

А.С. Блошкин, В.Н. Князев  
**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМИ  
МАШИНАМИ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**  
ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет",  
Пенза, Россия

*В статье рассмотрены актуальные вопросы и проблемы разработки систем управления виртуальными машинами. В качестве важных проблем выделены проблемы динамической миграции виртуальных машин, проблема хранения конфигурации виртуальной машины. Анализ методов осуществления динамической миграции позволил выявить недостатки существующих алгоритмов. Также были выявлены недостатки хранения конфигурации виртуальной машины в конфигурационном файле. Научная новизна заключается в разработке нового комбинированного алгоритма динамической миграции, отличающегося от известных алгоритмов более высокой гибкостью и производительностью. Комбинированный алгоритм позволяет с более высокой скоростью принять решение о необходимости динамической миграции в сравнении с существующими алгоритмами. Гибкость алгоритма заключается в возможности принять решение о необходимости миграции, как при помощи администратора, так и без его участия. Также был предложен альтернативный алгоритм хранения конфигурации виртуальной машины в реестре операционной системы в сравнении с алгоритмом хранения конфигурации в конфигурационном файле. Такой подход позволяет увеличить безопасность системы управления виртуальными машинами и разграничить права доступа для виртуальных машин, что является обязательным требованием для операционной системы специального назначения. Проведено проектирование системы управления виртуальными машинами с применением, в том числе, онтологического и визуального моделирования. По результатам проведенной работы были предложены решения проблемы выбора способа хранения конфигурации виртуальной машины и проблемы определения необходимости динамической миграции. Полученные в ходе проведенного исследования результаты использованы в качестве основы программной реализации системы управления виртуальными машинами для операционной системы специального назначения в НТП "Криптософт" (г. Пенза).*

**Ключевые слова:** виртуальная машина, виртуализация, динамическая миграция, системный реестр, файловая система.

**Введение.** В сфере информационных технологий часто встречается необходимость разделения ресурсов системы для выполнения специфических задач, требующих полного участия всех компонентов операционной системы. Для решения подобных задач была разработана технология виртуализации, и в настоящее время сфера виртуализации находится в стадии интенсивного развития, что связано в первую очередь с появлением большого числа различных традиционных операционных систем и операционных систем специального назначения.

Данные операционные системы могут предъявлять нестандартные требования к параметрам используемых аппаратных компонентов компьютера. В некоторых случаях выполняемая операционной системой задача не оставляет возможности для непосредственного администрирования [1].

С развитием технологии виртуализации возникает ряд проблем, требующих решения. В числе таких проблем можно выделить проблему определения необходимости осуществления динамической миграции и проблему хранения файла конфигурации виртуальной машины.

**Материалы и методы.** Одним из самых развивающихся направлений виртуализации является динамическая миграция виртуальных машин. Данная технология дает возможность в реальном времени произвести перемещение виртуальной машины между двумя реальными машинами, при этом функционирование виртуальной машины не будет прерываться [2]. Динамическая миграция является важнейшей технологией оптимизации развертывания виртуальных машин на физических узлах в центрах обработки данных и балансировки загрузки серверов [3].

Одна из важных проблем динамической миграции заключается в выборе алгоритма для определения необходимости осуществления динамической миграции виртуальной машины с одного хоста на другой [4]. Рассмотрим несколько подходов к решению данной проблемы.

Первый алгоритм заключается в том, что управлением общим кластером виртуальных машин и распределением виртуальных машин между различными хостами осуществляется администратором системы управления виртуальными машинами, имеющим уникальное право на осуществление миграции. Недостатками данного алгоритма можно назвать неполную информированность о состоянии системы всех её узлов. Возможна ситуация, при которой миграция между хостами будет осуществляться в момент выполнения какого-либо действия с виртуальной машиной пользователем или иным участником системы. В таком случае управление системой становится неэффективным и небезопасным.

