

На правах рукописи

Луняшин Илья Викторович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре Информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский технический университет связи и информатики (ФГОБУ ВПО МТУСИ)

Научный руководитель: Мелихов Василий Олегович  
к.т.н., проф. кафедры Информатики  
ФГОБУ ВПО МТУСИ

Официальные оппоненты: Климанов Вячеслав Петрович  
д.т.н., проф., зам. зав. кафедрой  
Информационные системы,  
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Синицын Иван Васильевич  
к.т.н., доцент, начальник кафедры  
Специальные вычислительные комплексы,  
программное и информационное обеспечение  
АСУ ракетных войск, ФГОУ ВПО «Военная  
академия РВСН имени Петра Великого»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт проблем  
информатики РАН

Защита диссертации состоится « 19 » февраля 2015 года в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 219.001.03 по защите докторских и кандидатских диссертаций при ФГОБУ ВПО «Московский технический университет связи и информатики» по адресу: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, дом 8а, ауд. А-448.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МТУСИ

Автореферат разослан «        » декабря 2014 г.

Учёный секретарь диссертационного совета  
Д.219.001.03  
к.т.н., доцент

Ерохин С.Д.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Процессы информатизации общества не могли не сказаться на развитии систем обучения. Применение современных сетевых информационных технологий в учебном процессе во многом способствовало тому, чтобы сделать обучение максимально доступным, открытым и востребованным более широкими слоями общества. В тоже время, обучение, изначально связанное с накоплением, преобразованием и тиражированием знаний, то есть информации, самим содержанием своих целей и задач способствует развитию новых сервисов, расширению коммуникационного и информационного поля.

В условиях быстрого развития методик обучения, ключевой точкой приложения современных информационных технологий, механизмов и средств должно стать направление автоматизации информационных процессов дистанционного сетевого преподавания. Среди факторов, характеризующих своевременность такого решения на сегодняшний день можно назвать быстрое развитие глобальной сети в части расширения телекоммуникационного поля и пропускной способности каналов, возрастающую потребность в передаче объемного образовательного контента, а также рост компьютерной оснащенности в отрасли образования. Среди работ отечественных ученых, исследовавших в разное время вопросы построения дистанционного обучения (ДО) и его эффективного функционирования, необходимо отметить работы А.С. Аджемова, Т. Андерсона, В.В. Вержбицкого, А.Д. Иванникова, Д. Кигана, С.Л. Лобачева, М. Мура, А.В. Хорошилова, С.А. Щенникова и др.

С другой стороны отметим, что проведение информационных процессов дистанционного обучения связано с вопросом оптимизации сетевых ресурсов, используемых при получении и обработки образовательной информации. Результаты предварительного планирования ресурсов могут быть направлены на более эффективное использование среды передачи данных при небольшой пропускной способности. А также на решение вопроса ограничения количества одновременных пользователей (сессий) образовательного процесса, который ставят на сегодняшний день существующие системы дистанционного обучения.

Современную распределенную систему образовательного типа (РСОТ) характеризует увеличение разнообразия видов передаваемого трафика в пользу трафика мультимедийных данных, в частности широко используемых при проведении онлайн-формы дистанционного обучения. Комплексное решение задач управления образовательной системой представляет сложную проблему, связанную с разработкой научно – обоснованных методов, позволяющих обеспечивать определенный уровень сетевых ресурсов, необходимых для предоставления качественных услуг и обеспечивающих поддержку заданного качества обслуживания, администрирования и адаптивного управления.

В решение задачи анализа распределения ресурсов в сетях значительный вклад внесли отечественные и зарубежные ученые: В.М. Вишневский, Л. Клейнрок, А.Е. Кучерявый, Ю.Л. Леохин, А.П. Пшеничников, Ю.А. Семенов, В. Столлингс, В.П. Тихомиров, Э. Уилсон, Шоргин С.Я. и др.

В отличие от произвольного распределения ресурсов, в качестве частного случая можно рассмотреть организацию дистанционного обучения. Проведение информационных процессов дистанционного обучения отличает детерминированность, посекансное проведение загрузки, определенное потребление

сетевых ресурсов, что позволило использовать в качестве математической базы для решения задачи теорию расписания, основанную на трудах таких авторов как: Д.Э. Кнут, Э.Г. Коффман, Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер.

Таким образом, учитывая вышесказанное, вопрос разработки методов организации проведения информационных процессов дистанционного обучения является актуальной задачей. Дополнительной значимостью является отсутствие рассмотрения вопросов организации системы в классе теории расписания при наличии ограниченных ресурсов. Исследования, направленные на создание и теоретическое обоснование указанных подходов к проблеме оптимизации сетевых ресурсов при организации образовательного процесса актуальны как в настоящее время, так и на обозримую перспективу развития образовательных систем.

