

ТЕНДЕНЦИИ ПРИБЫЛЬНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ТОРГОВЛИ НА МИРОВЫХ ФОНДОВЫХ РЫНКАХ

Статья посвящена новому, стремительно развивающемуся сегменту торговли на финансовых рынках, основанному на применении алгоритмических систем. За высокую степень автоматизации эти системы получили название торговых роботов, поскольку совершают рыночные сделки полностью автономно, без непосредственного участия трейдера. Авторы рассматривают основные источники прибыли алгоритмических систем и тенденции ее изменения за последние годы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фондовый рынок, алгоритмическая торговля, торговые стратегии, торговые роботы, арбитраж



Володин Сергей Николаевич — к. э. н., старший преподаватель департамента финансов НИУ ВШЭ. Сфера профессиональных интересов: прогнозирование рыночных цен, инвестиционный анализ, алгоритмическая торговля (г. Москва)



Копырина Ольга Олеговна — ассистент кафедры теоретической экономики НИУ ВШЭ. Сфера профессиональных интересов: инвестиционный анализ, моделирование торговых стратегий, алгоритмическая торговля (г. Москва)

ИСТОЧНИКИ ПРИБЫЛИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ТОРГОВЛИ

Для сравнения прибыльности торговых роботов и классических инвесторов, а также проведения анализа существующих тенденций необходимо рассмотреть, из каких компонентов состоит прибыль торговых роботов, за счет чего они получают основной доход. На сегодняшний день можно выделить ограниченный список функций, которые позволяют основной массе алгоритмических систем извлекать прибыль. Среди них:

- маркетмейкинг, или формирование рынка;
- получение скидок за предоставление ликвидности на бирже;
- арбитраж;
- манипулирование рынком.

Источники прибыли не исключают друг друга: например, маркетмейкеры обеспечивают большое количество торгов на бирже, и рынок становится более ликвидным, за что со стороны биржи им предоставляются скидки. Рассмотрим потенциальные источники прибыли более подробно.

Маркетмейкинг

Поскольку торговые роботы посылают заявки на покупку и продажу активов с высокой частотой и в больших количествах, они всегда готовы к совершению операций с другими участниками рынка и таким образом создают условия для совершения сделок. Компенсация за эту деятельность — bid-ask-спред (разница между лучшей ценой на покупку и продажу актива). Наибольший спред получают те, кто способен быстрее всех анализировать информацию и реагировать на изменения.

Однако в деятельности высокочастотных систем априори заложена противоречивость: совершая огромное количество операций и таким образом повышая ликвидность рынка, они устраняют его несовершенство — рынок становится более эффективным. Это выражается в снижении размера спреда, поэтому при уменьшении прибыльности на одну операцию торговые роботы зарабатывают за счет повышенного объема торгов.

Скидки за предоставление ликвидности

Вследствие уменьшения прибыльности операций при возрастании ликвидности деятельность торговых роботов сопряжена не только с явными издержками, такими как комиссии за совершение операций на бирже, но и с неявными потерями, как, например, недополученный спред. По этой причине биржи, уловив снижение стимулов торговых роботов к увеличению ликвидности, стали мотивировать трейдеров скидками: например, на американских биржах за каждые 100 купленных или проданных акций трейдерам платят два цента [14]. Для трейдеров, совершающих операции с частотой в микросекунды, это позволяет получить значительный дневной заработок, поэтому многие торговые роботы концентрируются на тех биржах, где цены не меняются резко, на описанной стратегии, а не на алгоритмах, нацеленных на предсказание будущих котировок, для которых

вероятность потерь выше, а вероятность получения скидок за ликвидность ниже.

Арбитраж

Второй по распространенности стратегией алгоритмической торговли является арбитраж. В большинстве случаев он осуществляется при условии разницы в котировках схожих активов на различных биржах. За счет повышенной скорости действия алгоритмов торговые роботы зарабатывают на любых межбиржевых несоответствиях котировок. Однако такое несоответствие возрастет при увеличении изменчивости котировок. Именно поэтому необходимым условием прибыльности арбитража является волатильность цен на активы.

Манипулирование рынком

Все рассмотренные выше стратегии извлечения прибыли относились к легальным, более того, благоприятным для фондового рынка действиям торговых роботов. Однако имеют место и проводимые высокочастотными трейдерами мошеннические операции, которые осуществляются в условиях низкой конкуренции и/или при использовании частной информации. Зачастую такая информация порождается самим торговым роботом и используется для искусственного воздействия на рынок [14].

Говоря об источниках прибыли алгоритмических систем, следует упомянуть о наличии еще одного направления ее получения — за счет прогнозирования цен финансовых активов. Однако такого рода алгоритмические системы не столь широко распространены, как описанные выше, и не занимают существенной доли в биржевых оборотах. Основной причиной этого является значительно меньшая частота совершения ими торговых операций. Как правило, они нацелены не на высокочастотный трейдинг¹, как основная

¹ При высокочастотном биржевом трейдинге время от открытия до закрытия позиции (таймфрейм) составляет от долей секунды до нескольких секунд. — Прим. ред.

масса гиперактивных торговых автоматов, а на среднечастотный, что делает их долю в оборотах торгов незначительной, и биржами они практически не регистрируются, поэтому данный источник формирования прибыли пока еще нельзя отнести к основным.

