

МОДЕЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЮ БАНКОВ И БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ***Виктор Владимирович СЕЛЮТИН^{а*}, Екатерина Алексеевна ВЛАСЕНКО^б,
Каринэ Эдуардовна МЕСРОПЯН^с**

^а кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией,
Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация
vvs1812@gmail.com

^б руководитель аналитической компании «Статзилла», Ростов-на-Дону, Российская Федерация
ea.vlasenko@yandex.ru

^с кандидат экономических наук, научный сотрудник отдела научно-исследовательских работ и прикладных исследований, Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Российская Федерация
carine@list.ru

* Ответственный автор

История статьи:

Принята 22.12.2016

Принята в доработанном
виде 11.01.2017

Одобрена 25.01.2017

Доступна онлайн 27.02.2017

УДК 336.71.078.3**JEL:** C39, C53, G17, G21,
G32**Ключевые слова:**стресс-тестирование,
риск-менеджмент,
математическое
моделирование, банки,
Базель III**Аннотация**

Предмет. Устойчивость банковской системы к неблагоприятным процессам и событиям, влияющим на финансовое положение, является важнейшим условием экономической безопасности. Одной из проблем поддержания устойчивости выступает отсутствие ее однозначных объективных характеристик. Наиболее простым способом банковского риск-менеджмента является применение абсолютных и относительных нормативов, использующих группировки балансовых и внебалансовых статей. В банковскую практику в последние 10–15 лет вошел и такой инструмент, как стресс-тестирование. Новый импульс исследованиям и разработкам в области стресс-тестирования был дан мировым финансовым кризисом 2008–2009 гг., так как его последствия оказались серьезнее, чем ожидалось. Кроме того, крупнейшим российским банкам удалось сохранить платежеспособность в кризис только благодаря беспрецедентным мерам государственной поддержки. Таким образом, развитие и совершенствование подходов к стресс-тестированию весьма актуально.

Цели. Комплексный обзор существующих практик и достижений в области моделей стресс-тестирования.

Методология. Литературный обзор, сравнительный анализ, дифференциальные уравнения.

Результаты. Подходы к стресс-тестированию были рассмотрены в разрезе различных аспектов, таких как: сценарии, объекты (уровни), системность, направление тестирования, горизонт прогноза, целевые показатели в модели, размер финансовых институтов, виды моделируемых рисков.

Выводы. Вопросам моделирования рисков ликвидности уделялось недостаточно внимания. В частности, недостатком существующих моделей является недоучет эффектов, связанных с временной структурой активов и пассивов. Представлен оригинальный подход к построению динамической модели банка с учетом временной структуры, которая может быть использована для оптимизации управления активами и пассивами и в целях стресс-тестирования.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

Введение

Устойчивость банковской системы к различным неблагоприятным процессам и событиям (шокам), влияющим на финансовое

положение рыночных агентов, является важнейшим условием экономической безопасности. Функция мониторинга и обеспечения финансовой устойчивости банковской системы возлагается на национальные банки, которые ориентируются на директивы и рекомендации созданного в

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.
Грант № 16-06-00531а.

1974 г. Базельского комитета по банковскому надзору (БКБН).

Он выделяет четыре основные категории рисков, с которыми сталкивается банковская деятельность: кредитный риск, связанный с невыполнением заемщиком или контрагентом своих обязательств в соответствии с оговоренными условиями; рыночный риск как возможные потери, обусловленные колебаниями рыночных цен; риск потери ликвидности как неспособность банка регулировать сокращение пассивов или финансировать рост активов; операционный риск потерь из-за несостоятельности внутренних процессов или систем, некомпетентности сотрудников либо в результате внешних событий.

Одной из проблем поддержания устойчивости банков и банковской системы является отсутствие однозначных объективных характеристик устойчивости, как это имеет место, например, в естественных и технических науках. Наиболее простым способом банковского риск-менеджмента является применение абсолютных и относительных нормативов, использующих группировки балансовых и внебалансовых статей. Однако наряду с этим в банковскую практику в последние 10–15 лет вошел и такой инструмент, как стресс-тестирование, регламентированное принятыми в 2004 г. стандартами Базель II.

Согласно Базельским формулировкам стресс-тестирование – это оценка чувствительности к определенным стрессовым ситуациям, проводимая на различных уровнях агрегирования в целях определения уязвимости и общей подверженности риску.

Банк России определяет стресс-тестирование как один из аналитических инструментов, призванных обеспечить оценку потенциальных финансовых потерь кредитных организаций в случае исключительных, но возможных событий. При этом в российской версии стресс-тестирование предполагает сценарный анализ, но не предусматривает оценку вероятностей реализации отдельных сценариев и степень их коррелированности.

Новый импульс исследованиям и разработкам в области стресс-тестирования был дан мировым финансовым кризисом 2008–2009 гг., так как, по признанию специалистов БКБН, его последствия оказались значительно серьезнее, чем ожидалось по результатам проведенных ранее стресс-тестов¹. В целях повышения качества управления рисками были разработаны новые методические указания Базель III, внедрение которых намечено на 2012–2019 гг.

В России деятельность банков по работе с риском ликвидности в рекомендательном порядке регламентируется Стандартами качества, утвержденными Координационным комитетом Ассоциации российских банков. Однако данные Стандарты требуют корректировки в связи с обновленными «Принципами по надлежащему управлению и надзору за риском ликвидности» Базельского комитета [1]. Кроме того, следует заметить, что крупнейшим российским банкам удалось сохранить платежеспособность в период кризиса 2008–2009 гг. только благодаря беспрецедентным мерам государственной поддержки, на которую в настоящее время они рассчитывать уже не могут. Таким образом, развитие и совершенствование подходов к стресс-тестированию весьма актуально.

В основе проведения стресс-тестов лежит проигрывание сценариев, в рамках которых и оценивается устойчивость банков и финансовой системы в целом. Выбор начальных условий сценариев базируется на имевших место в прошлом шоках (исторические сценарии) или гипотетических предположениях. В рамках исторического подхода внимание также уделяется хвосту исторических распределений факторов риска. При гипотетических сценариях выбирается сценарий, способный повлечь наибольший ущерб финансовой системе (обратные стресс-тесты). Примерами типичных макросценариев являются значительное падение цен на недвижимость, скачки валютного курса или серьезные и затяжные рецессии [2].

¹ Basel Committee on Banking Supervision. Principles for Sound Stress Testing Practices and Supervision. Bank for International Settlements, 2009.

Материал и методы исследования

В качестве материала исследования использованы публикации в зарубежных журналах в период с 2010 по 2016 г., посвященные вопросам стресс-тестирования отдельных банков и банковской системы в целом. Проведены сравнительный анализ и систематизация используемых в настоящее время подходов и моделей. В качестве оригинального подхода к управлению активами/пассивами и стресс-тестированию рисков ликвидности предлагается использовать математическую модель, основанную на системе дифференциальных уравнений.

Различные аспекты моделей и подходов к стресс-тестированию

Сценарии

При построении сценариев стресс-тестирования используются два подхода: оценочный (judgemental) и сообразный модели (model-consistent). В рамках первого подхода изменения переменных устанавливаются экспертами, в рамках второго – используются макроэкономические эконометрические модели, описывающие взаимосвязи переменных. При этом выводится основной сценарий, соответствующий прогнозу регулятора и анализу монетарной политики государства [3].

