

Анализ непрерывных динамических финансовых рынков (на примере фьючерсов на акции РАО ЕЭС)

Ольга Дюсуше

Автореферат магистерской диссертации.

Государственный Университет Высшая Школа Экономики.

Москва. 1998

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цели и задачи работы, описывается структура и приводится краткое изложения результатов.

В главе 1 рассматриваются основные положения функционирования биржевого фьючерсного рынка с описанием условий и правил торговли на Российской бирже, и модели, использующие традиционный тип исходных данных (цены и объемы сделок). Цена фьючерса – это цена стандартного лота из 10 000 акций. *Цены измеряются в долларах США. Объемы измеряются количеством фьючерсных контрактов.* Цена сделки определяется как среднее значение лучшей (максимальной) цены по заявкам «К» и лучшей (минимальной) цены по заявкам «П» на момент ее заключения. Объем сделки определяется как минимум объемов заявки «К» и заявки «П», участвующих в ней.

Рассматривается *модель жизненного цикла* фьючерса. Первая торговая сессия состоялась 22.01.98 и определила начало ЖЦ, который продлился 49 календарных дней до дня поставки актива (акций РАО ЕЭС) 16.03.98, определяющего конец ЖЦ. За период ЖЦ состоялось 29 торговых сессий, и было заключено 6482 сделки. Модель ЖЦ включает две зависимости: изменение цены и объема сделок в порядке заключения сделок по протоколам биржи; изменение цены закрытия и объема торгов за торговую сессию в зависимости от номера сессии. Модель позволяет выделить 3 стадии ЖЦ: начальную стадию, с малым относительным объемом торгов и максимальной волатильностью цен; стадию высокой торговой активности, когда заключается подавляющее количество сделок с минимальной волатильностью цен; завершающую стадию с минимальным относительным объемом торгов и низкой волатильностью цен (см. табл. 1).

Данные о ценах сделок обработаны по стадиям жизненного цикла. Оценка волатильности основана не на традиционной оценке рассеивания цен как среднего квадратичного отклонения, а с использованием корня из *суммы квадратов последовательных разностей*. Преимущество последней оценки состоит в том, что так определяемое рассеивание не зависит от тренда среднего значения (для рассмотренного рынка фьючерсов наблюдался рост цен).

Изменение параметров по стадиям жизненного цикла фьючерса

Стадия	Средняя цена сделки	Оценка отклонений	Волатильность (3)/(2) %	Число сделок (относительный объем, %)	Число сессий (относительное время жизни, %)
1	2	3	4	5	6
1	2485	27.9 (112,9)	1.12 (4,54)	520 (7,5)	19 (64,5)
2	2870	3.6 (132,8)	0.13 (4,62)	5889 (91,4)	8 (28,7)
3	3331	16.0 (33,3)	0.48 (1,00)	73 (1,1)	2 (6,8)

Рассматриваются четыре *динамические поведенческие модели изменения цены* за период жизни фьючерса. Модель А поведения спекулянта, основанная на гипотезе ожиданий (цена фьючерса равна ожидаемой цене актива на дату поставки). Модель Б поведения хеджера, продающего актив (по Дж. М. Кейнсу): нормальное бэквардейшн, когда цена фьючерса во времени приближается снизу к ожидаемой цене актива на дату поставки. Модель В поведения хеджера, покупающего актив: нормальное контанго, когда цена фьючерса во времени приближается сверху к ожидаемой цене актива на дату поставки. Модель Г количественных оценок, основанная на учете альтернативного процентного дохода владельца акций: $P_f = S * \exp(r * (T - t))$, где S – цена актива на дату поставки; r – процентная ставка; $(T - t)$ - период начисления процентов, количество дней до поставки актива. Математическая форма модели Г позволяет количественно описать модели А, Б, В, варьируя параметр « r ». Для моделей имеем: А: $r = 0$, Б: $r < 0$, В: $r > 0$.

С использованием методов регрессионного анализа и данных за период ЖЦ фьючерса построены 3 лог-линейные и 2 линейные модели цены закрытия. 1) $\ln P_{ft} = \alpha_1 (\ln S_{t-1}) + \beta * r_t * (T-t) + \varepsilon_{1t}$. 2) $\ln P_{ft} = \alpha_2 (\ln S_{t-1}) + R * (T-t) + \varepsilon_{2t}$. 3) $\ln P_{ft} = \alpha_3 (\ln S_{t-1}) + \varepsilon_{3t}$. 4) $P_{ft} = \alpha_4 S_{t-1} + \varepsilon_{4t}$, 5) $P_{ft} = \alpha_5 S_t + \varepsilon_{5t}$, где P_{ft} - цена закрытия рынка фьючерсов; α_i , β , R – оцениваемые параметры уравнения; ε_i – случайные остатки, $i = 1, \dots, 5$.

В качестве текущей оценки цены актива на дату поставки рассмотрены цены закрытия акций РАО ЕЭС: S_{t-1} и S_t - на предыдущий и текущий день торговой сессии фьючерсов. В качестве исходных данных о переменной процентной ставке альтернативной доходности r_t в модели 1) использованы сведения о доходности ГКО по данным ЦБ РФ. В модели 2) с постоянной процентной ставкой она определяется МНК-оценкой коэффициента R . Результаты оценки методом наименьших квадратов показывают, что коэффициенты β и R незначимо отличаются от нуля, α_1 , α_2 , отличаются от нуля значимо. Следовательно, изменение цены фьючерса зависит от изменения цены

актива, но не зависит от времени до дня поставки и альтернативной процентной ставки. То есть, поведенческие модели хеджеров Б и В не реализуются на рассмотренном рынке, что соответствует реальной ситуации, т.к. доля хеджеров на рынке составляла 1 % и их мотивационное поведение практически не оказывало влияния на состояние цен. Получены следующие МНК-оценки коэффициентов в уравнениях 3-5: $\alpha_3=1.006$, $\alpha_4=1.046$, $\alpha_5=1.036$. Можно показать, что α_3 , α_4 и α_5 незначимо отличаются от единицы, что свидетельствует о применимости модели ожиданий А ($P_{f,t} = S_t$) и подтверждает, что рынок рассматривает текущую цену акций как лучшую оценку будущей спотовой цены актива. Возможно, отклонения от единицы отражают оценку риска спекулянтов ρ , то есть, имеет смысл рассматривать регрессионную модель цены закрытия $P_{f,t} = (1+\rho)S_t + \epsilon$.

