

Отчёт по результатам проведения нагрузочного тестирования торгово-клиринговых систем Московской Биржи 21 марта 2020 года

Оглавление

Цели тестирования	2
Основные результаты	2
ТКС фондового рынка Московской Биржи.....	2
ТКС валютного рынка Московской Биржи	3
ТКС срочного рынка Московской Биржи.....	5
Серверы доступа системы ASTS	6
Серверы доступа системы SPECTRA.....	7
Времена отклика на транзакции, ТКС ASTS	7
Времена отклика на транзакции, ТКС Spectra.....	8
Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС ASTS.....	8
Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС Spectra	10
Биржевая сеть и сеть зоны колокации	11
Подсистема мониторинга параметров ТКС и активности рынков в режиме реального времени	12
Индекс серверы, сервер сбора данных об обязательствах маркет-мейкеров, сервер риск-мониторинга, Web-сайт биржи	12
Тестирование системы точной синхронизации часов по протоколу ptp (precision time protocol) в условиях стрессовых нагрузок.....	12
Выводы	13
Фондовый и валютный рынки.....	13
Срочный рынок.....	13
Соотношение параметров нагрузочного тестирования и пиковых величин нагрузки и объемов данных в реальных торгах	14

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:
 - системе торгов фондового рынка Московской Биржи;
 - системе торгов валютного рынка Московской Биржи;
 - системе 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. Предоставление возможности разработчикам внешних программно-технических средств (ВПТС) и брокерам провести тестирование своих систем и оценку пропускной способности каналов связи до биржевых площадок.

Основные результаты

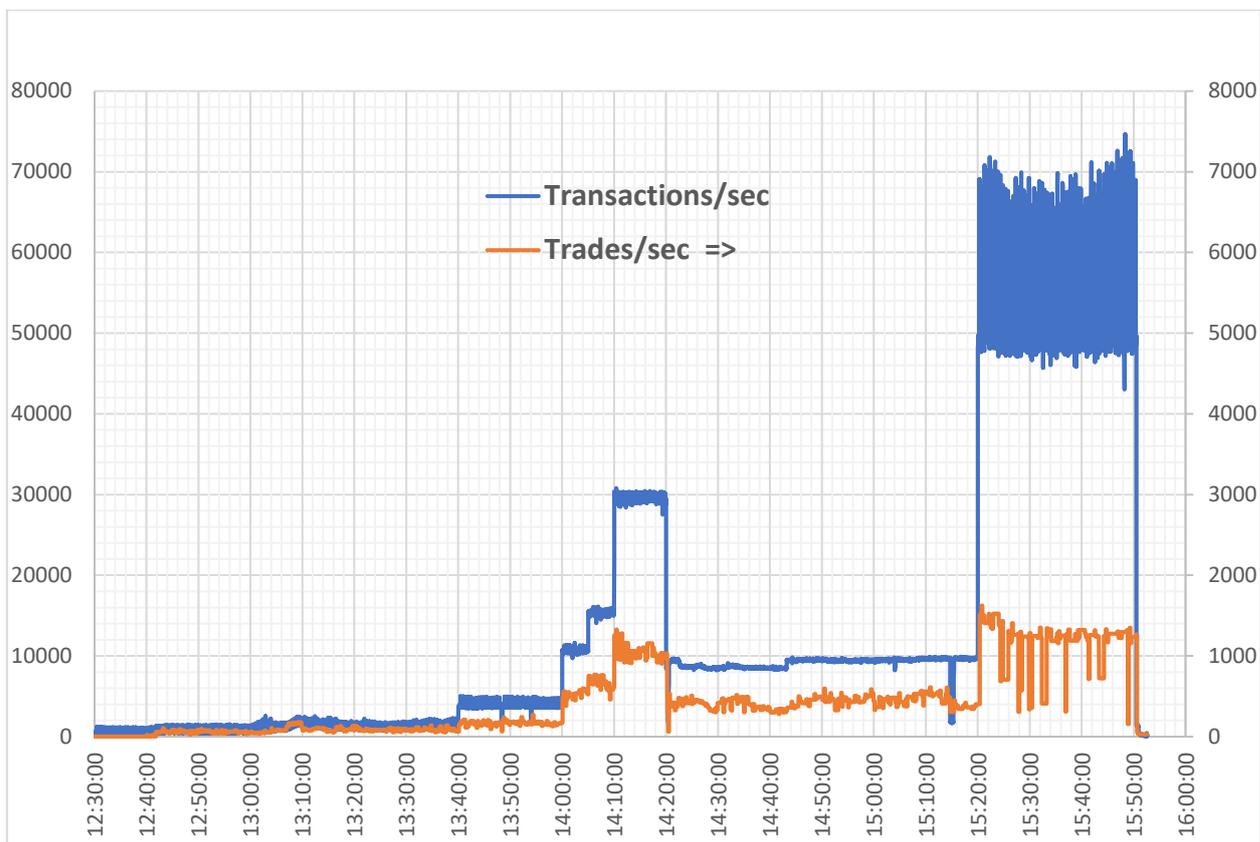
ТКС фондового рынка Московской Биржи

Тестирование проводилось на промышленной версии и конфигурации ПО ТКС фондового рынка с разделенными серверами торговых и клиринговых операций.

