

Опыт масштабирования портала электронного обучения Воронежского Государственного университета в период пандемии

М.П. Ряполов, email: rjapolov@vsu.ru

А.П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассмотрен опыт масштабирования ресурсов образовательного портала «Электронный университет ВГУ» в период пандемии для обеспечения возможности перевода образовательного процесса университета в дистанционный и смешанный форматы.*

***Ключевые слова:** электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, системы дистанционного обучения, информационно-образовательная среда вуза, LMS.*

Введение

В период пандемии все учебные заведения мира в той или иной степени столкнулись с необходимостью форсированного перехода на онлайн-обучение. Степень готовности к таким переменам у всех у них была очень разная, но можно говорить о двух ключевых проблемах — это платформа электронного обучения и цифровые компетенции преподавателей. Создание и использование электронных образовательных ресурсов имело место и задолго до этих событий. При этом, однако, как правило, электронные курсы использовались как дополнение к обычному учебному процессу. Необходимость с марта 2020 года массового перевода из-за пандемии всего учебного процесса в онлайн вызвал лавинообразный рост проблем, решение которых потребовало больших усилий для обеспечения бесперебойного функционирования образовательного процесса учебного заведения.

1. Состояние до начала марта 2020 года

К началу пандемии в ВГУ уже достаточно давно функционировал образовательный портал «Электронный университет ВГУ» [1] на базе популярной в мире LMS Moodle [2]. Количество посетителей портала колебалось около тысячи пользователей в день, количество просмотров сайта в среднем составляло около 30 000 в день. Портал в это время работал на одной виртуальной машине с 8 ядрами и 12Гб оперативной памяти. На этом единственном сервере работал веб-сервер nginx,

интерпретатор php, база данных mariadb и конвертор документов на основе LibreOffice. Дополнительно к серверу СДО был установлен сервер видеоконференций BigBlueButton [3]. Он был установлен в виртуальной машине с 4 процессорными ядрами и 8Гб оперативной памяти. Этих ресурсов с большим запасом хватало на функционирование портала в спокойном режиме работы преподавателей и студентов университета примерно с 500 электронных курсов, как правило, используемых как дополнение к обычному формату обучения.

В начале марта в дни объявления перехода на дистанционный формат обучения в виртуальную машину сервера портала сразу же было добавлено ещё 4 процессорных ядра, и 4Гб оперативной памяти. Ресурсы сервера видеоконференций BigBlueButton был так же расширены до 12 процессорных ядер и 16 Гб оперативной памяти.

Эти значения были выбраны по максимально возможным на то время ресурсам, которые можно было выделить в имеющемся университетском кластере виртуализации.

2. Работа в первом семестре

Начиная с середины марта, когда было объявлено о переходе на дистанционную работу со студентами, нагрузка на сервер портала начала быстро увеличиваться и в течении двух недель достигла отметки уже в 15 000 посетителей и 400 000 просмотров в сутки (см. рис. 1).

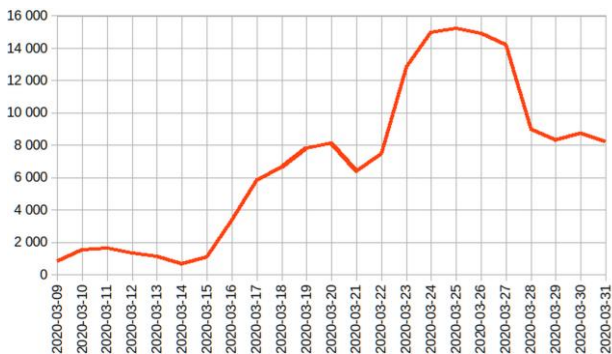


Рис. 1. Количество посетителей портала в первый месяц «пандемийных» мероприятий

Можно видеть, что объявление с 29 марта двух нерабочих недель, вызвало снижение количества обращений к portalу. При этом видно, что портал, тем не менее, продолжал достаточно активно использоваться. В основном в это время преподаватели

интенсифицировали подготовку материалов электронных курсов, а часть студентов продолжала обучение по уже имеющимся материалам.