В главе 2 рассматривается методика анализа состояния торговой сессии, использующая данные электронной торговой системы о заявках. Методика основывается на разработанной классификации заявок и сравнительном анализе статистических характеристик заявок различных типов. Методика рассмотрена на примере данных торговой сессии 29.01.98.

Классификация заявок основывается на введении четырех индексов –признаков I_k ($k=1, \dots, 4$), принимающих значения 0 или 1, которые используются при сортировке данных: 1) заявка «К» - $I_1=1$, заявка «П» - $I_1=0$; 2) исполненная заявка - $I_2=1$, неисполненная заявка - $I_2=0$; 3) полностью исполненная заявка $I_3=1$ и частично исполненная заявка - $I_3=0$ (только для исполненных заявок); 4) определяющая заявка - $I_4=1$ и встречная заявка - $I_4=0$ (только для исполненных заявок).

Определяющая заявка появляется в системе раньше встречной и, таким образом, определяет оферту в сделке. В этом смысле определяющая заявка является лидером, и считается, что сделка заключена по инициативе лидера.

При анализе рассматриваются следующие характеристики заявок: цена, объем, время жизни (определяемое разностью времени появления и снятия заявки в электронной системе и *измеряемое долей суток*). Сравнивались средние характеристики заявок «К» и «П» одного типа, а также заявок «К» (или «П») разных типов. Цены неисполненных заявок «К» и «П» рассматривались как *характеристики альтернативных предпочтений* покупателей и продавцов. Соотношение количества неисполненных заявок «К» и «П» при близких значениях их объема в среднем, соотношение количества контрактов и соотношение времени жизни определяющих заявок в сделках, заключенных по инициативе покупателя и продавца, рассматривались как *характеристики конъюнктуры рынка*.

В результате анализа установлено для рассмотренной сессии: **1)** по инициативе продавца сделки заключались в среднем по цене 2343, близкой к средним ценам неисполненных заявок «П» (2336). По инициативе покупателя сделки заключались в среднем по цене 2314, которая намного выше средних цен неисполненных заявок «К» (2268); **2)** количество неисполненных заявок «П» значительно меньше количества заявок «К» ($40 < 87$); **3)** количество контрактов в сделках, заключенных по инициативе продавца (91), в 1,3 раза превышает количество контрактов в сделках, заключенных по инициативе покупателя (70); **4)** среднее время жизни заявок, определяющих сделки по инициативе продавца, на порядок больше времени жизни заявок, определяющих сделки по инициативе покупателя ($0,00016 \gg 0,000015$); **5)** спрэд между средними ценами неисполненных заявок «К» и «П» составляет 75 пунктов (2343-2268); **6)** среднее время жизни неисполненных заявок «К» и «П» одного порядка.

Состояние рынка в торговую сессию 29.01.98 классифицировано как рынок продавца, когда продавец доминирует по реализации ценовых предпочтений и по количеству контрактов, реализованных в сделках. Торговая активность продавца, выражаемая (малым) количеством неисполненных заявок и (большим) средним временем жизни заявок, меньше, чем у покупателя. Таким образом, *эффективность торговли* продавца выше, а его *торговая активность* ниже, чем у покупателя.

В главе 3 рассматриваются эконометрические модели переключения и неравновесия с использованием материалов обзорных работ Д. С. Маддалы (1986) и Р. Е. Квандта (1982) с целью возможности применения этого подхода для моделирования будущего состояния динамического электронного рынка в форме уравнения движения цен. За основу принята количественная модель движения цен Р.С. Феа и Д. М. Джеффи (1972) $P_t - P_{t-1} = \gamma \cdot (D_t - S_t)$, в которой цены изменяются пропорционально избыточному спросу (или предложению), с учетом минимизации квадратичной функции затрат $C = (P_t - P_{t+1})^2 + \theta (D_t - S_t)^2$ по Р. Д. Барро (1972) и М. Р. Апчеру (1980).

Рассматривается модифицированная функция затрат $C = (P_{t+1} - P_t)^2 + \theta (D_t - S_t)^2$. Экономический смысл подобной функции затрат на финансовом рынке можно трактовать как потери от повышения цен и потери, связанные с упущенной выгодой, которая возникает, если ценные бумаги не реализованы. Избыточный спрос (предложение) зависит от цены, и подлежит минимизации совместно с изменением цены (*модель А*). Уравнение движения цен финансового рынка $P_{t+1} = P_t + \theta (D_t - S_t) \cdot (D_t - S_t)$ получено путем дифференцирования модифицированной функции затрат по P_t (знак ` означает производную функцию по P_t) Рассматривается случай линейных функций спроса и предложения. P_t трактуется как цена «К» или «П». Возможна постановка задачи

определения движения цен, исходя из предположения, что рынок в каждый момент времени движется к мгновенному состоянию равновесия (*модель В*). В этом случае $P_{t+1} = P_t + \delta(S_t')^{-1} (Q_{ЛКt} - Q_{Et}) + \eta(D_t')^{-1} (Q_{ЛПt} - Q_{Et})$, где $Q_{ЛКt}$, $Q_{ЛПt}$ - объемы лучших заявок «К» и «П», Q_{Et} - равновесный объем «моментального рынка».

Уравнение движения цен для моделей *A* и *B* записано в обобщенном виде: $P_{t+1} - P_t = \alpha f_{1t} + \beta f_{2t} = \gamma * F_t$, где $\gamma = (\alpha, \beta)$ - вектор строки, F_t - вектор-столбец с компонентами f_{1t} и f_{2t} ; $\gamma * F_t$ - условная запись скалярного произведения векторов γ и F . Для модели *A* $\alpha = \theta$, $\beta = 0$, $f_{1t} = (D_t' - S_t') * (D_t - S_t)$, $f_{2t} = 0$; для модели *B* $\alpha = \delta$, $\beta = \eta$, $f_{1t} = (S_t')^{-1} (Q_{ЛКt} - Q_{Et})$, $f_{2t} = (D_t')^{-1} (Q_{ЛПt} - Q_{Et})$.