Достигнутые параметры производительности в сравнении с результатами 2019 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.), 2020	159 625 411	82 011 382	5 182 189
Достигнутые значения (шт.), 2019	124 527 476	64 906 598	1 381 905
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2020	74 636	38 070	1740
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2019	62796	31913	3289
Прирост производительности, 2020 к 2019 году	+ 19%	+19%	

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



Доля активности по торговым счетам реальных Участников торгов составила 28%, что существенно выше зарегистрированной в 2019 году доли в 4.9%.

В интервале времени 15:20 - 15:50 генератор нагрузки работал с переменной частотой транзакций. Средняя скорость потока составила 60 000 тр/сек, что многократно превышает регистрируемые в реальных торгах секундные пики активности (до 7500 тр/сек при 99.9% секундных интервалов с активностью менее 2300 тр/сек).

Предельные частоты транзакций ТКС достигались в повторяющихся интервалах длительностью 5 секунд. 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.

Увеличение предельной пропускной способности ТКС фондового рынка на 19% в сравнении с данными 2019 года является результатом планового обновления серверов центрального звена ТКС в декабре 2019 года.

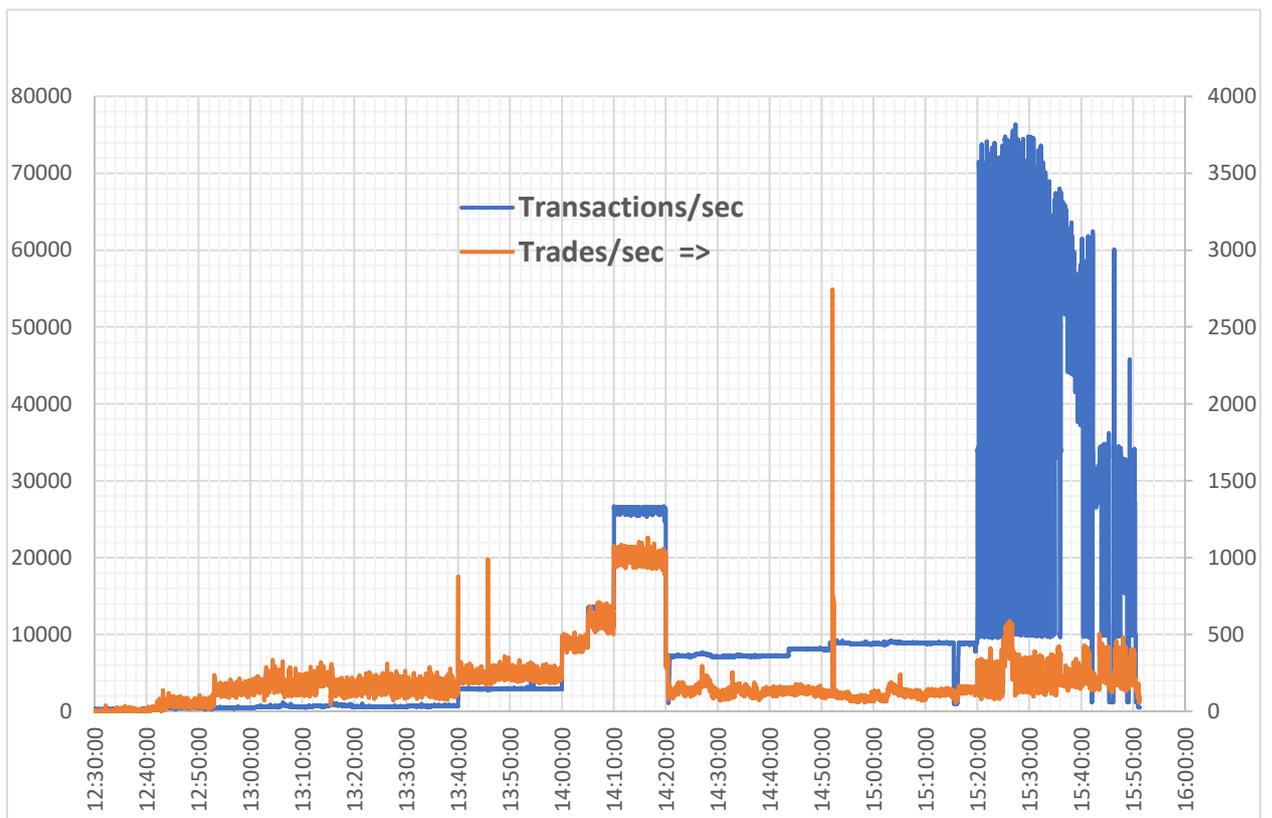
ТКС валютного рынка Московской Биржи

Тестирование проводилось на промышленной версии и конфигурации ПО ТКС валютного рынка с разделенными серверами торговых и клиринговых операций и партиционированием клиринговых серверов.

