

УДК 681.3

А.М. Лабаев, И.Д. Охотников, В.П. Хранилов

МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИВЦ НГТУ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель: Разработка модели управления вычислительными ресурсами в условиях внедрения CALS-технологий для организации сопровождения учебного процесса в вузе.

Методология / подход: Применение модели вычислительных ресурсов и алгоритмов их мониторинга предоставляет возможность прогноза эффективности вычислительных средств поддержки учебного процесса и оптимизации их экономических показателей.

Результаты: Построена модель интерактивного управления информационными ресурсами в задачах разработки и внедрения средств CALS -технологий для организации сопровождения учебного процесса в вузе. Приведены диаграммы, иллюстрирующие предложенные модели и алгоритмы интерактивного управления вычислительными ресурсами.

Применение: Для эффективного управления вычислительными ресурсами, модернизации и перераспределения средств технического и программного обеспечения информационных технологий, предназначенных для поддержки учебного процесса в техническом вузе.

Оригинальность / значение: Данные проведенного мониторинга позволяют принимать обоснованные расчетом организационные решения, связанные с управлением вычислительными ресурсами, то есть модернизацией и перераспределением средств технического и программного обеспечения информационных технологий, предназначенных для поддержки учебного процесса в техническом вузе.

Ключевые слова: CALS-технологии, модель вычислительных ресурсов, пространство параметров, пространство состояний, рейтинг, оценка и прогноз вычислительных ресурсов.

Введение

Современные информационные технологии, реализуемые в учебном процессе вуза, предъявляют особые требования к оснащенности кафедр и факультетов средствами вычислительной техники и специализированным периферийным оборудованием. Вычислительные ресурсы технического обеспечения информационных технологий определяют образовательный потенциал учебного заведения в области подготовки специалистов перспективных инновационных направлений.

В настоящее время многие российские вузы в связи с ограниченностью финансовых ресурсов находятся перед проблемой выбора первоочередности объектов инвестирования во внутрихозяйственной деятельности. Опыт зарубежных и ведущих отечественных вузов предполагает в первую очередь организацию непрерывной информационной поддержки жизненного цикла учебного процесса – CALS- или ИПИ-технологии (в отечественной транскрипции) [1-3], требующей, в свою очередь, мобилизации и концентрации имеющихся вычислительных ресурсов.

Математическая постановка задач, возникающих при этом, базируется на оптимизации технико-экономических показателей, в том числе не только в пространстве параметров, но и в пространстве состояний (структур), то есть ставятся и формулируются задачи не только параметрического синтеза и анализа, а и структурного.

Модель вычислительных ресурсов в пространстве параметров

Для формализации способов принятия решений и моделирования процесса оценки вычислительных ресурсов структурных подразделений НГТУ в пространстве параметров \mathbf{P} при наличии альтернативных вариантов предложена математическая модель интерактивного

распределения ресурсов при выборе средств поддержки CALS-технологий [3]. При моделировании процесса распределения ресурсов в условиях наличия альтернативных вариантов предлагается использовать векторную модель $\mathbf{Y}=\mathbf{F}(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$ [3], где \mathbf{P} – вектор ресурсов системы (внутренних параметров, определяемых технико-экономическими характеристиками элементов); $\mathbf{\Lambda}$ – вектор параметров внешних воздействий; \mathbf{Y} – вектор выходных параметров, определяющий интегральные технико-экономические характеристики системы и отображающий результаты проектирования; \mathbf{F} – теоретико-множественный функционал, выражающий соответствие $\mathbf{q} = (\mathbf{P},\mathbf{Y},\mathbf{F})$ с учетом воздействия внешних факторов $\mathbf{\Lambda}$.

Дальнейшее решение задачи оценки вариантов системы связано с определением степени влияния отдельного показателя p_j на качество (эффективность) системы. Это предполагает задание в качестве внешнего управляющего параметра коэффициентов важности ("веса") показателей λ_j , образующих вектор весомости $\mathbf{\Lambda}=\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$. Значения весовых коэффициентов определяются, исходя из функционального назначения и особенностей эксплуатации компьютеров, методом экспертных оценок. В этом случае вектор весомости $\mathbf{\Lambda}$ эквивалентен вектору внешних воздействий \mathbf{Q} . Такой подход позволяет в процедуре оценивания отдавать некоторое предпочтение более важным показателям, что приводит к оценке решения с помощью взвешенной целевой функции $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$. Функцию $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$ можно представить как скалярное произведение векторов $\mathbf{P}=\{p_{i,j}\}$ и $\mathbf{\Lambda}=\{\lambda_j\}, j=1,n$: $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})=\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_j p_{i,j}$ [3]. Кроме того, сопоставимость влияния каждого показателя на величину целевой функции будет обеспечена в том случае, когда известна тенденция влияния изменения отдельных параметров на значение $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$ и диапазоны возможных изменений каждого из безразмерных значений показателей окажутся соизмеримыми в числовом выражении. При этом наиболее удобен диапазон $0 \leq \bar{p}_j \leq 1$, где \bar{p}_j – нормированное значение p_j . Операции нормирования и масштабирования могут быть осуществлены одним и тем же преобразованием $\gamma(p_j)$ – нормирующей функцией, вид которой будет определяться особенностями решаемой задачи оценки или выбора.