Отметим, что в главе 3 моделируется динамическое (текущее) состояние рынка, в отличие от главы 2, где рынок оценивался за конечный интервал времени (торговую сессию) по усредненным статистическим характеристикам. В диссертации не решалась задача оценивания параметров предложенного уравнения движения цен по данным конкретного рынка, целью была выработка на основе методов переключающихся моделей и результатов анализа данных одной из торговых сессий ЖЦ фьючерсов схемы регрессионной модели, наиболее полно учитывающей информацию о заявках в торговой системе. Решение задачи оценивания коэффициентов уравнения регрессии требует специального программного обеспечения, т.к. для каждого момента времени появления или снятия заявки необходима обработка данных «моментального рынка». Количество таких «моментальных рынков» даже для небольшой торговой сессии достаточно велико (несколько сотен и более).

Схему регрессионного уравнения заявок «К» («П») предлагается формировать на основе данных в каждый момент времени **в зависимости от типов лучшей пары заявок в электронной системе**. *Закономерности функционирования рынка в момент времени $t+1$ определяются состоянием рынка в момент времени t в зависимости от типа заявок и формируются путем переключения, задаваемого с помощью специальным образом вводимых целочисленных переменных (дамми-переменных)*. В каждый момент времени обычно существует или определяющая и встречная заявки (сделка состоялась) или две лучшие по цене заявки «К» и «П» (сделка не может состояться, т.к. цена «К» меньше цены «П»). Если сделка состоялась, возможен один из четырех случаев (см. табл. 2). Если сделка не может состояться, также возможны четыре случая (см. табл. 2). Остальные заявки отражают состояние остаточного спроса (предложения). Анализ опытных данных, проведенный в главе 2 диссертации, показывает, что если количество заявок «К» превышает количество заявок «П», то цены растут. Возможное влияние этого фактора

учтено в уравнении движения цен рынка пропорционально разности количества заявок «К» и «П» с коэффициентом γ_9 . Условия переключения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Переключения в регрессионной схеме

Дамми ($D_i = 1$)	Состояние моментального рынка (по типам лучших заявок)	Компоненты движения цен	Знак $P_{t+1} - P_t$
D1	Лидер сделки – ОПЗК	$\gamma_1 * F_{t1}$	-
D2	Лидер сделки – ОПЗП	$\gamma_2 * F_{t2}$	+
D3	Лидер сделки – ОЧЗК	$\gamma_3 * F_{t3}$	+
D4	Лидер сделки – ОЧЗП	$\gamma_4 * F_{t4}$	-
D5	ЛЗ: $Q_{ЛКt} \geq Q_{ЛПt}$; $D_t' = (Q_{ЛКt} - Q_{ЛПt}) / (P_{ЛКt} - P_{ЛПt})$	$\gamma_5 * F_{t5}$	+
D6	ЛЗ: $Q_{ЛКt} \geq Q_{ЛПt}$; $D_t' < (Q_{ЛКt} - Q_{ЛПt}) / (P_{ЛКt} - P_{ЛПt})$	$\gamma_6 * F_{t6}$	+ «К» - «П»
D7	ЛЗ: $Q_{ЛКt} < Q_{ЛПt}$; $S_t' = (Q_{ЛКt} - Q_{ЛПt}) / (P_{ЛКt} - P_{ЛПt})$	$\gamma_7 * F_{t7}$	-
D8	ЛЗ: $Q_{ЛКt} < Q_{ЛПt}$; $S_t' < (Q_{ЛКt} - Q_{ЛПt}) / (P_{ЛКt} - P_{ЛПt})$	$\gamma_8 * F_{t8}$	- «П» + «К»

Знак разности цен ($P_{t+1} - P_t$) определен для случая, когда движение рынка направлено к точке мгновенного равновесия. В таблице использованы обозначения: ОПЗК, ОПЗП – определяющие, полностью исполненные заявки «К» и «П»; ОЧЗК, ОЧЗП – определяющие, частично исполненные заявки «К», и «П»; ЛЗ – пара лучших по цене заявок «К» и «П». На основе выявленных факторов переключения сконструирована схема уравнения регрессии динамического изменения цен на финансовом рынке, сводящаяся к использованию зависимости

$$P_{t+1} = P_t + \gamma_1 * F_{t1} d_{t1} + \gamma_2 * F_{t2} d_{t2} + \gamma_3 * F_{t3} d_{t3} + \gamma_4 * F_{t4} d_{t4} + \gamma_5 * F_{t5} d_{t5} + \gamma_6 * F_{t6} d_{t6} + \gamma_7 * F_{t7} d_{t7} + \gamma_8 * F_{t8} d_{t8} + \gamma_9 (N_{КОt} - N_{ПОt}) + u_t,$$

в которой P_t – лучшая цена «К» («П»); $\gamma_i * F_{ti} = \alpha_i f_{1ti} + \beta_i f_{2ti}$; f_{1ti} , f_{2ti} – определяются в соответствии с моделями *A* или *B*; $\Sigma Q_{Кtj}$, $\Sigma Q_{Пtj}$ – суммарное количество контрактов со стороны спроса и предложения в момент времени t ; $N_{ПОt} = \Sigma Q_{Кtj} - Q_{ЛКt}$, $N_{КОt} = \Sigma Q_{Пtj} - Q_{ЛПt}$ – остаточное количество контрактов «К» и «П»; $D_t' = N_{КОt} / (P_{Кt}^{min} - P_{Кt}^{max})$, $S_t' = N_{ПОt} / (P_{Пt}^{max} - P_{Пt}^{min})$ – оценки производных мгновенных кривых спроса и предложения; $(P_{Кt}^{min} - P_{Кt}^{max})$, $(P_{Пt}^{max} - P_{Пt}^{min})$ – интервалы изменения цен заявок «К» и «П», $N_{КОt} - N_{ПОt}$ – избыточное количество контрактов «К»; d_{ti} – дамми-переменные, γ_9 , α_i , β_i – коэффициенты подлежащие оцениванию ($i = 1, \dots, 8$).