Достигнутые параметры производительности в сравнении с результатами 2019 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.), 2020	118 962 847	60 538 374	2 606 363
Достигнутые значения (шт.), 2019	129 787 106	70 068 396	886 128
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2020	76390	39050	2742
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2019	69924	34442	1185
Прирост производительности, 2020 к 2019 году	+9%	+13%	

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



Доля активности по торговым счетам реальных участников торгов составила 25%, что существенно выше зарегистрированной в 2019 году доли в 8.2%.

В интервале времени 15:20 - 15:32 генератор нагрузки работал с переменной частотой транзакций. Средняя скорость потока составила 38 000 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 5 секунд. 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.

В интервале времени 15:32 – 15:50 наблюдалось существенное снижение пропускной способности ТКС валютного рынка и увеличение времени отклика на торговые приказы с 300 мкс до нескольких миллисекунд. Предположительной причиной являются потери сетевых сообщений из-за одновременного достижения максимума активности ТКС трех рынков. Работоспособность ТКС валютного рынка при этом сохранялась, клиенты могли ставить заявки и получать рыночные данные с умеренными задержками.

ТКС срочного рынка Московской Биржи

Тестирование проводилось на версии системы SPECTRA 6.4, установленной в промышленную эксплуатацию 15 февраля 2020 года на серверах, установленных в ЦОД Data Space.

Для эмуляции нагрузки на систему онлайн регистрации клиентов перед проведением тестирования дополнительно добавлялось 4 000 000 клиентских счетов, по которым в ходе нагрузки открывались разнонаправленные позиции.

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

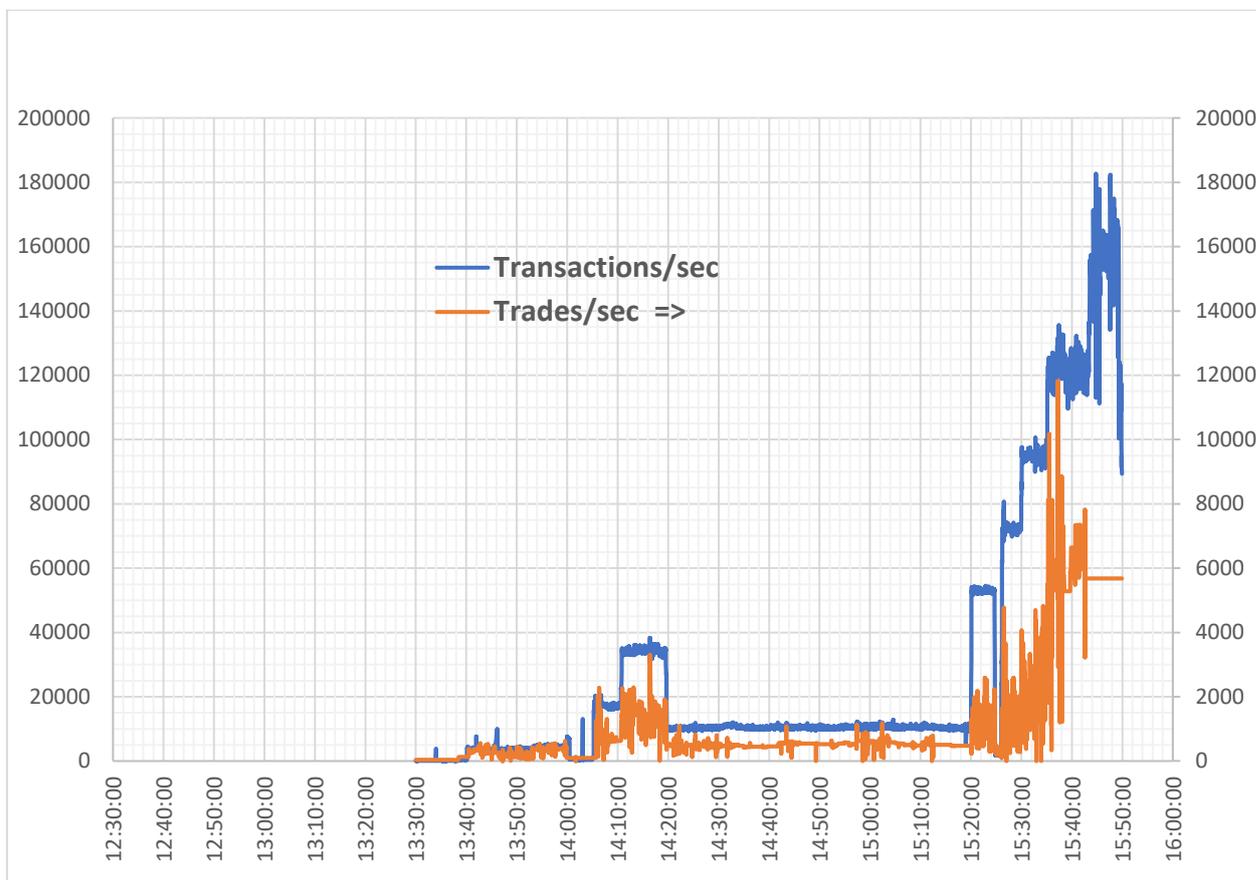
Соотношение заявок и сделок в проведенном тестировании так же было приближено к боевым торгам. За время тестирования было отправлено 278 миллионов транзакций и заключено 10,7 миллиона сделок. Максимальная скорость обработки – 182 тысячи транзакций в секунду, стабильные показатели работы ТКС достигнуты при средней скорости порядка 150 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.), 2020	278 508 915	196 000 000	10 696 865
Достигнутые значения (шт.), 2019	267 744 181	135 000 000	7 100 000
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2020	182 000	-	-
Максимальная скорость обработки успешных транзакций (шт. в сек.), 2019	167 000	-	-
Прирост производительности, 2020 к 2019 году	+9%		