Банковский кризис 2008–2009 гг. показал, что существует недостаток эффективных методов моделирования и анализа исключительных, но правдоподобных сценариев риска для стресс-тестирования. Используемые методы стресс-тестирования преимущественно ориентированы на моделирование вероятностей на основе факторов риска и событий в банковских системах с использованием исторических данных. Редкие (маловероятные) события, которые могут привести к финансовым кризисам в банковских системах, такие как, например, банкротство Lehman Brothers, обычно игнорируются из-за отсутствия подходящих методов моделирования и анализа.

Для решения этой проблемы в исследовании [4] предлагается подход для разработки

сценариев стресс-тестирования Banking Event-driven Scenario-oriented Stress Testing (сокращенно, BESST), основанный на концептуальном моделировании. Данный подход состоит из двух основных компонентов:

- 1) базирующейся на онтологии событийной сценарной модели (OESM);
- 2) двух методах анализа, основанных на OESM, для выработки сценария и проверки достоверности.

Предлагаемый BESST-подход обеспечивает заинтересованные стороны банковского стресс-тестирования эффективным методом моделирования и анализа сценариев финансового кризиса, которые являются редкими, но имеют серьезные последствия.

Объекты (уровни) стресс-тестирования

Стресс-тесты могут проводиться на микро- (отдельные финансовые институты) и макроуровне (банковская система в целом). Микростресс-тесты менее актуальны, а существующие подходы в макротестировании оказываются неэффективными для идентификации и раннего предупреждения уязвимости финансовой системы в «спокойное» время. Тем не менее они могут быть крайне эффективны в качестве инструмента кризисного управления [2]. В частности, авторы называют преимуществами макростресс-тестов их способность согласовывать позиции различных заинтересованных субъектов (банков, надзорных органов, центральных банков и населения в широком смысле), проверять качество моделей микроуровня и обозначать информационные пробелы.

Недоучет структуры кредитного портфеля при макростресс-тестировании банковского сектора не позволяет охватить все наблюдаемые эффекты, что может приводить к смещению, то есть к недооценке ожидаемых потерь, обусловленных присутствием в системе более рискованных банков или к переоценке потерь в противном случае. В целях устранения этого недостатка в работе [5] предлагается детализированная модель

макростресс-тестирования кредитного риска на основе анализа сценариев. Модель включает два блока: макро- и микроэкономический. Первый содержит модель для оценки взаимосвязи между отдельными макроэкономическими переменными с помощью анализа временных рядов, которая используется для моделирования проблемных последовательных сценариев, проецируемых на двухлетний горизонт. Микроэкономический блок включает оценку чувствительности качества кредитов к макроэкономическим условиям с помощью динамической эконометрической модели. Выделена 21 категория кредитных портфелей, охватывающих потребительский и корпоративный сектор. Расчеты показывают наличие сильного проциклического поведения качества кредитов, варьирующего в зависимости от их типа и устойчивую отрицательную связь между логит-функцией просроченных (невозвратных) кредитов (non-performing loans, NPL) и динамикой ВВП с лагом до трех кварталов. В третьем блоке рассчитывается кредитный VaR для оценки достаточности капитала банков при проблемных сценариях. Для этого моделируется распределение просроченной задолженности для каждого банка и типа кредитов.

В соответствии с рекомендациями Базель II, ожидаемые потери банка по ссудам EL рассчитываются по формуле:

$$EL = PD \cdot LGD \cdot EAD,$$

где PD – вероятность дефолта заемщика;

LGD – доля актива, подверженного риску дефолта, которая зависит от обеспечения и прочих факторов;

EAD – абсолютная величина кредитных требований на момент дефолта.

Данная схема расчета может использоваться и при стресс-тестировании. Так, в работе [6] представлена эмпирическая модель кредитного риска банковской системы с использованием макропеременных. Модель отражает известную положительную взаимосвязь между вероятностью дефолта PD

и процентом потерь при дефолте LGD и их ациклическое движение с бизнес-циклом. Модель состоит из двух уравнений для PD и LGD , которые оцениваются на основе временных рядов кредитных потерь банков Финляндии в 1989–2008 гг. Одновременно строится система моделей временных рядов для экзогенных макропеременных с целью выявить основные макроэкономические потрясения, которые затем используются в стресс-тестировании. Показано, что использование LGD в качестве эндогенной переменной дает значительно отличающиеся результаты по сравнению с предположением о постоянстве LGD .

Макростресс-тесты исторически концентрировались на кредитном риске, иногда на рыночном, но значительно сложнее в макростресс-тестировании учесть риски ликвидности. При этом большинство имеющихся моделей рассматривают риск как зависящий от ряда экзогенных системных факторов риска.

Системные аспекты

Многие модели не учитывают ответную реакцию системы, что не отражает действительности. Кроме того, большинство моделей основывается на линейной форме связи, при этом упускается важность учета нелинейности. Для повышения качества макростресс-тестов, в частности, в отношении рисков ликвидности, ряд авторов предлагает учитывать нелинейность связей и эффекты отклика системы [7, 8].

Оригинальный подход к стресс-тестированию предложен в работе [9]. Используя теорию сетей, авторы разработали динамическую модель DBNM-BA (Dynamical Bipartite Network Model for Banks and Assets), которая использует двудольный граф (биграф), состоящий из множества банков (первый тип узлов) и множества активов (второй тип узлов). В этой сети банки связаны с 16 типами активов, которые они держат на своем балансе в данном месяце. Банки никогда напрямую не связаны с другими банками, а активы никогда непосредственно не связаны с другими активами. Степень концентрации активов

рассчитывается с помощью известного индекса Херфиндаля-Хиршмана (HHI). Он достигает максимума $HHI = 1$, когда актив полностью сосредоточен в одном банке, и минимума $HHI = 1 / N$, когда актив равномерно распределяется по всем N банкам в системе. Данная модель используется для анализа чувствительности системы к внешним шокам в отдельных классах активов и для оценки наличия признаков, лежащих в основе системы, которые могли бы привести к цепной реакции «заражения» банков.

Теория сетей была также использована в исследовании [10] для выявления групп финансовых институтов, которые потенциально могут оказать наибольшее воздействие на стресс всей финансовой системы. Для этой задачи были определены группы финансовых институтов, способных оказаться в состоянии дефолта одновременно. Затем вычислялся уровень дополнительного стресса с использованием метода DebtRank [11], а также усиление системного риска, вызванного совместным дефолтом этих групп. Финансовая система описывается сетью $g^{(DP)} = \{V^{(DP)}, \epsilon^{(DP)}\}$, где $V^{(DP)}$ – вершины, представляющие финансовые институты, а $\epsilon^{(DP)}$ – ребра, отражающие совместную вероятность дефолта, соединенных вершин. Рассматривая данную сеть на горизонте одного года на примере бразильских банков, авторы обнаружили, что банки среднего размера вносят основной вклад в величину ожидаемого системного риска межбанковского рынка. Ожидаемый системный риск от крупных банков оказывается ниже из-за их относительно низких вероятностей дефолта. В целом данный подход демонстрирует, что несмотря на то, что размер и взаимосвязь банков оказывают существенное воздействие на масштаб стресса, необходимо также оценивать возникновение таких групп банков, которые могут оказаться триггером системного риска.