Второй алгоритм предполагает отказ от роли администратора системы при принятии решения о необходимости миграции. Решение в данном случае принимают только хост-источник и хост-приемник миграции. В случае необходимости источник миграции при помощи оператора виртуальной машины или в автоматическом режиме отправляет запрос на миграцию потенциальному хосту-приемнику. Динамическая миграция в данном случае осуществляется только при взаимном согласии обоих участников операции на ее осуществление. Тем не менее, такая децентрализация является также и недостатком данного подхода, так как не всегда участие в принятии решения о миграции источника и приемника

миграции является необходимым, например, в случаях, когда виртуальные машины выполняются в автономном режиме, выполняя задачи сервера или вычислительного центра.

Возможным вариантом исправления недостатков предложенных алгоритмов является использование комбинированного алгоритма, который считает в себе признаки первого и второго алгоритма. Динамическая миграция при таком подходе осуществляется за счет «голосования» каждого из участников системы о необходимости миграции. Данный подход может быть широко применим для решения различных задач, в которых используется динамическая миграция, в числе которых как управляемые пользователем системы, так и системы, работающие в полностью автоматическом режиме. [5]

В ходе проектирования комбинированного подхода была составлена диаграмма деятельности, отображающая примерную логику работы кластера виртуальных машин, связанную с определением необходимости динамической миграции.