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

Общая доля транзакций от клиентов, принимавших участие в тестировании, составила 1.77%.

График транзакционной нагрузки для ТКС срочного рынка приведен на рисунке:



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 2019 году было успешным.

Серверы доступа к клиринговым данным фондового рынка работали нормально во всем диапазоне частот транзакций.

Серверы доступа к клиринговым данным валютного рынка работали нормально при частотах транзакций до 38 000 в секунду. При превышении этого значения наблюдалось отставание обновлений клиринговых данных от клиринговых серверов Центрального Звена ТКС. В реальных торгах мгновенные частоты транзакций более 38 000 в секунду достигаются в периоды времени, не превышающие по длительности 5 мс, поэтому и прогнозируемые отставания по данным не будут превышать 5 мс, 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.

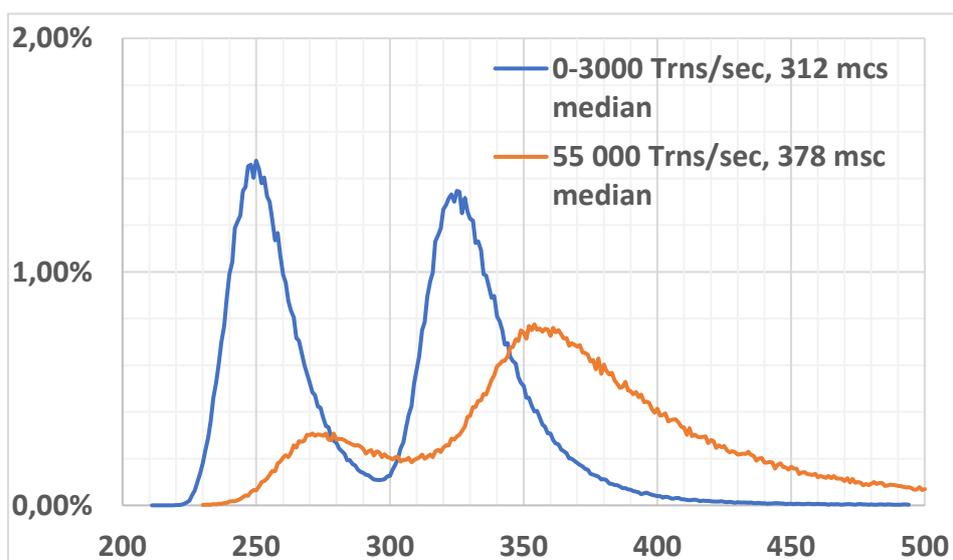
Серверы доступа системы SPECTRA

Во время проведения нагрузочного тестирования 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.

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.

Для анализа времен отклика ТКС производилась обработка записанного системой Corvil дампа сетевого трафика для протокола FIX. Распределения вероятностей времен ожидания ответа на входящие сообщения показаны на графике ниже:



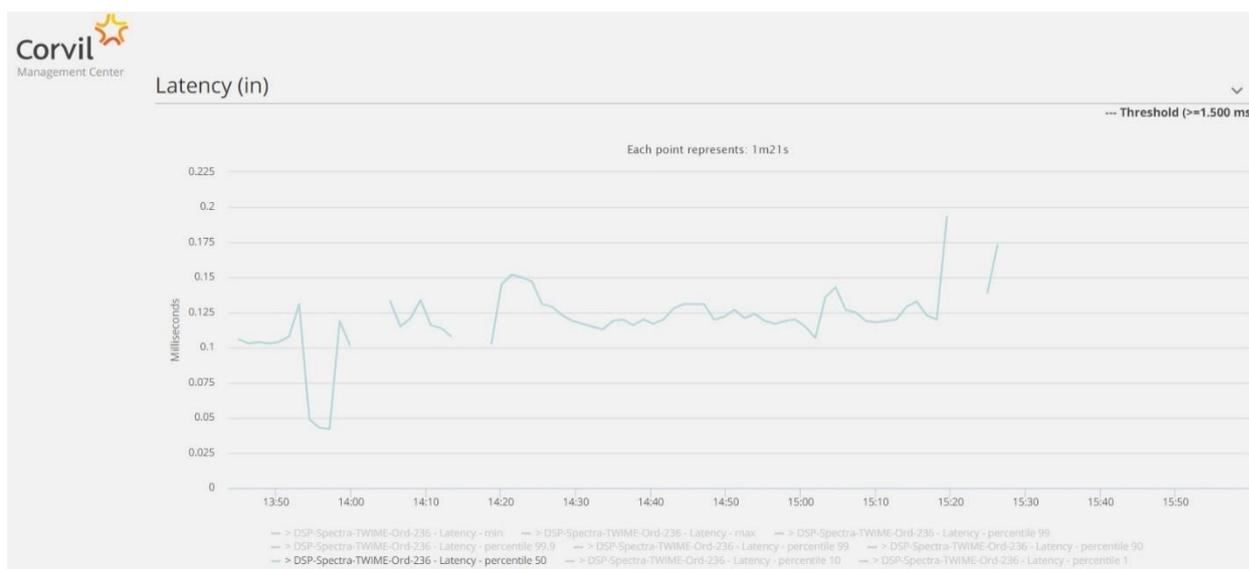
Распределения имеют характерный двугорбый вид: первый пик относится к времени получения ответа на снятие заявки, а второй пик – к времени ожидания ответа на новую заявку. Снятие заявок происходит без предварительной проверки обеспечения, чем и объясняется меньшее время отклика.