Идентифицируем описанную модель для задачи оценки вычислительных ресурсов технического обеспечения информационных технологий в учебном процессе университета в пространстве параметров: p_1 – тактовая частота процессора; p_2 – объем RAM; p_3 – объем ROM; p_4 – объем VideoRAM; p_5 – размер диагонали видеомонитора; p_6 – срок службы. Тенденции влияния изменений всех параметров элементов на величину целевой функции – прямая. Математическое описание i -го варианта: $y_i(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6)$ [2,3]. Заданная таким образом математическая модель вычислительных ресурсов в пространстве параметров \mathbf{P} позволяет вычислять рейтинговую оценку вычислительных ресурсов специализированных подразделений информационно-вычислительного центра (ИВЦ) университета, формализовать определение потребности в изменении вычислительных ресурсов с целью их модернизации и перераспределения.

Модель вычислительных ресурсов в пространстве состояний

Для представления модели управления вычислительными ресурсами в пространстве состояний рассмотрим задачу проектирования вычислительной системы – \mathbf{Q} , состоящей из объектно-ориентированных модулей–наборов (ООН) \mathbf{Q}_i , формируемых из множества вариантов проектных решений \mathbf{V}_j (рис. 1) [4].

Процедура формирования ООН включает этап анализа и оценки множества вариантов проектных решений \mathbf{V} , составленного из $m_i \in \mathbf{M}$ в интерактивном режиме, с учетом предпочтений разработчика, качественных и количественных технико-экономических показателей и параметров элементов. Этот этап может осуществляться как в реальном процессе формирования наборов, так и виртуально путем имитационного комбинаторного моделирования.

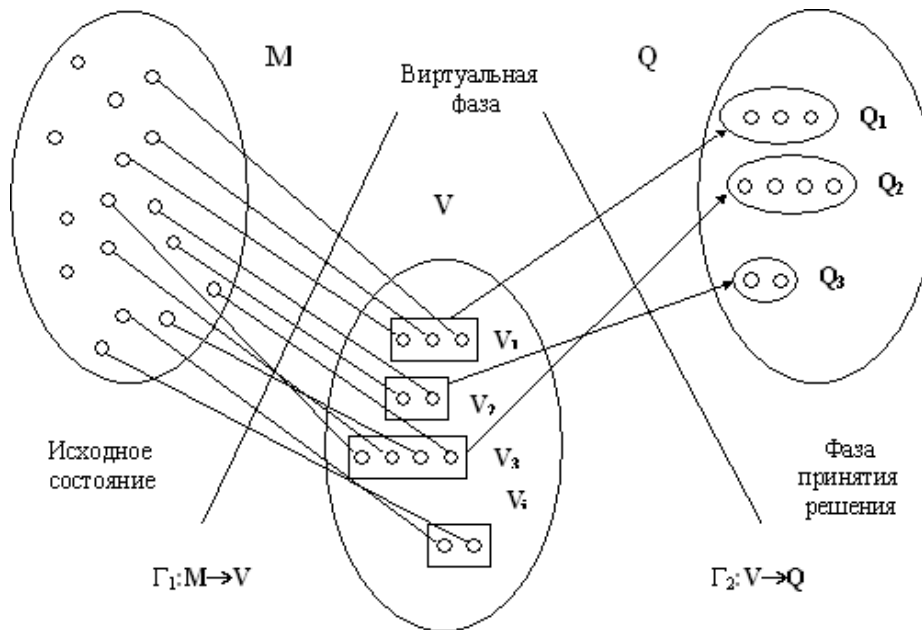


Рис. 1. Модель управления вычислительными ресурсами в пространстве состояний

При достижении устойчивой работоспособности варианта реализации ООН, составленного из $v_i \in V_j$, перешедших, в свою очередь, из M при интерактивном участии разработчика, становится возможным зафиксировать ООН Q_i . При формировании структуры Q комбинацией элементов наборов v_i в виртуальной фазе V происходит перераспределение элементов модулей V_j и, соответственно, их параметров.