Однако учет нелинейных связей не сводится к попыткам моделирования сетевых эффектов и итеративному агрегированию отдельных микростресс-тестов. С концептуальной точки зрения следует ужесточить разыгрываемые

сценарии, основываясь на сигналах упрощенных индикаторов финансовой угрозы, таких как, например, значительное кумулятивное увеличение стоимости кредитов и активов. Помимо этого необходим более глобальный подход в отличие от действующего в настоящее время принципа jurisdiction-by-jurisdiction. Предположение о схожести рисков различных финансовых институтов видится более правдоподобным, нежели предположение об их двусторонних взаимосвязях, так как кризис затрагивает разные части системы одновременно, нежели по принципу домино [2].

Направление тестирования

Одним из критериев классификации стресс-тестов является их направление: «сверху-вниз» (top-down), когда процедура стресс-тестирования проводится регулятором централизованно, и «снизу-вверх» (bottom-up), когда регулятор агрегирует результаты стресс-тестов, проведенных финансовыми институтами самостоятельно.

Тестирование «сверху-вниз» проводится по двум направлениям: во-первых, осуществляются попытки установления макрофинансовых взаимосвязей, то есть оценки устойчивости в различных макросценариях; во-вторых разрабатываются обобщенные подходы моделирования динамики и системных эффектов. В то же время в стресс-тестировании «сверху-вниз» в отношении кредитных рисков наблюдается значительный прогресс, тестирование рисков ликвидности находится на начальной стадии, в особенности на макроуровне.

Наиболее масштабным примером макро стресс-тестирования формата «снизу-вверх» являются стресс-тесты, проводимые МВФ в рамках Программ по оценке финансового сектора (FSAP). Однако чаще на практике при проведении макростресс-тестирования МВФ и на национальном уровне оба подхода (top-down и bottom-up) применяют одновременно. Например, в случае Supervisory Capital Assessment Program (SCAP) в США (Board of Governors of the Federal Reserve System, 2009) [2].

Все большее распространение в последние годы приобретают эконометрические методы стресс-тестирования. В качестве примера можно привести модель CLASS (Capital and Loss Assessment under Stress Scenarios) [12], которая также относится к методологии «top-down» и использует простые эконометрические модели (множественной корреляции и авторегрессии), вспомогательные допущения, а также общедоступные данные для прогнозирования влияния макроэкономических сценариев на банковские организации США. Одно из преимуществ эконометрического подхода заключается в быстрой генерации прогнозов, что делает модель CLASS удобной для what if анализа. Например, путем корректировки ключевых допущений, таких как регулирование темпов роста активов или величина и график распределения капитала, модель может быть использована для оценки того, как способен при различных обстоятельствах измениться капитал в банковском секторе. Кроме того, модель в состоянии дать некоторое представление о том, каким образом эти предположения могут повлиять на более детальные результаты стресс-тестирования конкретных фирм, сгенерированные надзорными органами и банками. Модель также полезна в качестве эталона, с которым можно сравнивать другие модели «top-down».

Горизонт прогнозирования

При моделировании стресс-тестов важным является также вопрос горизонта прогноза. В ряде моделей применяется один квартал, и такими моделями не предусмотрена возможность учета реструктуризации портфеля в ситуации стресса. Некоторые авторы рассматривают модели с горизонтом прогноза в один год [13]. В настоящее время стандартом считается горизонт в два-три года.

Целевые показатели

В качестве целевых показателей в моделях оценки риска наиболее часто выступают потери капитала или уровень достаточности ликвидности (liquidity adequacy). За ними следует число дефолтов или размер

«впрыскиваний» капитала, необходимых для рекапитализации и восстановления системы.

Размер финансовых институтов

При моделировании реакции банков на стресс стоит учитывать также размер финансовых институтов, поскольку существует ряд различий между крупными и мелкими банками. В работе [14] анализируется связь структурной ликвидности и нормативов капитала с вероятностью дефолта банка. Как показывают исследования, нормативы капитала и ликвидности играют взаимно дополняющую роль в установлении стабильности только для крупнейших банков. По наблюдениям ученых, проводивших этот анализ, у прочих банков, подверженных стрессу, уровень достаточности капитала был выше требуемого минимума, в то время как уровень структурной ликвидности был низким, таким образом, можно сделать вывод о том, что для менее крупных банков риск дефолта связан в первую очередь с их запасом ликвидности. Это подтверждается исследованиями, устанавливающими обратную связь размера банка и его запаса ликвидности: крупные банки могут ставить себе более низкие цели по запасу ликвидности, нередко нарушая требования Базельского комитета, но лучше ее обеспечивая [15, 16].

Помимо размера банка на корреляцию «капитал – ликвидность» влияет форма собственности банка: взаимодействие между капиталом и ликвидностью отрицательно для коммерческих банков в форме акционерного общества или государственных в большей мере, чем для муниципальных коммерческих банков [17].

Дополнительной сложностью при моделировании воздействия стресса на устойчивость банка является тот факт, что исторические корреляции, полученные в спокойный период, меняют свой характер в кризис и поэтому неспособны адекватно оценивать его последствия. В частности, связи «капитал – ликвидность» во время кризиса слабеют [13], а связи между вероятностью дефолта и величиной потерь – усиливаются [18].

Взаимосвязь различных рисков и их совместное моделирование

В действительности стрессы финансовой системы не происходят в вакууме, и все четыре упомянутые типа рисков могут реализоваться одновременно или последовательно, приближая банк или всю финансовую систему к дефолту. Поэтому важной задачей моделирования является учет взаимосвязей рисков.

В работе [19] предпринимается попытка учесть взаимодействие двух наиболее распространенных рисков – ликвидности и кредитного. Риск ликвидности (LR) оценивался двумя способами: мерой Berger-Bouwman [20] и как отношение разницы пассивов и активов, скорректированных на чистую межбанковскую позицию кредитования и чистую позицию по дериватам по отношению ко всем активам. Кредитный риск (CR) рассчитывается как отношение:

$$CR = \frac{\text{Списание ссуд}_t - \text{Возмещение ссуд}_t}{\text{Резерв на потери по ссудам}_{t-1}}.$$

И как Z -оценка риска потери устойчивости банка [21]:

$$Z\text{-score} = \ln \left(\frac{ROA + E/A}{SD_{ROA}} \right),$$

где ROA – доходность капитала (return on equity);

E/A – коэффициент Кука, отношение капитала банка (equity) к активам (assets);

SD_{ROA} – стандартное отклонение доходности активов.

Чтобы компенсировать возможные лаги, LR и CR описывались системой одновременных структурных уравнений, включающей также автокорреляционные члены. Модель оценивалась с помощью обобщенного метода наименьших квадратов. Оба риска оказывают значимый эффект на вероятность дефолта банка. Их взаимодействие усугубляет вероятность дефолта для банков, у которых она составляет от 10 до 30% и снижает ее для высокорисковых банков (с вероятностью

дефолта 70–90%). Это обуславливает необходимость совместного менеджмента обоих рисков. В то же время прямой связи между риском ликвидности и кредитным риском не обнаружено.

Наряду с кредитным риском коммерческие банки часто подвержены риску процентной ставки. Если игнорировать риск процентной ставки, как обычно делается в литературе по стресс-тестированию, то можно недооценить падение чистой прибыли банка более чем на 50% в первый год в рассматриваемом стресс-сценарии, но в то же время переоценить падение чистой прибыли почти на 100% в течение третьего года [22].

