

## Использование технологии виртуальных машин для сопровождения учебного процесса в технических дисциплинах вузов

# 02, февраль 2015

Большаков С. А.<sup>1,\*</sup>, Семкин П. С.<sup>1</sup>

УДК: 004.423

<sup>1</sup>Россия, МГТУ им. Баумана

[\\*bolshakov@bmstu.ru](mailto:bolshakov@bmstu.ru)

### Введение

Образовательный процесс в вузе, в настоящее время, для многих технических дисциплин немислим без многостороннего использования вычислительной техники, основной парк которой составляют высокопроизводительные компьютеры и многофункциональное программное обеспечение. В дисплейных задачах университета, лабораториях кафедр устанавливается техника и программные продукты, которые с одной стороны должны соответствовать методическим задачам, преподаваемым дисциплинам, и с другой стороны удовлетворять уровню развития современной техники. “Жесткие” законы коммерческой выгоды и рынка способствуют “бешеным” темпам сменяемости (замене на более новое) техники и программных продуктов в технической базе вузовского образования. Довольно сильная зависимость методик и содержания дисциплин от уровня техники и программ приводит к проблемам слабой стабильности и обработанности курсов, преподаваемых в технических вузах (на наш взгляд хороший курс должен отрабатываться не менее 3-х лет). Дисциплины, связанные с программированием, изучением теоретических и практических курсов основанных на программных пакетах, изучением операционных систем, технологий сопровождения ПО и администрирования сложных систем, существенно зависят от конкретной платформы техники и программ[3,4].

С одной стороны, существует желание устанавливать последние разработки техники и программ, которые, заметим попутно, заметно дорожают. С другой стороны, страдает методическая сторона дела, которая включает следующее самое важное: постановку и изменчивость целей лабораторного практикума, закрытость внутреннего содержания современных систем, получение поверхностных представлений из-за сложности объекта изуче-

ния, а также необходимость обобщения технологических решений для формулировки теоретических основ курсов, которые пока еще не сложились в цельную картину. Конечно, это относится в первую очередь к техническим дисциплинам специальностей, которые связаны с информационными технологиями. С перечисленными проблемами мы постоянно сталкиваемся при совершенствовании программ дисциплин кафедры. Можно привести целый ряд дисциплин из нашего учебного плана, которые попадают в такую неприятную ситуацию: “Операционные системы”, “Системное программирование”, “Основы программирования”, “Эксплуатация СОИУ”, “Объектно ориентированное программирование”, “Базы данных” и многие другие.

Значительная трудоемкость установки программных компонент (операционных систем - ОС, сложных пакетов прикладных программ - ППП) уменьшает степень готовности лабораторно – практического обеспечения к конкретному занятию и в целом к учебному процессу. В некоторых случаях прикладные пакеты вообще не могут быть изменены или удалены без полной переустановки ОС, изменение которых также достаточно трудоемко при условии сохранения всех установленных прикладных пакетов, по которым проводится обучение. Нужно также учитывать, что при обновлении технического обеспечения зачастую приходится и обновлять версии программ, так как “дальновидные” их производители давно, скажем прямо, “договорились” между собой, преследуя, несомненно, собственную выгоду.

Кроме того, дисплейные залы кафедр и университета часто используются для преподавания разных дисциплин, разных специальностей, требования которых к развернутому программному обеспечению могут входить в противоречие и быть несовместимы. Все это усложняет работу сопровождающего персонала и всех участников учебного процесса.

Таким образом, эффективность всего учебного процесса во многом зависит от соответствия программно – технической среды задачам, поставленным, постоянно совершенствующимся учебным планом, конкретной дисциплиной и конкретным преподавателем.

## **Проблемы использования ТО и ПО в дисциплинах университета**

Подводя итоги изложенным выше соображениям, а также, обращая внимание на дополнительные особенности в техническом и организационном аспекте, кратко перечислим основные проблемы использования информационных технологий в технических вузах:

- Необходимость использования на компьютерах операционных систем разного типа, что обуславливается требованиями различных дисциплин и различных специальностей.
- Необходимость установки на компьютерах дисплейных залов разных версий и разновидностей программного обеспечения, которые могут конфликтовать друг с другом. Например, СУБД разных версий или систем для разработки программ.
- Нужно учесть, что дисплейные классы могут совместно использоваться (быть в общем пользовании) разными потоками студентов, разными факультетами и ка-

федрами, которые, в свою очередь могут предъявлять несовместимые требования к ПО компьютера.

- Кроме того, для различных специализаций и дисциплин возможны конфликты в требованиях к ПО и ТО в дисплейных залах.
- Для каждой дисциплины характерно выполнения циклов заданий и лабораторных работ, в том числе и групп одной и той же специальности, что приводит к необходимости изоляции, полученных результатов студентами для защиты работ в период, заданный методикой преподавания.
- В ряде дисциплин, в частности связанных с изучением настройки операционной системы и других системных параметров, возможны необратимые изменения работоспособности программного обеспечения компьютера, что может его потребовать полной переустановки [5].
- Ряд программных продуктов, приобретенных на ограниченное время использования, естественно теряют свою работоспособность, что приводит в необходимости его переустановки. Это может относиться также и к операционной системе в целом.
- В ряде случаев программные продукты не могут развертываться и функционировать на компьютерах с разрядностью выше, чем предусмотрено его возможностями. Например, на 64-х разрядных не могут работать 32-х и 16-ти разрядные приложения.
- Значительная трудоемкость восстановления и сопровождения лабораторной среды компьютера при сбоях, неправильного использования и нехватки ресурсов. Нужно учитывать также то, что некоторые программные продукты вообще невозможно удалить или переустановить.

### **Варианты решения проблем сопровождения ПО в вузе**

Список проблем можно продолжить и дальше, но остановимся на этом, так как главным является то, какими способами можно избавиться от этих проблем или минимизировать их воздействие.

Можно рассмотреть следующие варианты действий и технологии сопровождения для решения перечисленных выше проблем. Перечислим их:

- Создание зеркальных копий жестких дисков, их сохранение и восстановление с них конфигураций ПО и основных настроек. Несомненно, что такая технология обладает большой трудоемкостью.
- Снабжение студентов индивидуальными компьютерами с установленным ПО для различных дисциплин. Такой вариант имеет высокую стоимость, хотя некоторые студенты могут воспользоваться собственными компьютерами, поэтому он полностью не исключается. В этом случае, однако, трудно добиться инвариантного предустановленного ПО на таких компьютерах.