Медианное время для равных долей транзакций постановки и снятия заявок в потоке оказывается в области минимума между этими двумя пиками и мало информативно. При увеличении частоты транзакций увеличивается вероятность того, что поручение снять заявку будет ожидать обработки более раннего приказа о постановке заявки, поэтому высота первого пика уменьшается, а положение максимумов пиков вероятности смещается на 30-40 мкс.

Приведенный график одинаков для фондового и валютного рынков. Распределения времен отклика для шлюзовых подключений сдвинуты вправо по отношению к графикам для FIX протокола приблизительно на 60 мкс.

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.



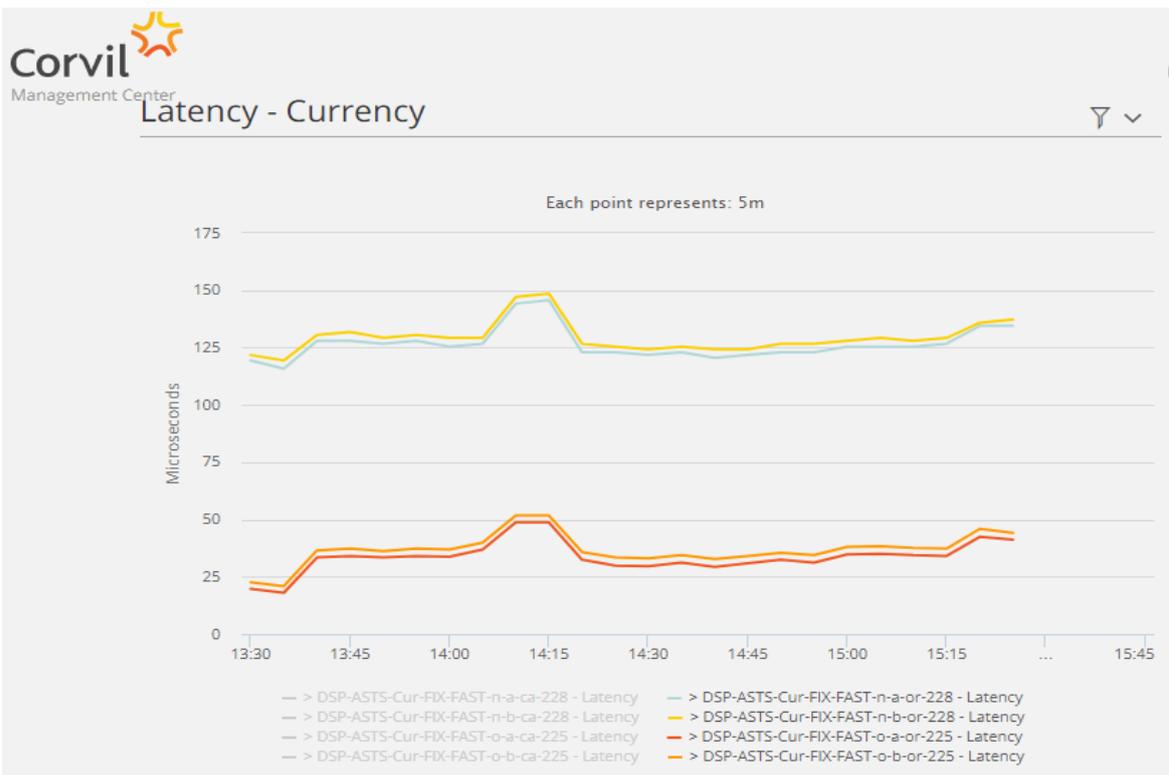
В диапазоне частот транзакций от 3000 до 90 000 в секунду медианные величины времен RTT транзакций участников для TWIME шлюза изменяются от 100 мкс до 150 мкс. Дальнейшее увеличение времен откликов на транзакции обуславливается возросшей нагрузкой на центральную часть ТКС.