Предлагаемая схема предназначена для описания движение цены заявок «К» или «П» в момент $t+1$ с помощью моделей *A* и *B*. Исходными данными для этих моделей

являются результаты обработки состояния рынка в каждый момент времени выставления или снятия заявки рассматриваемого периода.

Предложенная схема регрессионной модели предполагает учет возможно более полного влияния различных характеристик моментального состояния рынка на движение цен: таких, как типы заявок, соотношение производных моментального спроса и предложения, объема лучших заявок, избыточного количества контрактов. Значимость влияния отдельных факторов на формирование движения цены зависит от статистических данных конкретного рынка. Предложенная схема может быть использована для моделирования и анализа состояний непрерывного электронного рынка с избыточным спросом (предложением), сравнения этой модели с другими моделями торговли и выявления условий, в которых конкретная модель обладает существенными преимуществами по сравнению с другими. Такой комплекс сравниваемых моделей мог бы использоваться как в исследовательских, так и в учебных целях.

Выводы.

1. С использованием данных о ценах и объемах сделок рассмотрена модель жизненного цикла фьючерсного контракта, включающая 3 стадии. Показано, что для рассмотренного рынка фьючерсных контрактов с преобладающим поведением спекулятивного характера динамическая зависимость цены фьючерсного контракта от цены актива соответствует модели ожиданий.

2. На основе предложенной классификации заявок и сравнения средних цен, объемов и времени жизни различных типов заявок разработана методика определения состояния рынка за период торговой сессии, позволяющая количественно сравнивать эффективность и активность торговли продавцов и покупателей. Рассмотренная сессия классифицирована, как рынок, где доминирует продавец.

3. В классе эконометрических моделей переключения и неравновесия на основе разработанной классификации заявок предложена схема уравнения регрессии для моделирования динамического движения цен непрерывного рынка с автоматизированным подбором заявок.

4. Показано, что для целей анализа и прогнозирования состояния электронного рынка фьючерсных контрактов использование данных по заявкам «моментального рынка» наряду с данными по сделкам, позволяет ставить и количественно оценивать новые задачи, охарактеризованные в диссертации.