**Объектом исследования** является информационный процесс дистанционного обучения, проводимый в образовательной системе.

**Предметом исследования** являются модели динамической организации распределения сетевых ресурсов в связи с трансляцией трафика данных при проведении дистанционного обучения.

**Цель работы и задачи исследования.** Целью настоящей диссертационной работы является разработка методов формирования рациональной организации проведения информационных процессов дистанционного обучения, позволяющих планировать загрузку технических средств распределенной образовательной системы и оценивать эффективность динамической организации образовательного процесса.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведен анализ построения информационного процесса дистанционного обучения, учитывающий детерминированный характер трансляции образовательного контента по каналам образовательной системы;
- разработана новая математическая постановка задачи формирования динамической организации информационного процесса дистанционного обучения, учитывающая ресурсные ограничения образовательной системы и поэлементную трансляцию образовательных данных;
- разработаны модели и методы формирования динамической организации информационного процесса дистанционного обучения;
- разработаны программные средства формирования и оценки динамической организации информационного процесса дистанционного обучения;
- составлена методика рационального планирования динамической организации информационного процесса дистанционного обучения;
- произведены имитационные эксперименты оценки полученных в диссертационной работе результатов.

**Методы исследования.** Основными методами исследования, использованными в работе, стали системный анализ, методы теории расписаний, математическое и имитационное моделирование, а также оптимизация и разделы численных методов решения нелинейных уравнений и систем.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается использованием строгих и апробированных математических методов исследования, соответствием результатов имитационного моделирования выдвигаемым положениям.

**Научная новизна результатов.**

1. Дана формализация информационного процесса проведения ДО, состоящего из множества работ, задающихся методистом, каждая из которых предназначена для конкретного исполнителя и характеризующаяся определенной ресурсопотребностью.

При этом информационное описание дополняется управляющим описанием, устанавливающим последовательность операций, связанных с выполнением работ техническими средствами РСОТ.

2. Разработаны новые модели динамической организации информационного процесса ДО, учитывающие смешанную загрузку каналов связи образовательной системы приоритетным и неприоритетным трафиком. С помощью разработанных имитационных моделей динамической организации ДО исследована задача планирования загрузки технических средств РСОТ.

3. Предложены новые методы рационального формирования посеансной загрузки каналов связи при проведении ДО, повышающее загрузку технических средств РСОТ. Определена эффективность приближенных методов в плане минимизации общей продолжительности информационного процесса ДО и суммарных простоев технических средств. Построены диаграммы изменения продолжительности реализации процесса ДО и объема простоев канала связи в зависимости от пропускной способности и доли прерываемых работ.

4. Получены результаты в части минимизации полного времени реализации всей совокупности курсов ДО. Необходимо, чтобы исполняемая система заданий обладала такой древовидной структурой, при которой к концу информационного процесса ДО общий вес работ, относящихся к одному уровню возрастал, а последовательность наибольших по весу работ в каждом уровне - убывала.

5. Предложены и разработаны программно-алгоритмические средства формирования динамической организации ДО. Обосновано, что разработка программного обеспечения должна осуществляться для автоматизации процессов планирования и управления ходом реализации ДО и для проведения множественного эксперимента, направленного на оценку возможностей предлагаемых методов рационального проектирования динамической организации информационного процесса ДО.

**Личный вклад.** Все основные научные положения и выводы, составляющие содержание диссертации, получены автором лично.

**Практическая ценность и реализация результатов работы.** Практическая ценность работы определяется тем, что результаты исследований могут быть использованы при проектировании и оценке эффективности постановки ДО и характеристик реализующей процесс РСОТ. Разработка автоматизированного программного комплекса планирования информационного процесса ДО и загрузки каналов РСОТ может быть использована в составе средств автоматизированного рабочего места (АРМ) разработчика образовательного Web - портала.

Результаты диссертационной работы использованы в системе дистанционного обучения на технологической платформе ФГОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России» и в составе инструментальных средств образовательного Web – портала МТУСИ. Отдельные результаты диссертации использованы в учебном процессе кафедры вычислительной математики и программирования МТУСИ. Реализация результатов работы подтверждена соответствующими актами.