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, за исключением интервала времени 15:32 – 15:50, в котором из-за потерь в сети была нарушена нормальная работа первой линии публикации FAST валютного рынка. Вторая линия публикации при этом работала корректно.

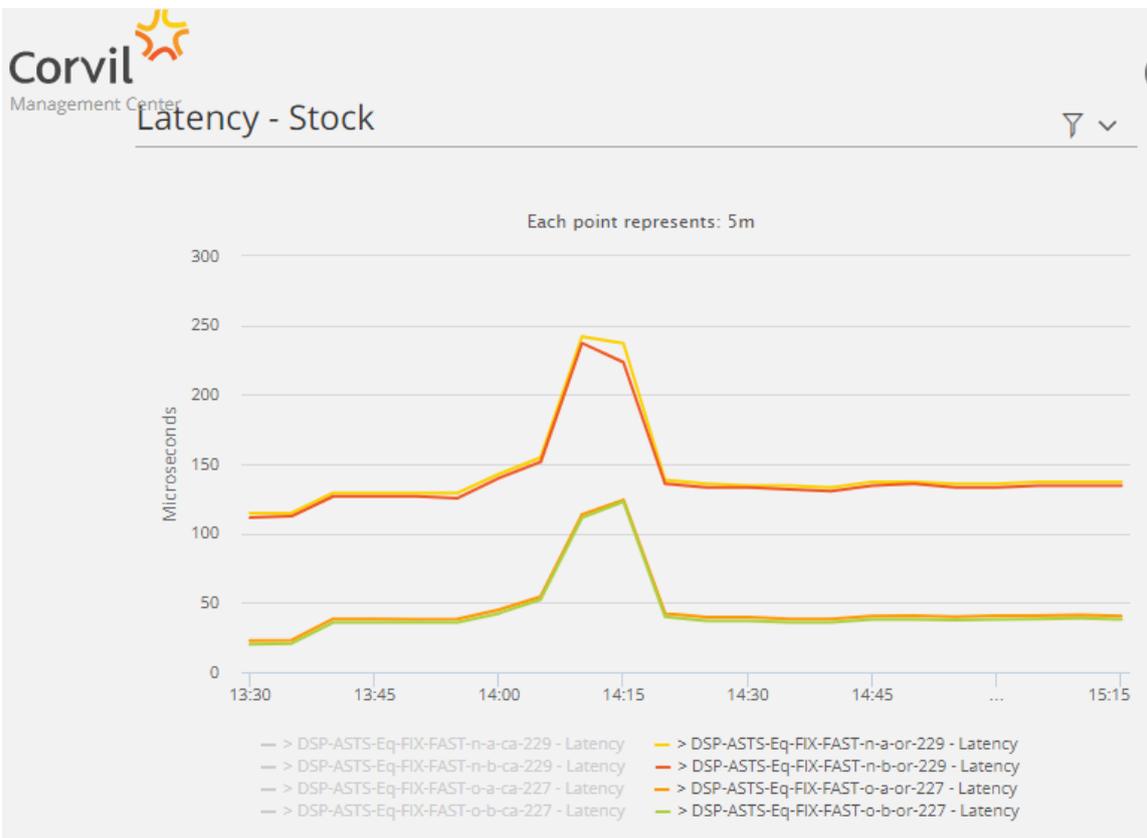
С помощью комплекса оборудования компании Corvil производилась регистрация и сбор статистики времен публикации сообщений о добавлении новых заявок в ТКС (OLR канал, 279=0) по отношению к сообщениям о регистрации заявки по протоколу FIX (Execution Report / 150=0). Сбор статистики этого типа осуществляется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

Средние времена публикации для валютного рынка показаны на скриншоте 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 50 и 160 мкс. Данные после 15:30 в системе Corvil отсутствуют из-за перегрузки сетевой инфраструктуры.

Для фондового рынка график средних задержек публикации имеет следующий вид для первой (последний октет IP адреса сервера 227) и второй (229) линий публикации:



При приближении к предельным для ТКС фондового рынка частотам транзакций средние относительные времена публикации для двух линий фондового рынка резко увеличивались до 2 - 30 мс. Причиной также является перегрузка сетевой инфраструктуры при работе трех рынков одновременно на предельных частотах.

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 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.