Кроме того, важно иметь возможность разделять воздействия отдельных рисков, так как методы их моделирования и предупреждения различаются: с кредитным риском можно работать методами скоринга и оценки качества заемщиков, с рыночным риском – диверсификацией, с риском ликвидности – менеджментом банка в отношении временных разрывов.

В подавляющем большинстве работ меры, которые применяются для оценки ликвидности, по своей природе неспособны изолировать риск ликвидности от рыночного риска. В работе [23] предлагается новая мера ликвидности, которая позволяет бороться с шумом, создаваемым факторами, не связанными с ликвидностью. Методология заключается в создании портфеля с длинными и короткими позициями для одного и того же набора ценных бумаг. При этом длинная позиция применялась к индексу рассматриваемых ценных бумаг, а короткая – к ним по отдельности. Использование одних и тех же ценных бумаг позволило нивелировать рыночный риск из уравнения стоимости портфеля. Таким образом, разница стоимости ликвидного индекса и относительно неликвидных его компонентов и является мерой ликвидности. Преимуществом этой формулы ликвидности является то, что она может использоваться ежедневно, не зависит от временных рядов, объемов торговли и не требует построения регрессии.

Проблемы оценки и моделирования риска ликвидности

На сегодня имеется немало апробированных математических моделей, позволяющих рассчитывать кредитные и процентные риски в зависимости от имеющейся информации и исходных предпосылок. В последнее время активно разрабатываются количественные методы анализа операционных рисков. Однако анализу, моделированию и стресс-тестированию рисков ликвидности, как показал финансовый кризис 2008–2009 гг., уделялось недостаточное внимание.

Традиционные методы

Традиционно для оценки риска потери ликвидности использовались такие методы, как анализ коэффициентов ликвидности, анализ «лестницы» сроков и гэпа (разрыва дюрации), VaR-анализ портфеля, сценарное моделирование в сочетании с имитационно-балансовыми моделями.

До 2007 г. макростресс-тесты ликвидности состояли в проигрывании упрощенных сценариев, основанных на оценке денежных потоков, и сводились к элементам баланса. Главным упущением такого подхода было недостаточное внимание рискам внебалансовых статей, прочим денежным потокам (например, гарантированным депозитам), профилю ликвидности по валютам. Однако именно перечисленные факторы оказались серьезным вызовом во время кризиса 2008–2009 гг. Современные методы стресс-тестирования ликвидности объединяют моделирование макроэкономических сценариев и экспертные суждения, при этом принимаются во внимание особенности системы и ограниченность доступных данных. Таким образом, к проигрываемым ранее сценариям добавился анализ несовпадения сроков погашения (*maturities*) с помощью новых коэффициентов ликвидности, предлагаемых Базель III.

Новые требования и новые модели

Так, краткосрочную устойчивость профиля риска ликвидности банков БКБН предлагает обеспечить с помощью определенного запаса

высококачественных ликвидных активов (HQLA), позволяющего пережить значимый стресс-сценарий продолжительностью 30 календарных дней, то есть коэффициент покрытия ликвидности (LCR), равный отношению HQLA к среднему за день чистому оттоку наличности, должен составлять не менее 30 [24]. В то же время для конкретных банков в зависимости от временной структуры активов и пассивов, а также других факторов необходимая величина ликвидных активов может оказаться как меньше, так и больше.

Вторым новым коэффициентом ликвидности, введенным Базель III, стало чистое стабильное финансирование на регулярной основе (NSFR) – соотношение между объемом доступного стабильного финансирования (Available Stable Funding ASF) и объемом требуемого стабильного финансирования (Required Stable Funding RSF). Здесь ASF – взвешенные пассивы, отражающие различные сроки погашения, представляют собой долю капитала и пассивов, которые, как ожидается, будут доступны через год. RSF конкретного банка является функцией характеристик ликвидности и остаточных сроков погашения различных активов, принадлежащих этой организации, а также его внебалансовых компонентов (OBS). NSFR должен быть больше или равен 100%.

Введение двух новых коэффициентов ликвидности спровоцировало появление новых моделей, оценивающих будущую реакцию банков на новые требования.

В работах [13, 14] исследуется, как банки отреагируют на требование LCR на основе анализа текущего менеджмента ликвидности. В частности, в работе [13] показано, что новый норматив заставит менеджмент банка удерживать больше ликвидных активов, чем требуется. Это связано с тем, что данный норматив контролирует уровень ликвидности в пределах одного месяца, хотя в реальности банки ориентируются на денежные потоки за пределами месяца.

Ряд моделей, прогнозирующих реакцию банков на второй норматив – NSFR [15, 25], исходя из схожести NSFR с прежней мерой –

LTCD, показал, что для мелких и средних банков применение нового норматива фундаментально не изменит менеджмент ликвидности, но ограничит формирование неликвидности, которое происходит естественным образом в процессе экономической экспансии. Для крупных банков, концентрирующих 75% активов банковского сектора, соответствие новым стандартам потребует основательного повышения ликвидности баланса и, возможно, реинжиниринга практики риск-менеджмента.

Указанные модели относятся к группе нормативных (или моделей коэффициентов). Это наиболее простой подход, основанный на использовании финансовых коэффициентов или определении потребности в ликвидности с учетом анализа оборотов по активам и пассивам банка в соответствующем периоде. О данном подходе есть также работы, в которых авторы предлагают свои нормативы ликвидности [23] или рассматривают нормативы, специфичные для отдельных стран [13]. Так, например, датское правительство ввело норматив ликвидного баланса (*liquid balance*) – отношение разности доступной и требуемой ликвидности к требуемой ликвидности. Соответственно, для сохранения стабильности баланс ликвидности в каждый момент времени должен быть больше или равен нулю [13].

Наиболее распространенными моделями оценки риска ликвидности являются эконометрические модели временных рядов [7, 13, 15, 19, 26]. Также встречаются логит-модели вероятности дефолта, связанной с потерей ликвидности [14, 27].

Модели различаются также по типу рассматриваемой выборки: множество банков внутри страны [13, 15–17, 19]; банки нескольких стран [14, 19] или даже весь мир [27].

Статические модели риска ликвидности

Можно сказать, что сама природа рисков ликвидности недостаточно изучена, в частности, не исследован вопрос, какой характер преимущественно имеют риски

ликвидности: идиосинкратический или систематический?

Базельский комитет выделяет три основных фактора риска ликвидности в широком смысле:

- негативные события (любые известия, которые ведут к потере рыночной уверенности в банке или банковской системе, например, снижение рейтинга, проблемы в головном банке, кредитные потери и другие удары по репутации);
- определенные транзакции и продукты (такие как деривативы и прочие внебалансовые инструменты);
- рыночные тренды (те, что касаются чрезмерного использования наиболее волатильных финансовых ресурсов, таких как оптовое финансирование, посреднические сертификаты и пр.).

Однако на практике чаще всего в качестве основного шока в стресс-тестах используется массовое изъятие депозитов [19].

Исследование опыта ряда стран позволило выявить следующие основные источники недостатка финансирования [24]:

- секьюритизация готовящихся/готовых к выдаче кредитов;
- необходимость обеспечения внутридневных кредитов и других клиринговых обязательств;
- нехватка депозитов;
- внебалансовые обязательства;
- деятельность по первичному брокерству;
- переоценка возможностей оптового финансирования;
- финансирование за счет дериватов и валютных фондов.