**Апробация результатов работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 64 и 65 научных сессиях РНТОРЭС им. А.С. Попова (Москва, 2009, 2010 гг.), на третьей, четвертой и пятой Московских отраслевых научно-технических конференциях «Технологии информационного общества» (Москва, 2009, 2010, 2011 гг.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 3 работы в рецензируемых научных журналах и изданиях, внесенных в перечень журналов и изданий утвержденных ВАК.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Представленная модель динамического распределения трафика, сопутствующего дистанционной реализации занятий по каналам РСОТ, может использоваться для повышения эффективности реализации информационного процесса проведения ДО, состоящего из множества работ.
2. Предложенный подход обеспечивает расширение рациональной (ресурсобуловленной) загрузки одного канала на случай совместного распределения неупорядоченной совокупности непрерываемых и прерываемых работ, без изменения продолжительности исполнения информационного процесса ДО в целом.
3. Разработанные методы рационального построения посеанской ресурсобуловленной динамической организации исполнения работ, минимизируют полное время проведения информационного процесса ДО и повышают занятость сетевых ресурсов РСОТ.
4. Представленные программные средства проведения множественного эксперимента дают возможность охарактеризовать изменение эффективности динамической организации информационного процесса ДО при изменении параметров задачи: ресурсоемкости каналов, ресурсопотребности работ, способа их отбора и т.д.
5. Разработанная методика позволяет проводить рациональное планирование организации информационного процесса ДО.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 165 страниц машинописного текста, 39 рисунков, 19 таблиц. Список литературы включает в себя 101 наименование.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснован выбор темы диссертации, ее актуальность и новизна достигнутых результатов, сформулированы цели и задачи научной работы, перечислены методы исследования, определена общая структура и объем, а также приведены данные об апробации и основные приложения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приводятся результаты исследования организационно-технических принципов, конструктивных особенностей, средств и механизмов построения информационного процесса ДО в образовательной системе. Производится выделение состава, организационно-технических средств сопровождения ДО и анализ архитектурных составляющих. Определяется содержание и назначение задачи формирования организации управления трансляцией учебной информации в реальном времени.

Сопоставлены оффлайновые и онлайнные формы проведения дистанционного обучения. Более ранние оффлайновые системы ДО в методическом плане реализуют подход расширения технологий заочного преподавания. Используя РСОТ как среду для передачи данных и расширяя возможности обучения за счет электронной почты и чатов, оффлайновые ДО требуют от преподавателя специальной методической переработки дисциплины, а от студента – высокой мотивации. Онлайнные системы, формируемые исключительно на основе сетевой технологии, могут рассматриваться как переложение очной методики.

В работе особое внимание уделяется особенностям представления и передачи информации при онлайн-овом ДО, где используются различные технические средства, состоящие, как и из отдельных устройств, так и многофункциональных комплексов. Рациональная загрузка данных средств в настоящее время является одной из ключевых проблем эффективной организации и функционирования любых сетевых приложений.

Для исследования поставленных задач, в работе были выделены основные вопросы сопровождения информационного процесса ДО, включающие:

1. Формирование программно - аппаратного комплекса подготовки и создания курсов ДО.
2. Управление проведением ДО по каналам передачи данных.

В общем случае построение программно - аппаратного комплекса, представляет собой организационно - техническую задачу, по отношению к которой выбор способа воспроизведения онлайн-ового ДО, связан с решением мало изученной задачи формирования организации управления трансляцией учебной информации в реальном времени.

В организационном плане формирования программно - аппаратного комплекса подготовки и создания курсов ДО связано с проблемой формирования корпоративного портала, предназначенного для реализации образовательной деятельности в глобальной сети. В составе такого портала условно можно выделить три основных функциональных слоя, определяющих эффективность его функционирования:

- слой интерфейсов (коммуникационный слой), устанавливающий выразительные возможности портала в части получения, переработки и воспроизведения образовательной информации определенного вида;
- слой базовой инфраструктуры (сетевой слой), содержащий базовые сервисы, реализующие работу с сетью Интернет, почтой, видеоконференцией, управление транзакциями пересылки данных; а также поддержку систем безопасности, службы администрирования и др.;
- слой интеграции приложений (функциональный слой), отвечающий за содержательную часть деятельности портала.

Так как построение информационного процесса ДО основывается на клиент/серверной организации информационных ресурсов системы (при которой процесс обработки данных, протекающий между клиентом и порталом ДО, становится централизованным), то содержательное управление контентом портала ДО состоит, во-первых, в регулировании функционирования сервера приложений и, во-вторых, в определении моментов (очередности) информационного обмена, исходя из вида и объемов передаваемой информации в сопоставлении с текущей загруженностью технических средств (каналов РСОТ), занятых в обеспечении соответствующего информационного обмена.

Задача управления организацией и контролем над трансляцией учебной информации является трудоемкой, так как характеристики каналов связи могут меняться в зависимости от территориального расположения учащихся и их технических возможностей. Поэтому предварительное проведение анализа возможных вариантов распределения текущей пропускной способности каналов связи с учетом качественных и количественных характеристик цифровых учебных материалов является принципиально важным этапом, предваряющим трансляцию информационного процесса ДО.