ФАКТОРЫ ПРИБЫЛЬНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ

Эмпирические данные об алгоритмической торговле, накопленные на сегодняшний день, позволяют определить, какие именно роботы принесут своим владельцам наибольшую прибыль. Существуют общие факторы, обуславливающие прибыльность алгоритмической системы вне зависимости от конкретных особенностей применяемой в ней торговой стратегии. Можно выделить два самых главных из них: влияние на ликвидность и скорость совершения рыночных транзакций.

1. *Влияние алгоритмической системы на ликвидность торгуемого актива.* Существует классификация торговых роботов, позволяющая разделять их в зависимости от того, какое влияние они оказывают на ликвидность:

- добавляющие ликвидность — менее 20% их сделок характеризуется изъятием ликвидности; это так называемые пассивные высокочастотные трейдеры — алгоритмические маркетмейкеры, деятельность которых обеспечивает рынок ликвидностью;

- нейтральные по отношению к ликвидности торгуемого актива — алгоритмы, которые забирают ликвидность в 20–60% сделок;

- забирающие ликвидность — более 60% их сделок характеризуется изъятием ликвидности с рынка. Такие алгоритмические системы относят к агрессивным, т.к. их задача — опередить всех остальных участников торгов за счет прогнозирования будущей динамики цен [10].

Заметим, что алгоритмы обеспечивают рынок ликвидностью, если своей деятельностью дают возможность другим трейдерам осуществлять

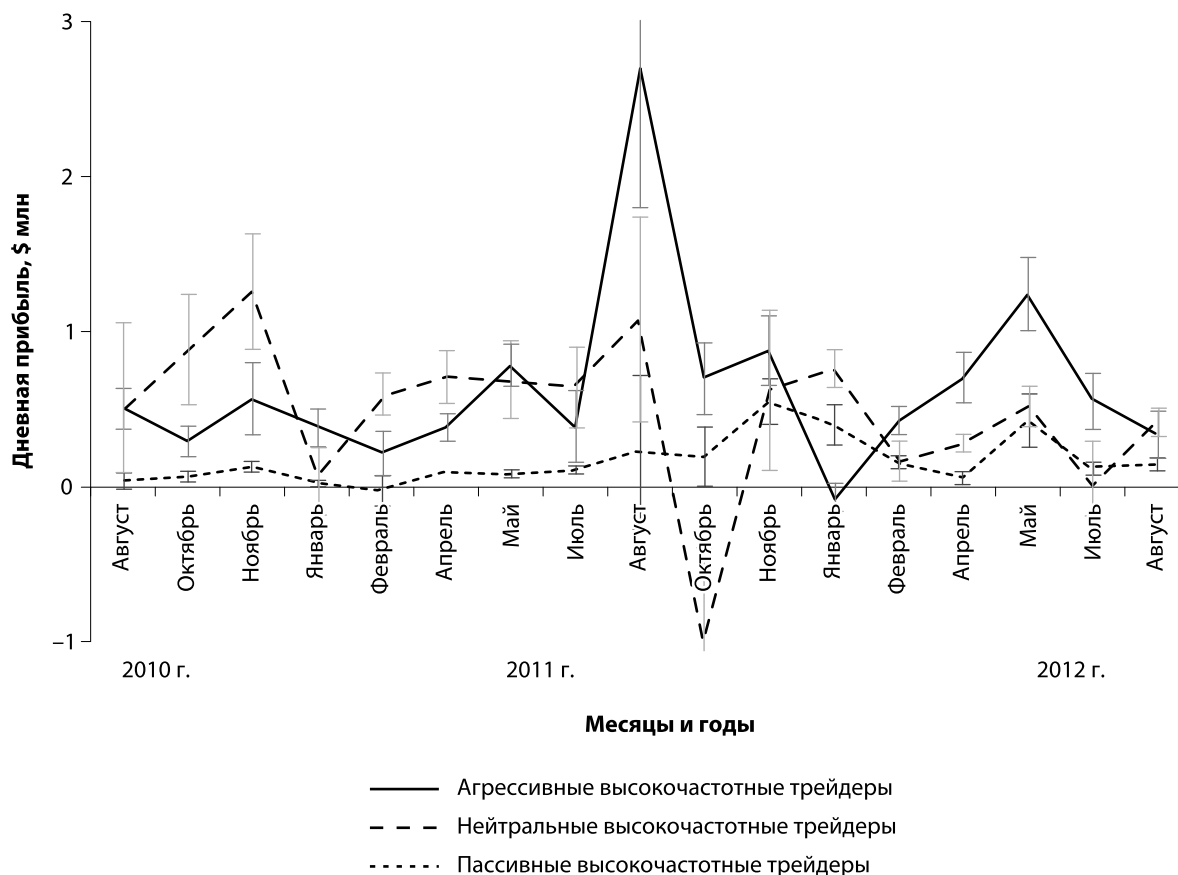
сделки, и наоборот, забирают ликвидность, если нацелены на извлечение прибыли путем опережения более медленных игроков и не позволяют им осуществить сделки по наиболее низкой цене покупки или наиболее высокой цене продажи.

Как показывают результаты применения этих трех типов алгоритмических систем, между ними существует отчетливая дифференциация в уровне прибыльности, что наглядно демонстрирует рис. 1. На сегодняшний день сложилась устойчивая тенденция к увеличению прибыльности высокочастотных алгоритмических трейдеров с возрастанием их агрессивности.