Эти причины были выявлены на основе анализа кейсов национальных банковских систем Бразилии, Японии, Кореи, Норвегии,

а также отдельных финансовых институтов Европы и США.

В целом всю совокупность факторов, влияющих на риск ликвидности, можно разделить на две группы: макроэкономические и факторы, специфичные для отдельного банка. В исследовании [16] приводится обзор работ, анализирующих связь каждого из приведенных на рис. 1 факторов с ликвидностью банка.

Стресс-тестирование ликвидности требует от финансовых институтов взвешивать потенциальные риски оттока ликвидности по отношению к доступным резервам в ситуациях стресса. Однако методы адекватной оценки объема необходимых резервов на срочное покрытие оттока ликвидности в эмпирических исследованиях не разработаны. Существующая по данному вопросу литература имеет преимущественно теоретический характер и основывается на изучении спиралей ликвидности, возникающих вследствие внезапной неплатежеспособности контрагента, продажи активов, дальнейшего снижения их цен и нарастающей потребности в ликвидности. Подобные работы предполагают, что требование к большим запасам ликвидных активов может быть более эффективным для смягчения последствий системных кризисов, чем нормы достаточности капитала. Следует отметить, что рассуждения на тему определения объема резервов на срочное покрытие оттока ликвидности сдерживаются ограниченностью эмпирических данных [24].

Существующие методологии стресс-тестирования ликвидности предполагают отсутствие поддержки государства или центрального банка в целях оценки самостоятельной выживаемости кредитной организации [24]. Однако в действительности в стрессовых ситуациях власти осуществляют регулятивные вмешательства для поддержки капитала. В то время как основная цель таких действий заключается в снижении рисков банков и восстановлении устойчивой операционной деятельности, государственная поддержка может иметь также непреднамеренный эффект снижения создания

ликвидности [7]. Для оценки такого рода эффектов была использована регрессионная модель изменения ликвидности (или одного из ее компонентов: активов, пассивов или внебалансовой части) в i -м банке в период $t-1$ до t , где в $t-1$ имело место государственное вмешательство. Регуляторное вмешательство и поддержка капитала вводятся в уравнение как экзогенные бинарные переменные. При этом под регулятивным вмешательством понимаются меры по ограничению депозитов, ссуд, перераспределению доходов, реструктуризации бизнес-активности, инструкции менеджменту банков. Под поддержкой капитала подразумеваются схемы страхования, предлагаемые банковскими ассоциациями. Регрессионная модель была оценена на основе данных германских банков в период 1999–2009 гг. Как показал результат анализа, регуляторное вмешательство снижает создание ликвидности в отношении пассивов и внебалансовых компонентов, однако не влияет на формирование ликвидности на стороне активов. В то же время поддержка капитала не оказывает воздействия на внебалансовые компоненты, но снижает формирование активов и одновременно повышает формирование ликвидности на стороне пассивов примерно на ту же величину. То есть оба воздействия нейтрализуют друг друга.

Среди прочих экзогенных влияний на формирование банковской ликвидности стоит отметить также воздействие межбанковской конкуренции [28]: повышенная конкуренция связана с низким уровнем формирования ликвидности. Однако это справедливо для Чехии, для экстраполяции данного вывода на другие страны требуется дополнительное исследование.

На формирование внутридневной ликвидности и ее риска на развивающихся фондовых рынках влияют также публичные и частные информационные потоки. Так, на фондовом рынке Туниса основным фактором улучшения ликвидности стало постепенное раскрытие публичной и частной информации [26].

Риск потери ликвидности возникает в случае, когда сроки погашения обязательств по

активам и пассивам не соответствуют друг другу. К риску потери ликвидности следует отнести также дополнительные издержки от заимствования и недополученную прибыль вследствие отвлечения ресурсов в целях поддержания ликвидности, рост ставок на межбанковском рынке или его полное закрытие (невозможность финансировать отток клиентских средств путем замещения их другими пассивами). Таким образом, ядром модели ликвидности для целей стресс-тестирования должна являться модель временной структуры активов и пассивов банка.

Учет временной структуры важен не только из-за природы ликвидности, но и потому, что банки в целях увеличения прибыли широко применяют инструмент трансформации сроков погашения (*maturity transformation*). Она заключается в том, что банки принимают вклады на короткий период, а кредиты выдают на более длительный срок. При этом во время мирового финансового кризиса и последующих внутрисистемных кризисов излишняя трансформация сроков погашения является ключевым источником дефолта банков [14].

Негативные последствия излишней *maturity transformation* можно оценить с помощью модели системной ликвидности, скорректированной на риск (*systemic risk-adjusted liquidity, SRL*) [25]. SRL-модель объединяет ценовые и количественные элементы с целью вывести рыночную меру системного риска ликвидности, который определяется разными степенями левериджа и несовпадений сроков погашения. В модели рассматривается риск ликвидности, выраженный через NSFR, как динамический, и оценивается вероятность дефолта и ожидаемые потери для отдельного финансового института. Далее производится оценка системного риска: помимо отдельных рисков она учитывает взаимосвязи между банками и размер институтов. Формула для ожидаемой чистой приведенной стоимости, связанной с решениями, принимаемыми в каждом банке:

$$v(k, K, \vartheta) = \pi(k, \vartheta) - \varepsilon(k, \vartheta) c(K),$$

$$K = g(\psi(\vartheta)k(\vartheta)) = \int_0^1 \int_0^1 \psi(\vartheta)k(\vartheta) f(\vartheta) d\vartheta,$$

где $v(k, K, \vartheta)$ – это мера системного риска ликвидности, полученная агрегированием решений о финансировании отдельных банков;

$\psi(\vartheta)k(\vartheta)$ – веса ликвидного риска каждого банка, $\psi(\vartheta)$ отражает решения конкретного банка о величине финансирования $k(\vartheta)$ в каждом классе ϑ .

Класс ϑ – основа различий банков, это доля краткосрочных фондов по отношению к профилю активов по срокам погашения, их объем и представляет собой переменную величину. Класс ϑ можно интерпретировать как детерминант предельной чистой стоимости инвестиции/ссуды. Полученная модель призвана лучше, чем существующий пруденциальный подход, идентифицировать, оценивать и предупреждать риск ликвидности, потому что, во-первых, позволяет учесть предельный вклад каждого института в системный риск ликвидности, а во-вторых, может использоваться в разработке регулирующей политики, поощряющей интернализацию социальных издержек негативных экстерналий индивидуальных фондовых решений.

Динамические модели риска ликвидности

Работы, посвященные динамическому моделированию временной структуры ликвидности, крайне малочисленны. В исследовании [13] приравнивают активы к сумме пассивов, поступлений и оттоков денежных средств банка i в момент времени t , где для каждой компоненты определен также срок кредитования s . Срок может принимать пять значений: один месяц и менее, от одного до трех месяцев, от трех до шести месяцев, от шести месяцев до года, более одного года. Авторы выводят три регрессионных уравнения. Одно – для уровня фактических активов:

$$A_{it} = \beta L_{it} + \sum_{s=1}^S \delta^{M=s} (I_{it}^{M=s} - O_{it}^{M=s}) + \alpha_i + r_t \varepsilon_{it},$$

где L – пассивы;

I – приток денежных средств;

O – отток денежных средств;

α – специфичная для банка константа;

ε – остатки.