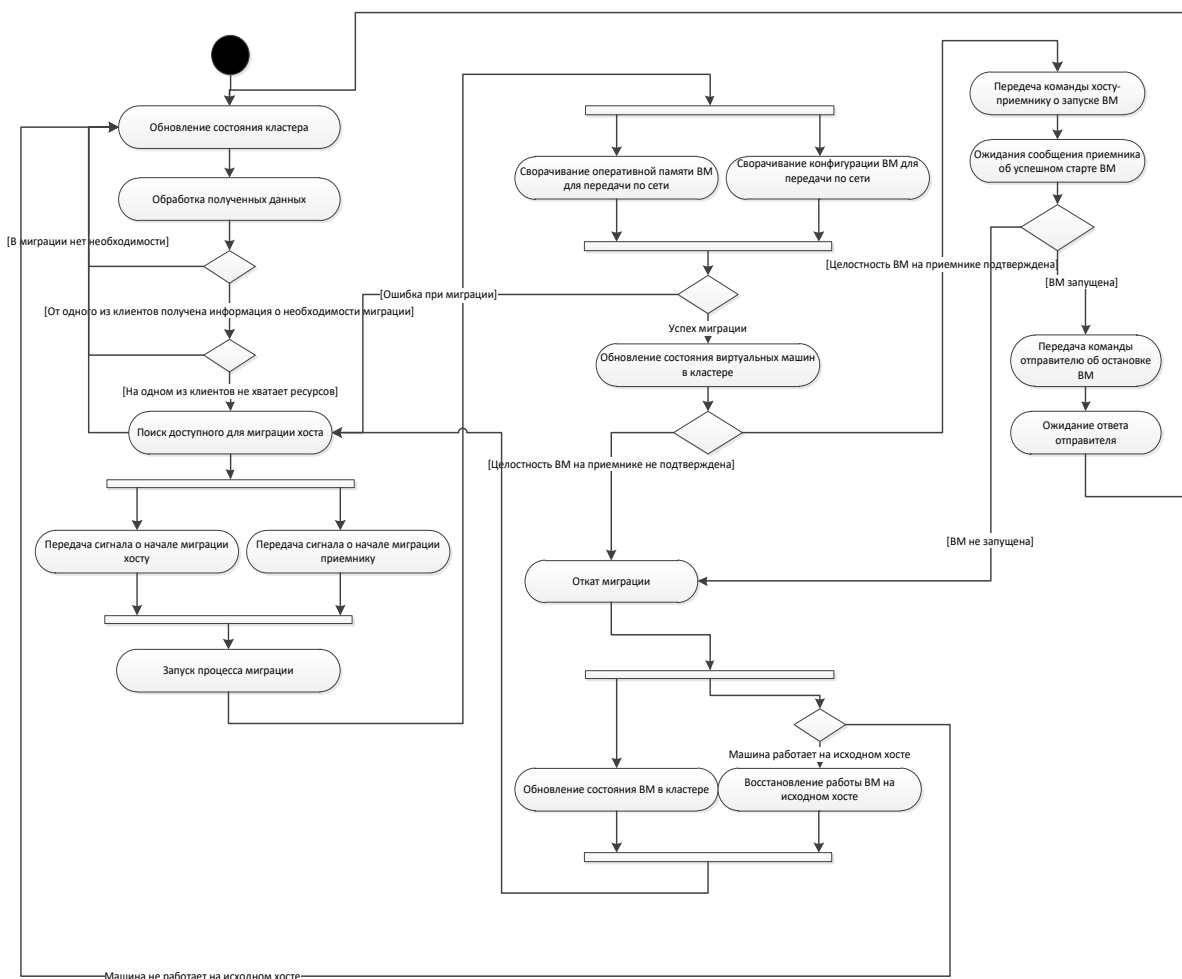


Рисунок 1 – Диаграмма деятельности алгоритма динамической миграции

Также одной из важных проблем виртуализации является проблема хранения конфигурации виртуальной машины. Для различных задач можно выделить два способа:

- 1) хранение настроек виртуальных машин в файле конфигурации;
- 2) хранение настроек виртуальных машин в реестре операционной системы.

Основным преимуществом первого варианта является более высокая производительность при работе с настройками виртуальной машины. Хранение конфигурации обычно осуществляется на языке разметки XML – расширяемом языке разметки с простым формальным синтаксисом, удобным для создания и обработки документов программами и одновременно удобный для чтения и создания документов человеком. Язык является расширяемым, поскольку он не фиксирует разметку, используемую в документах: разработчик волен создать разметку в соответствии с конкретной областью, будучи ограниченным только синтаксическими правилами языка.

Основным недостатком хранения конфигурации виртуальной машины в файле является несовершенство некоторых файловых систем, используемых в операционной системе Windows и в операционной системе специального назначения. Таким образом, нарушается безопасность использования виртуальных машин, хранящих конфигурацию подобным образом, так как существует возможность несанкционированного доступа к файлам конфигурации виртуальных машин.

Способ хранения конфигурации виртуальной машины в ветке реестра, напротив, отличается высоким уровнем безопасности и разграничением доступа пользователей к отдельным частям реестра. Так же, как и в операционной системе Windows, в операционной системе специального назначения реализован мандатный контроль доступа к веткам реестра, позволяющий сделать конфигурацию виртуальной машины недоступной для просмотра или редактирования другим пользователем. Такой способ хранения обеспечивает максимальную безопасность при работе с виртуальными машинами в операционной системе специального назначения, что позволяет использовать такой набор программных средств для решения задач, в требованиях к которым на первом месте стоит безопасность, а не высокая производительность. На Рисунке 2 представлена диаграмма деятельности для сохранения конфигурации виртуальной машины в реестр.

Разработка онтологической модели предметной области системы управления виртуальными машинами начинается с онтологического анализа. Онтология – это эксплицитная спецификация концептуализации,

где присутствует описание множества объектов и связей между ними. Эти объекты состоят между собой в определенных отношениях и объединяются по определенным признакам (свойствам и ограничениям) в классы [6]. В среде Protégé [7] был разработан соответствующий задаче набор классов, свойств этих классов, а также набор связей и взаимодействий между ними. Список созданных классов представлен на Рисунке 3.