Загрузка процессора и памяти продолжала быстро расти и начала переваливаться за 90%-ю отметку (рис. 2). В связи с этим СУБД портала была перенесена на отдельный виртуальный сервер с 12 ядрами и 32Гб оперативной памяти. При объёме базы данных около 50Гб процесс переноса на новый сервер занял около 2-х часов. Из-за практически непрерывного использования портала, работы пришлось проводить в ночь с субботы на воскресенье, чтобы избежать заметных простоев.

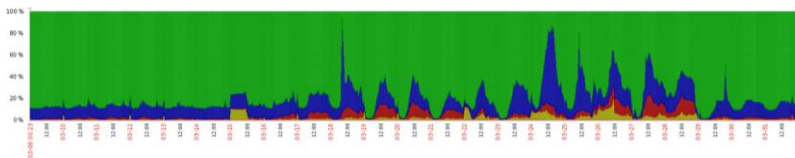


Рис. 2. Загрузка процессора по данным системы мониторинга (затраты на выполнение пользовательского кода – синим, время на работу ядра операционной системы – красным, ожидание операций ввода-вывода – жёлтым)

Для сервера видеоконференцсвязи провести масштабирование мощности в виртуальных машинах в тот момент уже было невозможно и временно он был перенесён на аппаратный сервер. Однако, несмотря на наличие у этого сервера 18 ядер и 128Гб оперативной памяти, этого оказалось недостаточно для обеспечения устойчивого проведения видеотрансляций всех, проводимых на тот момент занятий. Недостаток мощностей был явно выражен даже в тех условиях, когда использования портала и его встроенной системы видеоконференций BigBlueButton не было обязательным, а только рекомендованным. Поэтому многие преподаватели поэтому проводили занятия не в этой системе, а использовали сторонние сервисы для проведения видеоконференций (в основном Zoom и Skype).

В начале апреля увеличилось количество сбоев в работе портала, причиной которых стало то, что уже его конвертор документов стал не в состоянии обеспечивать обработку всех используемых преподавателями в своих курсах электронных заданий для преобразования в формат pdf для обеспечения возможности их прямого просмотра в браузере и предоставления преподавателям инструментов аннотирования ответов. Из-за своей архитектуры конвертор мог работать только в один поток, а этого оказалось крайне недостаточно для преобразования в формат pdf всех электронных документов, отправляемых студентами в качестве

ответов на задания и представлялись ими в виде сканированных (а чаще сфотографированных) рукописных страниц. Во-первых, это вызвало появление на портале большого количества объемных документов, которые система должна была преобразовывать в формат pdf. Во-вторых, это привело к быстрому росту места, занимаемого этими документами на устройстве хранения данных. За первый семестр объём занятого порталом пространства запоминающего устройства увеличился с 0,3 Тб до 1,3 Тб.

По этой причине функционал преобразования документов в pdf пришлось в портале отключить и посоветовать преподавателям либо скачивать присланные им документы для локального просмотра, либо требовать от студентов сразу предоставлять свои ответы уже преобразованными в формат pdf.

Постоянная нехватка доступной емкости устройства хранения данных приводила к необходимости, с целью увеличения доступного пространства, отключать часть менее критичных сервисов университетского комплекса и отправки в архивы виртуальных машин, использовавшихся до этого для тестирования и разработки других информационных систем вуза. Поэтому для кардинального решения этой проблемы в течении месяца все же была согласована закупка оборудования для расширения места, доступного для хранения данных.