- После завершения цикла занятий (обычно это семестр или учебный год) выполнить полную переустановку ОС и ПО для занятий. Такой вариант трудоемок и имеет высокую стоимость при необходимости приобретения нового программного обеспечения.
- Использование технологии виртуальных машин на отдельных компьютерах, обеспечивающей переустановку ПО и недорогое его сопровождение в дисплейных классах. Последний вариант, на наш взгляд, является менее затратным с точки зрения трудоемкости и стоимости сопровождения ПО.

С нашей точки зрения наиболее перспективным и возможным решением перечисленных выше проблем является применение программных средств эмуляции среды – использование виртуальных машин (ВМ) на каждом компьютере. Такая технология позволяет значительно расширить возможности применения отдельного компьютера (и дисплейных залов) для учебного процесса: диапазон устанавливаемых пакетов и версий становится практически неограниченным. Познакомимся далее подробнее с основными понятиями и возможностями технологии виртуальных машин.

### **Понятие виртуальной машины**

Виртуальная машина (ВМ, англ. VM - virtual machine) — это программная и/или аппаратная система, эмулирующая аппаратное и программное обеспечение некоторой платформы (target — целевая ОС, или гостевая платформа ОС) и исполняющая программы для target-платформы на host-платформе ( host — хост-платформа, платформа-хозяин) [1,5,6].

Предполагается, что ВМ обеспечивает функционирование программных комплексов в полном объеме в технической среде, отличной от базовой конфигурации, причем это выполнение отличается только ограничением на допустимые объемы ресурсов: оперативной памяти, ресурса процессорного времени, дискового пространства и разделяемых устройств ввода/вывода.

Для поддержки функционирования ВМ в среде хост-платформы запускается специальный программный комплекс, поддерживающий функционирование виртуальных машин. Это специальный эмулятор ВМ.

### **Понятие эмулятора ВМ**

Эмулятор ВМ - это программный комплекс, встраивающийся в базовую операционную систему и поддерживающий полномасштабную работу ВМ[7,8,9]. Эмулятор ВМ с одной стороны работает как обычная программа, а с другой стороны агрегированный в сеть поддерживает функционирование конкретных типов ОС на ВМ как отдельный компьютер в сети. Исторически сложилось так, что существовал и отдельный класс операционных систем, которые поддерживали функции эмуляторов ВМ. Среди наиболее известных эмуляторов, распространенных в настоящее время можно выделить следующие программные пакеты:

- VirtualBox (Oracle) [3,6],
- VMware Workstation [1],
- Virtual PC (Microsoft) [9].

Терминологически вместо термина виртуальная машина часто используется термин гостевая ОС, при использовании которого подчеркивается, что основным в ВМ является все-таки операционная система и ее возможности. Каждая виртуальная машина запускается в отдельном окне. Число ВМ, запущенных одновременно, ограничивается только тем достаточно ли в данный момент свободных ресурсов для ее запуска. Перед запуском ВМ должна быть создана в среде эмулятора. Для этого существуют разные возможности, в частности инсталляция полнофункциональной ОС с дистрибутива.

## Работа с эмулятором VM Oracle VirtualBox 4.2

Для примера приведем внешний вид оболочки эмулятора в режиме выбора из списка запускаемых виртуальных машин. Отметим, что одновременно, при наличии ресурсов (ОП, HDD и мощности центрального процессора) может быть загружено несколько ВМ. Рассмотрим возможности эмулятора VM - Oracle VirtualBox. И далее для характерных примеров мы будем использовать этот программный продукт в качестве эмулятора ВМ, который находится в бесплатном доступе. Сам он разворачивается достаточно просто [3], а его использование не вызывает затруднений у большинства пользователей. Ниже показано основное окно эмулятора VM - Oracle VirtualBox. Оно условно разделено на две части: слева – список развернутых в данный момент ВМ в эмуляторе, а справа – основные характеристики данной ВМ, текущей выделенной в списке (Названии, размер доступной ОП, доступные носители, параметры загрузки и т.д.).

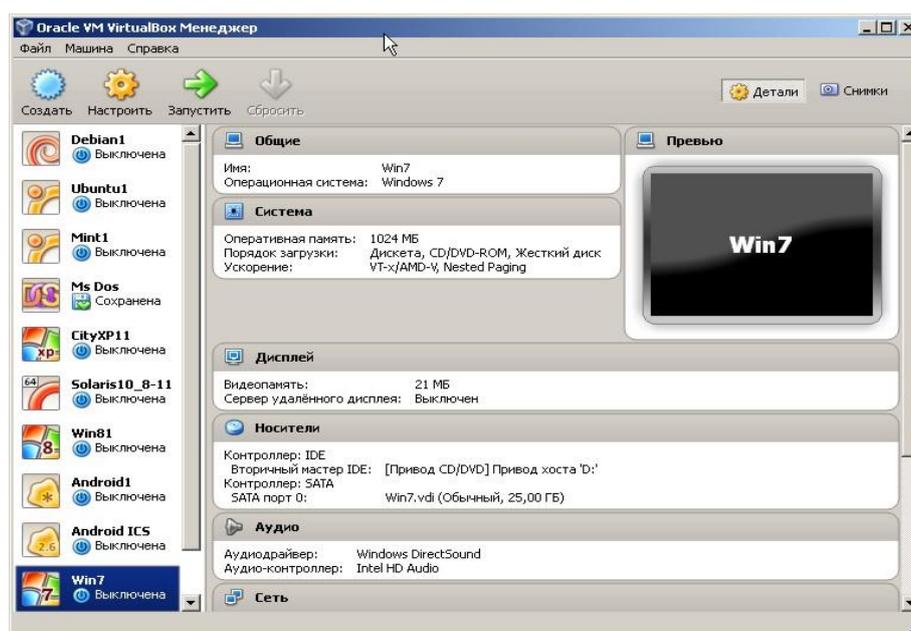


Рисунок. 1 Oracle VirtualBox в режиме выбора гостевой ОС

В списке установленных гостевых ОС можно увидеть на рисунке: три ОС класса Linux (Debian, Ubuntu, Mint), класса Windows ( Windows XP, Windows 7? Windows 8 и даже MS DOS), класса Unix (Solaris 10) и мобильных ОС (Android 1 и Android ISC).

