



**РАНХиГС**  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНСТИТУТ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ПОЛИТИКИ  
имени Е.Т. ГАЙДАРА

ИНСТИТУТ ОТРАСЛЕВЫХ РЫНКОВ И ИНФРАСТРУКТУРЫ

# Моделирование финансовых рисков рынка электрической энергии в России

Касьянова Ксения

# Цели и задачи

## Актуальность:

- ▶ необходимость верно оценивать рыночные риски возникает у производителей электричества, желающих хеджировать риски (1 час - 1 день), финансовых посредников торгующих контрактами на электроэнергию (1 день - 1 месяц), инвесторов (1 месяц - 1 год).

## Гипотеза:

- ▶ стандартные модели оценки риска не подходят для российской рынка, риск недооценен, добавление дополнительных факторов позволит получить более точные оценки риска.

## Цель:

- ▶ разработка модели оценки риска, учитывающей особенности российского рынка электроэнергетики.

## Задачи:

- ▶ сравнение классических моделей оценки риска (VaR) на российских данных (можно попробовать применить к американским/европейским);
- ▶ определение причин, по которым в какие-то моменты риски были завышены/занижены;
- ▶ выявление факторов влияющих на цены на электричество: факторы также могут быть случайными, описываться различными моделями: gmb - цены на другие ресурсы, запасы ресурса, pois/extr - климатические факторы, катастрофы/аварии, новости, политические факторы и др.);
- ▶ проверка коинтегрированности факторов с ценами;
- ▶ добавление факторов в модели оценки риска (например, вместо нормального распределения в VaR моделях использовать скорректированное распределение, учитывающее эти факторы);
- ▶ сравнение модели с базовыми: определить, удалось ли решить проблему с неправильными оценками риска.

# Специфика рынка электроэнергетики

- ▶ невозможность хранения => проблема обязательства энергоустановки (unit commitment)
- ▶ проблема с ограничениями ЛЭП (проблема решается единым оператором), возможность перенапряжения сети (в таком случае локальные цены отличаются от общеустановленных по системе)
- ▶ цены на электричество определяются на РСВ, т.е. отсутствует непрерывность торговли, решения на все сутки принимаются на основании одного и того же информационного множества
- ▶ невозможность перераспределить волатильность цен по производственной цепочке
- ▶ цены имеют три уровня циклических колебаний: ежедневная, недельная, годовая (с резкими всплесками в январе)
- ▶ причины энергетических кризисов: изменения налогообложения, рыночные манипуляции, устаревшая инфраструктура, провалы рынка, национализация, излишняя зарегулированность, перебои с поставками топлива, резкое изменение климата, доставка электричества дешевле стоимости производства

АТС

# Базовая модель описывающая цену на электричество

## Модель Мертона (Merton's Jump-Diffusion Model)

- ▶ эмпирическое распределение имеет тяжелые хвосты, что не согласуется со стандартной моделью Блэка-Шоулза
- ▶ в модель добавляется отдельная компонента, отвечающая за скачкообразность процесса (логнормально распределенные скачки порожденные пуассоновским потоком)

Пусть  $S_t$  - цена в момент  $t$ .

Риск-нейтральный диффузионно-скачкообразный процесс (jump-diffusion process), описывающий изменение цены на электричество:

$$dS_t/S_t = (r - \lambda \bar{k})dt + \sigma dW_t + kdq_t.$$

где  $\sigma$  - волатильность диффузионной компоненты.