Во втором уравнении денежные потоки в пределах одного месяца рассматриваются по отдельности, как того требуют Базельские стандарты, а также датские требования:

$$A_{it} = \beta L_{it} + \chi^{M=s} I_{it}^{M=s} + \mu^{M=s} O_{it}^{M=s} + \sum_{s=1}^s \delta^{M=s} (I_{it}^{M=s} - O_{it}^{M=s}) + \alpha_i + r_t \varepsilon_{it}.$$

Третья модель исключает чистые денежные потоки со сроком погашения свыше одного месяца, а также отбрасывает константу α , то есть это уравнение является полным аналогом регулятивных требований к минимальным запасам ликвидности LB и LCR :

$$A_{it} = \beta L_{it} + \chi_i I_{it}^{M=1} + \mu_i O_{it}^{M=1}.$$

При этом запас ликвидных активов связан с трансформацией: банки удерживают ликвидные активы (в основном, облигации) в качестве буфера для покрытия ликвидных пассивов без фиксированного срока (депозиты до востребования), а также оттоков чистых денежных потоков с разным сроком. Когда банки ожидают вливания денежных потоков в будущем месяце, они сокращают запасы ликвидных активов, однако их общие запасы ликвидности сохраняются на прежнем уровне.

Рассчитывая объем необходимых активов, банки принимают во внимание будущие денежные потоки в течение одного года. Лишь немногие мелкие датские банки, а также филиалы иностранных, управляют ликвидными запасами исходя из горизонта более двух лет. В целом запасы ликвидности банков фактически оказываются выше, чем того требуют нормативы. В свою очередь, кризис негативно повлиял на размер ликвидных активов банка, особенно для пяти крупнейших банков Дании. Это отражает тот факт, что уровень розничных депозитов до востребования, которые составляют основную часть ликвидных пассивов, был относительно мало подвержен влиянию кризиса. Другим объяснением может являться то, что

расширенная поддержка ликвидности центральным банком стала мотивацией для них к снижению ликвидных буферов. Банки с более высокой капитализацией удерживают меньший объем ликвидных активов, однако эта связь слабеет во время кризиса.

Нами предложен оригинальный подход к построению динамической модели банка в непрерывном времени, которая может быть использована как для оптимизации управления активами и пассивами, так и в целях стресс-тестирования [29, 30]. Остановимся на данной модели подробнее.

В максимально агрегированном виде банковский баланс идеализированного банка может быть представлен следующим образом:

$$A(t) = X(t) + R(t) + Y(t) + C(t) + L(t), \quad (1)$$

где A – активы;

L – пассивы;

X – выданные ссуды;

R – ликвидные активы (резервы, текущие счета и денежные средства);

Y – депозиты;

C – собственный капитал.

В непрерывном времени динамика активов и пассивов описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений с соответствующими начальными условиями, удовлетворяющими (1):

$$\frac{dR}{dt} = \rho_x \cdot X - \rho_y \cdot Y + V(t) - U(t) + \frac{X}{T_x} - \frac{Y}{T_y};$$

$$\frac{dX}{dt} = U(t) - \frac{X}{T_x};$$

$$\frac{dY}{dt} = V(t) - \frac{Y}{T_y};$$

$$\frac{dC}{dt} = \rho_x \cdot X - \rho_y \cdot Y,$$

где ρ_x, ρ_y – проценты по ссудам и депозитам;

$V(t), U(t)$ – приток депозитов и выдача ссуд;

T_x, T_y – средняя срочность (дюрация) ссуд и депозитов.

Кредитные риски здесь не рассматриваются, исходя из предположения, что они учтены в виде премии за риск, включенной в ссудный процент.

Для учета временной структуры активов и пассивов необходимо рассчитывать изменение срока до погашения (maturity) ссуд и депозитов, вследствие чего указанные переменные должны зависеть от двух координат – текущего времени (t) и «возраста» (τ) или остаточного периода до даты платежа ($T - \tau$). По этой причине динамика выданных кредитов может быть описана уравнением переноса:

$$\frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial x}{\partial \tau} = u(t, \tau).$$

Аналогично выглядит модель динамики срочных депозитов:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial \tau} = v(t, \tau).$$

В качестве начальных условий при $t = 0$ задаются функции распределения кредитов и депозитов по срокам.

Функции двух переменных $u(t, \tau)$ и $v(t, \tau)$ можно рассматривать как некоторые сценарии, зависящие от макроэкономической ситуации и эффективности работы менеджеров банка. Стресс-сценариями в рамках данной модели являются резкое снижение притока депозитов $V(t)$ и дюрации пассивов T_y , а также снижение объемов кредитования $U(t)$ вследствие падения спроса.

Результаты

В статье предпринята попытка проанализировать широкий спектр современных подходов к моделям стресс-тестирования банков и банковской системы. Имеется большое разнообразие аспектов, которые необходимо принимать во внимание при сравнительном анализе. Рассмотрены такие аспекты, как сценарии, объекты (уровни), системы, направления «сверху-вниз» или «снизу-вверх», горизонты прогнозирования, целевые показатели в модели, размеры финансовых институтов, виды моделируемых рисков.

Выводы

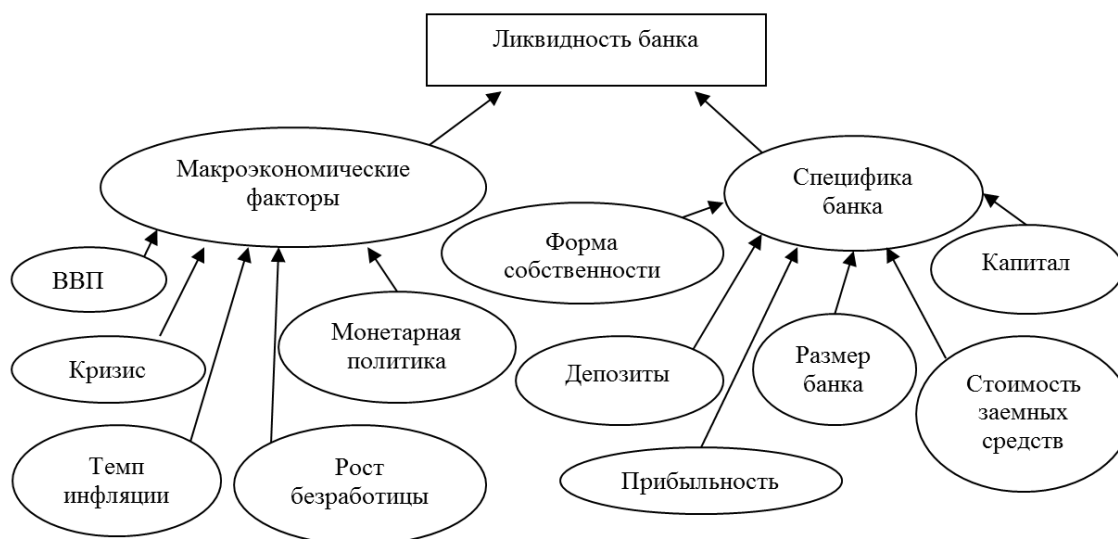
Основное внимание в литературе занимает прогнозирование и стресс-тестирование кредитных рисков. В последние годы усилилась заинтересованность в анализе операционных рисков. Однако моделирование рисков ликвидности долгое время не исследовалось в должной мере, хотя именно эти риски интегрируют многие другие и лежат в основе цепочки стрессов, приводящих к утрате платежеспособности и банкротству банков. В частности, одним из недостатков существующих моделей является недоучет эффектов, связанных с временной структурой активов и пассивов. В статье представлен оригинальный подход к построению динамической модели банка в непрерывном времени с учетом временной структуры. Результаты исследования могут быть использованы как для оптимизации управления активами и пассивами, так и в целях стресс-тестирования.