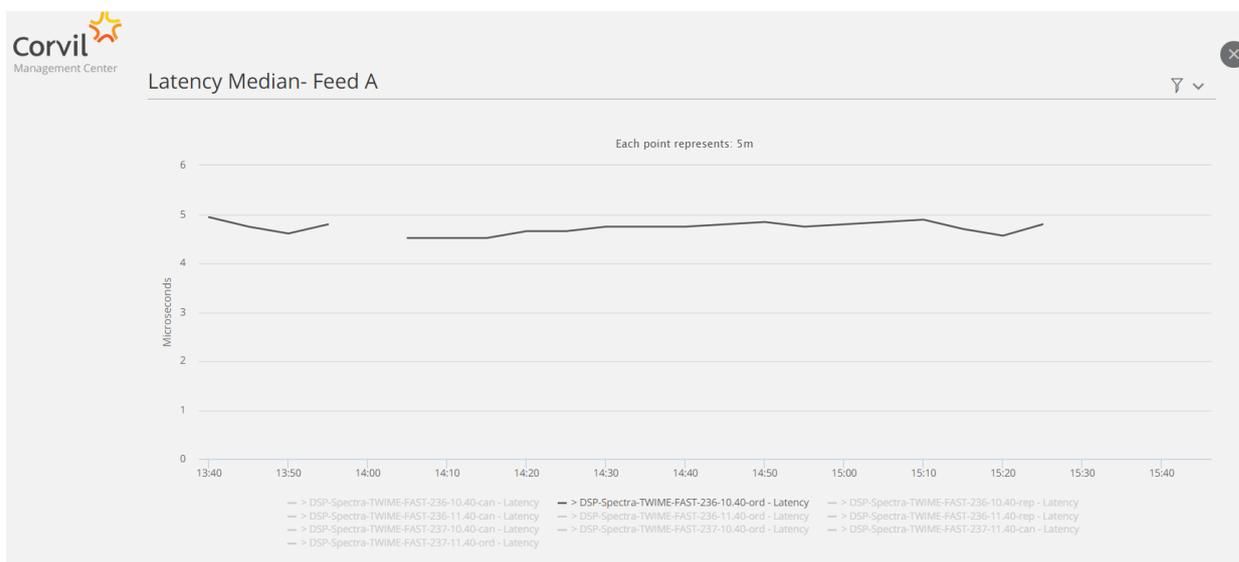
Рекомендации на странице <http://www.moex.com/a1160> верны для каждой из линий публикации данных FAST.

Серверы FAST UDP multicast marketdata ТКС Spectra

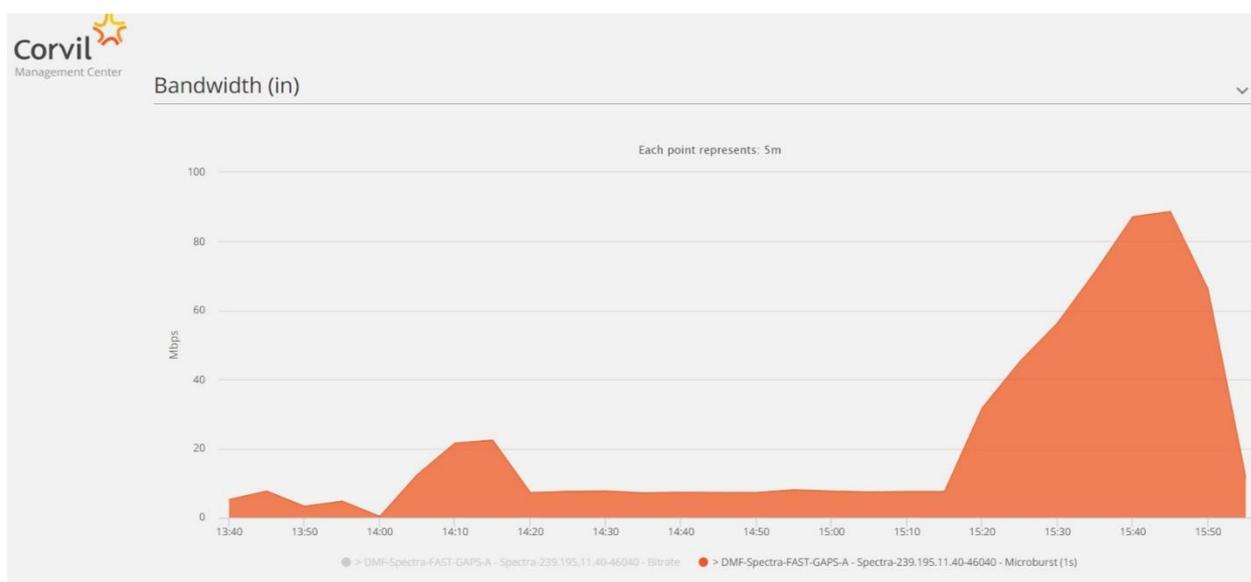
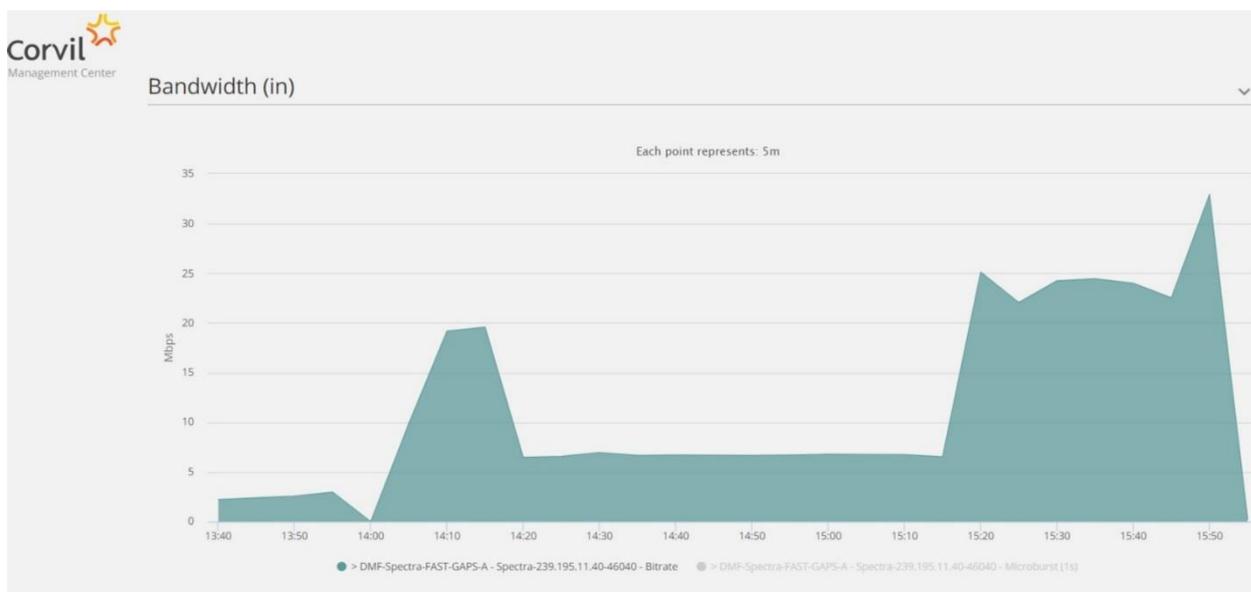
Конфигурация серверов FAST срочного рынка соответствовала промышленной. Нормальная работа сохранялась во всем диапазоне частот транзакций рынка.