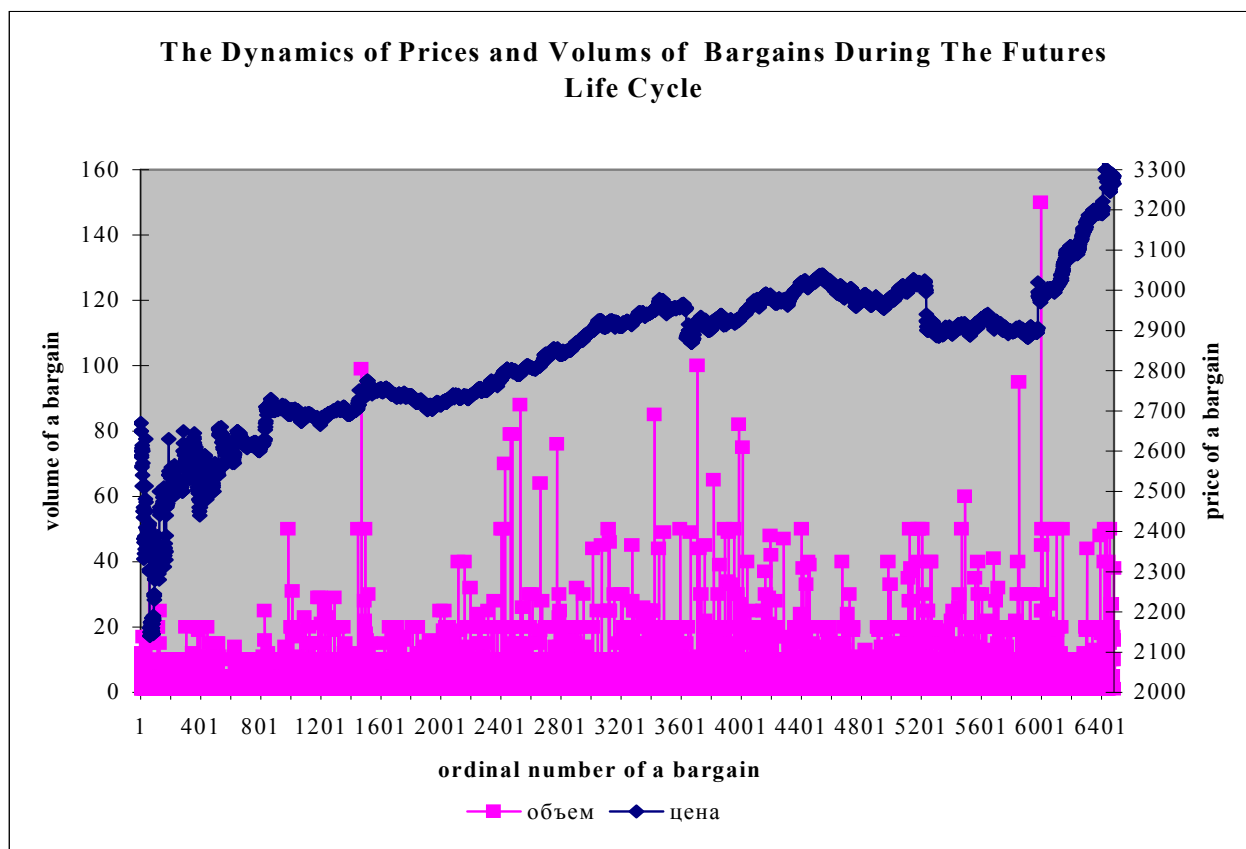


Рис. 1. Жизненный цикл фьючерса

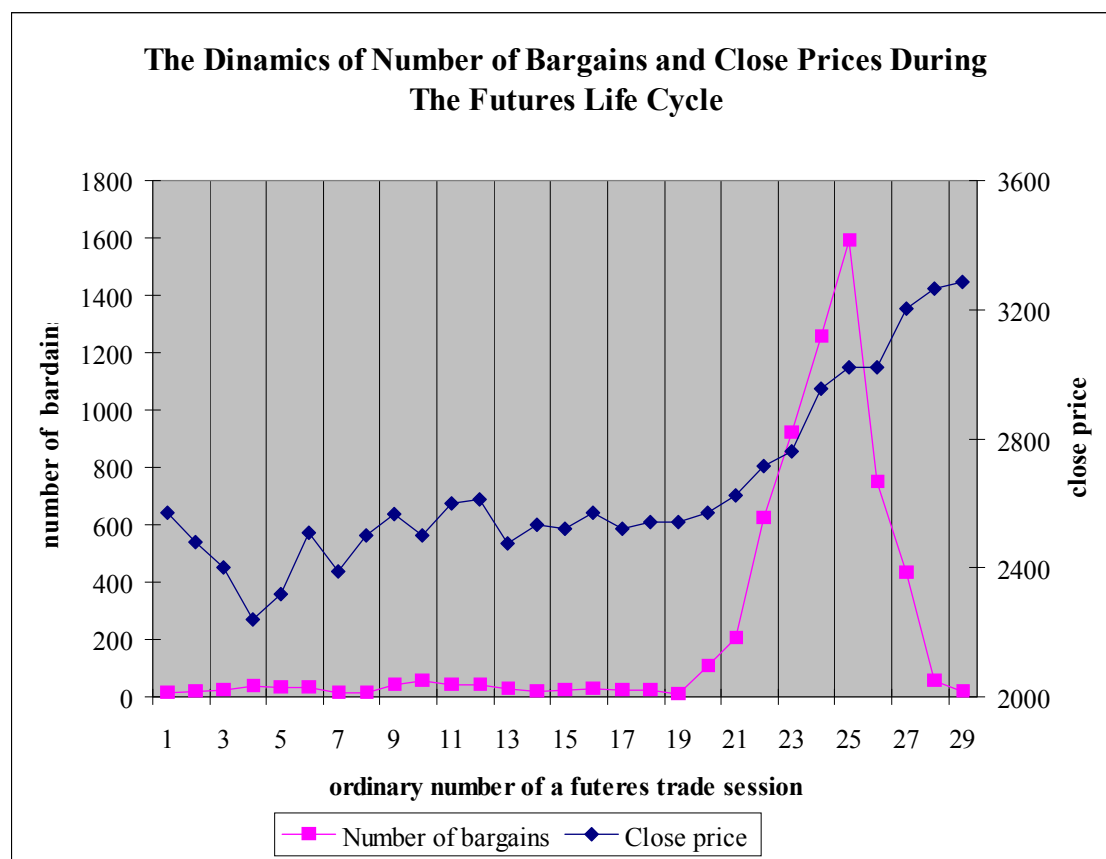


Рис. 2. Динамика числа сделок и цен закрытия за 29 сессий ЖЦ фьючерса

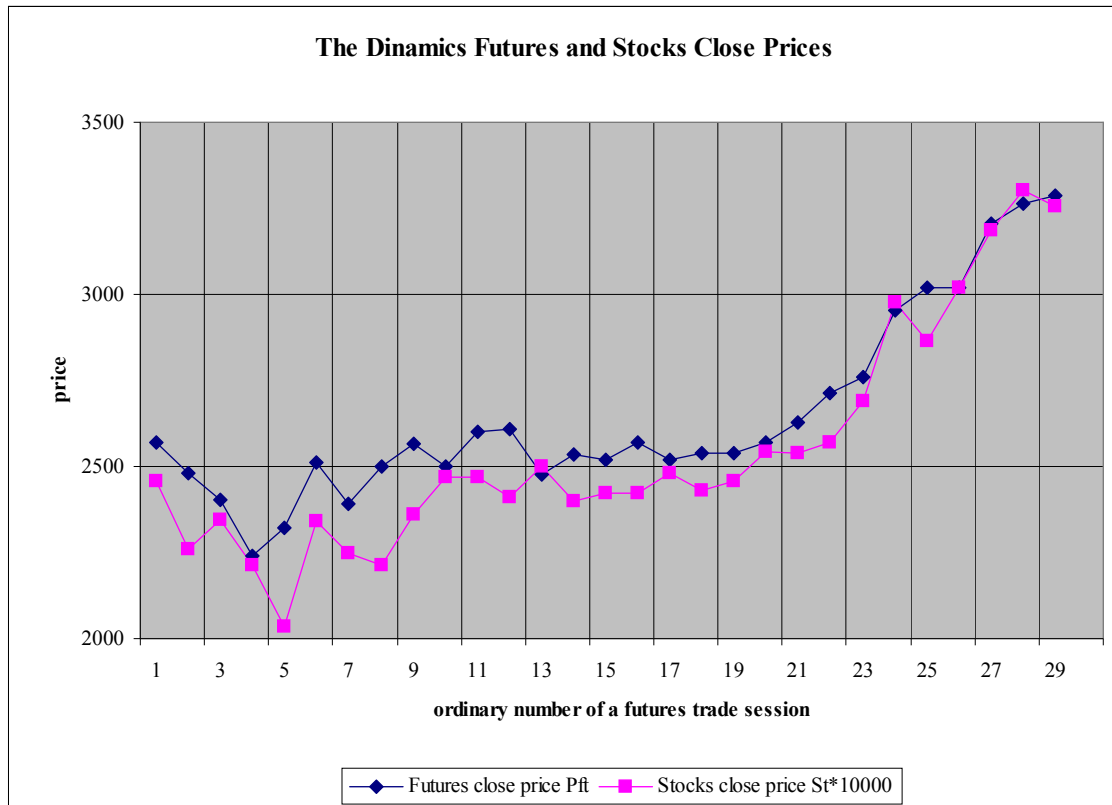


Рис. 3. Динамика цен на акции и фьючерсы за период ЖЦ фьючерса

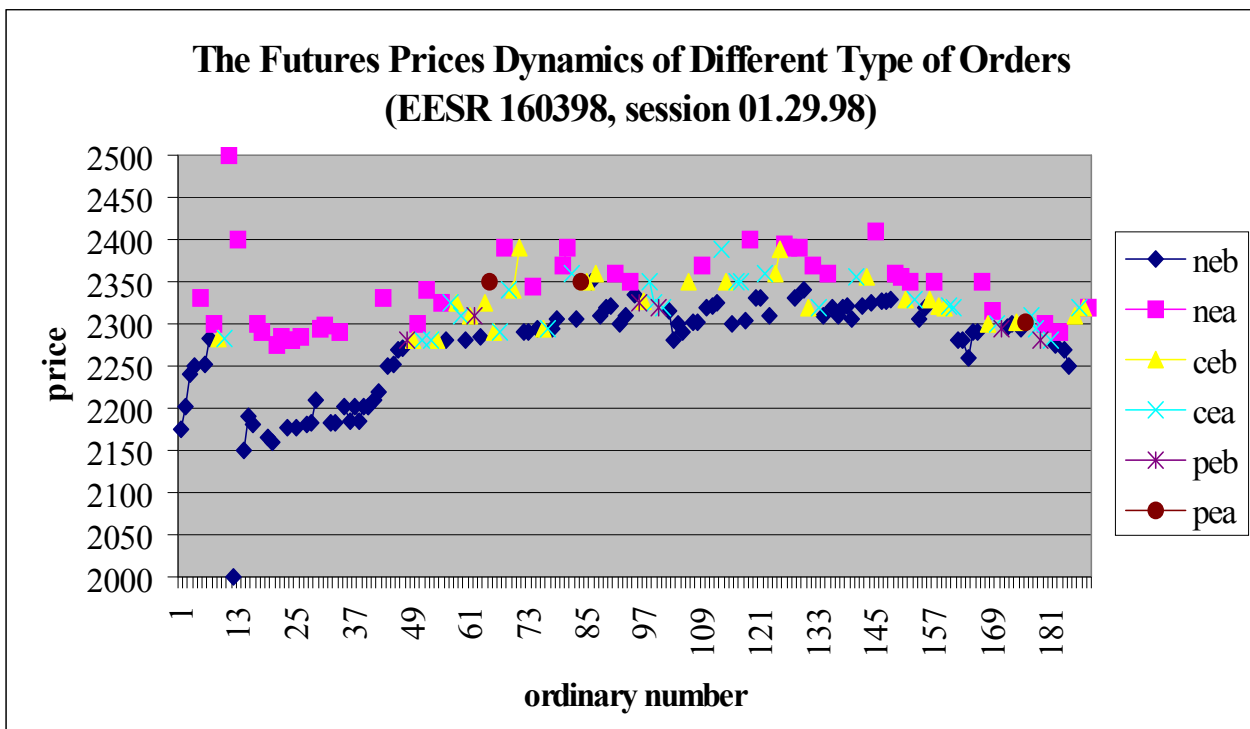


Рис. 4. Динамика цен заявок на покупку и продажу различного типа (неисполненные, исполненные полностью или частично) за период одной торговой сессии

Neb – the not executed “Bid” order; nea - the not executed “Ask” order; ceb – completely executed “Bid” order; cea – completely executed “Ask” order; peb – partially executed “Bid” order; pea – partially executed “Ask” order. From ordinary number 15 to 45 bargains not completes, then prices increase. The number of “Bid” orders is much greater then the number of “Ask” orders.