Такой дифференциации прибыльности способствует различие в сложности алгоритмов и зависимости прибыльности одной транзакции от объема торгов. Прибыльность одной транзакции агрессивных высокочастотных трейдеров не уменьшается при увеличении дневного количества транзакций при работающем механизме опережения других трейдеров — своей деятельностью агрессивные трейдеры не создают условий для низкой маржинальности отдельной операции, в отличие от пассивных высокочастотных трейдеров. Последние, зарабатывая на bid-ask-спреде и увеличивая число проводимых сделок, способствуют снижению спреда, что уменьшает прибыль с одной транзакции. Как следствие, на международных фондовых рынках существует тенденция захвата большей части прибыли агрессивными высокочастотными трейдерами, потому что их алгоритм направлен не на увеличение ликвидности и уменьшение спреда, а на предсказание цен. Однако, безусловно, агрессивные алгоритмы характеризуются большим риском.

2. *Скорость совершения транзакций алгоритмической торговой системой.* Другой фактор, обуславливающий прибыльность торгового робота, — скорость совершения рыночных сделок. Под скоростью подразумевается величина, обратная интервалу времени, за которое один высокоскоростной трейдер опережает другого в борьбе за лучшую заявку на покупку или продажу ценной бумаги (рис. 2, 3).

Рис. 1. Средняя дневная прибыль высокочастотных роботов (фьючерсный контракт E-mini S&P 500*)



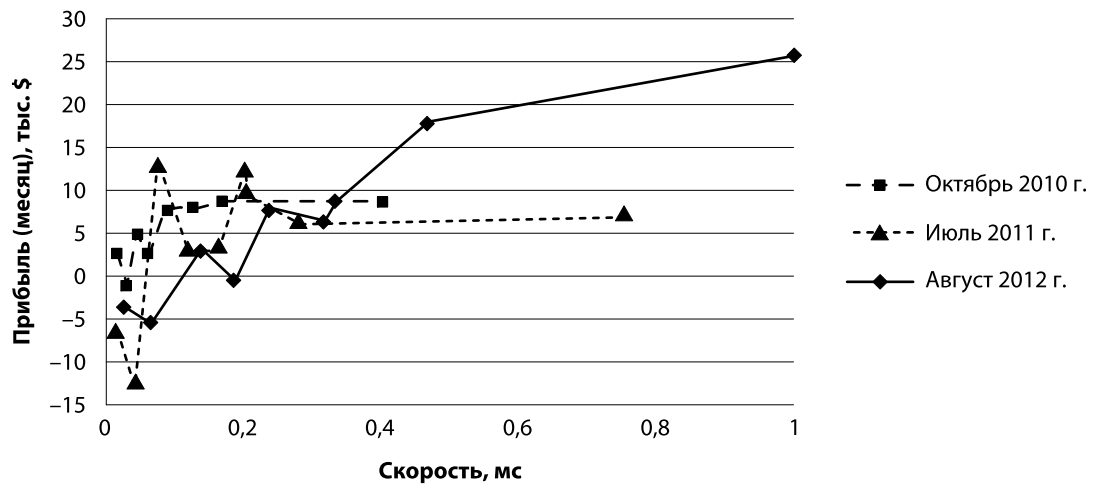
* Фьючерсный контракт, равный 1/10 стандартного контракта на индекс S&P 500.
 Источник: [11].

Графики наглядно демонстрируют различия прибыльности агрессивных и пассивных алгоритмических трейдеров в зависимости от скорости совершения сделок. Как можно заметить, для любого из рассмотренных периодов времени и для обеих категорий торговых роботов скорость положительно влияет на прибыль. Однако для пассивных трейдеров на всех временных промежутках наблюдается меньшая отдача от скорости: в деятельности маркетмейкеров относительно не критично опережать других игроков на рынке. В то же

время в 2011–2012 гг. произошла революция в сегменте высокоскоростных трейдеров: если в 2011 г. пассивные алгоритмические системы выигрывали на скорости и получали прибыль на \$30 000 больше, чем аналогичные по скорости агрессивные, то в 2012 г. пассивные стали получать достаточно скромную отдачу от скорости, а для агрессивных она начала значительно влиять на прибыль, если превышала условный уровень в 0,2 мс.

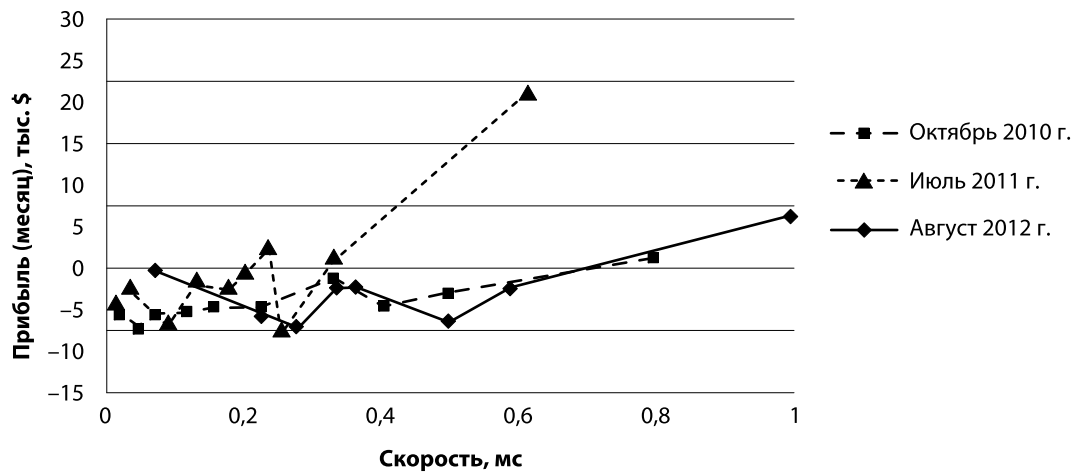
Таким образом, скорость опережения других участников торгов является основой прибыльности

Рис. 2. Зависимость месячной прибыли агрессивного робота от скорости действия (фьючерсный контракт E-mini S&P 500)



Источник: [11].