В связи с этим, формулируется вывод о необходимости предварительного планирования распределения сетевых ресурсов при совместной передаче определенных объемов приоритетного и не приоритетного трафика, в ходе реализации прерываемых и непрерываемых учебных работ. Реализацией такого плана могло бы стать упреждающее резервирование определенных каналов и/или приоритизация определенного трафика.

Во второй главе устанавливается набор средств исследования реализации сетевого ДО и уточняется состав показателей эффективности организации информационного процесса ДО. Выполняется формализация информационных и управляющих процессов, связанных с функционированием РСОТ и выделяется состав характеристик, влияющих на проведения ДО в глобальной сети.

Распределенная система образовательного типа, направленная на создание условий по расширению научного потенциала института представлена на рисунке 1. Функционирование данной системы включает в себя передачу образовательного контента между центром ДО и конечными пользователями.

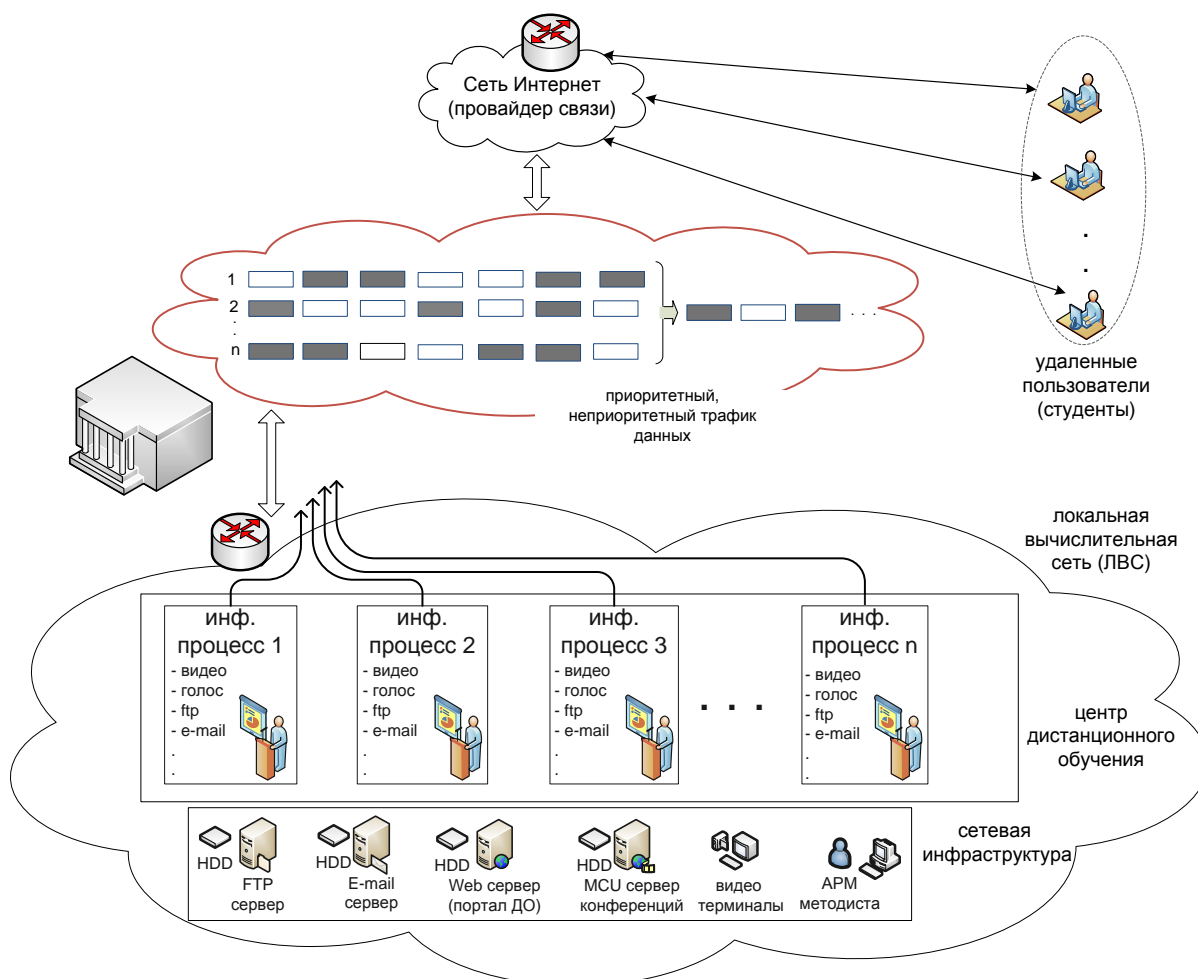


Рис. 1. Распределенная система образовательного типа

Основными составляющими организации информационного процесса ДО являются задание порядка проведения занятий по каждой из дисциплин ДО, количество студентов, занимающихся по дисциплинам, а также значения производительности (ресурсоемкости) сетевых технических средств РСОТ. Показатели загруженности технических средств могут характеризовать достаточность РСОТ для поставленных задач.