После выбора VM в списке и нажатии кнопки запустить, VM открывается в отдельном окне, причем она работает в этом окне VM полнофункционально: при правильных настройках доступны и внешние связи, например Интернет. Если в виртуальной машине запущена СУБД, то с ней, при корректных настройках возможно взаимодействие из главной машины (Host) и из любой другой гостевой ОС (VM).

Пример включенной гостевой виртуальной машины с ОС Win7 под эмулятором VM, работающим с ОС Windows XP, приведен на следующем рисунке 2. В гостевой VM для примера запущен, в свою очередь, эмулятор командной строки (cmd.exe), в котором, в свою очередь, работает отладчик Turbo Debugger (TD.EXE), в режиме отладки программы на Языке Ассемблер.

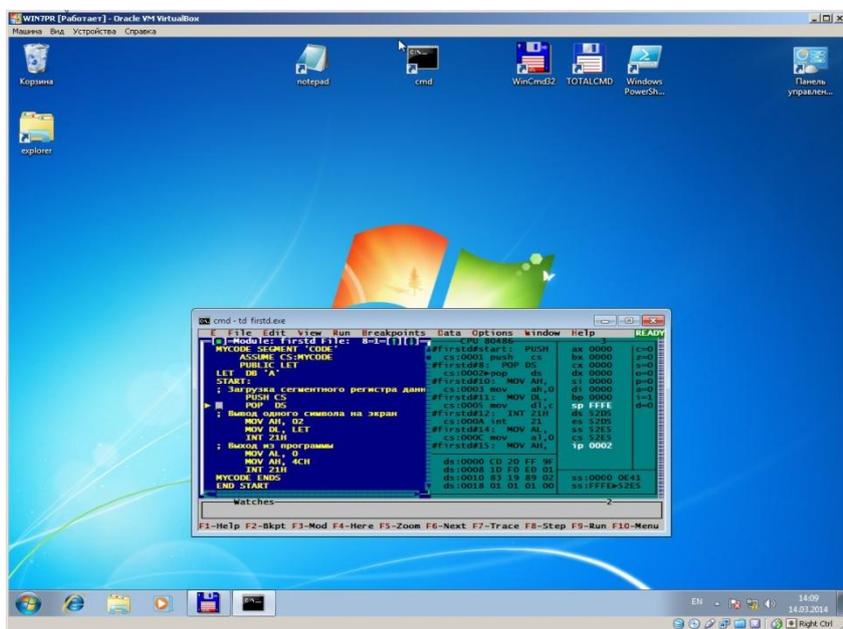


Рисунок. 2 VM для ОС Windows 7 в активном режиме.

Для того, чтобы список гостевых ОС в эмуляторе не был пуст набор VM нужно установить. Для этого существуют разные способы. Рассмотрим их.

## Способы создания виртуальной машины

Создание новой VM в среде эмулятора VM может быть выполнено следующими способами:

- Способ полной инсталляции операционной системы в среде эмулятора VM с установочных дисков (\*.iso или установочные CD/DVD операционной системы).

- Восстановление виртуальной машины на основе выгруженной операционной системы (импорт/экспорт конфигураций), развернутой на другом компьютере (\*.ova или Open Virtualization Format - \*.ovf).
- Развертывание сохраненной виртуальной машины, созданной на другом компьютере с использованием уже созданного виртуального диска (Virtual Disk Image - \*.vdi)
- Копирование (даже клонирование) виртуальной машины в специальном формате со всеми настройками (Virtual Machine Disk \*.vdmk) и восстановление ее в другом эмуляторе ВМ этого же типа.

Для создания новой ВМ в меню “Машина” выбирается пункт “Создать” (см. рисунок ниже).

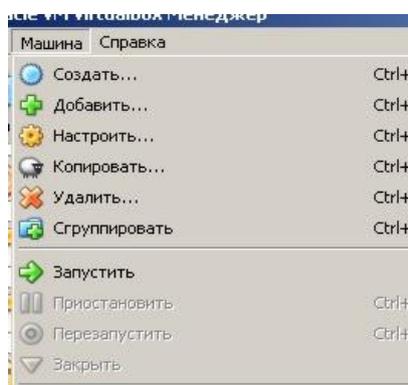


Рисунок. 3 Меню создания ВМ.

При выборе пунктов меню “Создать” или “Добавить”, выполняется мастер создания и первоначальной настройки ВМ. Помимо задания имени ВМ первоначально выполняются различные настройки гостевой ОС: типа и версии ОС, максимальные характеристики ресурсов ВМ (размер ОП, доля времени ЦПУ, размер дискового пространства и т.д.), допустимые носители информации, общие ресурсы сетевые настройки, внешние носители (CD, USB, COM порты и др.), а также виртуальный диск (\*.vdi) или образ виртуального носителя для инсталляции (\*.iso). Подробно процесс создания ВМ описан в литературе [2] и справочной системе пакета [4,5].

Помимо создания можно выполнить дополнительную настройку ВМ (пункт меню “Настроить”), копирование сохраненной ВМ (пункт меню “Копировать”) или удалить (пункт меню “Удалить”). Кроме этого из этого меню можно запустить ВМ, приостановить или перезагрузить, а также закрыть ВМ. Данные действия доступны также в окне самой ВМ.

## Настройка виртуальной машины

После создания VM и ее инсталляции необходимо можно также сделать дополнительные настройки для интеграции в среду хост – машины (в нашем случае Windows XP). К примеру, одно из окон мастера создания и настройки VM выглядит так:

