

Отчёт по нагрузочному тестированию торгово-клиринговых систем Московской Биржи 30 марта 2019 года

Оглавление

Отчёт по нагрузочному тестированию торгово-клиринговых систем Московской Биржи 30 марта 2019 года	1
Цели тестирования	2
Состав участников.....	2
Основные результаты	3
ТКС фондового рынка Московской Биржи	3
ТКС валютного рынка Московской Биржи	4
ТКС срочного рынка	5
Серверы доступа системы ASTS	7
Серверы доступа системы SPECTRA.....	7
Удаленные серверы доступа ASTS.....	7
Времена отклика на транзакции, ТКС ASTS	8
Времена отклика на транзакции, ТКС Spectra.....	9
Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС ASTS	9
Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС Spectra	12
Подсистема мониторинга параметров ТКС и активности рынков в режиме реального времени.	14
Индекс серверы, сервер сбора данных об обязательствах маркет-мейкеров, сервер риск-мониторинга, Web сайт биржи.....	14
Тестирование системы точной синхронизации часов по протоколу ptp (precision time protocol) условиях стрессовых нагрузок.....	14
Выводы.....	15
Фондовый и валютный рынки	15
Срочный рынок	15

Цели тестирования

1. Проверка работоспособности торгово-клиринговых систем (ТКС) рынков Московской Биржи при повышенных нагрузках и объемах заявок и сделок. Торги проводились в системах следующих рынков:
 - а. Системы торгов Фондового рынка Московской Биржи;
 - б. системы торгов Валютного рынка Московской Биржи;
 - в. системы торгов Срочного рынка Московской Биржи.
2. Оценка времен исполнения заявок и получения данных из торгово-клиринговой системы рынков Московской Биржи при различных уровнях нагрузки и конфигурациях аппаратных и программных средств.
3. Эксплуатационное тестирование с участниками новой версии системы торгов фондового рынка, основанной на технологии разделения ТКС на торговую и клиринговую компоненты.
4. Предоставление возможности разработчикам внешних программно-технических средств (ВПТС) и брокерам провести тестирование своих систем и оценку пропускной способности каналов связи до биржевых площадок.

Состав участников

Согласно рекомендации информационно-технологического комитета Московской Биржи, по завершении нагрузочного тестирования планируется публикация списка его участников на веб-сайте Московской Биржи.

Основные результаты

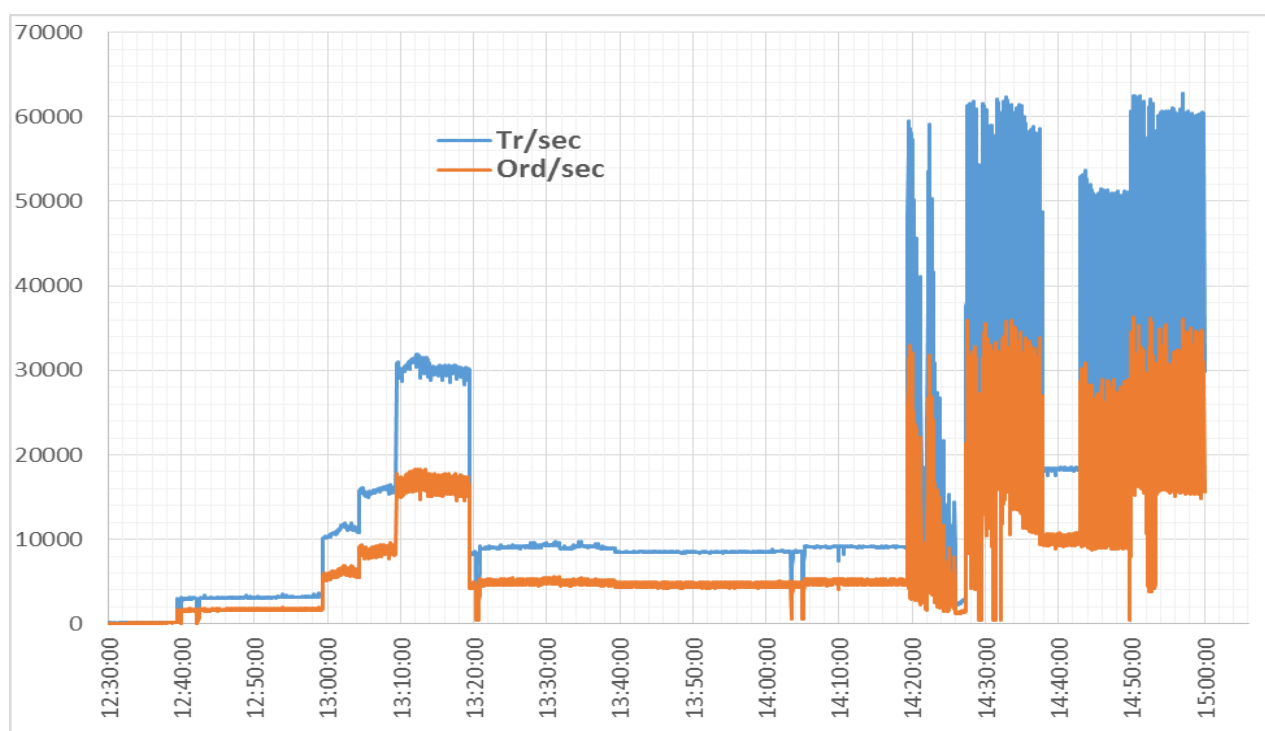
ТКС фондового рынка Московской Биржи

Тестирование проводилось на релиз-кандидате ТКС фондового рынка с разделенными серверами торговых и клиринговых операций, подготавливаемом к внедрению в 2019 году. ТКС 100% обратно совместима с промышленно работающей версией, но предполагает отдельные клиентские подключения для торговых и клиринговых данных и транзакций. Конфигурация серверов в составе ТКС соответствует ожидаемой при внедрении, замены аппаратных средств не планируется.

Достигнутые параметры производительности в сравнении с результатами 2017 года приведены в таблице. Под успешными транзакциями понимаются входящие приказы, приводящие к регистрации новой или к успешному снятию ранее зарегистрированной заявки.