Вместе с тем, сложность и многопараметричность организационного построения системы, реализующей сетевой процесс ДО, делают необходимым использование моделирования для исследования эффективности предлагаемых решений. В работе для этих целей предлагается построить систему имитационного моделирования, которая была бы способна в темпе работы программы имитации воспроизвести (в виде процесса смены событий) поведение объекта за определенный период времени.

Для исследования выделены три основные проблемы, возникающие при построении имитационного эксперимента, направленного на оценку эффективности динамической организации информационного процесса ДО в РСОТ (рис. 2). Это:

- задача планирования учебной нагрузки на основе информации о параметрах используемых технических средств и составе (качественном и количественном) пользователей РСОТ;
- задача определения количества активных сессий – пользователей системы ДО, на основе информации о параметрах используемых технических средств и знания режимов эксплуатации системы;
- задача планирования состава технических компонент РСОТ, исходя из знания режимов эксплуатации системы, а также качественного и количественного состава пользователей РСОТ.

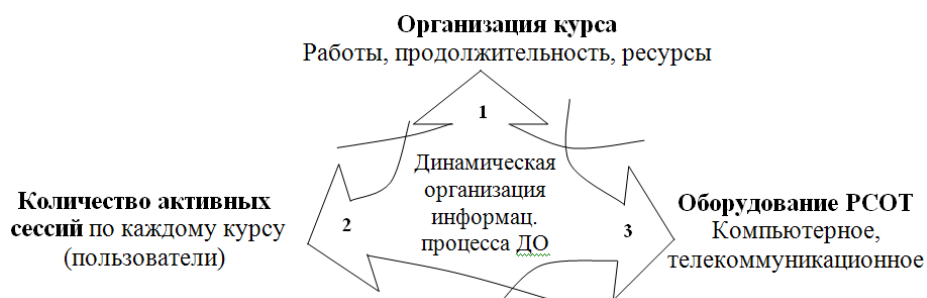


Рис. 2. Взаимосвязь задач, определяющих организацию информационного процесса ДО

Предполагается, что информационное описание курсов ДО (и для реальной системы и при подготовке рабочей модели) задается методистом ДО в виде множества работ, каждая из которых предназначена для конкретного исполнителя (студента или группы), характеризуется определенной ресурсопотребностью, а также единообразным видом образовательного взаимодействия, компьютерной и сетевой поддержки.

При параллельном выполнении нескольких курсов ДО в мультисервисной сети РСОТ из-за разнообразия и "конкуренции работ" за соответствующие ресурсы технических средств (как в реальной системе ДО, так и в модели) информационное описание ДО дополняется управляющим описанием, устанавливающим очередность выполнения операций, связанных с проведением работ техническими средствами РСОТ.

То есть возникает необходимость проведения предварительного планирования сетевого трафика с учетом объема передаваемых данных и ресурсоемкости каналов. По этой причине, постановке (реальной или имитационной) информационного процесса ДО, включающей исполнение нескольких курсов, должно предшествовать исследование и разработка математических моделей, определяющих способ динамической организации ДО.

В третьей главе определяется математическая постановка задачи формирования динамической организации информационного процесса ДО, в применении к которой определяются возможности существующих подходов, и проводится исследование алгоритмической трудоемкости решений. Для задачи планирования информационного процесса ДО осуществляется разработка алгоритмических средств рационального формирования динамической организации систем с фиксированным и динамическим ресурсопотреблением.

На теоретико-множественном уровне формирование динамической организации процесса ДО, включающего прерываемые (например, низко приоритетные работы трансляции данных по ftp) и непрерываемые работы (видеоконференций) на временном интервале  $[0; T]$  предлагается описывать тремя векторными отображениями:

$$\begin{cases} \varphi: \mathfrak{J} \rightarrow \mathfrak{K}^{(s)} \\ \theta: \mathfrak{J} \times \mathfrak{K} \rightarrow [0; T]^{(s)} \\ \psi: \mathfrak{J} \times \mathfrak{K} \rightarrow \mathfrak{R}^{(s)} \end{cases}$$

В предложенной формальной математической постановке соответствие  $\varphi$  сопоставляет частично упорядоченному множеству работ – исполнителей из множества  $\mathfrak{K}$  (технических средств – каналов PCOT); соответствие  $\theta$  сопоставляет работам и их исполнителям - временные периоды из интервала  $[0; T]$ , в продолжение которых проводится реализация исполнения, а соответствие  $\psi$  - связанные с этими периодами объемы потребляемых ресурсов из множества  $\mathfrak{R}$  (согласованные с текущей ресурсоемкостью технических средств PCOT).