Рис. 3. Зависимость месячной прибыли пассивного робота от скорости действия (фьючерсный контракт E-mini S&P 500)



Источник: [11].

высокоскоростных алгоритмических систем: кто быстрее способен реагировать на изменение ситуации, тот получает наибольший доход. Кроме того, в максимальной степени эта закономерность справедлива для агрессивных торговых систем. Для них она включает в себя не только непосредственно реакцию на изменение текущих торговых заявок других участников, но и скорость обнаружения в новостях и социальных сетях упоминаний о компании, активами которой оперирует робот, проверку их на адекватность и соответствующую их характеру обработку торговым алгоритмом. Для пассивного трейдера скорость чаще всего относится к наиболее быстрому реагированию на новые заявки по покупке и продаже, выставленные другими участниками торгов.

ТЕНДЕНЦИИ ПРИБЫЛЬНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ТОРГОВЛИ

На сегодняшний день многие частные инвесторы небезосновательно считают, что с помощью роботов возможно получение гораздо большей прибыли, чем при классической торговле. Это

неблагоприятно сказывается на отношении инвесторов к рынку, что вызывает обеспокоенность и у государственных структур, отвечающих за контроль над биржами и операциями с ценными бумагами. Безусловно, высокочастотный торговый автомат способен генерировать более значительную прибыль, чем обычный среднестатистический инвестор, за счет более высокой скорости совершения операций и расширенных возможностей анализа рыночной информации. Однако статистика показывает, что и у сегмента алгоритмической торговли существует определенная граница насыщения, когда из-за возрастающей конкуренции между самими торговыми автоматами их прибыльность начинает снижаться.

По данным Rosenblatt Securities, общая прибыль американского сегмента торговых роботов за последние годы стремительно снижается: в 2009 г. она достигла своего пика в \$7,2 млрд, а к 2012 г. снизилась уже на 75% и составила около \$1,8 млрд (рис. 4), и это притом что американский сегмент высокочастотной торговли является самым быстроразвивающимся в мире. Для сравнения: \$5 млрд долларов — средняя квартальная прибыль крупных финансовых институтов США

Рис. 4. Годовая прибыль сегмента высокочастотной торговли США



Источник: [12].

в 2013 г., таких как JPMorgan Chase [20]. Кроме того, по подсчетам специалистов, средняя прибыль алгоритмических трейдеров упала с 1/10 цента до 1/12 цента с одной акции, которую покупают и продают роботы [19].

Каковы причины убывающего тренда прибыльности алгоритмической торговли? Во-первых, данный сегмент уже достиг своей зрелости: конкуренция стала значительно выше, уменьшились возможности получения технологических преимуществ перед другими его участниками, что неизбежно снизило прибыльность данного бизнеса. Биржевая статистика по американскому рынку подтверждает, что достижение зрелости сегментом высокочастотной алгоритмической торговли пришлось как раз на 2009 г. (рис. 5). После этого и начало наблюдаться связанное с насыщением рынка уменьшение прибыльности алгоритмической торговли.

Во-вторых, ухудшились рыночные условия, необходимые для получения прибыли торговыми роботами. Такими условиями являются: большой размер bid-ask-спреда — как указывалось ранее, это условие получения прибыли при маркетмейкинге;

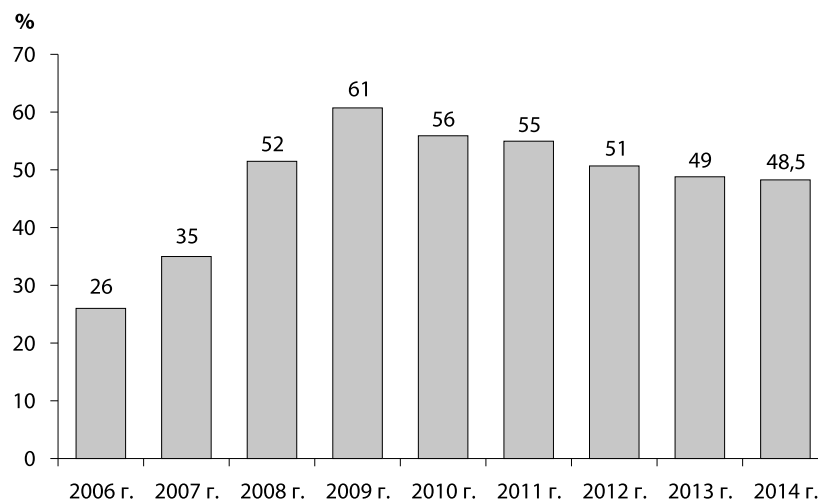
высокая волатильность (для обоснованности реализации арбитражной стратегии); влияние скорости совершения сделок на получаемую прибыль и низкие транзакционные издержки, важные для любой алгоритмической стратегии.

Рассмотрим основные тенденции, наблюдающиеся по каждому из этих показателей, более подробно.