В описанной выше конфигурации портал смог более-менее стабильно обеспечить работу преподавателей и студентов в течении первого семестра 2020-го года. Следует заметить, что кроме решения чисто технических проблем много усилий было потрачено на регистрацию в портале резко увеличившегося количества пользователей портала, восстановление паролей забывчивым пользователям (как студентам, так и преподавателям), на регистрацию вновь создаваемых курсов, а также на проведение в онлайн и офлайн режимах консультаций и обучения преподавателей по созданию электронных курсов и работе с ними. До сотни могло доходить количество ежедневно обрабатываемых запросов пользователей в техподдержку портала.

3. Обеспечение проведения государственной итоговой аттестации и вступительных испытаний

При подготовке к проведению выпускных и вступительных экзаменов проявился вопрос о реализации контроля действий студентов в процессе дистанционного проведения этих экзаменов. Идея использования существующих систем прокторинга на данном этапе была отвергнута. Во-первых, даже до пандемии для всех известных таких систем существовали опасения, что они не смогут выдержать планируемой нагрузки. Во-вторых, их внедрение в университете

потребовало бы существенного изменения формата экзаменов, что было нереально реализовать за остававшееся до экзаменов время. В-третьих, кроме этого нужно было также обеспечить проведение защит выпускных квалификационных работ в устной форме, что требует функционала, отличного от прокторинга.

На этот момент в университете было принято решение по переводу системы видеоконференцсвязи BigBlueButton с односерверной конфигурации на кластер серверов. Использование Scalelite (Scalable load balancer for BigBlueButton) [4] позволяло провести практически линейное масштабирование количества проводимых видеоконференций. Хотя Scalelite давал возможность построения системы для проведения нужного видеоконференций, однако, на тот момент в университете уже не было достаточных технических ресурсов для выделения необходимого количества серверных узлов и хранения записей.

Решением этой проблемы стала аренда университетом требуемой мощности в ЦОД ПАО «Мегафон». При миграции с локального университетского сервера в ЦОД провайдера были перенесены все старые записи конференций, накопленные к маю 2020 года. При этом, первые тесты на консультациях к экзаменам выявили, что первоначально арендованные 5 серверов не справлялись с нагрузкой. Поэтому практически сразу же их количество было увеличено до 7. Каждый узел имел 8 процессорных ядер и 16Гб оперативной памяти.

В период проведения экзаменов основная нагрузка легла именно на кластер системы видеоконференций, и он с этой задачей успешно справился. Одновременно каждый день проводилось до 50 конференций при количестве участников более 400. Большая часть конференций проходила с одновременным общением всех участников в режиме не только со звуком, но и с видео, что вызывало повышенную нагрузку на серверы. Хотя ситуацию немного упрощало то, что, как правило, более 20 участников с видео в одной конференции не использовалось, так как все их изображения уже просто не помещались на экране. Объем записей мероприятий, накопленный за время проведения выпускных и вступительных экзаменов, составил порядка 350 Гб.

Из-за сдвига приёмной кампании на месяц, она закончилась не в начале августа, как это бывало ранее, а уже 29 августа. Такая ситуация, к сожалению, не позволила в полном объеме провести все необходимые работы по обслуживанию и подготовке портала к новому учебному году. Единственное, что получилось сделать — это планоно обновить версию системы Moodle портала. Одна из основных причин обновления — это изменения в интерфейсе новой версии, которые упростили навигацию по большому количеству курсов.

4. Осенний семестр

В начале нового учебного года в сентябре все учебные заведения России вышли на режим очного обучения, но с соблюдением определенных ограничительных мер. На условиях проведения занятий серьезно сказался только запрет сбора в одном месте более 50 человек, что сделало невозможным проведение очных лекций по большинству дисциплин. Поэтому с начала семестра портал использовался главным образом только для проведения в онлайн режиме поточных лекций. Нагрузка на портал и кластер видеоконференций была сравнительно не велика, но стала расти к концу сентября из-за ухода части студенческих групп на карантин и, поэтому, в дистанционный режим занятий.

