



УДК 004.4

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ильин Д.Ю.¹, Никульчев Е.В.¹, Албычев А.С.²

¹ МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия, i@dmitryilin.com;

² Федеральное казначейство Министерства финансов Российской Федерации; МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

Аннотация. Специалисты в области ИТ должны уметь оценивать характеристики информационно-технологических решений для сравнения и обоснованного выбора на основе объективных данных. Для этого предложено включить в практические занятия разработку программно-конфигурируемых вычислительных стендов на основе систем виртуализации. Стенды предназначены для проведения экспериментальных исследований с целью получения численных оценок параметров, характеризующих исследуемые технологии в различных условиях эксплуатации. Приведены примеры практических занятий.

Ключевые слова. Программно-конфигурируемые вычислительные стенды, практические занятия, виртуальные машины, экспериментальные оценки.

Учебный процесс в сфере информационных технологий подразумевает наличие практических работ, которые студент должен выполнить для приобретения опыта решения прикладных задач, навыков работы с вновь появляющимися технологиями и способами оценки их характеристик на основе экспериментальных исследований.

Для организации практических занятий применяются различные [1] технические средства. Как правило студентам предоставляется аудитория, оборудованная персональными рабочими станциями, на которых установлена одна или несколько операционных систем. Под некоторые задачи могут быть выделены сервера, но разграничение прав доступа требует значимых затрат времени, а также при конкурентном доступе есть ограничения по ресурсам оборудования. Кроме того, для некоторых задач может требоваться административный доступ [2], что не всегда возможно при использовании общего оборудования.

Практическое рассмотрение вопросов архитектуры и инфраструктуры информационных систем в учебном процессе может требовать запуска сразу нескольких взаимосвязанных сервисов. Запуск нескольких подсистем в едином пространстве может быть затруднителен. В условиях единого пула вычислительных ресурсов теряется наглядность при рассмотрении нефункциональных характеристик сервисов информационной системы. Поэтому такие дисциплины требуют наличия нескольких изолированных вычислительных узлов.

Предлагается использование программно-конфигурируемых вычислительных стендов на основе виртуальных машин (ВМ).

Программно-конфигурируемые стенды на ВМ могут подготавливаться с помощью базовых образов ВМ и программных конфигураций [3]. Каждый студент получает индивидуальное рабочее окружение, в котором может выполнять практические задания по исследованию современных информационных технологий.

Студенту может предоставляться заранее подготовленный программно-конфигурируемый вычислительный стенд из одной или нескольких ВМ, мо-

делирующих требуемые условия задачи. Это может быть исходная конфигурация, в которую учащимся необходимо внести изменения, стенд для проведения нагрузочных испытаний, содержащий модель информационной системы или отдельных информационно-технологических решений. В процессе сбора оценок параметров, характеризующих исследуемые технологии, и внесения изменений в предложенную конфигурацию, студент получает представление о нефункциональных характеристиках качества и особенностях конкретных информационно-технологических решений. Также приобретаются навыки, необходимые для разработки собственных программно-конфигурируемых вычислительных стендов на основе ВМ.

К информационно-технологическим решениям могут относиться системы управления базами данных (СУБД), языки программирования, протоколы передачи данных, программные библиотеки, архитектурные подходы, форматы данных. На основе оценок, полученных в ходе экспериментальных исследований, может осуществляться поиск и обоснованный выбор эффективного стека информационно-технологических решений [4, 5]. Также может определяться влияние обновления информационно-технологического решения на характеристики системы в целом, что важно при поддержке существующих систем.

Подход с развертыванием программно-конфигурируемых стендов на основе ВМ имеет ряд преимуществ:

- предоставление прав администратора студентам становится допустимым;
- становится возможным локальное развертывание группы ВМ, имитирующей работу системы в облачных ресурсах;
- некорректные действия со стороны учащихся могут привести к прекращению функционирования программно-конфигурируемого стенда, но не нарушат настройки рабочей станции и не повлияют на работу других студентов.

К ограничениям подхода может быть отнесено следующее:

- подготовка программно-конфигурируемого стенда на основе VM требует дополнительного времени педагога;
- развертывание стенда на рабочих станциях требует стабильного сетевого канала для загрузки образов VM и программного обеспечения;
- подготовка программно-конфигурируемого стенда занимает время как на разработку конфигураций, так и на установку программного обеспечения на VM при развертывании;
- программно-конфигурируемый стенд может предъявлять различные требования к аппаратному обеспечению рабочих станций в зависимости от количества VM.

Предложенный подход будет рассмотрен на примере двух стендов.