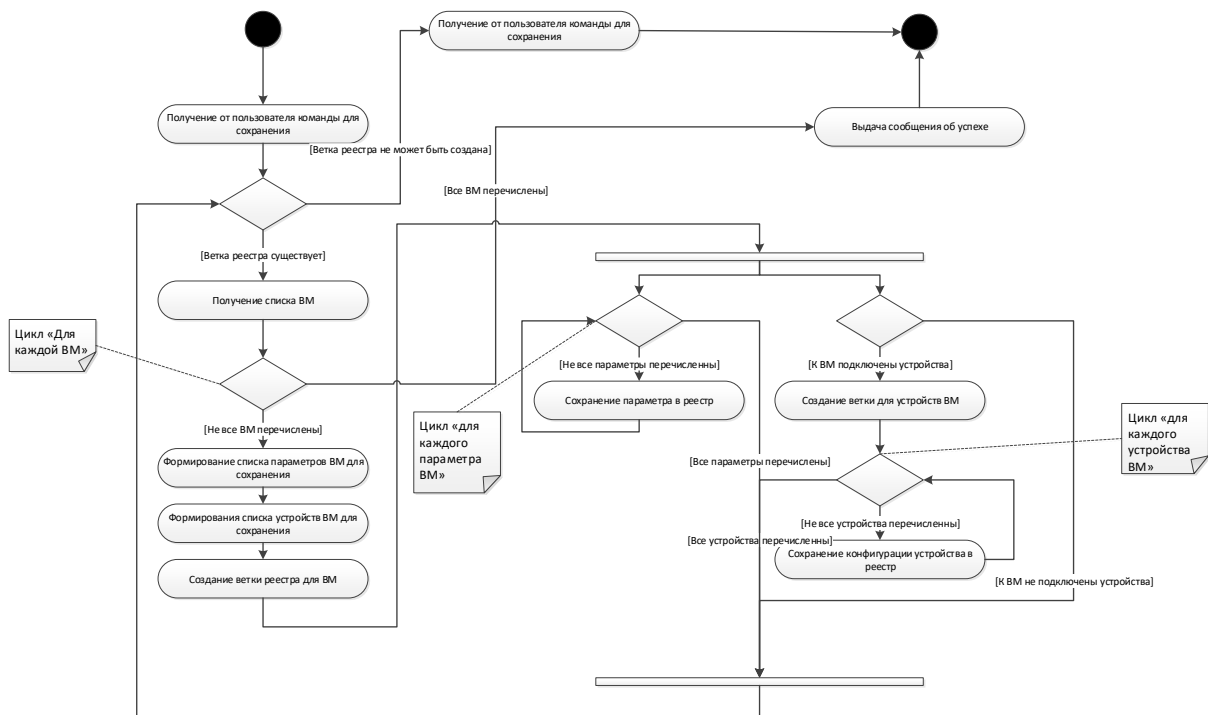


Рисунок 2 – Диаграмма деятельности алгоритма сохранения конфигурации VM в реестр

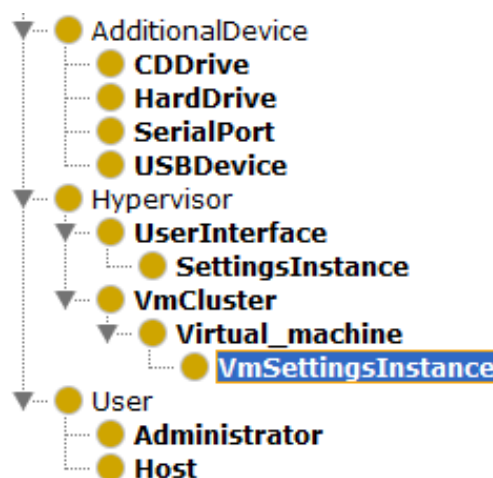


Рисунок 3 – Основной набор классов в дереве наследования

На основе данной классификации была разработана на языках OWL и SWRL онтология в среде Protégé. На Рисунке 4 изображена основная часть онтологического графа, включающая в себя базовые классы управления виртуальными машинами.