Таким образом, для формализованного описания состояний проектируемой вычислительной системы в пространстве состояний, определенного в обозначениях рассматриваемой модели, имеем составное теоретико-множественное отображение $\Gamma: M \rightarrow Q$; $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$; $\Gamma_1: M \rightarrow V$ и $\Gamma_2: V \rightarrow Q$ [4].

Нетрудно видеть, что данная модель отображает процесс сборки (виртуальная фаза) компьютера Q_j (фаза принятия решения) из комплектующих $m_i \in M$ (исходное состояние) или изменения его конфигурации путем модернизации или замены (виртуальная фаза). Естественным образом изменения в пространстве состояний (структур) приводят к изменениям в пространстве параметров. При необходимости эти изменения моделируются внутренними операторами рассматриваемой динамической модели управления [4].

Расчет рейтингов вычислительных ресурсов

Векторная модель вида: $Y = F(P, \Lambda)$ допускает её использование для оценки вычислительных ресурсов структурных подразделений ИВЦ НГТУ, ориентированных на решение задач инженерной геометрии и компьютерной графики, в пространстве параметров P . Получаемые для каждого оцениваемого варианта значения скалярной целевой функции

$F(P, \Lambda)$, выраженные как $R_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{p}_{i,j}$, дают значение его интегральной оценки по при-

веденным (нормированным) значениям и позволяют провести сравнение различных конфигураций вычислительных средств (компьютеров и периферийных устройств) по введенным параметрам. Величина R_i определяет рейтинг варианта и используется для оценки и сравнения вычислительных ресурсов и эффективности формируемой или оцениваемой вычислительной системы.

Определение рейтинга при помощи нормированных значений параметров комплек-

тующих элементов позволяет перейти к процедуре «мягкого» сравнения альтернатив без учета различающихся диапазонов изменения значений и размерности их величин.

При использовании экстремальных критериев оценки рейтингов вариантов лучшему (худшему) из них будет соответствовать приведенное значение $R_i = \max(\min) \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{p}_{i,j}$ [5].

Определенные таким образом рейтинги отдельных компьютеров подразделения (рис. 2) позволяют оценить их вычислительные ресурсы, а при суммировании получить интегральную оценку (рейтинг) всего подразделения (отдельного компьютерного класса ИВЦ).

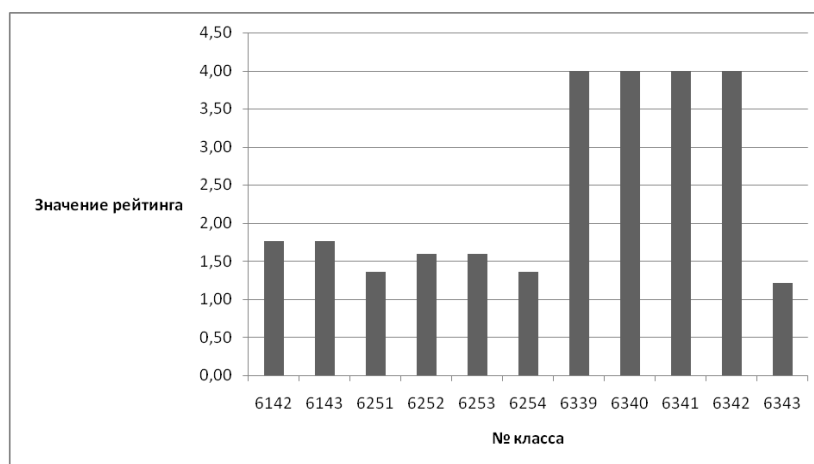


Рис. 2. Диаграмма рейтингов подразделений ИВЦ без учета весовых коэффициентов

Применение рейтингов для оценки и мониторинга вычислительных ресурсов подразделений

Количественное выражение вычислительных ресурсов определяется техническими характеристиками (параметрами) компьютеров и основных периферийных устройств. Подразделения ИВЦ НГТУ (компьютерные классы), ориентированные на поддержку учебного процесса, оснащены персональными компьютерами на IBM-совместимой платформе, что означает поддержку процессоров Intel и операционной системы Windows [6, 7].

Оснащение компьютерами велось с начала 2000-х годов и, в большинстве случаев, приобретались отдельные комплектующие, а сборка производилась силами сотрудников ИВЦ. Ускорение технического прогресса, наблюдаемое в последние годы, и, как следствие, развитие технического обеспечения информационных технологий обуславливает большое количество разнообразных типов комплектующих.