Скачки порождены составным процессом Пуассона  $q_t$  с параметром  $\lambda$ , где  $k$  - размах случайного скачка, причем:

$$\ln(1 + k) \sim N(\gamma, \delta^2)$$

где среднее -  $\bar{k} = E(k) = e^{\gamma + \delta^2/2} - 1$

На равновесие на рынке электричества влияет

- ▶ погодные условия (причем при более точном прогнозировании погодных условий можно уменьшить ошибку прогноза цены на электричество)
- ▶ уровень ежедневной деловой активности
- ▶ доля ВИЭ (в т.ч. зависимых от погодных условий)
- ▶ решения принимаемые экономическими агентами (оптимизация)

# Основные экономические модели ценообразования на рынке электричества

- ▶ моделирование с учетом фундаментальных факторов (физических/экономических)
- ▶ модели типа Курно (в результате - цены выше чем в действительности)
- ▶ моделирование совокупной функции предложения (необходимо решить систему дифференциальных уравнений, вычислительно затратно, не уделяется внимание резким всплескам)
- ▶ моделирование поведения групп агентов (необходимо для выявления сложных зависимостей, применяется совместно с другими моделями, высокие риски моделирования, так как согласование с теоретической моделью и эмпирическими наблюдениями сильно зависит от предпосылок и понимания настоящей структуры рынка)



# Анализ предметной отрасли

Авторы, год	Название работы	Результат
L. YANG, S. HAMORI (2018)	MODELING THE DYNAMICS OF INTERNATIONAL AGRICULTURAL COMMODITY PRICES:A COMPARISON OF GARCH AND SV MODELS	Основываясь на ежемесячных данных, скачкообразные процессы и асимметричный эффект не влияют на цены на сельскохозяйственную продукцию. Оценивая VaR для этих сельскохозяйственных товаров, мы обнаруживаем, что резкий рост цен на сельскохозяйственную продукцию в 2008 году мог быть вызван частой перебалансировкой портфелей.
Mária Bohdalová, Michal Greguš (2015)	ESTIMATING VALUE-AT-RISK BASED ON NON-NORMAL DISTRIBUTIONS	Моделирование VaR в предположении, что ежедневные изменения цен iid не с нормальным распределением или автокоррелированы с через динамику факторов риска
Rainer Göb (2011)	Estimating value at risk and conditional value at risk for count variables	Эмпирические аспекты оценки риска с биномиальным распределением и распределении Пуассона. Особое внимание уделяется интервальной оценке мер риска.

Данные по ценам на электричество за каждый час, начиная с 1.08.2013 по двум ценовым зонам:

- ▶ Объем полного планового потребления, МВт.ч
- ▶ Индекс равновесных цен на покупку электроэнергии, руб./МВт.ч.
- ▶ Объем покупки по регулируемым договорам, МВт.ч
- ▶ Объем покупки на РСВ, МВт.ч
- ▶ Объем продажи в обеспечение РД, МВт.ч

Источник: АТС



Рис.: Ценовые зоны

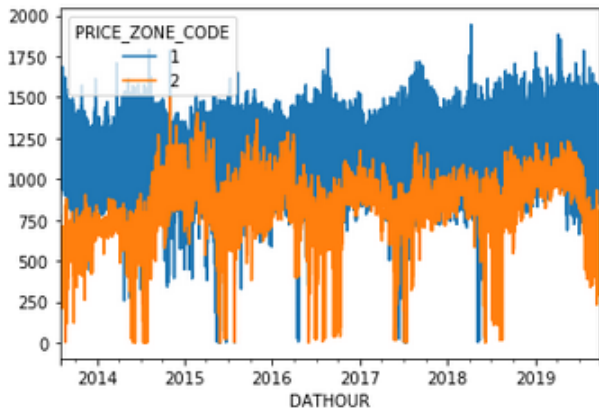


Рис.: Почасовые цены в первой и второй ценовых зонах

# Специфика российского рынка

## Примеры:

- ▶ 29.03.09 на фоне снижения спроса отмечено увеличение перетока по контролируемому сечению между ценовыми зонами в сторону Сибири. Отмечено снижение цены в ценовых заявках поставщиков => принято предложение по наиболее низким ценам
- ▶ 3.06.09 резкое падение индекса равновесных цен по причине снижения спроса на ээ => замыкающими оказались низкие ценовые заявки
- ▶ 13.09.09 снижение потребления электроэнергии вследствие отсутствия заявки на покупку со стороны одного из крупных потребителей => индекс цен снизился