В терминах теории сложных систем отображение  $\varphi$ , производя назначение работы  $J_{ij}$  (j-ая работа i-ого курса) к исполнителю  $\chi_p = \varphi(J_{ij})$ , устанавливает специализацию однородных исполнителей, то есть определяет "самоорганизацию" системы.

Полагается, что каждый исполнитель  $\rho$  из множества  $\mathfrak{K}$  характеризуется набором максимальных  $[v_p^{(1)}, v_p^{(2)} \dots v_p^{(h)}]$  и в каждый момент времени  $t$  – текущих  $[V_p^{(1)}(t), V_p^{(2)}(t) \dots V_p^{(h)}(t)]$  ресурсоемкостей. Проведение любой работы  $J_{ij}$  в общем случае связано с равномерным потреблением ресурсов, использование которых для каждого вида ресурса (в том числе и для временного), устанавливается вектором  $[R_{ij}^{(1)}, R_{ij}^{(2)} \dots R_{ij}^{(h)}]$ , компоненты которого, устанавливают ресурсопотребности работы в ресурсе  $l$ :

- либо в виде значения  $R_{ij}$  - объема, необходимого для выполнения прерываемой работы в целом;
- либо в виде пары значений  $(r_{ij}^{(l)}, \tau_{ij}^{(l)})$ , выражающих соответственно интенсивность  $r_{ij}^{(l)}$  равномерного потребления ресурса, необходимого для проведения непрерываемой работы в течение  $\tau_{ij}^{(l)}$  определенного периода времени  $R_{ij}^{(l)} = r_{ij}^{(l)} \cdot \tau_{ij}^{(l)}$ .

Потребление ресурса в части непрерываемых работ можно назвать вполне определенным, так как оно задано функциональной зависимостью  $r_{ij}(t)$ . В частности для видео- или аудио - конференций потребление ресурса описывается равномерной зависимостью  $r_{ij}(t) = \frac{R_{ij}}{\tau_{ij}}$ , где  $\tau_{ij}$  - длительность сеанса.

Отображения  $\theta$  и  $\psi$  «координируют» процесс, упорядочивая выполнение работ по времени, величинами  $C_{ij} = \theta(\chi_p; J_{ij}) = \theta(\varphi(J); J)$ ,  $C_{ij} \in [0; T]$  представляющими

моменты завершения непрерываемой обработки работ, где  $C_{ij}$  - момент окончания  $s$ -ого периода выполнения прерываемой работы на процессоре  $\chi_p$  (сопровожаемого использованием соответствующей доли  $\tau_{ij} = \psi(\chi_p; J_{ij})$  временного -  $R_{ij}^{(1)}$  и других ресурсов  $R_{ij}^{(l)} l = 1..h$  в течение времени  $\tau_{ij}^{(l)}$ ).

Упрощающим решение задачи условием является принятое в системах обучения разбиение периода решения задачи на целые промежутки – сеансы с единичной продолжительностью  $\tau_{ij} = 1$ , связанные с проведением одного занятия (урока, академической пары по 45 минут и т.д.) Для непрерываемых работ показатель количества прерываний –  $s = 1$ . Эффективность динамики процесса ДО оценивается в виду оптимальности упорядоченности исполнения работ по курсам.

Если  $\{C_{ij}\}$  - совокупность моментов завершения занятий  $J_{ij} \in \mathfrak{J}$ , то в составе критериев оптимальности упорядочения обработки по времени можно рассматривать достижение целей быстродействия системы, обеспечение полноты загрузки исполнителей, сокращения среднего времени обработки работ.

Быстродействие системы обеспечивается минимизацией полного времени обработки всей совокупности курсов  $C_{max} = \max_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M} C_{ij}$ . Этим же показателем устанавливается и достижение целей обеспечения полноты загрузки исполнителей в смысле минимизации суммарных простоев или максимизации суммарного времени производительного функционирования. Сокращение среднего времени обработки заданий определяется минимизацией величины  $C_{max} \rightarrow \min$ .

Формирование динамической организации проведения курсов ДО, проведение каждого из которых связано с исполнением цепочки прерываемых и непрерываемых работ определенной ресурсопотребности, может осуществляться при фиксированной или динамической ресурсоемкости исполнителей. В первом случае сетевые ресурсы РСОТ получают разбиение на ряд разделов с заданной долей ресурсоемкости  $\forall l, p$  и  $v_p^l = v$ , используемой в каждый момент времени для проведения единственной работой. Во втором - сетевые ресурсы РСОТ распределяются между несколькими параллельно исполняемыми работами в рамках имеющейся ресурсоемкости.