В результате в классах ИВЦ НГТУ оказались компьютеры, оснащенные разными процессорами разных поколений [7]. У остальных комплектующих (оперативная память, жесткий диск и т.д.) также наблюдается большой разброс в значениях параметров. В первом (самом грубом) приближении оснащенность вычислительной техникой, и, как следствие, вычислительные ресурсы могут определяться лишь по количественным характеристикам, без учета параметров комплектующих.

Такой подход оправдывает себя лишь в случае условий дефицита и отсутствия достаточного ассортимента комплектующих либо в случае ограниченности финансовых ресурсов для их покупки. Если имеет место один из этих случаев (в случае НГТУ справедливо суждение об ограниченности ресурсов, выделяемых на покупку технического обеспечения), то простейший способ определения рейтинга вычислительных ресурсов без учета параметров элементов, входящих в их состав, предусматривает вычисление удельных показателей однотипных устройств или расчет усредненных показателей, определяемых с использованием статистической обработки. Получаемые значения рейтингов используются с целью мониторинга вычислительных ресурсов как отдельных компьютеров, так и для оценок групп ком-

пьютеров, выполняющих один тип задач. Мониторинг осуществляется с целью сравнения возможных вариантов конфигураций системы или выбора ее элементов с целью обеспечения функциональности или улучшения качественных или количественных показателей, определяющих работоспособность и экономическую эффективность применения вычислительных ресурсов [7].

Для анализа результатов расчета необходимо понимать, какие требования выдвигаются к тем или иным направлениям обучения. Учитывать целевую направленность и профессиональную ориентацию отдельных подразделений ИВЦ становится возможным при определении весовых коэффициентов, которые отображают степень влияния параметров каждого конкретного компонента на итоговый рейтинг компьютера, заданного принятой структурой модели вычислительных ресурсов [6].

Состав основных направлений подготовки, структура реализации отдельных образовательных программ, анализ учебных планов и сложившиеся в НГТУ технологии информатизации учебного процесса позволяют разделить преподаваемые в цикле «Информационные технологии» дисциплины на три условные категории:

1. «Графика» – использование программных продуктов, связанных с обработкой изображений (AutoCAD, Inventor, Gimp и т.п.). Для комфортной работы продуктов этой группы более важны тактовая частота процессора и размер видеопамати, обеспечивающие отображение графики, а размер оперативной памяти и объем жесткого диска вторичны.

2. «Программирование» – использование программных продуктов, связанных с написанием, компиляцией и отладкой программ (Visual Studio, Free Pascal и т.п.). Такие продукты предполагают высокие уровни тактовой частоты процессора и оперативной памяти, необходимые для корректной работы, связанной с запуском и отладкой большого количества процессов, в то время, как объем жесткого диска и объем видеопамати не так важен по причине небольшого объема программ и упрощенного графического интерфейса.

3. «Информатика» – использование программных продуктов, предполагающих общее ознакомление с системами и возможностями компьютера на бытовом уровне (Microsoft Office). Для программных продуктов этой отрасли приоритетным является объем жесткого диска, тактовая частота процессора и объем оперативной памяти для хранения и обработки большого количества пользовательских файлов, не имеющих особых требований по графике, что определяет вторичность объема видеопамати.

Таким образом, полученные диаграммы рейтингов требуют корректировки и представляются на рис. 3 – рис. 5.

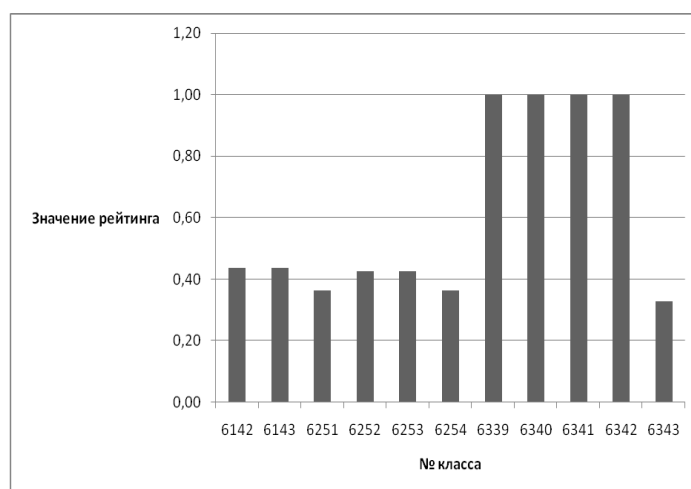


Рис. 3. Диаграмма рейтингов с учетом весовых коэффициентов направления «Графика»