	Транзакции	Заявки	Сделки
Достигнутые значения (шт.), 2019	124 527 476	64 906 598	1 381 905
Достигнутые значения (шт.), 2017	108 550 150	60 733 370	1 735 735
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), релиз-кандидат ТКС, 2019	62796	31913	3289
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2017	31500	16405	1356
Прирост производительности, 2019 к 2017 году	+ 99%	+98%	

Предельная частота сделок в тестировании не достигалась. Графики частоты транзакций и заявок приведены на рисунке:



Общая доля клиентской активности составила 4.8%, что существенно ниже зарегистрированной в 2017 году доли в 9.3%.

В интервале времени 14:20-15:00 генератор нагрузки работал с переменной частотой транзакций. Средняя скорость потока превышала 30 000 тр/сек, что многократно превышает регистрируемые в реальных торгах секундные пики активности (до 6000 тр/сек при 99.9% секундных интервалов с активностью менее 2300 тр/сек).

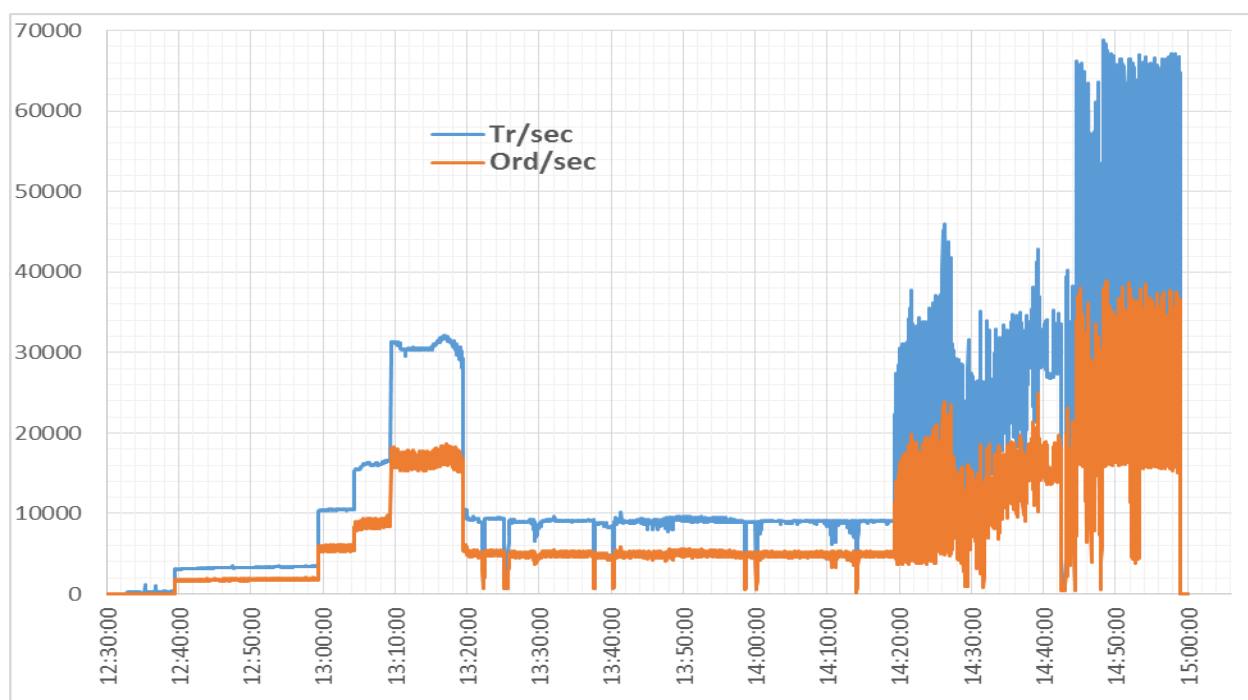
Предельные частоты транзакций ТКС достигались в повторяющихся интервалах длительностью 1-2 секунды. В отличие от постоянной предельной нагрузки этот сценарий позволяет измерять времена восстановления после возможного нарушения работоспособности отдельных компонентов комплекса на пиках активности. Стрессовый характер тестирования при этом сохраняется.

ТКС валютного рынка Московской Биржи

Тестирование проводилось на версии ТКС валютного рынка с несколькими партициями обработки клиринговых операций, подготавливаемой к промышленной установке 20 апреля 2019 года. ТКС 100% совместима с промышленно работающей версией. Сравнение производительности в тесте релиз-кандидата и промышленной конфигурации ТКС приведено в таблице ниже. Под успешными транзакциями понимаются входящие приказы, приводящие к регистрации новой или к успешному снятию ранее зарегистрированной заявки.

	Транзакции	Заявки	Сделки
Достигнутые значения (шт.), 2019	129 787 106	70 068 396	886128
Достигнутые значения (шт.), 2017	135 906 705	72 683 460	1 858 811
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2019	69924	34442	1185
Максимальная скорость обработки (шт. в сек.), промышленная конфигурация	46500	24000	
Прирост производительности, 2019 к 2017, %	+50%	+43%	

Предельная частота сделок ТКС в тестировании не достигалась. Графики частоты транзакций и заявок приведены на рисунке:



Общая доля клиентской активности составила 5.4%, что существенно ниже зарегистрированной в 2017 году доли в 8.2%.

В интервале времени 14:20-15:00 генератор нагрузки работал с переменной частотой транзакций. Средняя скорость потока превышала 30 000 тр/сек, что многократно превышает регистрируемые в реальных торгах секундные пики активности (до 6000 тр/сек при 99.9% секундных интервалов с активностью менее 3000 тр/сек).

Предельные частоты транзакций ТКС достигались в повторяющихся интервалах длительностью 1-2 секунды. В отличие от постоянной предельной нагрузки этот сценарий позволяет измерять времена восстановления после возможного нарушения работоспособности отдельных компонентов комплекса на пиках активности. Стрессовый характер тестирования при этом сохраняется.

ТКС срочного рынка

Тестирование проводилось на версии системы SPECTRA 6.2 установленной в промышленную эксплуатацию 2 марта 2019 года на серверах, установленных в ЦОД DSP.

Особенностью проведения данного тестирования являлось проведения saracity теста на устойчивость и скорость работы торгово-клиринговой системы в условиях дальнейшего развития ритейл бизнеса и регистрации большого количества конечных клиентских счетов, так как данное направление развития является перспективным для рынка и будет дополнительно поддержано внедрением функционала онлайн регистрации клиентов в третьем квартале 2019 года. Для эмуляции нагрузки в систему перед проведением тестирования дополнительно добавлялось 4 000 000 клиентских счетов по которым в ходе нагрузки открывались разнонаправленные позиции. Тестирование на всех этапах прошло успешно, что показывает готовность системы к большому количеству регистрируемых клиентов.

