поданы ценовые заявки, значительно отличающиеся от фактического уровня цен на РСВ.

Большие объемы с нулевыми ценовыми заявками ВСВГО (рис. 4), свидетельствуют о наличии существенного избытка предложения на рынке. Участники подают нулевые ценовые заявки, стремясь быть отобранными в состав включенного оборудования. В условиях большого объема «самозаявленной» генерации (вынужденно включенной по уведомлениям участников и не имеющей ограничений по подаче заявок в РСВ)

и алгоритма, настроенного на минимизацию включенной мощности по стоимости, такая стратегия не создает существенных рисков формирования нулевых цен. Заявление нулевых цен при наличии таких рисков не могло бы быть разумной стратегией тепловых станций на РСВ, поскольку существуют топливные затраты. Таким образом, подобные ценовые заявки могут рассматриваться как способ заявления о готовности к включению в работу, но не как заявки, отражающие реальные экономические характеристики оборудования.

Кратное завышение цен в заявках ВСВГО по сравнению с ценовыми заявками на РСВ (рис. 5, 6) также носит массовый характер. Подача участниками рынка заявок с ценовыми компонентами и стоимостью включения в работу, в несколько раз превышающими как аналогичные средние значения во всех иных заявках ВСВГО, так и собственные цены в заявках на РСВ, сигнализирует о нежелании участников быть отобранными в ВСВГО.

В случае, когда доля ценовых заявок с крайними значениями (нулевых или максимальных заявок) становится значительной, конкуренция за включение/отключение в соответствующих ценовых категориях существенно возрастает, изначально желаемый участником рынка результат уже не гарантирован, а изменение состояния оборудования в этих группах становится следствием случайного выбора, не имеющего технологической или экономической логики. В формализованной процедуре отбора с точки зрения оценки стоимости работы и включения все генераторы, подавшие одинаковые заявки, равны, а значит, выбор оборудования для включения/отключения определяется вторичными факторами, на которые участники не могут повлиять, например потерями в сети и влиянием на сечения. В результате разрывается связь между ценовой заявкой и технологическими параметрами оборудования и девальвируется основная идея ВСВГО — отбор

Рис. 6. Доля оборудования, относительно которого в ВСВГО подана ценовая заявка больше или равная 10 тыс. руб./МВт•ч, в общем объеме включенного оборудования ОЭС, % (данные сформированы на основании максимальных ступеней)

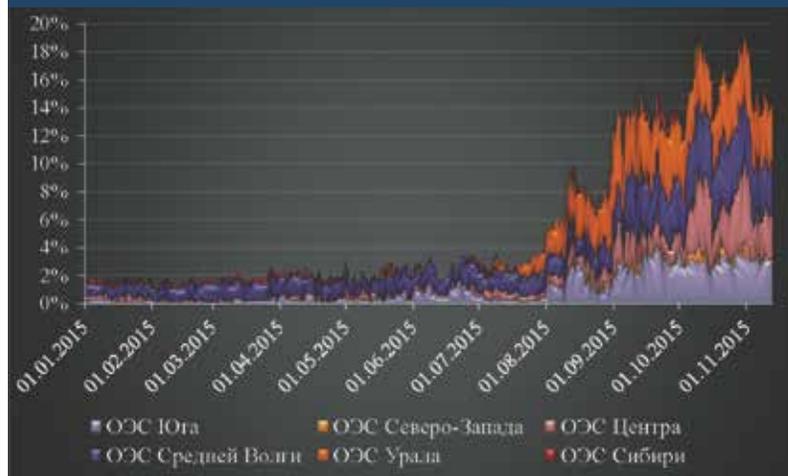


Рис. 7. Частота пусков с максимальной ступенью ценовой заявки на электроэнергию, превышающей данное значение (2015 г.)