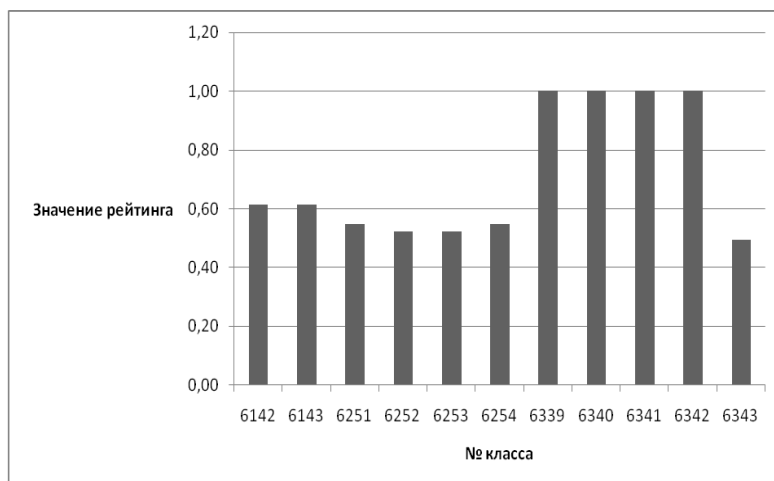


Рис. 4. Диаграмма рейтингов с учетом весовых коэффициентов направления «Программирование»

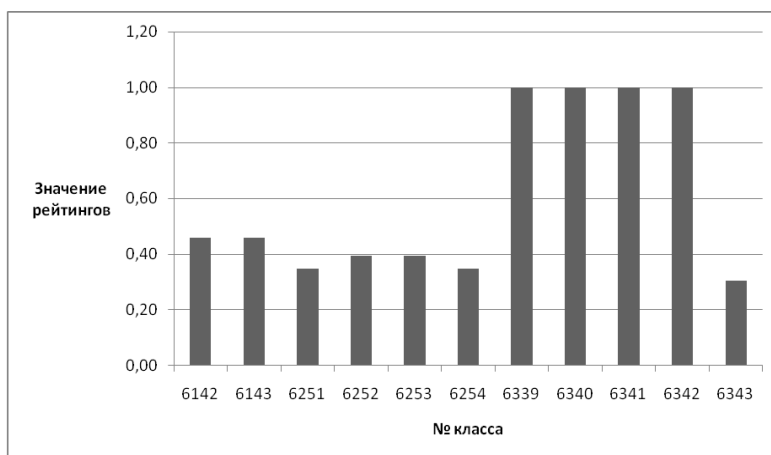


Рис. 5. Диаграмма рейтингов с учетом весовых коэффициентов направления «Информатика»

Анализ рейтингов. Прогнозирование ресурса работоспособности подразделений

Дальнейший анализ полученных рейтингов подразумевает выделение так называемого опорного продукта – программного средства, с которым работает наибольшее число студентов в рамках выбранного направления обучения. В условиях ИВЦ НГТУ такими опорными программными продуктами могут выступать:

- AutoCAD версия 18.2 (AutoCAD 2012) – для направления «Графика»;
- Microsoft Visual Studio 2008 (версия 9.0) – для направления «Программирование»;
- Microsoft Office 2003 (версия 11.0) – для направления «Информатика».

Каждый из перечисленных продуктов характеризуется совокупностью системных требований, определяющих минимальные значения соответствующих параметров компьютеров, при которых обеспечивается устойчивая работа установленной программы.

В условиях ограниченности бюджета организации (что, несомненно, справедливо по отношению к образовательным учреждениям) задачей особой важности является обеспечение максимальной длительности функционирования оборудования. Для того, чтобы грамотно спланировать финансовую деятельность, необходимо иметь формализованное выражение для изменений уровня требований опорных программных продуктов в будущем. Сделать это можно на основе ретроспективных данных – системных требований версий предыдущих лет. Эти данные используются для построения аппроксимирующей функции, которая, будучи по-

строенной по определенному количеству аргументов, позволит экстраполировать поведение рейтингов программных продуктов в будущем. Результаты моделирования таких аппроксимирующих зависимостей приведены на рис. 6 – рис. 8.