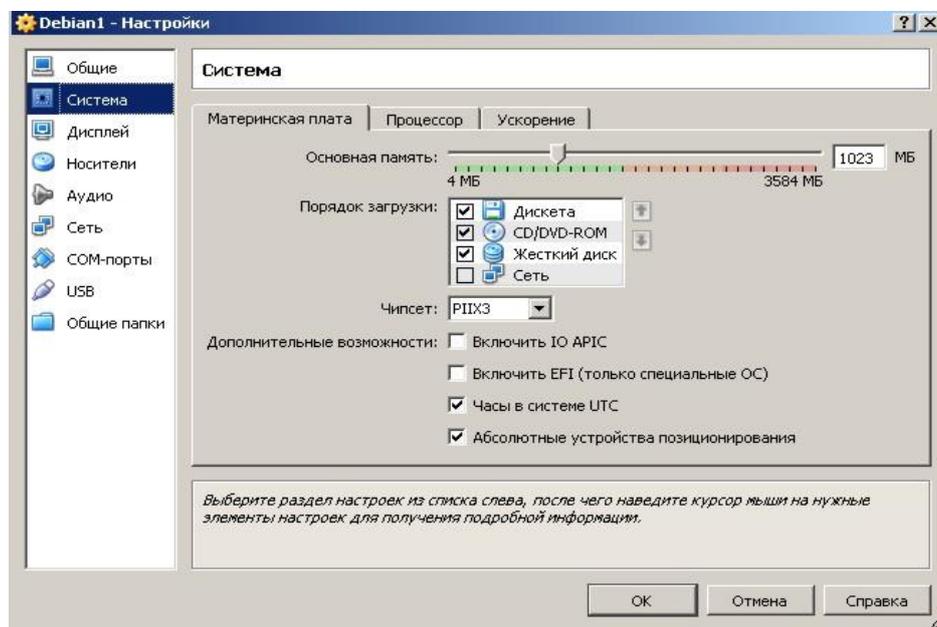


Рисунок. 3 Системные настройки VM.

В данном окне выполняются системные настройки: настройка доступной оперативной памяти, процессорного времени и числа и функционирование ускорителей. В левой части окна настроек можно вызвать и другие закладки настроек: видеопамати, доступных внешних носителей и режимов кэширования, доступность звуковой карты, сетевые настройки, доступные COM-порты, USB – устройства и общедоступные папки на главном компьютере. Настройка внешних связей VM будет рассмотрена ниже.

## Технология использования VM

После создания, настройки и инсталляции ОС в VM ее нужно запустить. Для этого нужная VM выбирается в списке и выполняется пункт – “Запустить” в меню “Машина”. В этом случае для каждой отдельной VM запускается дополнительное окно, в котором будет работать данная VM. Пример такого окна для Windows 7 был показан выше на рисунке 2. Не исключено, что одновременно, при достаточном количестве ресурсов, может быть запущено несколько VM, причем каждое запускается и функционирует в собственном окне практически независимо, если не считать, что общие ресурсы распределяются между ними.

Ниже показан скриншот (рисунок 4) с несколькими ВМ, в котором кроме эмулятора ВМ (Oracle VM Virtualbox) работают три ВМ (для разных ОС): MS DOS с Windows 3.1, Linux Mint 15 и Unix Solaris 10.

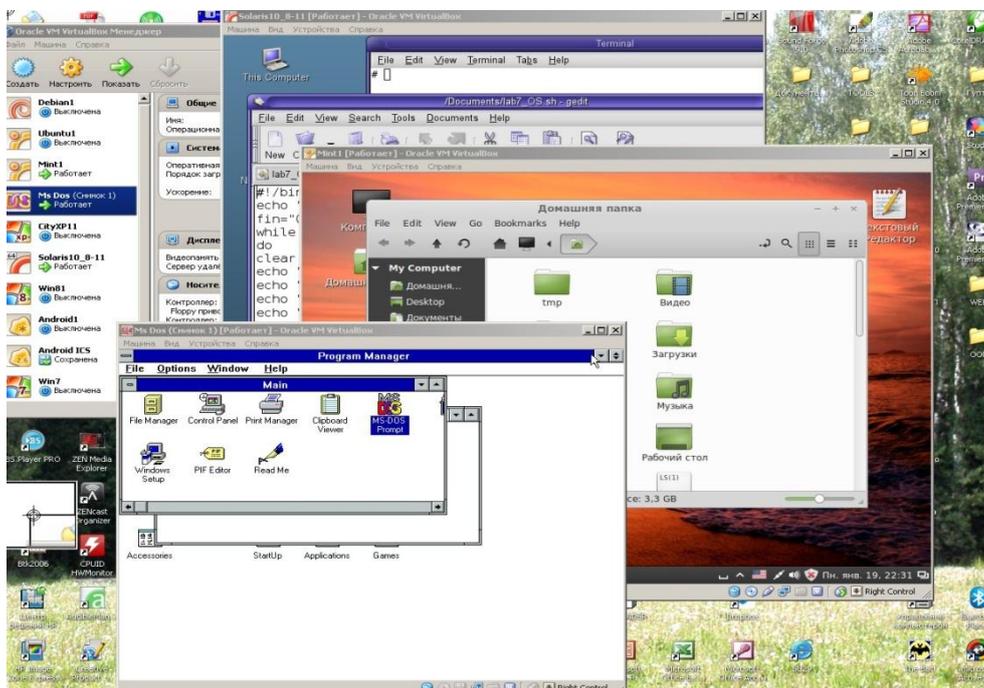


Рисунок. 4 Загружено одновременно три ВМ на хосте с ОС XP

Для управления конкретной ВМ в таком окне представлено собственное подменю, вызываемое из пункта главного меню “**Машина**” (рисунок 5). В этом подменю можно выполнить: допустимые настройки, сделать копию настроек и среды, сделать снимок экрана и посмотреть актуальные настройки сессии.

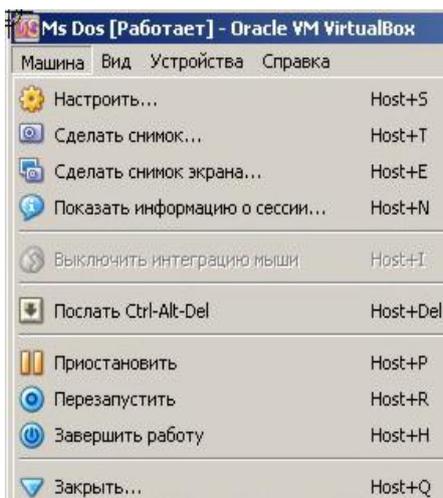


Рисунок. 5 Меню управления ВМ...

Кроме этого можно приостановить, перезапустить или завершить работу ВМ (нижняя часть меню) или закрыть окно ВМ. Для некоторых ОС можно послать ей известную комбинацию клавиш ( Ctrl+Alt+Del). Некоторые другие установки и настройки выполняются в пунктах главного меню: “Вид ” и “Устройства”.

После запуска выбранной виртуальной машины, в ней можно полноценно работать. На рисунке 6 показано окно ВМ с ОС Windows 8 в режиме “Пуск” после начального запуска.