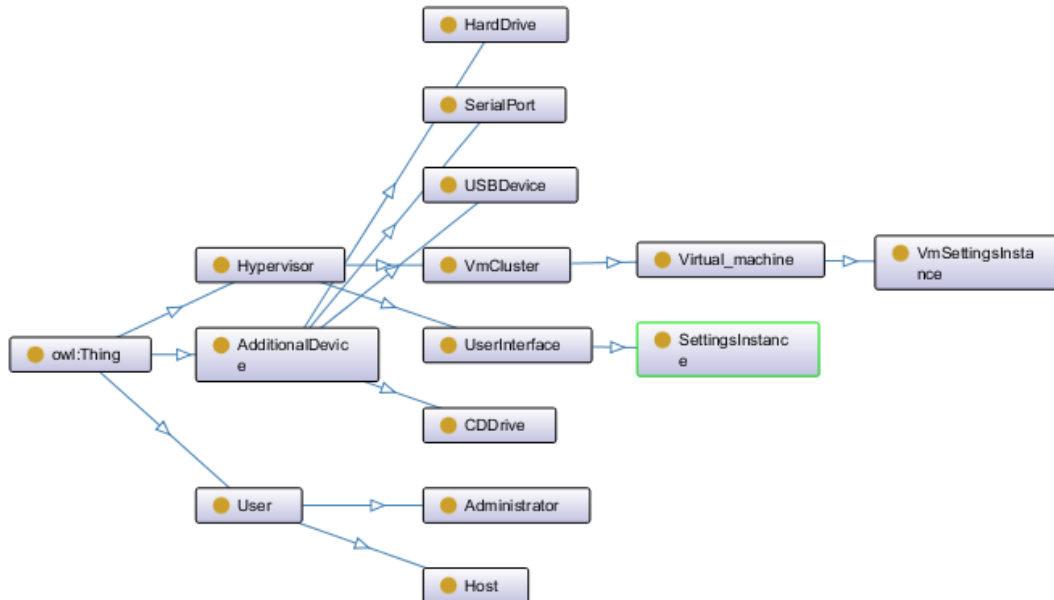


Рисунок 4 – Граф онтологии

Как видно из Рисунка, базовым объектам онтологии являются гипервизор, так как он является для создания на его основе системы управления виртуальными машинами.

Другим базовым объектом является объект пользователя, который иногда может обладать привилегиями администратора. Объект пользователя взаимодействует с хостом, что позволяет ему управлять работой гипервизора и осуществлять взаимодействие с виртуальными машинами.

После разработки онтологической модели было проведено визуальное моделирование с применением унифицированного языка моделирования UML (Unified Modeling Language), являющегося одним из основных средств современной информационной технологии RUP (Rational Unified Process). [8] На Рисунках 5 и 6 представлены примеры разработанных диаграмм UML.

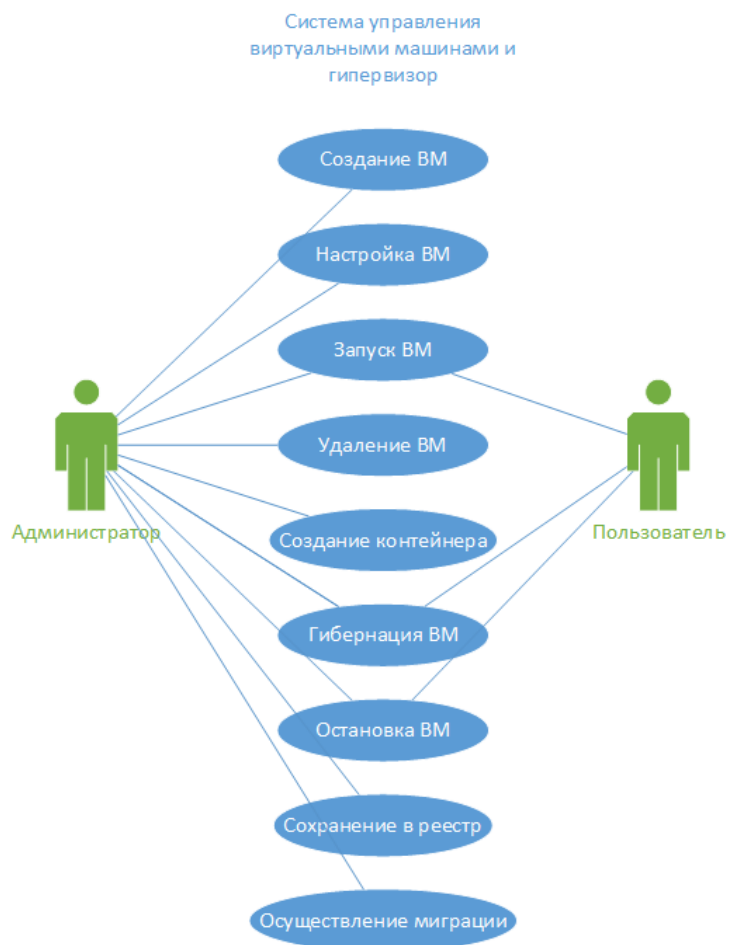


Рисунок 5 – Диаграмма вариантов использования для системы управления виртуальными машинами