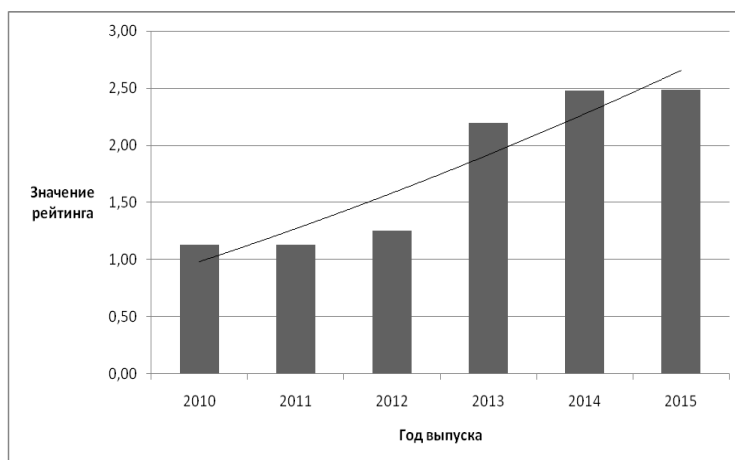


Рис. 6. Изменение рейтингов системных требований опорного продукта AutoCAD

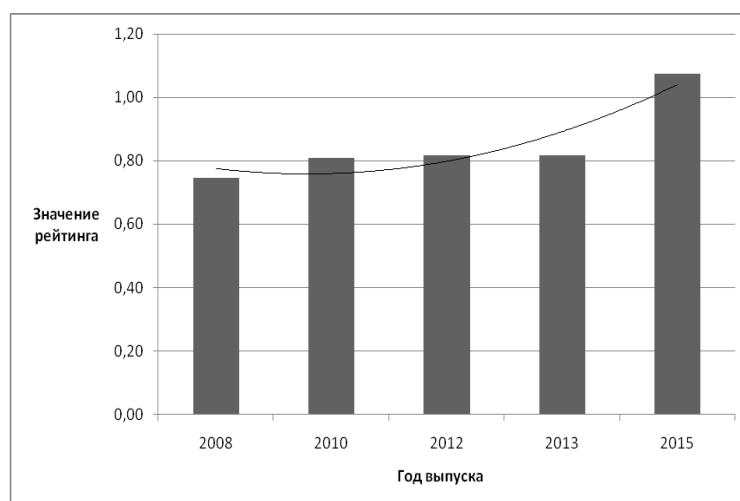


Рис. 7. Изменение рейтингов системных требований опорного продукта Visual Studio

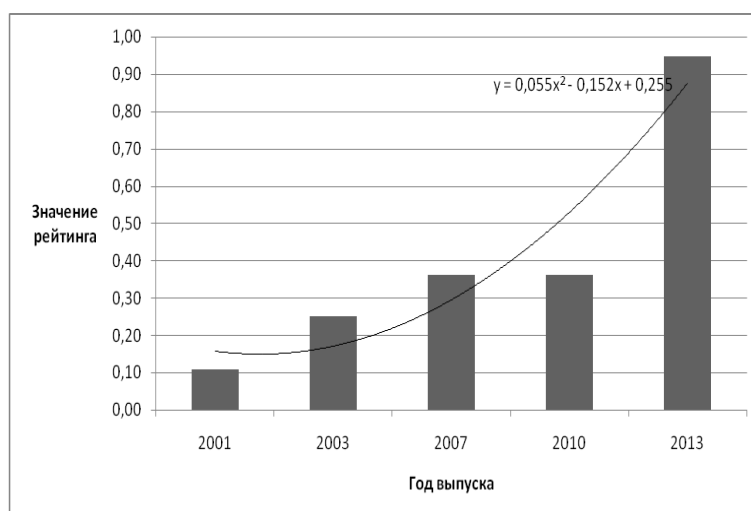


Рис. 8. Изменение рейтингов системных требований опорного продукта Microsoft Office

Таким образом, для AutoCAD – функция прогнозирования имеет следующий вид: $y = 0,0115x^2 + 0,2553x + 0,7104$; для Visual Studio – $y = 0,0274x^2 - 0,0979x + 0,8452$; для Microsoft Office – $y = 0,0552x^2 - 0,1521x + 0,2552$.

Для визуализации рассчитанных данных построим диаграмму рассчитанных рейтингов вычислительных ресурсов компьютеров в классах ИВЦ и спрогнозированных экстраполяцией значений рейтингов опорных программных продуктов, условно назвав их по наименованию программного продукта и года его предположительного выпуска. Соответствующие диаграммы представлены на рис. 9 – рис. 11.