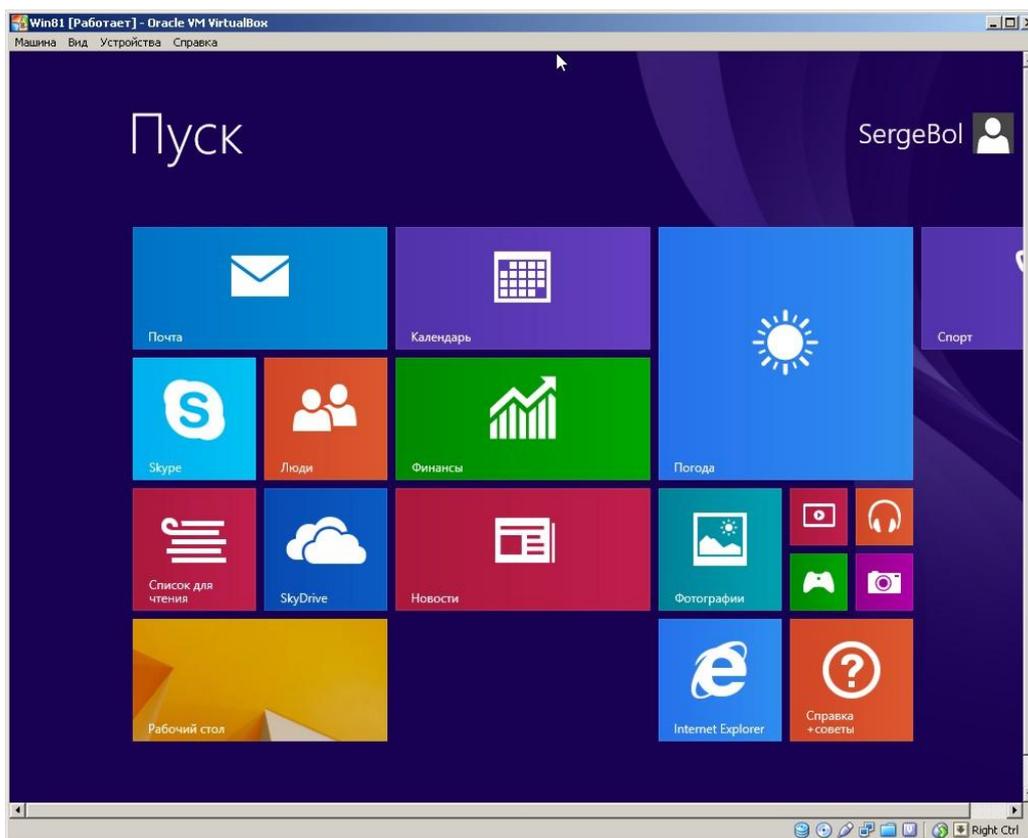


Рисунок. 6 Окно ВМ для ОС Windows 8

## Варианты применения ВМ в учебном процессе

Соображения, рассмотренные выше, позволяют сделать выводы о том, как и для чего можно успешно использовать технологии виртуальных машин в учебном процессе. Постараемся здесь кратко суммировать эти соображения. Итак:

- ВМ могут с успехом использоваться в том случае, если для поддержки учебного процесса необходимо применить программные продукты, которые невозможно развернуть или корректно использовать на существующих и установленных в дисплейных классах конфигурациях ОС.
- Применение этого также возможно и в тех случаях, когда желательно показать работу программных продуктов в рамках разделов курсов, где важно продемонстри-

- ровать историю развития информационных технологий или причины зарождения новых подходов и принципов. В частности на 64-х разрядных компьютерах можно эмулировать ВМ пониженной разрядности, например 32-х и даже 16-ти разрядных.
- ВМ могут найти эффективное применение при изучении многомашинных конфигураций технологий, реализованных в рамках одной главной машины. Например, возможно использование СУБД на отдельной гостевой ОС (хост), а работа с ними с других гостевых ОС (рабочие станции).
  - В ряде курсов (Например, “Операционные системы”, “Системное программное обеспечение”) необходимо выполнять сложные настройки ОС и другого ПО конфигурации компьютеров, при этом действия студентов могут привести к неисправимым ошибкам и сложностям восстановления программно-технической среды.
  - Изучение других конфигураций ОС, отличных от установленных в дисплейных залах операционных системах, например на базе Windows изучается Unix или Linux. Или изучение ОС в режиме эмуляции.
  - В частности становятся возможными изменения в реестрах ОС, разметка и дефрагментация и форматирование жестких дисков, работа с группами пользователей и правами доступа.
  - Желательно также разделить работу отдельных студентов, групп, потоков от взаимного влияния друг на друга, предполагая, что работы могут быть выполнены по циклам лабораторных или курсовых работ, и требует сохранения полученных результатов в более длительный период (даже весь семестр).
  - Студенты могут скопировать ВМ на переносной носитель и развернуть в домашних условиях на другом компьютере. В этом случае можно будет легче проверить домашнюю работу студента. В частности, копирование ВМ, можно использовать для сдачи курсовых и дипломных работ студентами, когда часть работы выполняется самостоятельно в домашних условиях, или в условиях вне учебных дисплейных залов.

Данный перечень можно продолжить. Кроме того, считаем, что после знакомства с материалами статьи, несомненно, появятся новые соображения применения ВМ в учебном процессе. Ниже проиллюстрируем сказанное некоторыми наглядными примерами.

Ниже на рисунке 7 показана виртуальная машина с ОС MS DOS, работающая совместно с первой профессионально работоспособной версией Windows 3.1. Длительный период, на этой конфигурации работали и развивались различные информационные технологии и подходы. Демонстрация этой ВМ полезна для формирования кругозора у студентов и понимания того, как развивались современные технологии.