Уменьшение bid-ask-спреда

Известно, что основной заработок алгоритмических маркетмейкеров формируется из разницы между ценой покупки и продажи рыночного актива, поэтому для них крайне важно, чтобы эта разница была достаточной для получения прибыли от совершения операций, но при увеличении частоты операций и объема торгов спред становится меньше, а значит, по мере насыщения рынка зарабатывать все сложнее. В такой ситуации алгоритмическим трейдерам необходимо совершать очень большое количество операций в день, чтобы их деятельность приносила достаточную прибыль.

Рис. 5. Отношение высокочастотных торгов к общему объему торгов, рынок акций США



Источник: [13].

Рассматривая динамику размера bid-ask-спреда на лидирующем алгоритмическом сегменте — американском, можно увидеть, что наблюдается его постепенное уменьшение (рис. 6).

Впрочем, нельзя однозначно утверждать, что снижение размера bid-ask-спреда однозначно отрицательно влияет на все виды алгоритмических стратегий. Наиболее ярко это выражено именно для стратегии маркетмейкинга и близких ей, но для других стратегий падение данного показателя выражается в снижении транзакционных издержек, которые играют весьма весомую роль при высокочастотной торговле.

Снижение волатильности на рынках

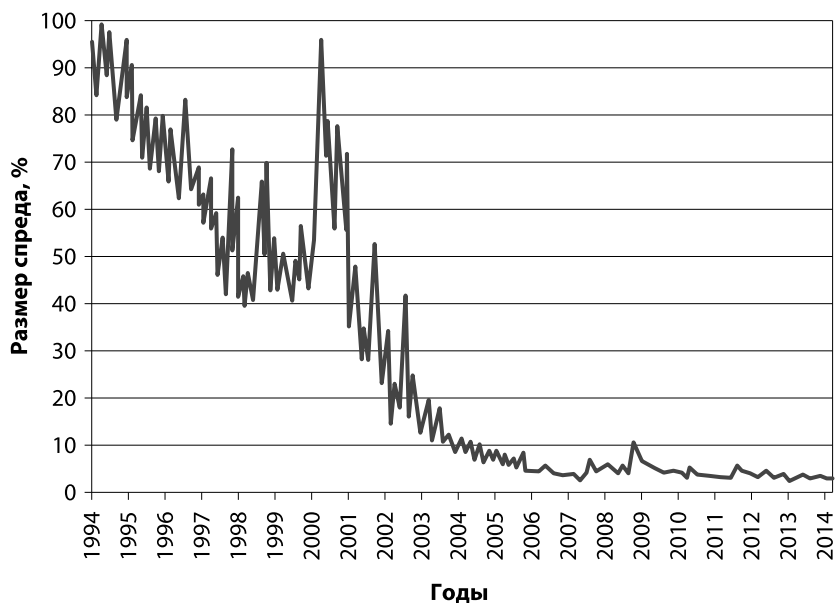
Следующее необходимое условие получения прибыли для торговых роботов — волатильность котировок рыночных активов. Например, алгоритмы, основанные на арбитражной стратегии, получают прибыль за счет разницы в ценах активов

на разных биржах, вероятность которой тем выше, чем интенсивнее колебания цен. Для многих других видов алгоритмических стратегий, в том числе основанных на прогнозировании цен, волатильность — также важный фактор увеличения прибыльности. Являясь изначально спекулятивными, алгоритмические стратегии способны принести тем большую прибыль, чем больший размер ценовых скачков наблюдается по торгуемому активу. Однако, как показывает статистика по американскому рынку, общая его волатильность, достигнув пика в середине 2011 г., в последнее время имела устойчивую тенденцию к снижению (рис. 7).

Уменьшение влияния скорости на прибыль

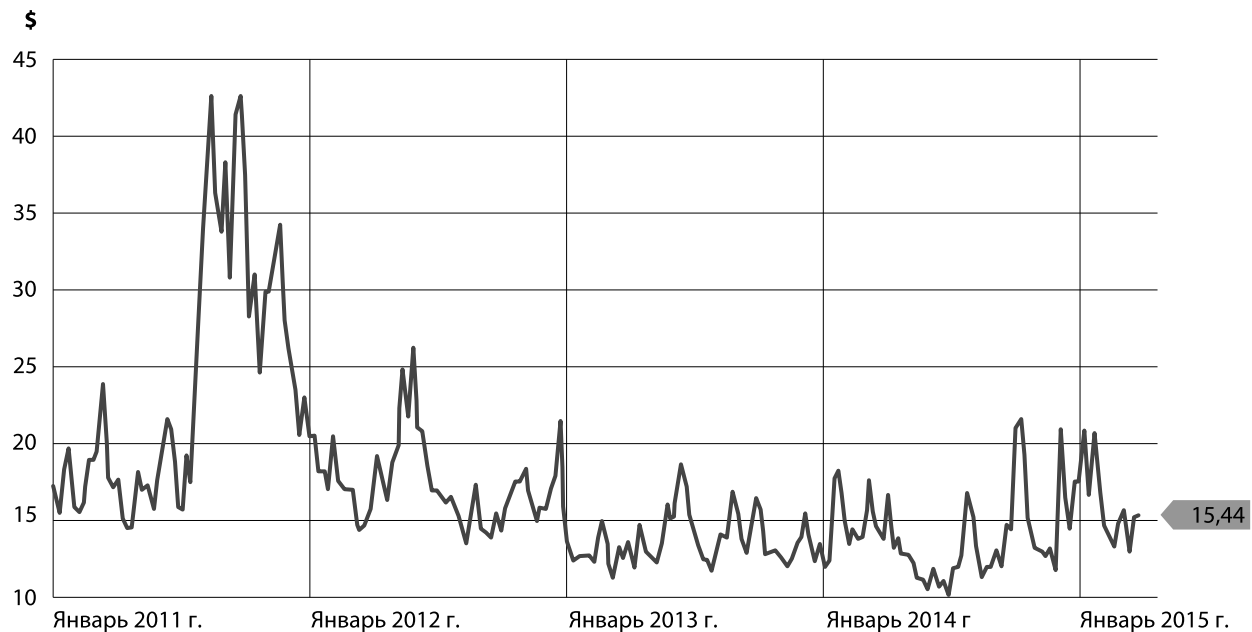
Как было показано выше, скорость действия алгоритма — один из ключевых факторов его прибыльности независимо от того, является стратегия агрессивной или пассивной. Со временем