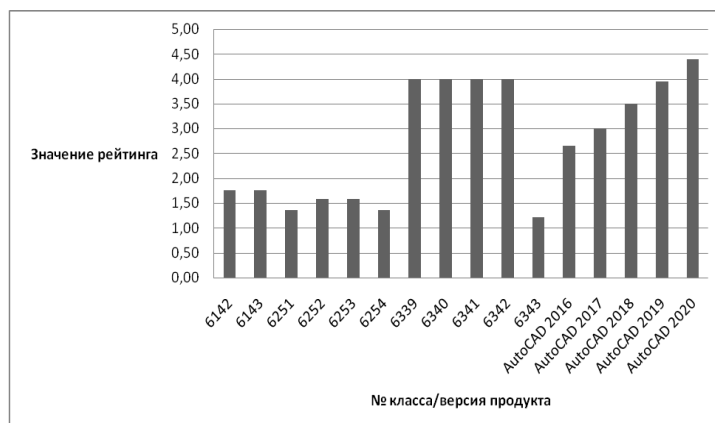


Рис. 9. Прогноз соответствия вычислительных ресурсов системным требованиям опорного продукта AutoCAD

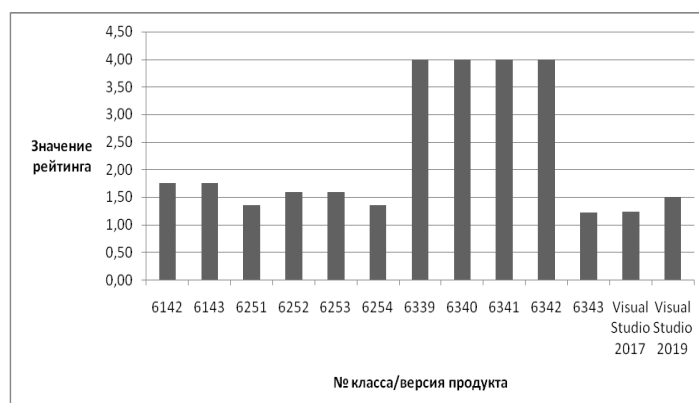


Рис. 10. Прогноз соответствия вычислительных ресурсов системным требованиям опорного продукта Visual Studio

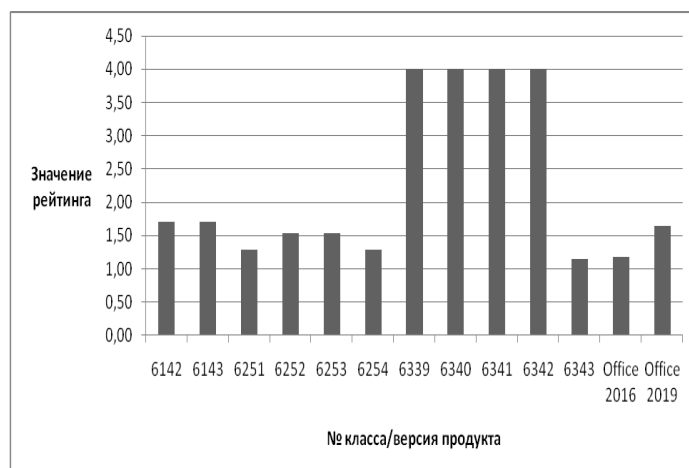


Рис. 11. Прогноз соответствия вычислительных ресурсов системным требованиям опорного продукта Microsoft Office

Выводы

На основании диаграмм, представленных на рис. 9 – рис. 11, можно сделать следующие выводы:

- По направлению обучения «Графика» требованиям текущей версии опорного программного продукта соответствуют только компьютерные классы №№ 6339 – 6342. Все остальные классы не удовлетворяют требованиям даже текущей версии. Как видно на рис.9, компьютерные классы № 6339 – 6342 способны принять на себя версии опорного продукта вплоть до 2019 года. Для принятия дальнейших версий потребуется их модернизация. Из всего вышесказанного следует, что для проведения занятий по направлению «Графика» срочная модернизация компьютерных классов не требуется.

- По направлению обучения «Программирование» все классы ИВЦ удовлетворяют текущим требованиям, однако к 2019 году компьютерные классы № 6251, 6254, 6343 уже не будут способны принять на себя версии опорного продукта Visual Studio. Как итог, в целом модернизация компьютерных классов для проведения занятий по направлению «Программирование» не требуется.

- По направлению обучения «Информатика» все классы ИВЦ удовлетворяют текущим требованиям, однако к 2020 году ряд компьютерных классов, а именно 6251, 6252, 6253, 6254, 6343 не будут способны принять на себя соответствующие версии опорного продукта. В целом, модернизация компьютерных классов в текущий момент не требуется, однако в ближайшем будущем такая необходимость может возникнуть.

- Компьютерные классы №№6339 – 6342 полностью удовлетворяют текущим требованиям по всем направлениям. В рамках рассмотрения ближайшего будущего можно говорить, что для использования этих классов в направлении обучения «Графика» модернизация потребуется только лишь в 2019 году. По остальным направлениям эти классы удовлетворяют прогнозируемым требованиям опорных программных продуктов вплоть до 2020 года.