Характер и соотношение поданных транзакций через различные протоколы доступа было максимально приближено к боевым торгам:

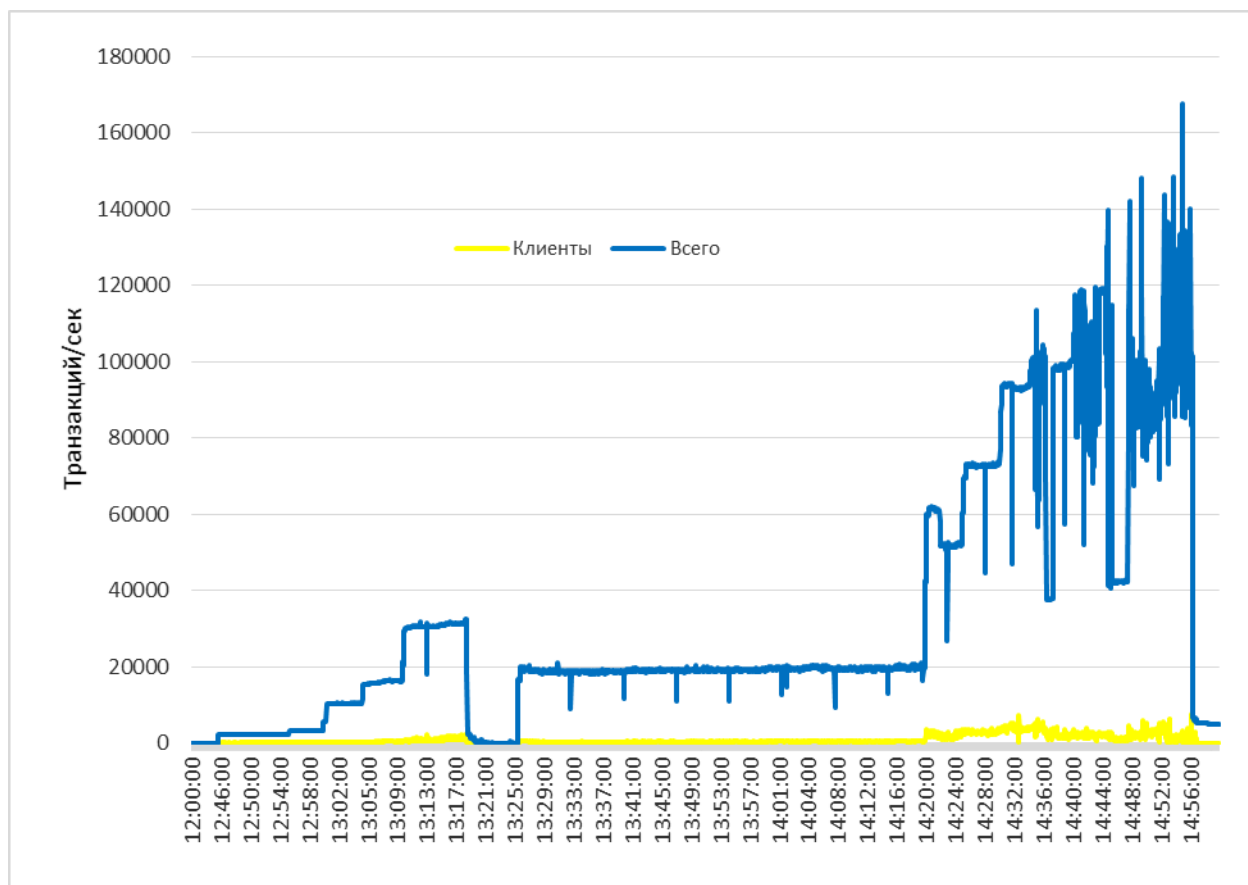
Соотношение заявок и сделок в проведенном тестировании так же было приближено к боевым торгам. За время тестирования было отправлено 267 миллионов транзакций и заключено 7,1 миллион сделок. Максимальная скорость обработки - 167 тысяч транзакций в секунду, стабильные показатели работы ТКС достигнуты при средней скорости порядка 130 тысяч транзакций в секунду. Под успешными транзакциями понимаются входящие приказы, приводящие к регистрации новой или к успешному снятию ранее зарегистрированной заявки.

	Транзакции	Заявки	Сделки
Достигнутые значения (шт.), 2017	294 790 508	159 317 680	12 653 800
Достигнутые значения (шт.), 2019	267 744 181	135 000 000	7 100 000
Максимальная скорость обработки (шт. в сек.), 2017	128 000	-	-
Максимальная скорость обработки (шт. в сек.), 2019	167 000	-	-

В ходе нагрузочного тестирования планово был проведен промежуточный клиринг. Несмотря на большие объемы заявок, сделок и зарегистрированных клиентских счетов, процедура прошла штатно, в запланированный интервал времени.

График транзакционной нагрузки для ТКС Срочного рынка приведен ниже.

Общая доля транзакций от клиентов, принимавших участие в тестировании, составила 2.58%.



Серверы доступа системы ASTS

Серверы доступа фондового рынка и торговые серверы доступа валютного рынка в основных ЦОД биржи Data Space и M1 работали нормально, проблем не обнаружено.

При нормальной работе разделенных ТКС валютного и фондового рынков серверы доступа к клиринговым данным и операциям доступны только в основном ЦОД. В резервном ЦОД работают резервные ведомые клиринговый серверы центрального звена ТКС, к которым должен подключаться набор клиринговых серверов доступа при отказе основного ЦОД и переносе серверов центрального звена ТКС в резервный ЦОД. В нагрузочных тестах переключения всех операций на резервный ЦОД не проводилось. Переключение в рамках Disaster Recovery тестирования в июле 2018 года было успешным.

Серверы доступа к клиринговым данным работали нормально при частотах транзакций до 45 000 в секунду. При превышении этого значения наблюдалось отставание обновлений клиринговых данных от клиринговых серверов Центрального Звена ТКС. В реальных торгах мгновенные частоты транзакций более 45 000 в секунду достигаются в периоды времени, не превышающие по длительности 5 миллисекунд, поэтому и прогнозируемые отставания по данным не будут превышать 5 миллисекунд, что является приемлемым для работы с клиринговыми данными.