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

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 срочном рынке).



UDP multicast трафик в тесте достигал в каждой копии А и В 35 Mbps с бёрстами до 100 Mbps. Средние времена публикации в режиме работы 50 000 тр/сек находятся в диапазоне 4 – 5 мкс.



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.

Биржевая сеть и сеть зоны колокации

Мониторинг состояния сети внутри периметра биржи и состояния сети в зоне колокации (до ядра зоны колокации включительно) не показал никаких отклонений от нормальной работы. В течение всего периода тестов, включая периоды самой высокой нагрузки (регистрировался трафик более 300 Мб/сек только по FEED A FAST протокола со всех рынков) не было зафиксировано сетевых ретрансмитов, потерь пакетов, или отклонения скорости доставки пакетов по сети от показателей текущего уровня нагрузки в боевых торгах.

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, за исключением периода времени 15:32 – 15:50, в котором возникла перегрузка сетевой инфраструктуры.

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 РТР (precision time protocol) в условиях стрессовых нагрузок

В каждом из ЦОД биржи развернута система синхронизации часов по протоколу РТР, 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 сравнении с параметрами 2019 года увеличена на 19%.
2. Предельная производительность ТКС валютного рынка в сравнении с параметрами 2019 увеличена на 9.8%.
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.
4. Необходимо исследовать необходимость разделения сетевой инфраструктуры ТКС ASTS и ТКС Spectra для исключения взаимного влияния при предельных нагрузках.

Срочный рынок

1. Пиковая предельная производительность ТКС Spectra увеличилась на 9%, а производительность стабильной работы – на 15% по сравнению с результатами 2019 года.
2. Время отклика в диапазоне частот транзакций от 3000 до 90000 тр/сек уменьшилось на 29% по сравнению с 2019 годом.
3. 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 ёмкости системы по количеству конечных клиентских счетов и способности вести позиционный учет по всем клиентским счетам в условиях аномально большой загрузки. Отказов ТКС или ее подсистем из-за ошибок в их коде или перегрузки в тестировании не выявлено.
4. 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).

Соотношение параметров нагрузочного тестирования и пиковых величин нагрузки и объемов данных в реальных торгах

В этом разделе приведена таблица сравнения параметров нагрузочного тестирования и максимальных значений аналогичных параметров в реальных торгах.

В таблицу включены также данные о предельных числах заявок и сделок согласно конфигурационным файлам ТКС. Предельные числа в конфигурационных файлах могут быть увеличены в 2-3 раза без обновления оборудования.

Параметры	Валютный рынок	Срочный рынок	Фондовый рынок
Пиковые числа сделок в день	300 000	3 371 091	3 000 000
Сделок в нагрузочном тестировании	2 606 363	10 696 865	5 182 189
Пиковые числа заявок в день	20 000 000	59 147 377	40 000 000
Заявок в нагрузочном тестировании	60 538 374	196 000 000	82 011 382
Предельное число сделок, промышленная конфигурация	3 000 000	Не применимо	6 000 000
Предельное число заявок, промышленная конфигурация	100 000 000	Не применимо	100 000 000
Пиковые числа транзакций в секундных интервалах, реальные торги	8 000	25 000	7 500
Предельная частота транзакций, нагрузочный тест	76 390	150 000	74 636