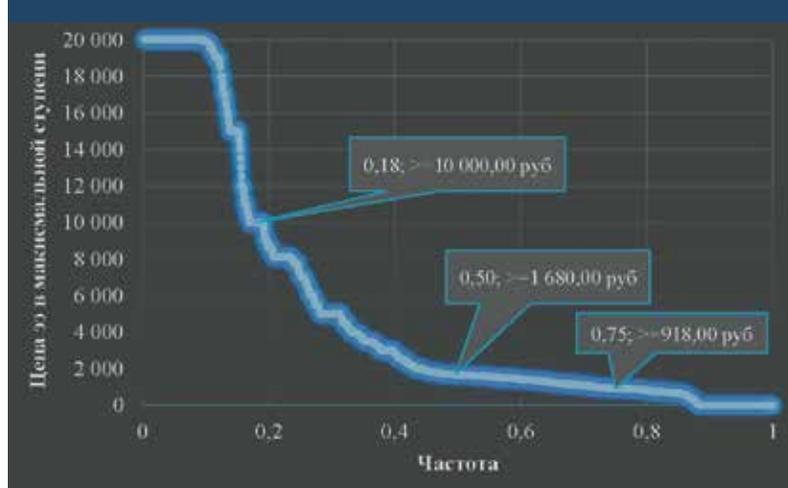
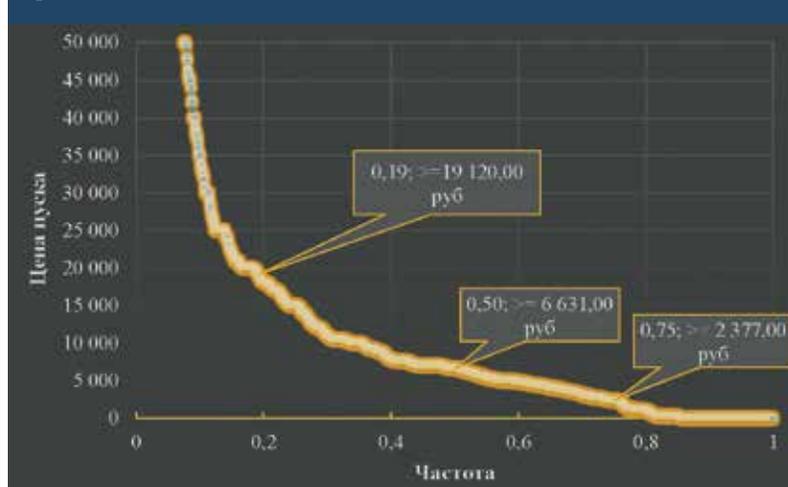


Рис. 8. Частота пусков с указанной в ценовой заявке ценой пуска, превышающей данное значение (2015 г.)



экономически эффективного оборудования на основании поданных участниками ценовых заявок. Примером может служить статистика ценовых параметров заявок оборудования, отобранного для включения (пуска) в 2015 г.: в 20% пусков цена электроэнергии превышала 10 тыс. руб./МВт•ч, цена пуска — 18 тыс. руб./МВт, в то же время для 10% пусков были указаны нулевые цены на электроэнергию и стоимость пуска (рис. 7, 8). Это означает, что в отношении одной трети оборудования, состояние которого было изменено по результатам ВСВГО, заявки были поданы в логике «хочу /не хочу работать». В то время как алгоритм отбора рассчитан на принципиально другую логику подачи заявок — «готов включиться в работу, если цена выше X рублей». Это переводит задачу на заполнения ценовых заявок большим экономическим и технологическим смыслом в разряд наиболее актуальных на сегодняшний день.

Следующей задачей, подходы к решению которой требуют обсуждения в рыночном сообществе, является вопрос стабильности состава оборудования. В действующей моде-

ли оборудование, уже находящееся в работе, имеет существенный приоритет перед находящимся в резерве — для того чтобы агрегат, находящийся в резерве, был включен вместо работающего, его ценовая заявка должна быть как минимум на 25% ниже. Целью установления данной нормы была минимизация перепусков оборудования в течение рабочих дней одной недели. Предполагалось, что при устойчивом уровне потребления в рабочие дни и устойчивых значениях ценовых заявок при отсутствии неплановых ремонтов сетевого и генерирующего оборудования состав включенного оборудования будет иметь минимальные изменения, а основной объем замещения будет происходить в выходные дни. Значимая часть генераторов для прохождения периода сниженного потребления в субботу и воскресенье переводится в резерв, соответственно к понедельнику из резерва будут включаться агрегаты с самыми низкими заявками. В действительности в течение рабочих дней одной недели объем перепусков генерирующего оборудования, обусловленных исключительно влиянием цен в цено-

вых заявках, может достигать нескольких гигаватт. Много это или мало? С точки зрения поддержания режимов работы энергосистемы в области допустимых значений такие перепуски не требуются. С точки зрения участника, включившего энергоблок в работу в понедельник и вынужденного отключить его через пару дней, такие перепуски явно избыточны. С точки зрения участника, готового к включению в середине недели и вынужденного дожидаться ближайшего понедельника, возможность перепусков явно ограничена. Является ли сегодняшний баланс между стабильностью результатов отбора и чувствительностью к изменению цен в заявках разумным компромиссом для всех участников в целом? Если нет, то каким образом и в каком направлении этот баланс должен быть скорректирован?

Решения указанных выше задач должны быть найдены при дальнейшем совершенствовании модели ВСВГО с учетом оценки долгосрочных эффектов и необходимости нахождения баланса между интересами поставщиков и потребителей. 