Конфигурация серверов доступа FIX фондового и валютного рынков соответствовала промышленной. Нормальная работа сохранялась во всем диапазоне частот транзакций рынка.

Серверы доступа системы SPECTRA

Во время проведения нагрузочного теста никаких отклонений от нормальной работы на серверах доступа зарегистрировано не было. Конфигурация серверов доступа FIX/ TWIME и Plaza2 соответствовала промышленной, нормальная работа серверов доступа сохранялась во всем диапазоне частот транзакций рынка. В нагрузочных тестах переключения всех операций на резервный ЦОД не проводилось. Переключение в рамках Disaster Recovery тестирования в июле 2018 года было успешным.

Удаленные серверы доступа ASTS

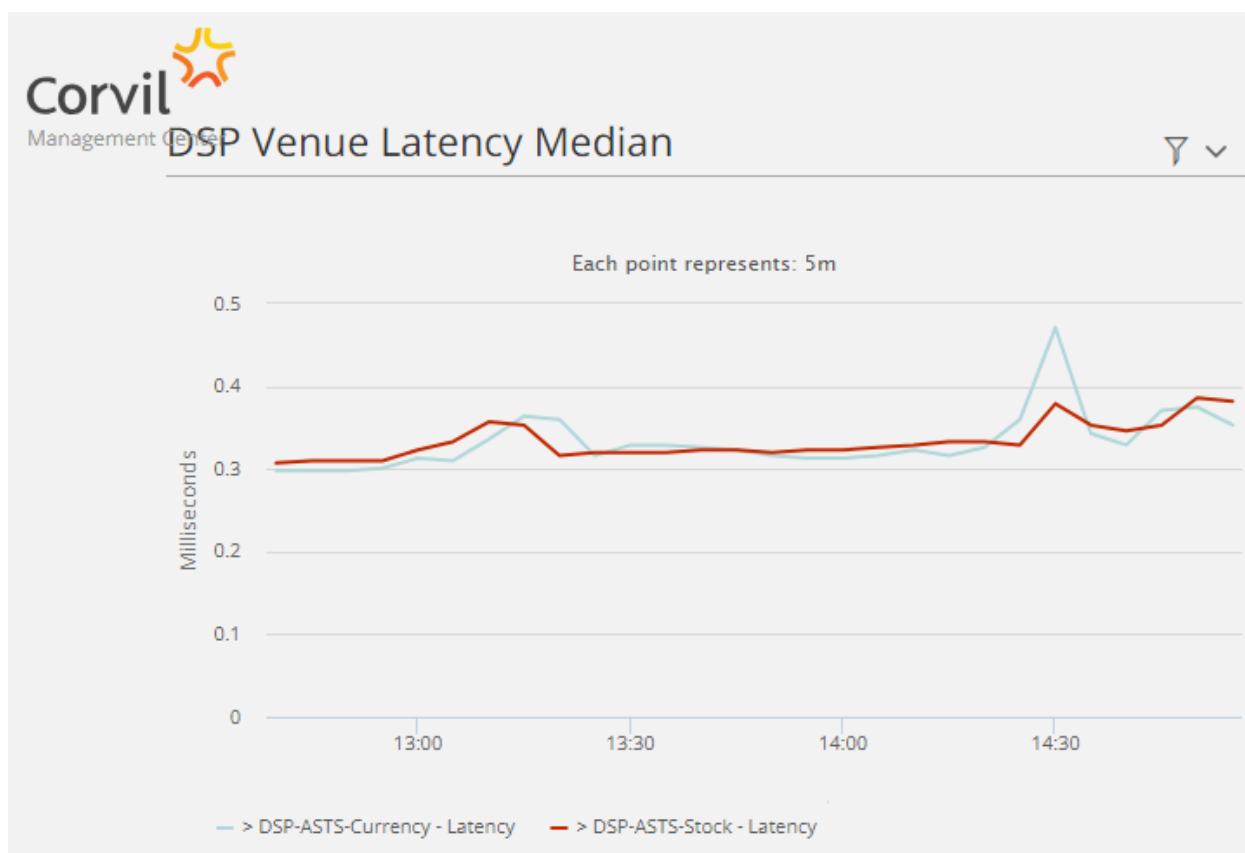
В ТКС ASTS используются серверы доступа, работающие в региональных технических центрах. Для нормальной работы серверов доступа на каждом рынке требуется не менее 8 Мбит полосы пропускания канала, для каждого экземпляра ПО сервера доступа каждого рынка.

При постоянных скоростях транзакций более 15 000 в секунду наблюдались отставания удаленных серверов доступа от серверов ЦЗ ТКС, в тех случаях, когда характеристики компьютеров и/или пропускной способности каналов передачи данных оказались недостаточными для работы при увеличившихся частотах транзакций. Завершение программы обновления оборудования и пропускной способности каналов передачи данных до региональных технических центров позволит исключить это явление.

Времена отклика на транзакции, ТКС ASTS

Для измерения времен отклика ТКС на заявки использовались генераторы, отправлявшие транзакции через Linux версию совмещенного шлюза MOEX Bridge (библиотека libmtesrl.so) и по протоколу FIX. Генераторы запускались на сервере, установленном в сегменте торговой сети. Статистика времен отклика на FIX транзакции фондового и валютного рынков собиралась по данным системы мониторинга сетевых сообщений на основе технологии компании Corvil, адаптированной для анализа FIX сообщений рынков ASTS.