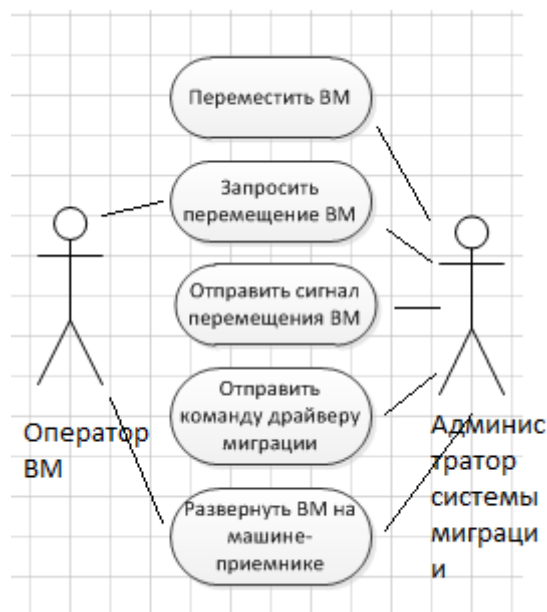


Рисунок 6 – Диаграмма вариантов использования для системы динамической миграции виртуальных машин

**Заключение.** Разработка системы управления виртуальными машинами требует особого внимания к решению проблем, возникающих в процессе работы виртуальных машин. Проблема динамической миграции оказывает сильное влияние на производительность всего кластера виртуальных машин. Неудачный выбор момента миграции также может негативно повлиять на эффективность системы.

В ходе выполнения работы были предложены алгоритмы определения необходимости осуществления миграции, определены их минусы, выявлен оптимальный способ, а также предложен подход к хранению конфигурации виртуальной машины с целью повышения безопасности системы виртуализации. Было проведено проектирование системы управления виртуальными машинами с применением, в том числе, онтологического и визуального моделирования.

Научная новизна заключается в предложении модифицированного алгоритма осуществления динамической миграции, отличающегося от существующих алгоритмов возможностью принятия более быстрого решения о необходимости миграции. Также был предложен алгоритм хранения конфигурации виртуальной машины в реестре, что позволяет увеличить безопасность системы управления виртуальными машинами в сравнении с хранением конфигурации в конфигурационном файле.

Полученные в ходе проведенного исследования результаты были использованы в качестве основы для программной реализации системы управления виртуальными машинами для операционной системы специального назначения в НТП "Криптософт" (Пенза).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кролл, П. Rational Unified Process – это легко. Руководство по RUP для практиков / П. Кролл, Ф. Крачтен. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 432 с.
2. Мелехова, А.Л. Управление физической памятью виртуальной машины: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. / А.Л. Мелехова. - М: МФТИ(ГУ), 2015. – 105 с.
3. Гилев, В.М. Использование виртуальных машин в образовательном процессе профессионально-педагогического вуза: магистерская диссертация / В.М. Гилев. - Екатеринбург: РГПУ, 2016. – 117 с.
4. Чернова, Е.В. Анализ основных проблем миграции виртуальных машин / Е.В. Чернова, П.Н. Полежаев // Перспективные информационные технологии: труды Международной научно-технической конференции. - Самара, Издательство СУ, 2017. – с. 484-488.
5. Блошкин, А.С. Проблемы динамической миграции виртуальных машин // Сборник научных статей V Всероссийской межвузовской научно-