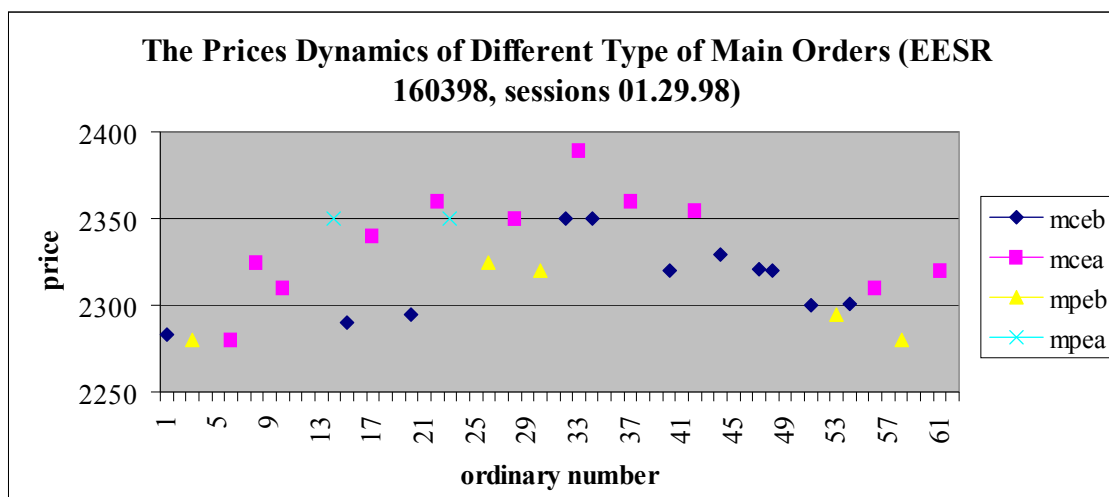


Рис. 5. Динамика цен «собственных» заявок, выставленных со стороны покупателя или продавца полностью или частично исполненных за период одной торговой сессии

The main “Ask” orders (bargains completed on the initiative of the sellers) have the average price of 2336 close to the average price of the not executed “Ask” orders - 2343. At the same time the main “Bid” orders (bargains completed on the initiative of the buyers) have the average price of 2314. That is much higher than the average price of the not executed “Bid” orders - 2268.

The number of the not executed “Ask” orders is less than the number of the not executed “Bid” orders ($40 < 87$).