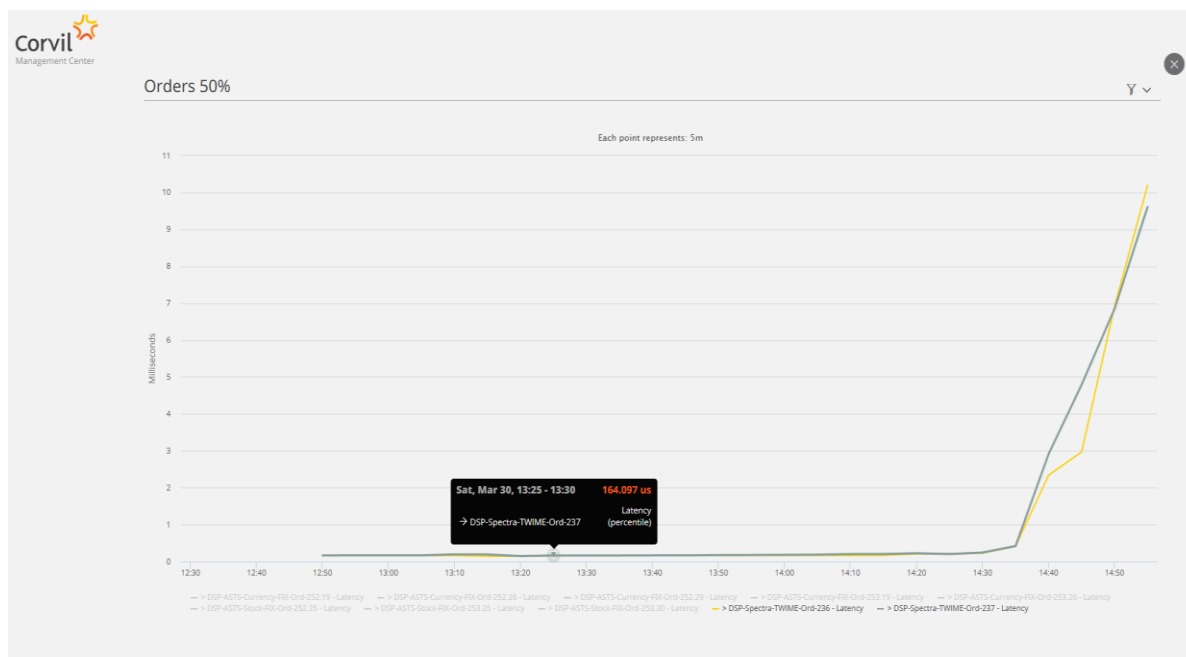
Статистика времен получения ответа на FIX транзакции фондового и валютного рынков показаны на screenshot изображении окна системы мониторинга Corvil. Каждая точка на графиках показывает медианные значения для приблизительно 70 000 входящих FIX сообщений.



В диапазоне частот транзакций от 1000 до 60 000 в секунду медианные величины времен отклика изменяются от 300 мкс до 375 мкс. Увеличение времени отклика на валютном рынке до 470 мкс в 14:35 обусловлено аномально большой частотой сделок от генератора нагрузки (более 1200 в секунду).

Времена отклика на транзакции, ТКС Spectra

Для измерения времен отклика ТКС срочного рынка использовалась система мониторинга TC Spectra, система Corvil и логгирование потока транзакций от участников на стороне биржи.



В диапазоне частот транзакций от 1000 до 100 000 в секунду медианные величины времен RTT транзакций участников для TWIME шлюза изменяются от 150 мкс до 200 мкс. Дальнейшее увеличение времен откликов на транзакции обуславливается возросшей нагрузкой на центральную часть ТКС.

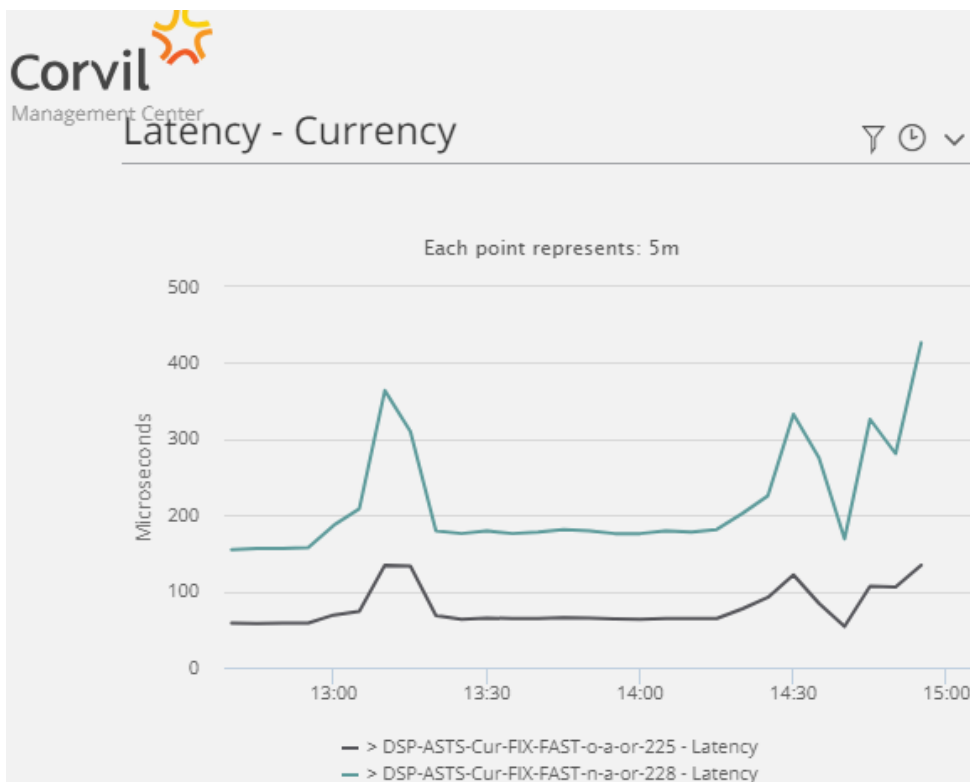
Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС ASTS

Конфигурация серверов FAST фондового и валютного рынков соответствовала промышленной. Нормальная работа сохранялась во всем диапазоне частот транзакций рынка.

С помощью комплекса оборудования компании Corvil производилась регистрация и сбор статистики времен публикации сообщений о добавлении новых заявок в ТКС (OLR канал, 279=0) по отношению к сообщениям о регистрации заявки по протоколу FIX (Execution Report / 150=0).