В октябре для обеспечения контроля за проведением занятий в университете использование портала для работы со студентами и проведения занятий в формате видеоконференцсвязи стало обязательным. Однако, до очередного общего перехода на дистанционный формат обучения в конце ноября нагрузка на портал росла незначительно (рис. 3).

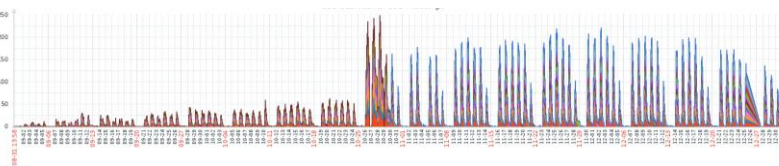


Рис. 3. Количество одновременных ВКС с сентября по декабрь

После перевода всех занятий на дистанционный формат обучения произошёл резкий скачок в нагрузке кластера видеоконференцсвязи, который виден в центре графика (рис. 3). Причем, он связан не только с ростом количества занятий, проводимых в форме конференций, но и с возникшими перебоями в работе арендованных серверов видеоконференцсвязи и некорректными данными, которые они отправляли на сервер мониторинга. При более, чем 80% нагрузке на серверы кластера у некоторых участников конференций начинались проблемы со связью. Из-за этого они пытались переподключиться повторно, что вызывало некорректность показаний. Нехватка ресурсов была оперативно скомпенсирована арендой дополнительных вычислительных мощностей в ЦОД ПАО «Мегафон». Количество серверов было увеличено до 14, что позволило продолжить проведение занятия. Кроме увеличения вычислительных мощностей так же потребовалось расширение дискового пространства для хранения записей лекций, которые стали накапливаться со скоростью 250Гб в

неделю. Практически до конца декабря нагрузка держалась на уровне одновременно проводимых 200 мероприятий и 2500 участников.

В то же время на сервере портала продолжился рост занимаемого информацией места, хотя и в меньшей степени по сравнению с весенним семестром. Это косвенно свидетельствовало о более эффективном использовании портала преподавателями, которые, по видимому, стали находить способы работы со студентами, не требующие отправки сканов или фотографий их работ.

К сожалению, это обстоятельство не сильно упрощало ситуацию, так как заказанное еще весной оборудование до этих пор еще не было поставлено в ВГУ из-за нарушения цепочек поставок ограничительными мерами из-за пандемии по всему миру. В очередной раз пришлось останавливать работу ряда сервисов, имеющих менее высокий приоритет, но ситуация вплотную приближалась к порогу, когда имеющийся свободный объем памяти системы хранения оказывался исчерпанным.

Когда, в конце концов, закупленная еще весной система хранения данных была доставлена в университет, это решило проблему размещения данных в портале и позволило вернуть массивы записей видеоконференций на ресурсы в ВГУ и, тем самым, сократить затраты на аренду мощностей коммерческого ЦОД.

Проблема нехватки вычислительных ресурсов для серверов конференцсвязи и места для хранения данных портал была не единственной. Дело в том, что, при разумной средней дневной загрузке обоих серверов портала в 20-30%, в момент начала учебных пар, когда студенты синхронно массово подключались к видеоконференциям, из-за чего загрузка серверов в течении 10-15 кратно увеличивалась и превышала 90%, и, как следствие, у многих пользователей начинались проблемы с доступностью портала.

Это потребовало распределить портал на 8 серверов: 4 сервера для выполнения динамических скриптов и 4 для сервера СУБД. Серверы СУБД были объединены в кластер с синхронной репликацией мастер-мастер. При этом 6 серверов из этой группы обслуживали запросы клиентов, а 2 сервера используются для выполнения регулярных заданий и в качестве резерва. Этот подход позволил практически линейно масштабировать производительность портала и даже в моменты массового подключения к занятиям загрузка каждого отдельного сервера уже не превышала 60%.