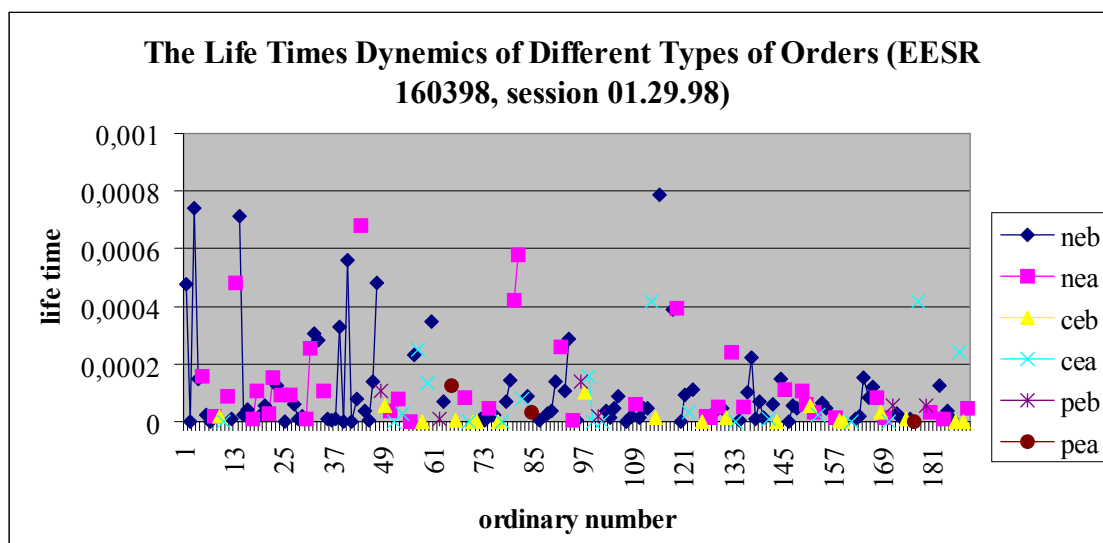


Рис. 6. Динамика времени жизни заявок различного типа за период одной торговой сессии

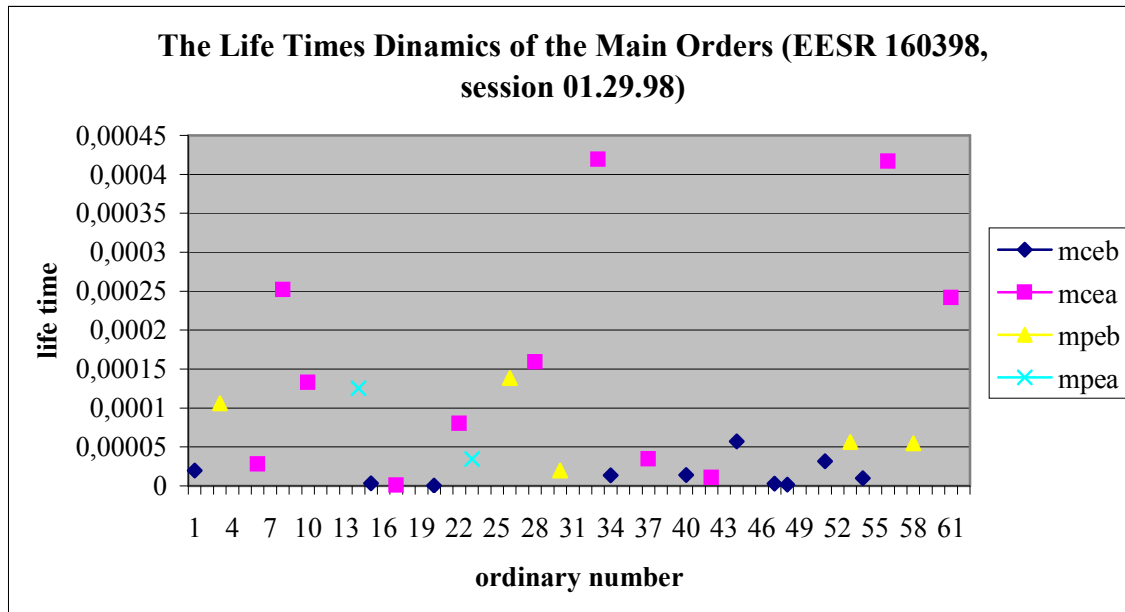
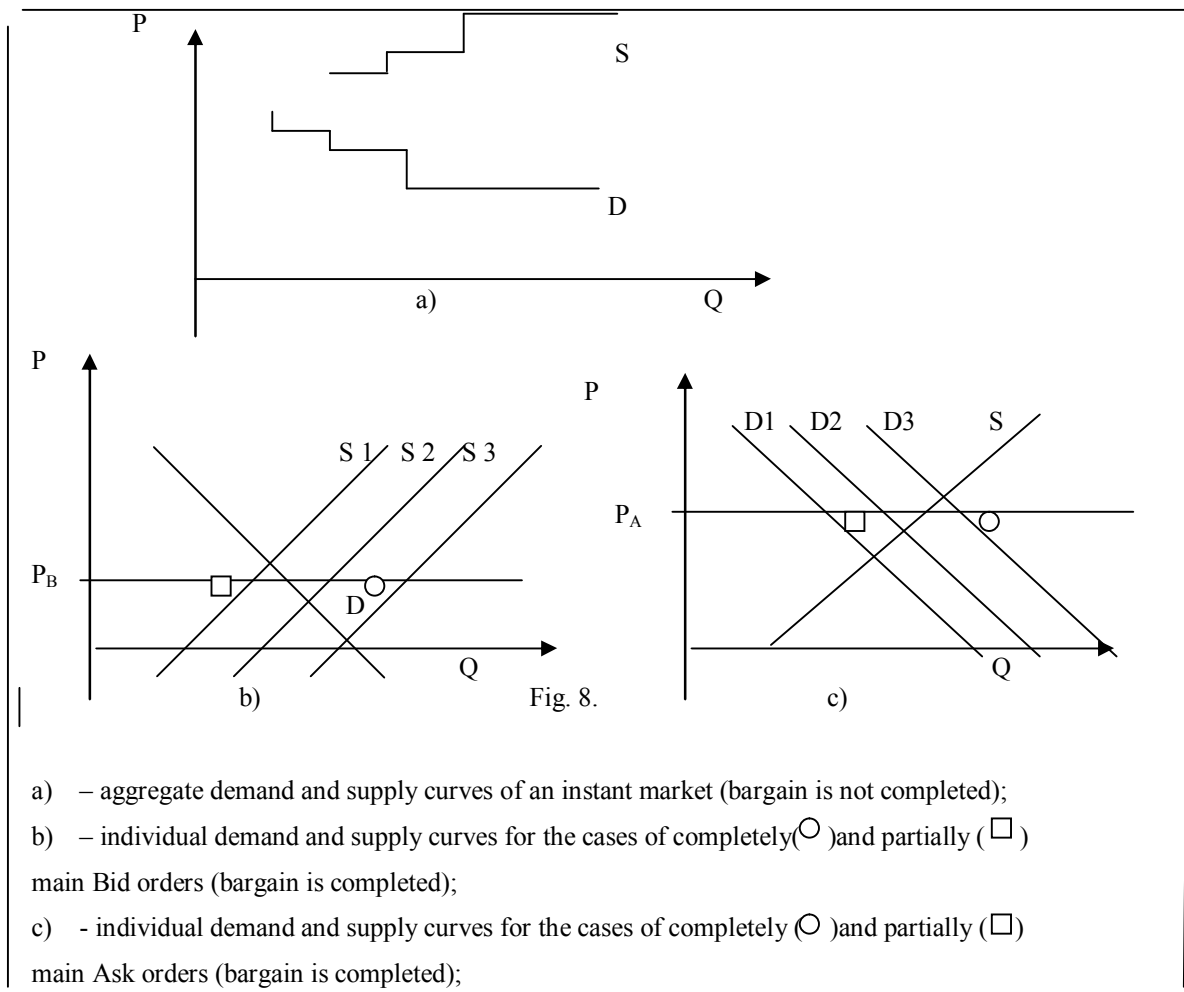