- Компьютерные классы №6142, 6143 удовлетворяют требованиям опорных продуктов направлений «Информатика» и «Программирование» как текущим, так и вплоть до 2020 года. При использовании их в качестве классов с направлением обучения «Графика» необходима их глубокая модернизация.

- Компьютерные классы №6251-6254, 6343 удовлетворяют текущим требованиям опорных продуктов направлений «Информатика» и «Программирование», но нуждаются в модернизации, поскольку с разной степенью, но не удовлетворяют прогнозируемым условиям. При использовании их в качестве классов с направлением обучения «Графика» необходима их глубокая модернизация.

Предложенная рейтинговая оценка вычислительных ресурсов при систематической её реализации позволяет осуществить постоянный мониторинг вычислительных ресурсов подразделений университета.

Данные проведенного мониторинга позволяют принимать обоснованные расчетом организационные решения, связанные с модернизацией и перераспределением средств технического и программного обеспечения информационных технологий, предназначенных для информационной поддержки учебного процесса в вузе [8].

Библиографический список

1. **Гунин, Л.Н.** Модель внедрения ИПИ-технологий на предприятии в условиях организационных изменений и ограниченных ресурсов / Л.Н. Гунин, В.П. Хранилов // Информационные системы и технологии. ИСТ-2006: тез. докл. междунар. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород. – 2006. – С. 127.
2. **Гунин, Л.Н.** Модель внедрения ИПИ-технологий на предприятиях радиоприборостроения в условиях организационных изменений и ограниченных ресурсов: монография / Л.Н. Гунин, В.П. Хранилов. – Н.Новгород, НГТУ, 2006. – 153 с.
3. **Хранилов, В.П.** Идентификация математической модели внедрения CALS-технологий не

- предприятия радиоприборостроения / В.П. Хранилов, Л.Н. Гунин, А.В. Кашенков // Идентификация систем и задачи управления. SICPRO`12: тр. 9-й междунар. конф. / Ин-т. проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН. –М., 2012. – С. 266-278.
4. **Хранилов, В.П.** Идентификация внутренних операторов моделей управления для задач проектирования технических систем // XII всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014: сб. науч. тр. / Ин-т. проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – М., 2014. – С. 3281–3288.
 5. **Хранилов, В.П.** Многоуровневый мониторинг вычислительных ресурсов подразделений предприятия / В.П. Хранилов, Л.Н. Гунин, М.М. Егоров // Идентификация систем и задачи управления. SICPRO`06: тр. 5-й междунар. конф. / Ин-т. проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – М., 2006. – С. 979–996.
 6. **Мерзляков, И.Н.** Формализация оценки вычислительных ресурсов, используемых в учебном процессе / И.Н. Мерзляков, М.В. Ширяев, В.П. Хранилов // Информационные системы и технологии. ИСТ-2006: тез. докл. междунар. конф. / НГТУ им. Р.Е. Алесеева. – Н. Новгород, 2006. – С. 136.
 7. **Мерзляков, И.Н.** Рейтинговая оценка вычислительных ресурсов учебных структурных подразделений вуза / И.Н. Мерзляков, М.В. Ширяев, В.П. Хранилов // Информационные системы и технологии. ИСТ-2006: тез. докл. междунар. конф. / НГТУ им. Р.Е. Алесеева.–Н.Новгород, 2006. С.137.
 8. **Баранов, В.Г.** Методы проектирования информационно-управляющих и телекоммуникационных систем: монография / В.Г. Баранов [и др.]. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2016. – 216 с.

*Дата поступления
в редакцию 15.10.2016*

A.M. Labaev, Iv.D. Okhotnikov, V.P. Khranilov

MONITORING AND CONTROL COMPUTING RESOURCES TRAINING EQUIPMENT ITC NGTU UNDER IMPLEMENTATION CALS-TECHNOLOGIES

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Purpose: Development of computing resources control model in the conditions of implementation of CALS-technologies for support of educational process in high school.

Design/methodology/approach: Application of the model of computing resources and their monitoring algorithms enables the forecast of efficiency of computational tools to support the learning process and to optimize their economic parameters.

Findings: The model of interactive control information resources in the problems of development and implementation of tools CALS-technologies to support the organization of educational process in high school. Are diagrams illustrating the proposed model and algorithms of interactive computing resources.

Research limitations/implications: In order to effectively control computing resources, modernization and redistribution means hardware and software information technologies designed to support the educational process in technical universities.

Originality/value: These allow the monitoring to take reasonable expectation organizational decisions related to the control of computing resources, that is, modernization and redistribution of resources of hardware and software information technologies designed to support the educational process in technical universities.

Key words: CALS-technology, model of computing resources, the parameter space, the state space, rating, evaluation and prediction of computing resources.