Для изучения вопросов производительности информационных систем был предложен стенд [6] на основе программных конфигураций. Параметры VM заданы с применением системы Vagrant, а необходимое программное обеспечение устанавливается с помощью Ansible. Архитектура программно-конфигурируемого стенда представлена на рисунке 1.

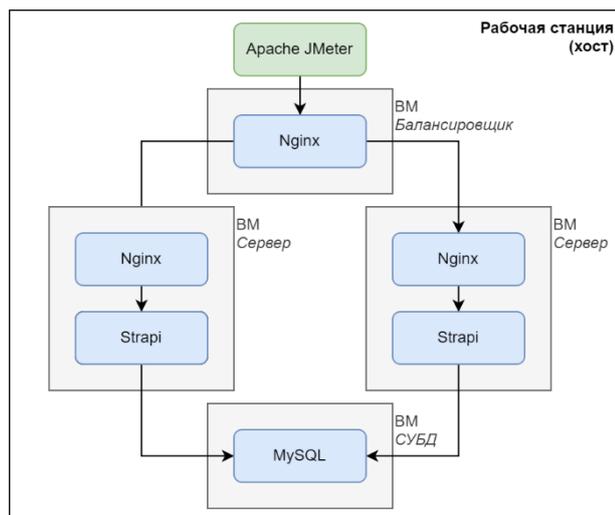


Рисунок 1 – Архитектура программно-конфигурируемого стенда с моделью информационной системы с балансировщиком

Студенты производят запуск VM с заданными характеристиками, приведенными в таблице 1. На каждой VM выполняется автоматическая установка и настройка соответствующего программного обеспечения. Так, например, для СУБД MySQL производится установка, настройка возможности доступа с других VM и установка пароля для основного пользователя.

Таблица 1 – Характеристики VM программно-конфигурируемого стенда с моделью информационной системы с балансировщиком

VM	Количество, шт.	ЦП, ядер	ОЗУ, ГБ
СУБД	1	1	1
Сервер	2	1	1,5
Балансировщик	1	1	0,5
Итого	4	4	4,5

В ходе практических занятий студенты выполня-

ют установку и конфигурирования серверного программного обеспечения (в рассмотренном примере – система Strapi). Также студенты настраивают систему мониторинга вычислительных ресурсов. После выполняются нагрузочные испытания с использованием и без использования балансировщика, а также с различным объемом данных. В процессе приобретаются практические навыки работы с Apache JMeter, администрирования веб-серверов, оценки производительности информационной системы.

Для использования рассмотренного стенда необходима рабочая станция, соответствующая минимальным требованиям: процессор, имеющий 6 виртуальных ядер (например, 3 ядра по 2 потока), 8 ГБ ОЗУ.

Экспериментальные стенды также могут быть адаптированы и перенесены в учебный процесс. В рамках исследований цифровых валют центральных банков (ЦВЦБ) [7] был разработан экспериментальный стенд программно-аппаратной модели ЦВЦБ с хранением истории транзакций (рисунок 2). ЦВЦБ представлена в форме счетов, а обработка запросов распределяется между несколькими узлами с помощью очереди сообщений. Хранение данных также распределено по нескольким узлам.

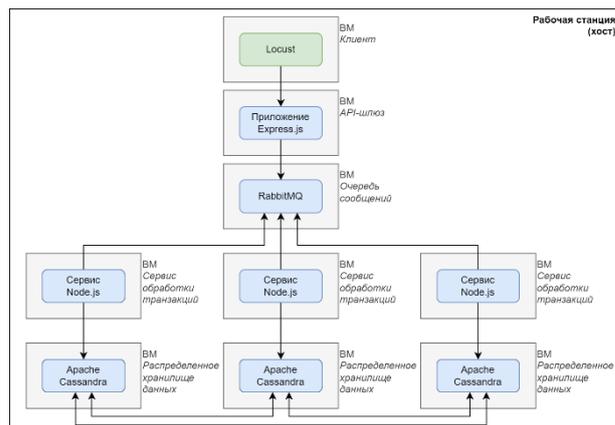


Рисунок 2 – Архитектура программно-конфигурируемого стенда с моделью ЦВЦБ

Стенд состоит из 9 VM, характеристики которых приведены в таблице 2. При необходимости количество узлов «Сервис обработки транзакций» и «Распределенное хранилище данных» может быть изменено с целью демонстрации масштабируемости части элементов системы.