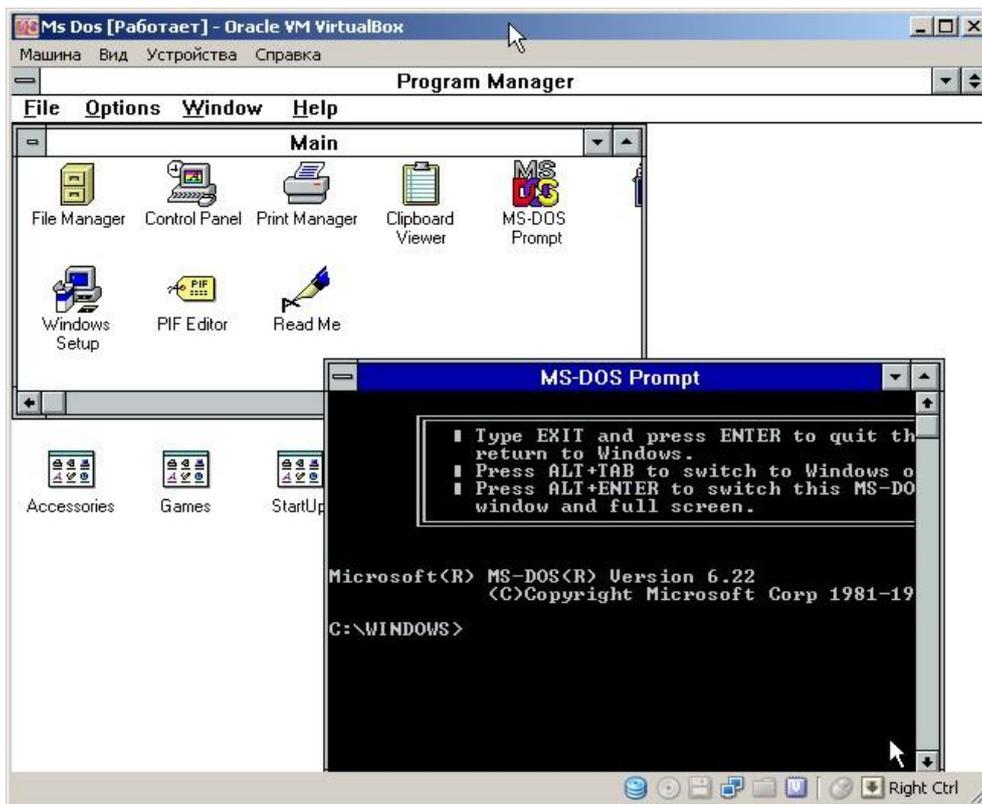


Рисунок. 7 Окно VM MS DOS с запуском Windows 3.1 и командной строкой.

На следующем рисунке 8 показана современная операционная система Windows 8 в режиме просмотра и разметки жестких дисков. Студенты могут безболезненно для основной машины в виртуальной машине создать, разметить и проверить жесткие диски VM. В этом случае можно, также безболезненно, выполнить практически любые системные работы, удалив в конце ЛР и саму VM. Для каждого студента, в его собственной среде будет создана независимо VM, с которой он может работать изолированно.

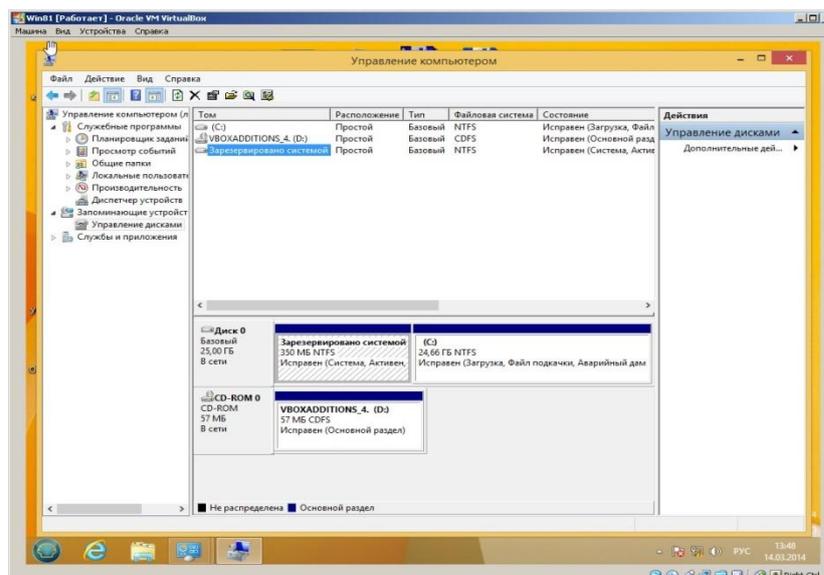


Рисунок. 8 Окно VM Windows 7 в режиме дефрагментации дисков

## Доступ к внешним данным и программам в гостевых ОС

При настройке ВМ можно указать то, как конкретная гостевая конфигурация будет связываться с “внешним миром”. Если такие связи в ВМ не настроены, то невозможно передать информацию и необходимые программы в гостевую ОС. Невозможно также получить и запомнить вне ВМ результаты работы студента. Принципиально возможны следующие связи ВМ с внешним миром:

- Настройка в гостевой ОС доступа к Интернет и доступ к сайтам с информацией или облачным хранилищам для получения и записи данных из/в ВМ.
- Доступ к сетевым ресурсам для обмена данными в той среде, в которой функционирует главная машина.
- Настройка в среде эмулятора ВМ доступа к общим папкам, главного компьютера, что позволяет обмениваться также между гостевыми ВМ.
- Использование внешних носителей, доступ к которым может быть настроен в каждой конкретной гостевой ВМ. Это носители компакт дисков (CD/DVD) или USB.

Настройка доступа к устройствам и внешним связям выполняется из меню “Устройства” окна ВМ, которое показано на рисунке 9.