Рис. 6. Средний размер bid-ask-спреда, S&P 500



Источник: [15].

Рис. 7. Волатильность котировок, S&P 500



Источник: [21].

все главные игроки рынка начали инвестировать в технологии low latency — технические инновации, позволяющие минимизировать задержки реагирования на поступление новых заявок на покупку и продажу активов. Однако по мере распространения этой технологии отдача от нее уменьшается: скорость реакции основной массы гиперактивных роботов стала очень высокой, технологическое совершенствование уже не является существенным конкурентным преимуществом и не обеспечивает значительного увеличения прибыли, как это было на начальном этапе развития сегмента алгоритмической торговли.

Увеличение издержек

В отличие от классической торговли, алгоритмической свойственны специфические издержки,

и в последние годы они имели тенденцию к увеличению.

Во-первых, постепенно возрастали комиссии и налоги, уплачиваемые за осуществление деятельности торговых роботов. Многие страны с развитым рынком приняли государственные меры по увеличению ставки налогообложения с каждой операции именно для высокочастотных торговых автоматов, а также ввели специальные дополнительные комиссии, взимаемые при достижении определенного количества транзакций, совершаемых торговым роботом. Все это снизило рентабельность роботов и затруднило их работу на рынке. Вдобавок к этому менеджеры бирж, осознав ценность для алгоритмических трейдеров высокой скорости реагирования на изменяющиеся рыночные условия, повысили размер комиссии за установку оборудования в здании

биржи, что является одним из факторов высокой скорости робота. К росту альтернативных издержек для торговых роботов привело и то, что некоторые биржи во времена усиленной краткосрочной волатильности приостанавливают торги либо отключают роботов от своих серверов [6], что означает недополучение ими части прибыли, причем весьма значительной, поскольку высокая волатильность в большинстве случаев способствует росту прибыльности алгоритмической торговли.

Во-вторых, высокочастотная торговля стала очень затратной: вложения, требуемые для ее эффективной реализации, за последние годы сильно возросли, что также способствовало снижению ее рентабельности. Сегодня осуществление деятельности торговых роботов требует значительных финансовых инвестиций. Для того чтобы алгоритм работал наиболее эффективно и с меньшими перебоями, необходимо приобретать дорогостоящее оборудование с высокой производительностью, защитные системы, блоки управления рисками, вычислительные мощности для размещения информации на серверах и т.п. [8] Помимо этого обязательным атрибутом алгоритмической торговли является непрерывное совершенствование технологических мощностей, позволяющее удержать конкурентное положение на рынке, а это означает, что инвестиции необходимы не только вначале, но и во всем процессе ведения алгоритмической торговли.

В-третьих, при алгоритмической торговле обеспечение высокой скорости и производительности требует наличия специального квалифицированного персонала. Он необходим и для поддержания самого торгового алгоритма. Его деятельность включает корректировку правил открытия и закрытия позиций, оптимизацию программного кода, поиск новых возможностей для получения прибыли — анализ иных классов активов, отраслей, рынков, обнаружение новых бирж, где недостаточно развита деятельность высокочастотных трейдеров и больше возможностей для получения прибыли [16]. В то же время квалифицированный персонал требуется для управления

технологическим риском, свойственным алгоритмической торговле, поскольку в ее случае технические сбои могут привести к существенным убыткам. Так, например, ошибка в программном коде алгоритмической системы компании Knight Capital из-за сбоев в программе за 45 минут торговли привела к получению убытков в размере \$440 млн [6], и это лишь один из подобных случаев, наблюдавшихся за последние годы на мировых фондовых рынках.

ОТВЕТ ТОРГОВЫХ РОБОТОВ НА УМЕНЬШЕНИЕ ПРИБЫЛЬНОСТИ

Вследствие увеличения конкуренции и снижения общей прибыльности алгоритмической торговли разработчики роботов стали изыскивать новые возможности для создания эффективных торговых стратегий. Прежде всего они начали переходить от торговли конкретными активами к смешанным портфелям ценных бумаг, которые теперь помимо традиционных активов — акций — включают иные классы финансовых инструментов: фьючерсы, валюту, опционы, свопы. Однако и это вскоре стало весьма распространенной стратегией доработки торговых алгоритмов, что отразилось в небольшой отдаче от диверсификации.