Рис. 7. Динамика «собственных» заявок покупателя или за период одной торговой сессии

Average life time values of the main “Ask” orders (bargain completed on the initiative of the sellers) is much higher than average life time of the orders “Bid” (bargains completed on the initiative of the buyer) $0,00016 \gg 0,000015$.

Average price spread between the not executed “Bid” or “Ask” orders comprises 75 items (2343-2268). Average price spread between the main “Bid” or “Ask” orders comprises 22 items (2336-2314). Average life time values of the not executed “Bid” and “Ask” orders are the same order.



- a) – aggregate demand and supply curves of an instant market (bargain is not completed);
- b) – individual demand and supply curves for the cases of completely (○) and partially (□) main Bid orders (bargain is completed);
- c) – individual demand and supply curves for the cases of completely (○) and partially (□) main Ask orders (bargain is completed);

Рис. 8. Три состояния динамических рынков: Разворот, Рынок покупателя и рынок продавца.

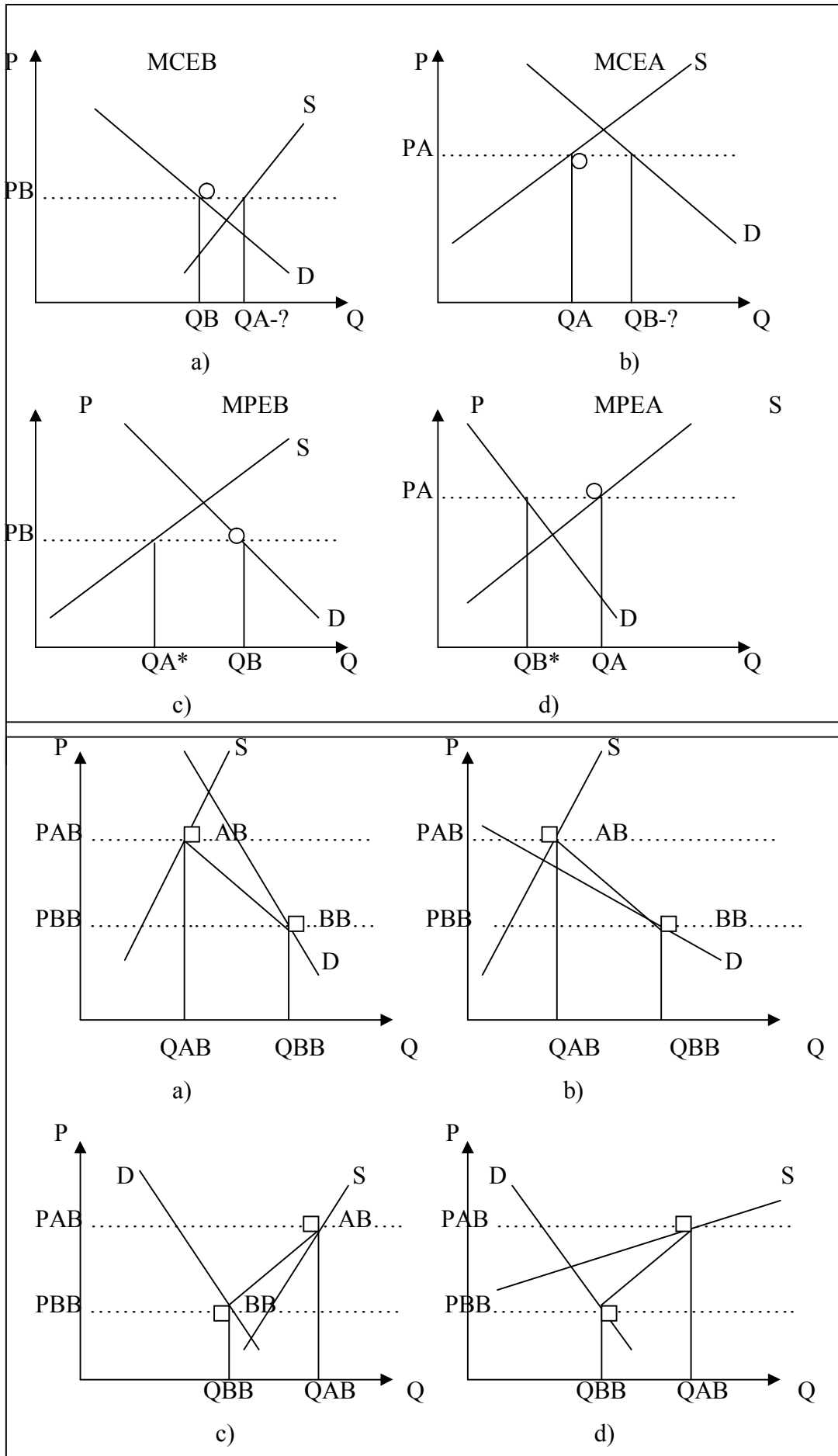


Рис. 9. Интерпретация типа заявок в зависимости от состояния динамических рынков