Рисунок 1

Факторы, формирующие риск ликвидности

Figure 1

Factors generating the liquidity risk



Источник: [16]

Source: [16]

Список литературы

1. Фаттахова Р.Х. Оценка соответствия Российского стандарта качества управления риском ликвидности в кредитных организациях Базельским принципам // *Науковедение*. 2013. № 5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/85evn513.pdf>.
2. Borio C., Drehmann M., Tsatsaronis K. Stress-testing macro stress testing: does it live up to expectations? URL: <http://www.bis.org/publ/work369.pdf>.
3. Melecky M., Podpiera A.M. Macroprudential Stress-Testing Practices of Central Banks in Central and Southeastern Europe: Comparison and Challenges Ahead. *Emerging Markets Finance and Trade*, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 118–134.
4. Hu D., Yan J., Zhao J.L., Hua Z. Ontology-based scenario modeling and analysis for bank stress testing. *Decision Support Systems*, 2014, vol. 63, pp. 81–94. doi: 10.1016/j.dss.2013.08.009
5. Vazquez F., Tabak B.M., Souto M. A macro stress test model of credit risk for the Brazilian banking sector. *Journal of Financial Stability*, 2012, vol. 8, iss. 2, pp. 69–83.
6. Jokivuolle E., Viren M. Cyclical default and recovery in stress testing loan losses. *Journal of Financial Stability*, 2013, vol. 9, pp. 139–149.
7. Berger A.N., Bouwman C.H., Kick T., Schaeck K. Bank liquidity creation following regulatory interventions and capital support. *Journal of Financial Intermediation*, 2016, vol. 26, pp. 115–141.
8. Taleb N., Canetti E., Kinda T. et al. A new heuristic measure of fragility and tail risks: application to stress testing. *IMF Working Paper*, 2012. URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp12216.pdf>.
9. Levy-Carciente S., Kenett D.Y., Avakian A. et al. Dynamical macroprudential stress testing using network theory. *Journal of Banking & Finance*, 2015, vol. 59, pp. 164–181. doi: 10.1016/j.jbankfin.2015.05.008
10. Stancato de Souza S., Silva T.C., Tabak B.M. et al. Evaluating systemic risk using bank default probabilities in financial networks. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2016, vol. 66, pp. 54–75.
11. Battiston S., Puliga M., Kaushik R. et al. DebtRank: Too Central to Fail? Financial Networks, the FED and Systemic Risk. *Scientific Reports*, 2012, vol. 2, p. 541. doi: 10.1038/srep00541
12. Hirtle B., Kovner A., Vickery J. et al. Assessing Financial Stability: The Capital and Loss Assessment under Stress Scenarios (CLASS) model. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 2014, no. 663, 95 p. URL: https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr663.pdf.
13. Leo de Haan, Jan Willem van den End. Bank liquidity, the maturity ladder, and regulation. *Journal of Banking & Finance*, 2013, vol. 37(10), pp. 3930–3950.

14. *Chiaramonte L., Casu B.* Capital and liquidity ratios and financial distress. Evidence from the European banking industry. *The British Accounting Review*, 2016, pp. 1–24. doi: 10.1016/j.bar.2016.04.001
15. *DeYoung R., Jang K.Y.* Do banks actively manage their liquidity? *Journal of Banking & Finance*, 2016, vol. 66, no. 5, pp. 143–161.
16. *Singh A., Sharma A.K.* An empirical analysis of macroeconomic and bank-specific factors affecting liquidity of Indian banks. *Future Business Journal*, 2016, vol. 2, iss. 1, pp. 40–53.
17. *Chen T.-H., Chou H.-H., Chang Y., Fang H.* The effect of excess lending on bank liquidity: Evidence from China. *International Review of Economics and Finance*, 2015, vol. 36, pp. 54–68.
18. *Buncic D., Melecky M.* Macroprudential stress testing of credit risk: a practical approach for policy makers. *Journal of Financial Stability*, 2013, vol. 9, iss. 3, pp. 347–370.
19. *Imbierowicz B., Rauch C.* The relationship between liquidity risk and credit risk in banks. *Journal of Banking & Finance*, 2014, vol. 40, pp. 242–256.
20. *Berger A.N., Bouwman C.H.S.* Bank Liquidity Creation, Monetary Policy, and Financial Crises. *Review of Financial Studies*, 2009, vol. 22, pp. 3779–3837.
21. *Roy A.D.* Safety first and the holding of assets. *Econometrica*, 1952, vol. 20, no. 3, pp. 431–449.
22. *Drehnmann M., Sorensen S., Stringa M.* The integrated impact of credit and interest risk on banks: A dynamic framework and stress testing application. *Journal of Banking & Finance*, 2010, vol. 34, pp. 713–729.
23. *Chacko G., Das S., Fan R.* An index-based measure of liquidity. *Journal of Banking & Finance*, 2016, vol. 68, pp. 162–178.
24. Basel III: The Liquidity Coverage Ratio and Liquidity Risk Monitoring Tools. Basel Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements, 2013, 75 p. URL: <http://www.bis.org/publ/bcbs238.pdf>.
25. *Jobst A.A.* Measuring systemic risk-adjusted liquidity (SRL) – A model approach. *Journal of Banking & Finance*, 2014, vol. 45, pp. 270–287.
26. *Tissaoui K., Ftiti Z.* Liquidity, liquidity risk, and information flow: Lessons from an emerging market. *Research in International Business and Finance*, 2016, vol. 37, pp. 28–48.
27. *Lang M., Schmidt P.G.* The early warnings of banking crises: Interaction of broad liquidity and demand deposits. *Journal of International Money and Finance*, 2016, vol. 61, iss. C, pp. 1–29.
28. *Horvath R., Seidler J., Weill L.* How bank competition influences liquidity creation. *Economic Modelling*, 2016, vol. 52, pp. 155–161.
29. *Selyutin V.V., Rudenko M.A.* Mathematical Model of Banking Firm as Tool for Analysis, Management and Learning. *Informational Technologies in Education*, 2013, vol. 16, pp. 170–177. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-401-408-ITER.pdf>.