Ряд разработчиков, особенно обладающих наибольшими финансовыми возможностями, переключают усилия на менее развитые фондовые рынки. Некоторые меняют свои алгоритмы, увеличивая период владения активами, переходя с высокочастотного таймфрейма на среднечастотный: в этой области конкуренция существенно ниже, а требования к технологическому оснащению не столь высоки. Это можно считать оправданным: по результатам исследования Moosa [18], прямой положительной зависимости между длиной периода владения активом, частотой торгов и прибыльностью уже не наблюдается. Наибольшая доходность теперь не соответствует максимальной частоте торгов и наибольшему количеству проведенных

транзакций, что показывает рис. 8. В зависимости от динамики внутренней цены актива стратегия при большем периоде владения активом и менее частой торговле может быть прибыльнее, чем высокочастотная торговля с коротким периодом владения активом [18], а это говорит о том, что в результате увеличения количества высокочастотных трейдеров и достижения зрелости на рынке изменились механизмы прибыльности.

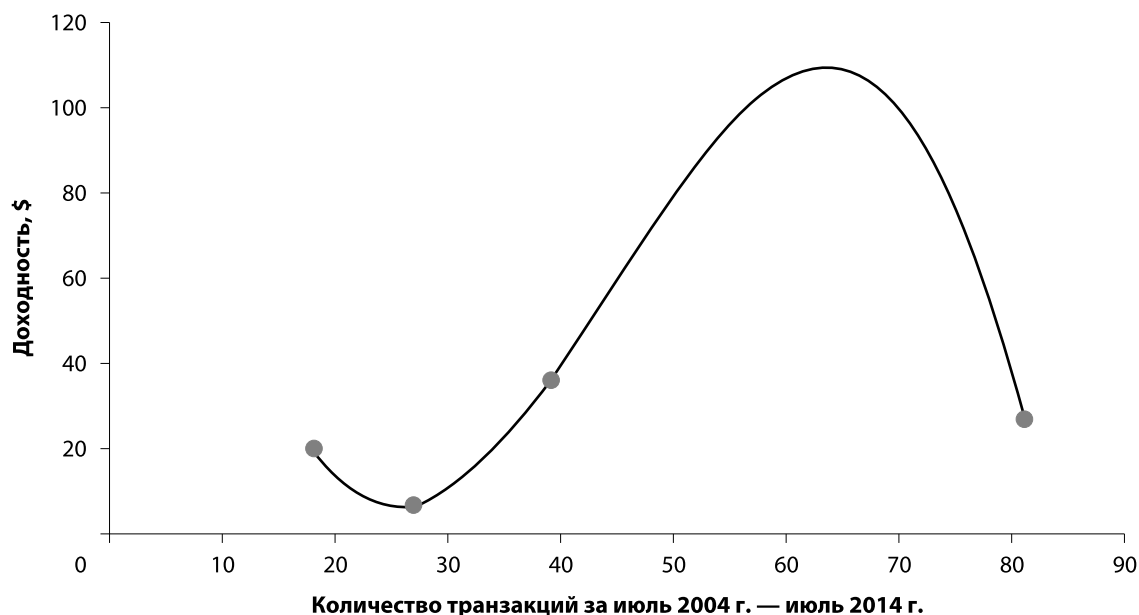
Как показывают результаты другого проведенного исследования, высокочастотная торговля не может приносить высокую прибыль ввиду сверхкраткосрочного периода владения активами (рис. 9), из чего следует вывод: даже агрессивным трейдерам, прибыльность которых выше, чем у маркет-мейкеров, для достижения достаточной выгоды при малом периоде владения активом необходимо значительное и резкое увеличение цены на него [17], что невозможно в современных рыночных

условиях ввиду общего снижения краткосрочной волатильности. Это, в свою очередь, также позволяет сделать вывод о том, что переход на менее частотные таймфреймы может являться наиболее перспективным направлением развития алгоритмической торговли в ближайшей перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

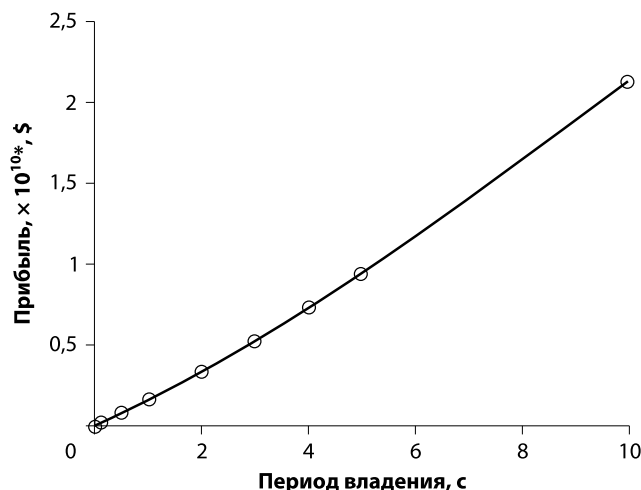
Как показал проведенный анализ, на многих развитых фондовых рынках сегмент алгоритмической торговли уже достиг зрелости, поэтому в целом уровень ее прибыльности за последние годы неуклонно снижается. Главной причиной этого является насыщение рынка и возрастание конкуренции между алгоритмическими торговыми системами. Если раньше основным фактором, позволяющим получать более высокую прибыль,

Рис. 8. Зависимость доходности трейдера от количества транзакций (по результатам эмпирического исследования доходности валютных операций)



Примечание: количество транзакций по выделенным координатам соответствует периодам скользящей средней в 60, 180, 260, 320 дней.
Источник: [18].