Таблица 2 – Характеристики VM программно-конфигурируемого стенда с моделью ЦВЦБ

VM	Количество, шт.	ЦП, ядер	ОЗУ, ГБ
Клиент	1	4	2
API-шлюз	1	2	1
Очередь сообщений	1	2	1
Сервис обработки транзакций ЦВЦБ	3	1	1
Распределенное хранилище данных	3	1	2
Итого	9	14	13

В основе стенда применен целый ряд информационных технологий:



- NoSQL СУБД Apache Cassandra;
- фреймворк Express.js и платформа Node.js, широко применяемые при разработке серверного программного обеспечения;
- очередь сообщений RabbitMQ;
- система для проведения нагрузочного тестирования Locust.

На примере стенда студентам могут быть продемонстрированы принципы работы очередей сообщений и распределения нагрузки между несколькими сервисами, распределенное хранение данных с репликацией без ведущего узла и шардингом, особенности конкретных серверных технологий. Также на примере стенда студентами могут быть проведены нагрузочные испытания. Внося изменения в конфигурацию, студенты могут рассмотреть их влияние на производительность системы в целом.

Для стенда с моделью ЦВЦБ необходима более производительная рабочая станция, соответствующая следующим минимальным требованиям: процессор с 16 виртуальными ядрами (например, 8 ядер по 2 потока), 16 ГБ ОЗУ.

Многие стенды не требуют такого количества ВМ. Так, для формирования программно-конфигурируемого стенда для выполнения задач по программированию, может быть достаточно одной ВМ. Для изучения типовых условий работы веб-серверов с серверным приложением и единственным экземпляром СУБД также может быть достаточно программно-конфигурируемого стенда из одной или двух ВМ, в зависимости от задач.

При развертывании программно-конфигурируемых стендов на персональных устройствах учащихся иногда встречаются затруднения, связанные с особенностями индивидуальной конфигурации технических средств. Так, например, наличие запущенного гипервизора Hyper-V не позволяет осуществлять запуск программно-конфигурируемых стендов на основе VirtualBox. Однако, при наличии унифицированной технической базы возникновение таких проблем становится менее вероятным.

Программно-конфигурируемые стенды на основе ВМ, как и иные инструменты проведения практических занятий, могут привносить ограничения и формировать требования к техническому обеспечению.

Однако, их применение может расширить возможный перечень учебных заданий для студентов, предоставляя большую гибкость, чем предварительно настроенная рабочая станция или общий сервер. Становится возможным индивидуальное проведение экспериментальных исследований с целью получения численных оценок параметров, характеризующих исследуемые технологии в различных условиях эксплуатации. Развитием рассмотренного подхода может быть формирование локального хранилища программно-конфигурируемых стендов и образов ВМ, доступного из внутренней сети образовательной организации.

Литература

1. El Mhouth A., Erradi M. Harnessing cloud computing services for e-learning systems in higher education: impact and effects // In Research Anthology on Architectures, Frameworks, and Integration Strategies for Distributed and Cloud Computing. IGI Global. 2021. P. 1466-1480.
2. Лабутин Н.Г., Костин П.В. Применение виртуальных машин для изучения дисциплин направления «Информационная безопасность» // Информационные системы и технологии ИСТ–2020. 2020. С. 548–552.
3. Vykopal J., Čeleda P., Seda P., Švábenský V., Tovařík D. Scalable learning environments for teaching cybersecurity hands-on // In 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE. 2021. P. 1–9.
4. Nikulchev E., Ilin D., Gusev A. Technology stack selection model for software design of digital platforms // Mathematics. 2021. Vol. 9. No. 4. P. 308.
5. Nikulchev E., Ilin D., Gusev A. Software Design using Genetic Quality Components Search // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019. Vol. 10. No. 12. P. 48–54.
6. Ильин Д.Ю. Высокопроизводительные вычисления в информационных системах [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Ильин. – М.: РТУ МИРЭА, 2023.
7. Албычев А.С., Кудж С.А. Среда исследований операционно-вычислительной архитектуры информационного обеспечения цифровой валюты центрального банка // Russian Technological Journal. 2023. Т. 11. № 3. С. 7–16.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE-CONFIGURABLE COMPUTATIONAL SETUPS FOR STUDY OF CONTEMPORARY INFORMATION TECHNOLOGIES

D.Y. Ilin¹, E.V. Nikulchev¹, A.S. Albychev²

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia, i@dmitryilin.com;

² The Federal Treasury of the Ministry of Finance of the Russian Federation; MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

Abstract. IT professionals must be able to evaluate the characteristics of information technology solutions to compare them and make well founded choices based on objective data. For this purpose, it is proposed to include the development of software-configurable computational setups based on virtualization systems into practical classes. The setups serve for conducting experimental studies in order to obtain numerical estimates of the parameters characterizing the technologies under study under various operating conditions. Examples of the setups for practical classes are given.

Keywords. Software-configurable computational setups, practical classes, virtual machines, experimental evaluations.