30. Селютин В.В., Харужная М.А. Математическое моделирование банка как динамической системы // Вестник Южного научного центра РАН. 2015. Т. 11. № 3. С. 3–10.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

**MODEL APPROACHES TO STRESS TESTING OF BANKS AND BANKING SYSTEM:
MODERN TRENDS AND OPPORTUNITIES FOR IMPROVEMENT****Viktor V. SELYUTIN^{a,*}, Ekaterina A. VLASENKO^b, Karine E. MESROPYAN^c**^a Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science of Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russian Federation
vvs1812@gmail.com^b Statzilla, Rostov-on-Don, Russian Federation
ea.vlasenko@yandex.ru^c Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation
carine@list.ru

* Corresponding author

Article history:Received 22 December 2016
Received in revised form
11 January 2017
Accepted 25 January 2017
Available online
27 February 2017**JEL classification:** C39, C53,
G17, G21, G32**Keywords:** stress testing, risk
management, mathematical
modeling, bank, Basel III**Abstract****Subject** The article addresses stress testing of banks and the banking system as a risk management tool.**Objectives** The aim of the study is to review the existing practices and achievements in the field of stress testing models.**Methods** The study draws on literature review, comparative analysis, differential equations.**Results** Approaches to stress testing are considered in the context of different aspects, like scenarios, objects (levels), consistency, direction of stress testing, forecast horizon, KPIs in model, size of financial institutions, types of simulated risks.**Conclusion and Relevance** In the world practice, the liquidity risk modeling is rather neglected. In particular, the disadvantage of existing models is insufficient consideration of effects related to term structure of assets and liabilities. This paper offers an original approach to building a dynamic model of a bank in continuous time, which takes into account the term structure and can be used for enhancing the assets and liabilities management and for stress testing purposes.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 16-06-00531a.

References

1. Fattakhova R.Kh. [Assessing the compliance of Russian quality standards for liquidity risk management in credit organizations with Basel principles]. *Naukovedenie*, 2013, no. 5. (In Russ.) Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/85evn513.pdf>.
2. Borio C., Drehmann M., Tsatsaronis K. Stress-testing macro stress testing: Does it live up to expectations? Available at: <http://www.bis.org/publ/work369.pdf>.
3. Melecky M., Podpiera A.M. Macroprudential Stress-Testing Practices of Central Banks in Central and Southeastern Europe: Comparison and Challenges Ahead. *Emerging Markets Finance and Trade*, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 118–134.
4. Hu D., Yan J., Zhao J.L., Hua Z. Ontology-based scenario modeling and analysis for bank stress testing. *Decision Support Systems*, 2014, vol. 63, pp. 81–94. doi: 10.1016/j.dss.2013.08.009
5. Vazquez F., Tabak B.M., Souto M. A macro stress test model of credit risk for the Brazilian banking sector. *Journal of Financial Stability*, 2012, vol. 8, iss. 2, pp. 69–83.

6. Jokivuolle E., Virén M. Cyclical default and recovery in stress testing loan losses. *Journal of Financial Stability*, 2013, vol. 9, pp. 139–149.
7. Berger A.N., Bouwman C.H., Kick T., Schaeck K. Bank liquidity creation following regulatory interventions and capital support. *Journal of Financial Intermediation*, 2016, vol. 26, pp. 115–141.
8. Taleb N., Canetti E., Kinda T. et al. A new heuristic measure of fragility and tail risks: Application to stress testing. *IMF Working Paper*, 2012, no. WP/12/216. Available at: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp12216.pdf>.
9. Levy-Carciente S., Kenett D.Y., Avakian A. et al. Dynamical macroprudential stress testing using network theory. *Journal of Banking & Finance*, 2015, vol. 59, pp. 164–181. doi: 10.1016/j.jbankfin.2015.05.008
10. Stancato de Souza S., Silva T.C., Tabak B.M. et al. Evaluating systemic risk using bank default probabilities in financial networks. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2016, vol. 66, pp. 54–75.
11. Battiston S., Puliga M., Kaushik R. et al. DebtRank: Too Central to Fail? Financial Networks, the FED and Systemic Risk. *Scientific Reports*, 2012, vol. 2, p. 541. doi: 10.1038/srep00541
12. Hirtle B., Kovner A., Vickery J., Bhanot M. Assessing Financial Stability: The Capital and Loss Assessment under Stress Scenarios (CLASS) model. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 2014, no. 663, 95 p. Available at: https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr663.pdf.
13. Leo de Haan, Jan Willem van den End. Bank liquidity, the maturity ladder, and regulation. *Journal of Banking & Finance*, 2013, vol. 37(10), pp. 3930–3950.
14. Chiaramonte L., Casu B. Capital and liquidity ratios and financial distress. Evidence from the European banking industry. *British Accounting Review*, 2016, pp. 1–24. doi: 10.1016/j.bar.2016.04.001
15. DeYoung R., Jang K.Y. Do banks actively manage their liquidity? *Journal of Banking & Finance*, 2016, vol. 66, no. 5, pp. 143–161.
16. Singh A., Sharma A.K. An empirical analysis of macroeconomic and bank-specific factors affecting liquidity of Indian banks. *Future Business Journal*, 2016, vol. 2, iss. 1, pp. 40–53.
17. Chen T.-H., Chou H.-H., Chang Y., Fang H. The effect of excess lending on bank liquidity: Evidence from China. *International Review of Economics and Finance*, 2015, vol. 36, pp. 54–68.
18. Buncic D., Melecky M. Macroprudential stress testing of credit risk: A practical approach for policy makers. *Journal of Financial Stability*, 2013, vol. 9, iss. 3, pp. 347–370.
19. Imbierowicz B., Rauch C. The relationship between liquidity risk and credit risk in banks. *Journal of Banking & Finance*, 2014, vol. 40, pp. 242–256.
20. Berger A.N., Bouwman C.H.S. Bank Liquidity Creation, Monetary Policy, and Financial Crises. *Review of Financial Studies*, 2009, vol. 22, pp. 3779–3837.
21. Roy A.D. Safety first and the holding of assets. *Econometrica*, 1952, vol. 20, no. 3, pp. 431–449.
22. Drehnmann M., Sorensen S., Stringa M. The integrated impact of credit and interest risk on banks: A dynamic framework and stress testing application. *Journal of Banking & Finance*, 2010, vol. 34, pp. 713–729.

23. Chacko G., Das S., Fan R. An index-based measure of liquidity. *Journal of Banking & Finance*, 2016, vol. 68, pp. 162–178.
24. Basel III: The Liquidity Coverage Ratio and Liquidity Risk Monitoring Tools. Basel Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements, 2013, 75 p. Available at: <http://www.bis.org/publ/bcbs238.pdf>.
25. Jobst A.A. Measuring systemic risk-adjusted liquidity (SRL) – A model approach. *Journal of Banking & Finance*, 2014, vol. 45, pp. 270–287.
26. Tissaoui K., Ftiti Z. Liquidity, liquidity risk, and information flow: Lessons from an emerging market. *Research in International Business and Finance*, 2016, vol. 37, pp. 28–48.
27. Lang M., Schmidt P.G. The early warnings of banking crises: Interaction of broad liquidity and demand deposits. *Journal of International Money and Finance*, 2016, vol. 61, iss. C, pp. 1–29.
28. Horvath R., Seidler J., Weill L. How bank competition influences liquidity creation. *Economic Modelling*, 2016, vol. 52, pp. 155–161.
29. Selyutin V.V., Rudenko M.A. Mathematical Model of Banking Firm as Tool for Analysis, Management and Learning. *Informational Technologies in Education*, 2013, vol. 16, pp. 170–177. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-401-408-ITER.pdf>.
30. Selyutin V.V., Kharuzhnaya M.A. [Mathematical modeling of a bank as a dynamic system]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN = Bulletin of Southern Scientific Center of RAS*, 2015, vol. 11, no. 3, pp. 3–10. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.