При фиксированной ресурсоемкости исполнителей рациональная в плане минимизации полного времени исполнения всей совокупности заданий динамическая организация может быть построена либо с использованием "жадного алгоритма (greedy algorithm, GA)" мультипроцессорного распределения, когда «очередная по списку работа назначается к исполнителю (процессору) с наименьшей текущей загрузкой», либо путем распределения работ между разделами по стратегии "критического пути" (path critical, CP), когда приоритетом исполнения пользуется та работа, вслед за которой предполагается исполнение наибольшей по количеству (и/или по временному ресурсу) цепочки работ. Так как предполагается, что максимальное ресурсопотребление каждого из курсов не превосходит ресурсоемкости исполнителя  $\forall i, j$ , то  $v \geq R_{ij}^{(l)}$ , то продолжительность каждого из них формируется из единичных  $\tau_{ij} = 1$  продолжительностей сеансов непрерываемых работ и вычисляемых продолжительностей  $\frac{R_{ij}}{v}$  - прерываемых. Общим недостатком таких организаций становятся потери непроизводительного использования ресурсов на каждом сеансе, связанные с некратностью продолжительности сеансов и ресурсоемкости с ресурсопотребностью соответственно прерываемых и непрерываемых работ:

$$\sum_{1 \leq j \leq N} \left( \sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq n_i} j\text{-непрерываемые} (v - R_{ij}) + \sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq n_i} j\text{-прерываемые} \left(1 - \left\lfloor \frac{R_{ij}}{v} \right\rfloor\right) \right).$$

Для построения организации ДО (при фиксированной ресурсоемкости исполнителей), лишенной непроизводительных простоев в части прерываемых работ, был выведен полиномиальный алгоритм, формирующий частично синхронизированное исполнение и характеризующийся рациональным показателем  $C_{max} = \sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq n} \rho(ij)$ , где

$$\rho(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{непрерываемая работа} \\ R_{ij}/v, & \text{прерываемая работа} \end{cases}$$

Ресурсообусловленное построение оптимальной динамической организации имеет полиномиальное по трудоемкости решение только в частных случаях загрузки исполнителя с неограниченной ресурсоемкостью или при загрузке совокупности прерываемых работ. Решение задачи оказывается переборной проблемой даже для случая загрузки совокупности, состоящей из одних непрерываемых и неупорядоченных работ. Данный подход может быть рассмотрен в случае ограниченной ресурсоемкости исполнителя, при этом построение рациональной организации может быть осуществлено с помощью одной из приближенных стратегий так называемой контейнерной загрузки, когда очередная работа из произвольного списка работ назначается:

- к исполнителю с минимальным номером среди исполнителей, текущая загрузка которых достаточна для выполнения задания  $\forall l, V_p^{(l)}(t) \geq r_{ij}^{(l)}$  (first-fit, *FF*) или когда назначение производится из списка работ упорядоченного по не возрастанию ресурсопотребностей (first-fit-decreasing, *FFD*);
- к исполнителю с минимальной текущей емкостью достаточных ресурсов (best-fit, *BF*) или когда назначение производится из списка работ упорядоченного по не возрастанию ресурсопотребностей (best-fit-decreasing, *BFD*).

В работе возможности контейнерной загрузки были расширены на случай совместного распределения непрерываемых работ и некоторой (зависящей от суммарной ресурсопотребности непрерываемых работ) доли прерываемых работ, добавление которых не изменяет продолжительность исполнения информационного процесса ДО в целом. Для совокупности работ, в которой для отношения суммарной ресурсопотребности прерываемых работ к ресурсопотребности непрерываемых выполняется условие

$$\frac{\sum_{i\text{-прерыв}} R_i}{\sum_{i\text{-непрерыв}} R_i} \geq (k - 1)$$

при большом количестве работ существует рациональный план, включающий в приближенно построенную (по одной из стратегий *FF*, *BF*, *FFD*, *BFD*) загрузку непрерываемых работ остальные прерываемые работы. Показатель  $k$  выражает асимптотическое поведение описанных процедур (стратегий), при всевозможных списках объемов работ, характеризующихся принадлежностью величины  $R_i$  к определенному интервалу  $h$  (отношению максимального объема ресурсов, необходимых для выполнения работы к предельному значению ресурсоемкости исполнителя), выраженному в долях от  $v$ . В терминах задачи теории расписаний при наличии дополнительных ресурсов, оценки  $k$  более точно вычисляются как функции

наибольшей потребности в ресурсах. Рекомендуемая доля прерываемых работ от объема непрерываемых приведена в таблице 1.