Заключение

В представленной работе рассмотрен процесс масштабирования портала «Электронный университет ВГУ» в течении прошедшего года

при решении задачи адаптации университета к требованиям перевода его учебного процесса в дистанционный формат. За это время количество электронных курсов в портале увеличилось с 500 до 9000, а количество активных пользователей портала выросло с 1500 в день до 24 000. Для нормальной работы портала его ресурсы были масштабированы примерно в 10 раз, а системы видеоконференцсвязи в 30 раз. Все это потребовало больших усилий для обеспечения удовлетворительного непрерывного функционирования портала.

В текущем состоянии образовательный портал университета позволяет решить свою основную задачу – быть информационно-коммуникационной средой для реализации большинства составляющих образовательного процесса в дистанционном или смешанном формате.

Из полученного опыта можно сделать следующие выводы:

1. Для образовательного портала большого вуза является невозможным обеспечить необходимую производительность только вертикальным масштабированием. Масштабирование требует распределения нагрузки портала на несколько серверов.
2. Без наличия реального опыта масштабного использования смешанного и дистанционного обучения в вузе предугадать заранее требуемые для этого ресурсы оказывается невозможным.
3. Для решения задачи можно использовать исключительно бесплатные проекты с открытым исходным кодом. Хотя они требуют более высокой квалификации для внедрения и обслуживания, и не всегда могут обеспечиваться коммерческой поддержкой, их внедрение оказывается гораздо более быстрым.
4. Бесперебойную работу комплекса невозможно обеспечить без наличия системы мониторинга. Оперативная информация об изменении нагрузки позволяет вносить нужные коррективы в инфраструктуру гораздо раньше, чем на неполадки в работе системы обратят внимание пользователи.
5. Многие, остро проявившие себя проблемы, накапливались и были ожидаемы еще до наступления форс-мажорных обстоятельств прошедшего года. Например, проблема острого дефицита объема имеющейся системы хранения данных. А при наступлении критических обстоятельств оперативное решение этих проблем оказывается практически невозможным из-за больших реальных сроков закупочных процедур.
6. Гибкость, присущая решению проблем путем аренды вычислительных мощностей в коммерческих ЦОД, в большой степени также нивелируются сложностью оперативного

заключения договоров и оплаты в рамках госзакупок. Тем не менее, этот путь является вполне действенным и опробованным в университете. При всех его недостатках, он позволяет гораздо быстрее получить доступ к ресурсам по сравнению с закупками оборудования.

Описанные в данной работе проблемы и полученный при их решении опыт и результаты свидетельствуют о том, что является вполне достижимым создание в крупном вузе технических возможностей перевода всего учебного процесса вуза в дистанционный формат. Все такого рода проблемы в том или ином виде уже реализовывались на высоконагруженных сайтах и для реализации требовали только наличия ресурсов и работы технических специалистов.

При этом, однако, если иметь в виду главную задачу учебного заведения, а именно, реализацию качественного образовательного процесса, то приходится констатировать, что, даже при идеальном решении всех технических проблем, во всей своей остроте проявляются проблемы более принципиальные и сложные. Это отсутствие у большинства преподавателей, вольно или не вольно вовлеченных в рассматриваемые процессы, цифровых и e-learning-компетенций, достаточных для полноценной реализации качественного, а не «имитационного», образовательного процесса в электронной среде. Это отсутствие эффективной системы нормирования и стимулирования труда преподавателей при реализации обучения в дистанционном или смешанном формате. Это отсутствие реальной поддержки дистанционных образовательных технологий со стороны педагогической науки. И, наконец, мотивационные, организационные и технические проблемы эффективного включения в дистанционную учебу самих студентов.

Литература

1. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://edu.vsu.ru/>.
2. Moodle — open source learning platform [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://moodle.org/>.
3. BigBlueButon — opensource web conferencing [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://bigbluebutton.org/>.
4. Scalable load balancer for BigBlueButton. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://github.com/blindsidenetworks/scalelite>.