- практической конференции: Информационные технологии в науке и образо-вании. Проблемы и перспективы / А.С. Блошкин, В.Н. Князев / Под ред. Л.Р. Фионовой. – Пенза, Изд-во ПГУ, 2018. - с. 137-140.
6. Бахтизин, В. В. Технология разработки программного обеспечения: учеб. пособие / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова. – Минск: БГУИР, 2010. – 267 с.
  7. Муромцев, Д.И. Онтологический инжиниринг знаний в системе Protégé / Д.И. Муромцев . – СПб ГУ ИТМО, 2007. – 62 с.
  8. Алексанков, С.М. Модели динамической миграции с итеративным подходом и сетевой миграции виртуальных машин / С.М Алексанков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2015, том 15, № 6. – с. 1098-1104.

A.S. Bloshkin, V.N. Knyazev

## **DEVELOPMENT OF A VIRTUAL MACHINE MANAGEMENT SYSTEM FOR AN OPERATING SYSTEM OF SPECIAL USE**

*"Penza State University", Penza, Russia*

*The article deals with current issues and problems of developing virtual machine management systems. The problems of dynamic migration of virtual machines, the problem of storing the configuration of a virtual machine are highlighted as important problems. The analysis of methods for the implementation of dynamic migration revealed the shortcomings of existing algorithms. Were also identified the shortcomings of storing the configuration of the virtual machine in the configuration file. The scientific novelty lies in the development of a new combined dynamic migration algorithm, which differs from the known algorithms by higher flexibility and productivity. The combined algorithm makes it possible to make a decision on the need for dynamic migration at a higher speed compared to existing algorithms. The flexibility of the algorithm is the ability to decide on the need for migration, both with the help of the administrator, and without his participation. An alternative algorithm was also proposed for storing the configuration of the virtual machine in the registry of the operating system in comparison with the algorithm for storing the configuration in the configuration file. This approach allows you to increase the security of the virtual machine management system and differentiate access rights for virtual machines, which is a mandatory requirement for a special-purpose operating system. A virtual machine management system was designed using, among other things, ontological and visual modeling. According to the results of this work, solutions were proposed for choosing a method for storing the configuration of a virtual machine and the problem of determining the need for dynamic migration. The results obtained in the course of the study were used as the basis for the software implementation of the virtual machine management system for a special-purpose operating system in the NTP "Cryptosoft" (Penza).*

**Keywords:** virtual machine, virtualization, dynamic migration, system registry, file system.

## REFERENCES

1. Kroll, P. A rational unified process is easy. RUP Guide for Practitioners / P. Kroll, F. Krachten. - Moscow: KUDITS-IMAGE, 2004. - 432 p.
2. Melekhov, A.L. Managing the physical memory of a virtual machine: dissertation for the degree of Candidate. tech. sciences. / A.L. Melekhov. - M: MIPT (GU), 2015. - 105 p.
3. Gilev, V.M. The use of virtual machines in the educational process of the professional-pedagogical university: master's thesis / V.M. Gilev. - Ekaterinburg: RGPPU, 2016. - 117 p.
4. Chernova, E.V. Analysis of the main problems of virtual machines / E.V. Chernova, P.N. Polezhaev // Perspective information technologies: works Modern scientific and technical conferences. - Samara, Publishing House of SU, 2017. - p. 484-488.
5. Bloshkin, A.S. Problems of dynamic transfer of virtual machines // Collection of scientific articles of the V All-Russian Intercollegiate Conference of Scientific and Practical Conferences: Information Technologies in Science and Image. Problems and prospects / A.S. Bloshkin, V.N. Knyazev / Ed. L.R. Fionic. - Penza, PGU Publishing House, 2018. - p. 137-140.
6. Bakhtizin, V. V. Technology software development software: textbook. allowance V. Bakhtizin, L. A. Glukhov. - Minsk: BSU-IR, 2010. - 267 p.
7. Muromtsev, D.I. Ontological engineering knowledge in the Protégé system / D.I. Muromtsev. - St. Petersburg State University ITMO, 2007. - 62 p.
8. Aleksankov, S.M. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2015, Vol. 15, No. 6. - p. 1098-1104.