Рис. 9. Верхняя граница общей прибыли по торгуемым в США активам в зависимости от периода владения, 2008 г.



* Агрегированный показатель.
 Источник: [17].

была высокая скорость совершения операций, то в условиях зрелого рынка она перестает быть конкурентным преимуществом. Помимо этого на снижение прибыльности оказывает влияние и ряд других факторов: уменьшение размера bid-ask-спреда, увеличение специфических для высокочастотной торговли издержек и уменьшение общерыночной волатильности. В такой среде возможно окупить вложения и транзакционные затраты только за счет увеличения объема торгов, но при текущем насыщении рынка это достаточно сложно реализовать.

Все эти факторы в совокупности неизбежно оказывают влияние на уменьшение прибыльности

алгоритмической торговли. По мнению авторов, выход из данной ситуации — разработка и применение принципиально новых алгоритмических торговых стратегий, способных выявлять в динамике цен финансовых активов периоды рыночной неэффективности, которые не могут быть обнаружены с помощью имеющихся торговых стратегий. При этом наиболее перспективными типами таких стратегий могут являться среднечастотные и основанные на прогнозировании рыночных цен, а не на совершении высокочастотных и арбитражных операций, которые на сегодняшний день занимают наибольшую долю сегмента алгоритмической торговли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асатуров К.Г., Теплова Т.В. Эффекты перетекания волатильности и заражения на фондовых рынках: определение глобальных и локальных лидеров // Вестник МГУ. Экономика. — 2014. — №6. — С. 3–34.
2. Волки Wall Street: рассказ о высокочастотном трейдинге от эксперта Thomson Reuters. — <http://habrahabr.ru/company/itinvest/blog/247891/>.

3. Володин С.Н., Коченков И.А. Влияние ликвидности на эффективность перекрестного арбитража // Управление корпоративными финансами. — 2014. — №4. — С. 220–226.
4. Володин С.Н., Сорокин И.А. Формирование высокодивидендных портфелей на российском фондовом рынке // Управление корпоративными финансами. — 2014. — №6. — С. 382–390.
5. Володин С.Н., Янбаева Ф.Р. Эффективность технического анализа в различных отраслях российского фондового рынка // Управление корпоративными финансами. — 2013. — №6. — С. 382–391.
6. Каверзнева Л. Angry Robots // Financial Observer. — 2013. — Январь — февраль. — С. 24.
7. Мастерских А.В. О кризисе современного анализа финансовых рынков и путях выхода из него // Управление корпоративными финансами. — 2014. — №3. — С. 190–197.
8. Тенденции и перспективы алгоритмической торговли в России. — <http://habrahabr.ru/company/itinvest/blog/207000/>.
9. Теплова Т.В., Микова Е.С. Особенности моментум-стратегий на российском фондовом рынке // Финансовые исследования. — 2013. — №4. — С. 16–32.
10. Baron M., Brogaard J., Kirilenko A. (2014). *Risk and Return in High Frequency Trading*. Working Paper. University of Washington, Washington, the USA.
11. Baron M., Brogaard J., Kirilenko A. (2012). *The Trading Profits of High Frequency Traders*. Working Paper. University of Washington, Washington, the USA.
12. *Big Data and Smart Trading. How a Real-Time Data Platform Maximizes Trading Opportunities*. — http://www.sap.com/bin/sapcom/ro_ro/downloadasset.2013-02-feb-01-07.big-data-and-smart-trading-pdf.html.
13. Bogard V. *High-Frequency Trading: an Important Conversation*. — <http://tabbforum.com/opinions/high-frequency-trading-an-important-conversation>.
14. Brogaard J. (2011). *High Frequency Trading, Information, and Profits*. — https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/289021/11-1241-dr10-high-frequency-trading-information-and-profits.pdf.
15. Credit Suisse. *Market Trends 2013: The Year in Perspective*. — <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CC4QFJAC&url=https%3A%2F%2Fedge.credit-suisse.com%2Fedge%2FPublic%2FBulletin%2FServefile.aspx%3FFileID%3D25205%26m%3D278590504&ei=RGJsVdC6JaXuyQP3IHICg&usq=AFQjCNEykDsVKwBP8GPrzXgJB2AtakuN2Q&btnm=bv.94455598,d.bGQ>.
16. *How Profitable is Algorithmic Trading?* — <http://ibconnector.com/how-profitable-is-algorithmic-trading/>.
17. Kearns M., Kulensza A., Nevmyvaka Y. (2010). *Empirical Limitations on High Frequency Trading Profitability*. University of Pennsylvania, Pennsylvania, the USA.
18. Moosa I., Ramaiah V. (2015). «The profitability of high-frequency trading: is it for real?» In: *The Handbook of High Frequency Trading*. — <http://www.gbv.de/dms/zbw/818848677.pdf>.
19. Philips M. *How the Robots Lost: High-Frequency Trading's Rise and Fall*. — <http://www.bloomberg.com/bw/articles/2013-06-06/how-the-robots-lost-high-frequency-tradings-rise-and-fall#p4>.
20. Schmerken I. *High Frequency Trading Loses Its Luster*. — <http://www.wallstreetandtech.com/trading-technology/high-frequency-trading-loses-its-luster/d/d-id/1267981>.
21. *Volatility S&P 500 (^VIX)*. — <http://finance.yahoo.com/echarts?s=%5EVIX+Interactive#>.