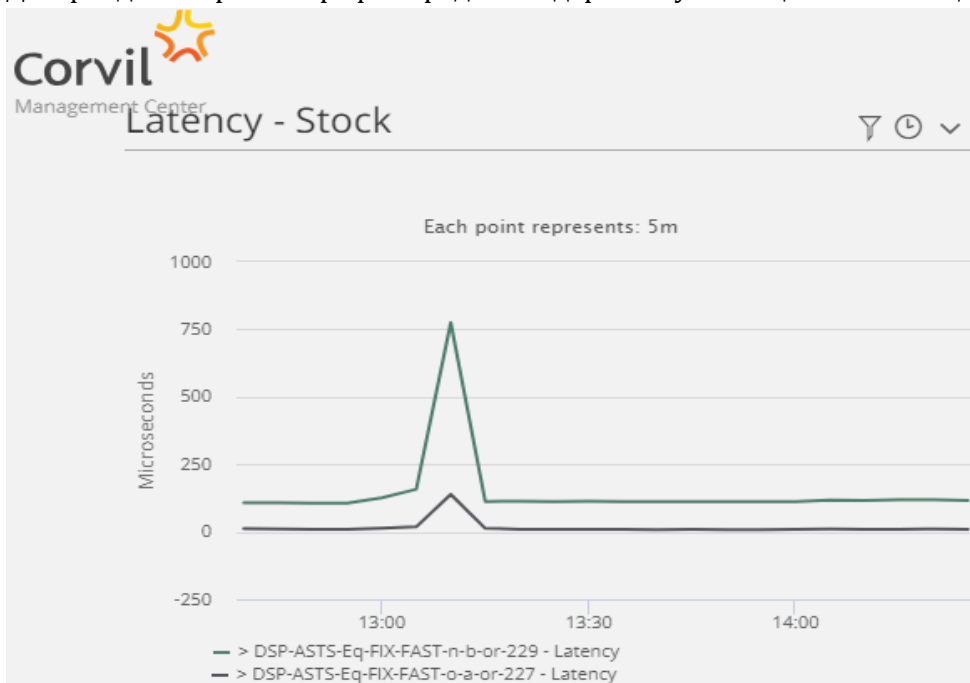
Сбор статистики этого типа осуществляется непрерывно в ходе обычных торгов.

Средние времена публикации для валютного рынка показаны на screenshot изображении для первой (последний октет IP адреса сервера 225) и второй (228) линий публикации:

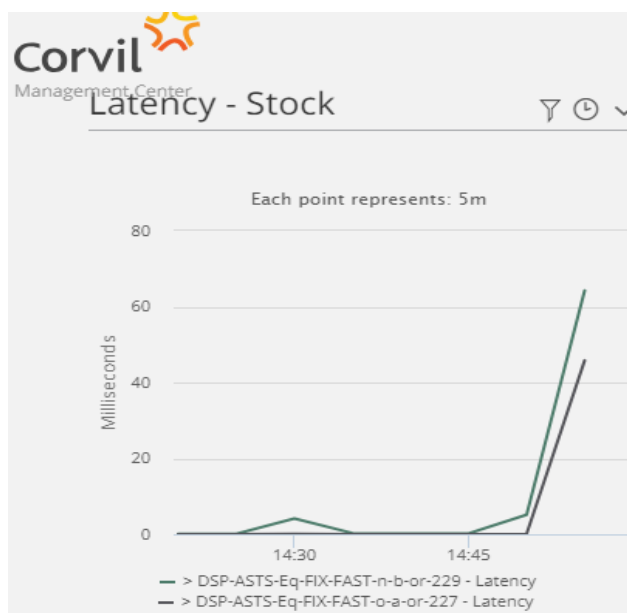


При приближении к предельным для ТКС валютного рынка частотам транзакций средние относительные времена публикации для двух линий увеличивались, соответственно, до 150 и 450 мкс.

Для фондового рынка график средних задержек публикации имеет следующий вид:



При приближении к предельным для ТКС фондового рынка частотам транзакций средние относительные времена публикации для двух линий фондового рынка резко увеличивались:



При промышленном внедрении новой ТКС фондового рынка потребуются оптимизация настроек сервера FAST для исключения чрезмерного возрастания задержек публикации, как это было сделано для валютного рынка.

Средние времена публикации в диапазоне частот транзакций до 30 000 в секунду, представлены табличном виде ниже:

Сервер	Рынок	FIX Execution Report => FAST update delay, мкс
Line1 (*227)	Фондовый	10
Line1 (*225)	Валютный	65
Line2 (*229)	Фондовый	112
Line2 (*228)	Валютный	180

UDP multicast трафик в тесте достигал, в каждой копии А и В, для каждой из двух линий публикации данных валютного рынка:

Канал обновлений	Валютный рынок, Мбит/сек	Фондовый рынок, Мбит/сек
активных заявок (OLR)	18	14
статистики рынка (MSR)	27	20
другие группы вещания	2	2

Участникам, подключаемым к сервису по каналам передачи данных, рекомендуется внимательно планировать разрешения на подписку на наборы данных с учетом пропускной способности каналов, так как общий трафик двух линий публикации FAST валютного и фондового рынков суммарно в копиях А и В может достигать 500 Мбит/сек.

В реальных торгах кратковременные пиковые значения информационного трафика FAST с большой вероятностью будут соответствовать указанным выше значениям по каналам.

Рекомендации на странице <http://www.moex.com/a1160> верны для каждой из линий публикации данных FAST.