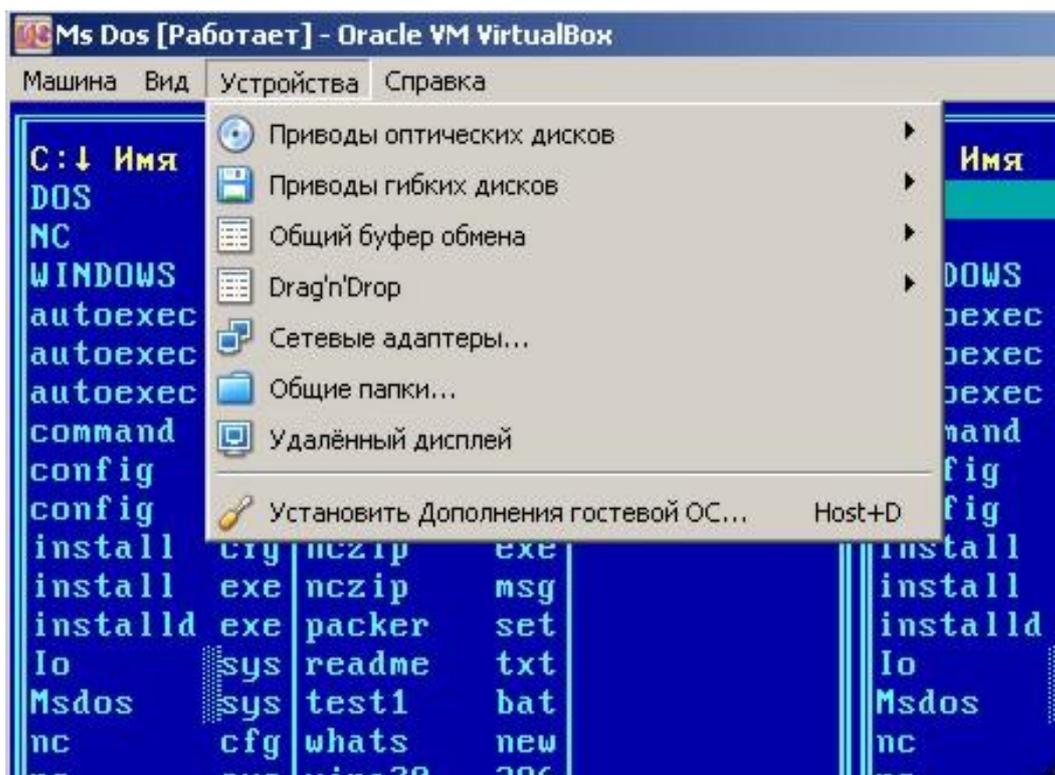


Рисунок. 9 Окно настройки доступа к устройствам

В частности, настройка и включение доступа к USB выполняется в специальном окне настроек, показанное на рисунке 10.

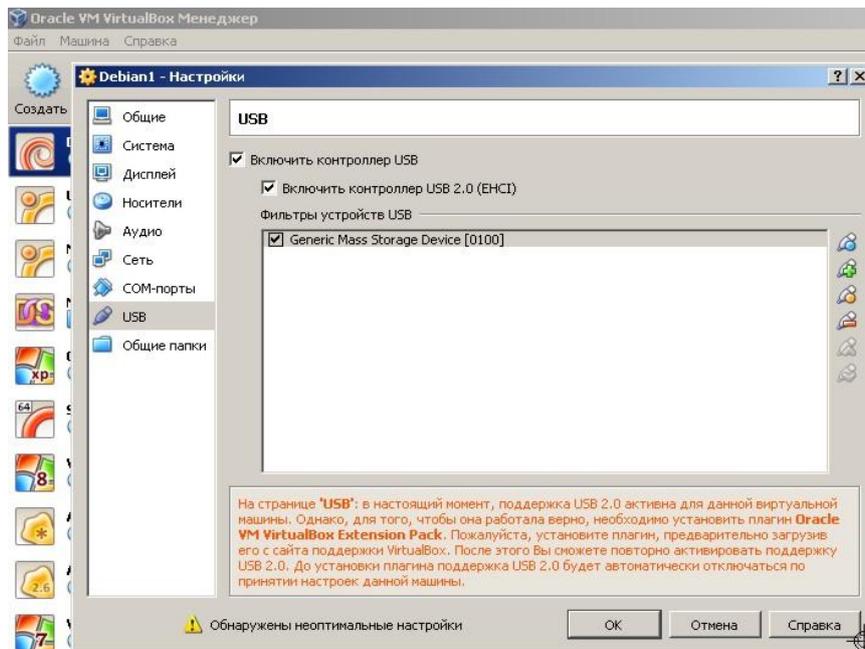


Рисунок. 10 Окно настройки доступа к USB

Ниже показан рисунок 11, в котором показаны настройки общих папок, для конкретной виртуальной машины. В данном случае разделяемой (share) общей папкой, является общая папка “C:\share” с полным доступом из ВМ.

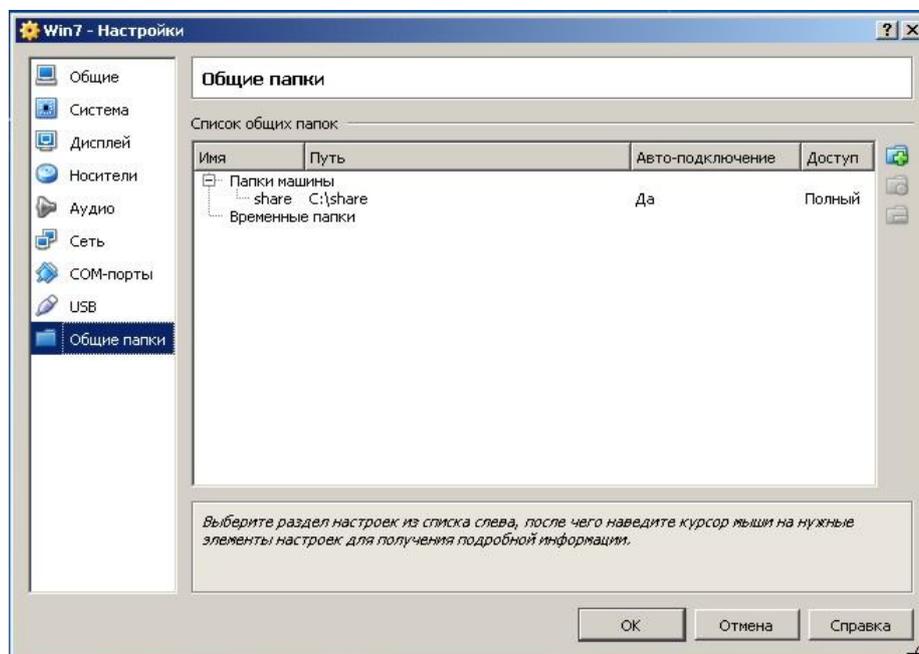


Рисунок. 11 Окно общих папок с главной машиной

После этих настроек общая папка “ **Cbr2 \share\**” становится доступной из виртуальной машины. Здесь **Cbr2** – имя хоста в сети, на котором развернут эмулятор VM. На рисунке 12, показан доступ к общей папке при работе с файл менеджером Total Commander в среде VM Windows 7.