Серверы FAST UDP multicast marketdata TKC Spectra

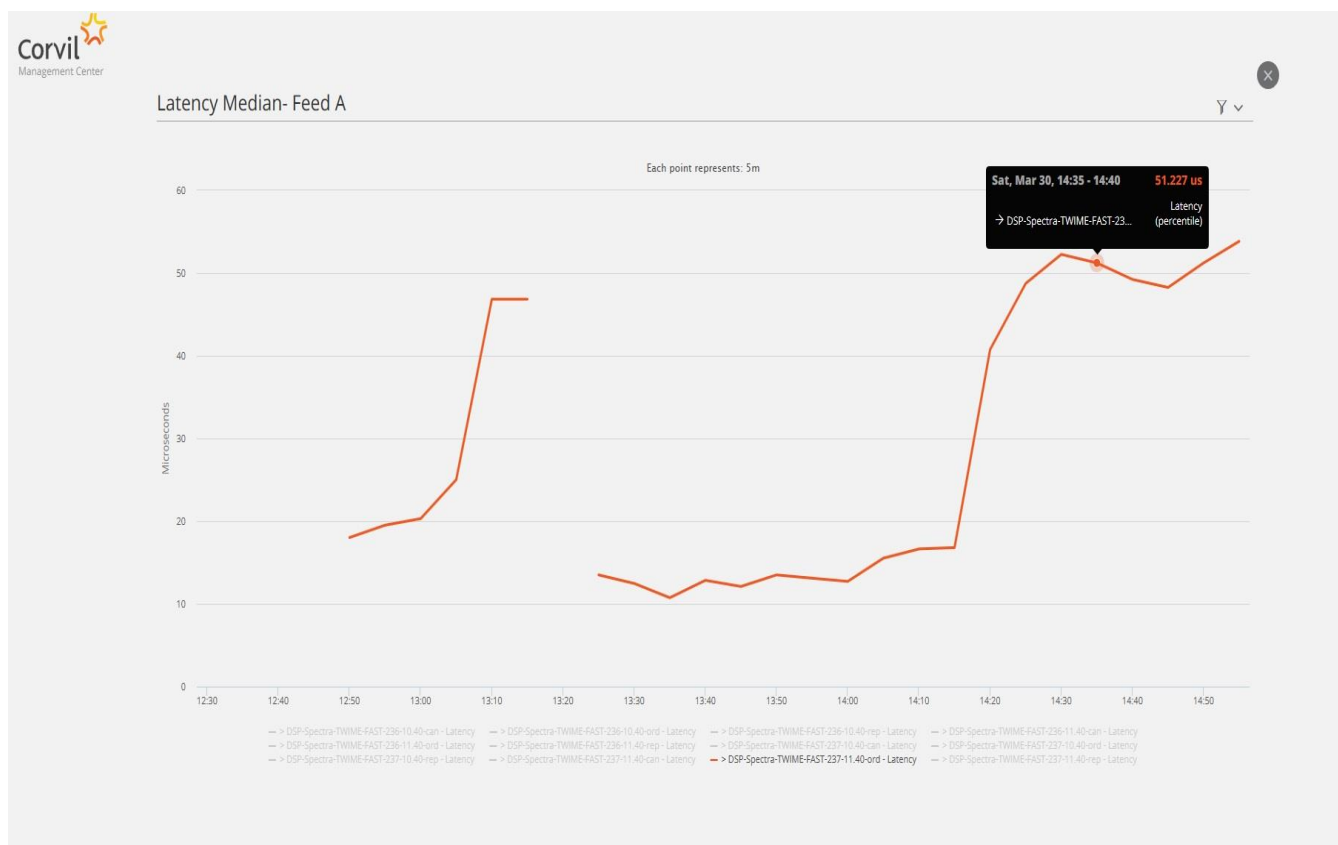
Конфигурация серверов FAST срочного рынка соответствовала промышленной. Нормальная работа сохранялась во всем диапазоне частот транзакций рынка.

С помощью комплекса оборудования компании Corvil производилась регистрация и сбор статистики времен публикации сообщений о добавлении новых заявок в ТКС (поток Full order Log) по отношению к сообщениям о регистрации заявки по протоколу Twime (Execution Report).

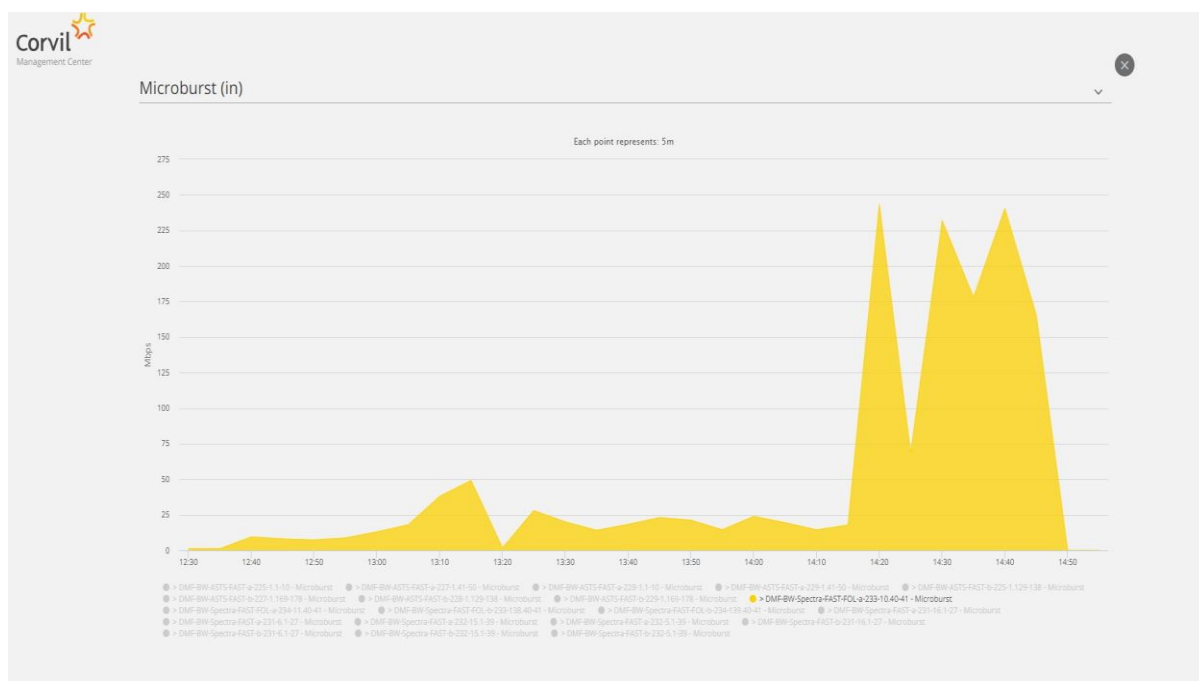
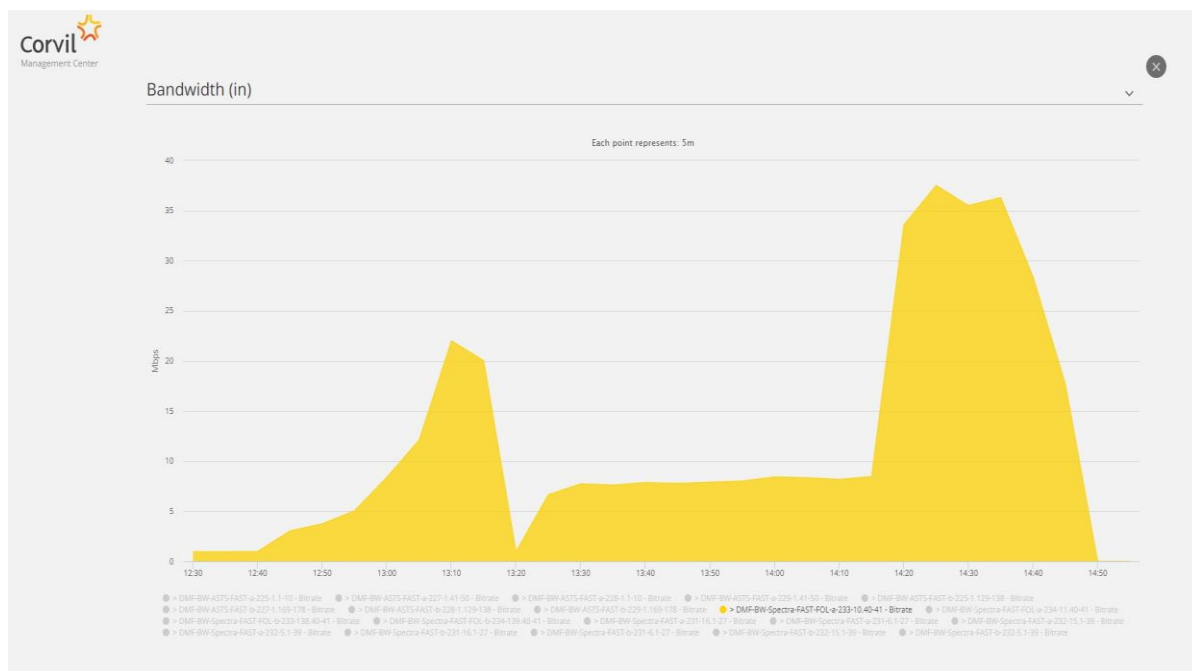
Сбор статистики этого типа осуществляется непрерывно в ходе обычных торгов.

Средние времена публикации для срочного рынка показаны на изображении (перерыв в графике на изображении обусловлен проведением промклиринга на CP).

Средние времена публикации в режиме работы 40 000 тр/сек находятся в диапазоне 10-20 мкс, при дальнейшем увеличении нагрузки времена публикации увеличиваются до 50-60 мкс.



UDP multicast трафик в тесте достигал, в каждой копии А и В, 40 Mbps с бёрстами до 250 Mbps



Требования к пропускной способности каналов для клиентов, использующих FAST сервис для получения ORDERS-LOG в режиме «чистого онлайн» составляют не менее 100 Мбит/сек на один поток вещания. При получении двух потоков FEED A и FEED B или данных с нескольких рынков рекомендуется канал 1-10 Гигабит сек.

Подсистема мониторинга параметров ТКС и активности рынков в режиме реального времени

Комплекс мониторинга работал нормально и обеспечивал наглядное представление данных в графическом виде. Сигналы оповещений формировались в соответствии с критериями, сбор информации в базу данных мониторинга происходил без сбоев. Работа системы мониторинга не оказывала влияния на производительность комплекса.

В тестировании активно использовалась система измерения сетевых времен на основе комплекса оборудования и ПО компании Corvil (www.corvil.com), адаптированного для сбора статистики работы ТКС всех рынков. Система мониторинга сетевых времен корректно работала для данных фондового, валютного и срочного рынков:

- корректно, без искажений, зарегистрировала события,
- отображала статистику в реальном времени,
- после окончания тестирования успешно экспортировала десятки гигабайт данных для дальнейшего анализа через стандартные интерфейсы (Web браузер)

Индекс серверы, сервер сбора данных об обязательствах маркет-мейкеров, сервер риск-мониторинга, Web сайт биржи

Указанные подсистемы работали нормально, отказов и проблем с производительностью не обнаружено.

Тестирование системы точной синхронизации часов по протоколу ptp (precision time protocol) условиях стрессовых нагрузок

В каждом из ЦОД биржи развернута система синхронизации часов по протоколу ptp, обеспечивающему высокую точность сведения часов компонент инфраструктуры между собой и по отношению к мировому времени (UTC). В тестировании проверялась ее устойчивость в условиях аномально высокого сетевого трафика в инфраструктуре биржи, по сравнению с обычными торгами.

Проверки точности часов на сетевых устройствах показали, что отклонения не превышали 500 наносекунд, что является отличным показателем. Сбоев в синхронизации часов сетевых устройств и серверов ТКС не зарегистрировано.

Выводы

Фондовый и валютный рынки

1. Предельная производительность ТКС фондового рынка в релиз-кандидате с отдельными торговыми и клиринговыми компонентами в сравнении с параметрами промышленной версии ТКС увеличена на 98%.
2. Предельная производительность ТКС валютного рынка в релиз-кандидате с несколькими клиринговыми партициями в сравнении с параметрами промышленной версии ТКС увеличена на 45%.
3. Компоненты ТКС валютного и фондового рынков сохраняли работоспособность и приемлемые технические характеристики во всем диапазоне частот транзакций. Отказов ТКС или ее подсистем из-за ошибок в их коде или перегрузки в тестировании не выявлено.

Срочный рынок

4. Производительности ТКС SPECTRA достаточно для удовлетворения потребностей участников даже в моменты самых пиковых нагрузок, как с точки зрения обработки заявок и раздачи маркет-данных, так и с точки зрения capacity системы по количеству конечных клиентских счетов и способности вести позиционный учет по всем клиентским счетам в условиях аномально большой загрузки. ТКС сохраняла работоспособность и приемлемые технические характеристики во всем диапазоне частот транзакций. Отказов ТКС или ее подсистем из-за ошибок в их коде или перегрузки в тестировании не выявлено.
5. Требования к пропускной способности каналов данных для участников, использующих протокол Plaza2 не изменяются по сравнению с прошлым годом и фиксируются на уровне
 - Не менее 4 Мбит/сек полосы пропускания канала для нормальной работы клиентских шлюзов/торговых терминалов требуется на каждый экземпляр биржевого программного обеспечения.
 - Не менее 10 Мбит/сек полосы пропускания канала для шлюзов в случае использования потока данных с полной историей заявок/сделок (FORTS_ORDLOG_REPL/FORTS_DEALS_REPL).
6. Настоятельно рекомендуем участникам проверять не только пропускную способность, но и качество своих каналов связи до биржи, так как канал с большим количеством потерь на нем существенно ухудшает показатели по latency и может привести к значительному отставанию в получении данных.
7. Участникам, чувствительным к скорости получения рыночных данных рекомендуется получать маркет дату по протоколу FAST. Требования к пропускной способности каналов для клиентов FAST FOL составляют не менее 100 Мбит/сек на один поток вещания. При получении двух потоков FEED A и FEED B или данных с нескольких рынков рекомендуется канал 1-10 Гигабит сек.