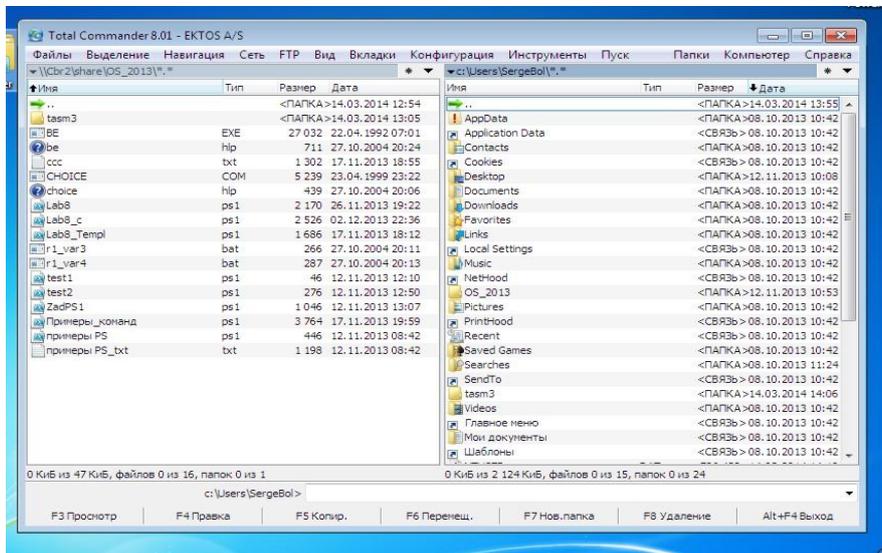


Рисунок. 12 Окно просмотра общих папок в главной машине

Доступ к CD- дисководу хоста показан в среде Windows 8 на рисунке 13 представленном ниже.

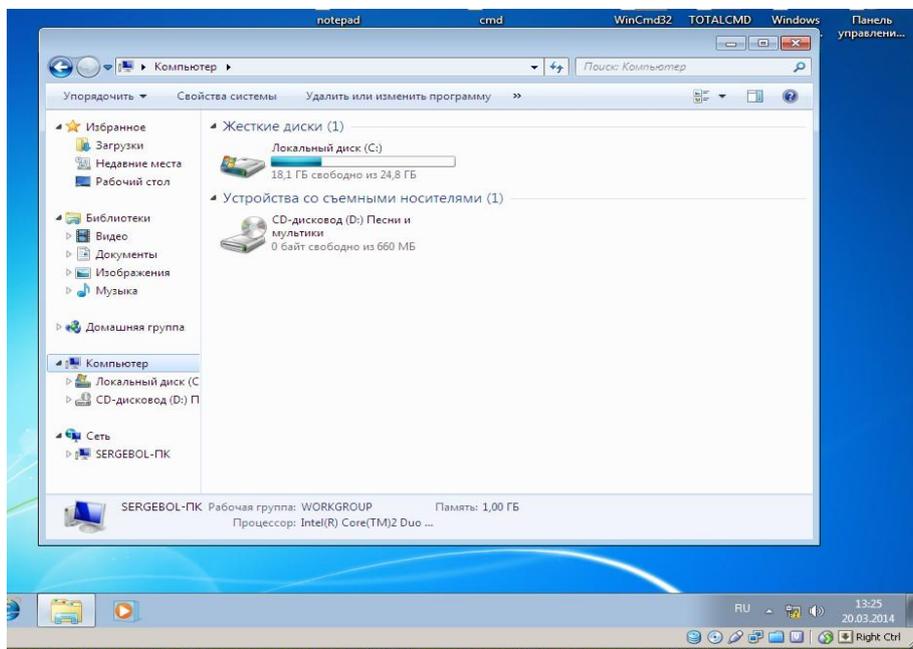


Рисунок. 13 Окно доступа к CD-дисководу в главной машине

## Основные преимущества использования ВМ в учебном процессе

Далее перечислим кратко основные преимущества применения ВМ в учебном процессе:

- Использование ВМ позволяет сохранить в безопасности ПО базового компьютера, в том числе от ошибок студентов при выполнении заданий. Полная защита информации хоста.
- Возможность проведения всесторонних экспериментов с конфигурациями ПО, измерения и исследования компьютерных архитектур.
- Возможность разделение ресурсов одного компьютера при работе на нем разных студентов, групп и потоков (режим “песочница”).
- Возможность проведения моделирования и отладка ПО при выполнении проектов и заданий студентами.
- Возможность сохранения, копирования и миграции конфигураций на другую физическую конфигурацию компьютеров.
- Возможность изучения программных продуктов и эмуляции различных архитектур, которые устанавливаются или создаются в существующей программно-технической среде с проблемами.

## Заключение

Применение технологии виртуальных машин является эффективным и полезным для использования в учебном процессе университета. Их использование позволяет существенно снизить трудоемкость сопровождения программно-технических конфигураций в дисплейных классах кафедр и университета в целом. Реально, появляются новые практические возможности изучения тонкостей информационных технологий и методические возможности обучения студентов.

Использование рассмотренной технологии успешно опробовано в лабораторном практикуме и курсовом проектировании дисциплин “Операционные системы”, “Системное программное обеспечение”, “Сетевое программное обеспечение” и “Системное программирование”, из учебного плана кафедры “Системы обработки информации” МГТУ им. Н.Э.Баумана.

## Список литературы

1. Гультияев А.К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном. СПб.: Питер, 2006. 224 с.
2. Romero A.V. VirtualBox 3.1: Beginner's Guide. Packt Publishing, 2010. 348 p.
3. Норенков Ю.И., Усков В.Л. Консультационно-обучающие системы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 1993. № 3. С. 11-19.
4. Норенков И.П., Соколов Н.К., Уваров М.Ю. Адаптивные среды создания образовательных ресурсов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн.

2009. № 3. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/115688.html> (дата обращения 30.01.2015).
5. Захарчук И.И., Веселов Ю.Г., Еремеев М.А. Проблемы защиты мобильных персональных устройств от информационно-технического воздействия // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 5. С. 306-315. DOI: [10.7463/0512.0404286](https://doi.org/10.7463/0512.0404286)
6. Oracle VM VirtualBox. Available at: <http://www.virtualbox.org> , accessed 30.01.2015.
7. Таненбаум Э. Современные операционные системы: пер. с англ. 3-е изд. СПб.: Питер, 2010. 1120 с.
8. Дейтел Х.М., Дейтел П.Дж., Чофнес Д.Р. Операционные системы. Часть 1. Основы и принципы: пер. с англ. 3-е изд. М.: ООО «Бином-Пресс», 2009. 1024 с.
9. Virtual PC // Википедия: Свободная энциклопедия: сайт. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_PC](https://ru.wikipedia.org/wiki/Virtual_PC) (дата обращения 30.01.2015).