Таблица 1. Рекомендуемая доля прерываемых работ

Списочная стратегия	Интервал $h = \frac{\max R_i}{v}$	Оценка $k$	Рекомендуемая доля прерываемых работ от объема непрерываемых
<b><i>FF u BF</i></b>	(1/2 ; 1 ]	17/10	7/10
	( 0 ; 1/2]	1+h	1/2
<b><i>FFD u BFD</i></b>	(1/2 ; 1 ]	11/9	2/9
	(8/29; 1/2]	71/60	11/60
	(1/4 ;8/29]	7/6	1/6
	(1/5 ; 1/4]	23/20	3/20
	( 0 ; 1/5]	1+h	1/5

В исследовании представлен новая приближенная стратегия мультиконтейнерной загрузки, где позиции расписания исполнителя рассматриваются как мультипроцессор, между  $m$  компонентами которого производится распределение ресурсопотребности работ. Загрузка очередной работы происходит в наименее загруженный контейнер.

При построении организации выполнения работ, руководствуясь стратегией мультиконтейнерной загрузки непрерываемых работ, дополнительно, при том же значении показателя полного времени завершения загрузки, загружаемый состав можно расширить прерываемыми работами на величину:

$$W = M_c \cdot v - V \leq \frac{R \cdot (V - v)}{v - R} \quad M_c \geq \frac{V - R}{v - R}$$

где  $W$  – суммарный объем прерываемых работ,  $V$ - суммарная ресурсопотребность непрерываемых работ,  $M_c$  – верхняя граница числа контейнеров для непрерываемых работ,  $R$  – работа с максимальной ресурсопотребностью,  $v$  – ресурсоемкость исполнителя.

При предварительном упорядочении непрерываемых работ по не возрастанию показатель  $M_c$ , позволяющий в данном случае получить более точные соотношения при мультиконтейнерной загрузке, определяется как:

$$M_{cu} \geq \frac{2V + \sqrt{4V^2 - 3vV}}{3v}$$

В части формирования организации совокупности упорядоченных работ, при исполнителе с ограниченной ресурсоемкостью, могут быть использованы известные стратегии приближенной загрузки. Если в своей совокупности подлежащие выполнению учебные курсы существенно различаются по количеству занятий (работ), то с позиций критерия минимизации максимального времени завершения работ в системе –  $C_{max} \rightarrow \min$  более эффективным является формирование загрузки

из списка (согласно рис. 3), полученного на основе упорядочения по стратегии «критического пути» (рис.4).

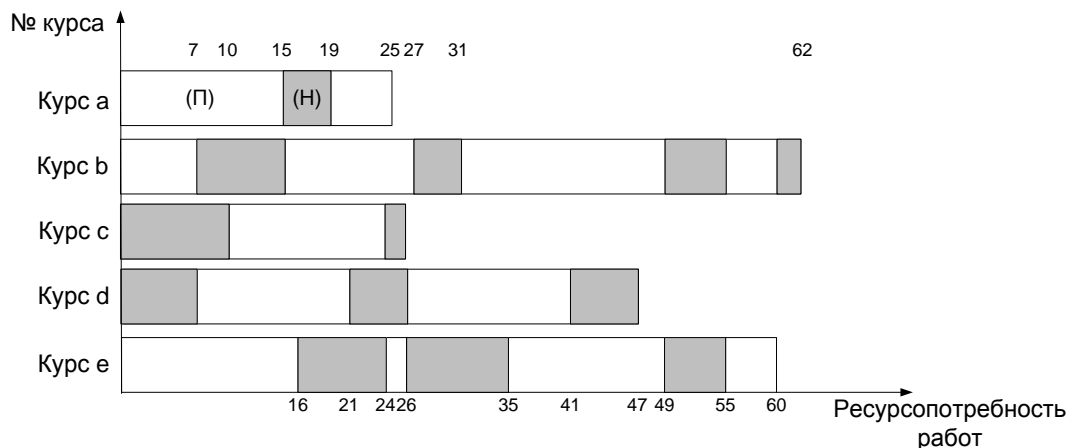


Рис. 3. Представление структуры курсов обучения в виде совокупности прерываемых и непрерываемых работ



Рис. 4. Организация загрузки смешанной совокупности работ по стратегии СР

Наоборот, при наличии курсов одинаковых по количеству работ, более эффективным является формирование загрузки из списка, полученного на основе упорядочения по «жадной» стратегии загрузки (рис. 5).



Рис. 5. Организация загрузки смешанной совокупности работ по стратегии ГА

Для общего случая древовидного упорядочивания работ эффективное формирование динамической организации информационного процесса ДО предлагается осуществлять посредством диспетчеризации подмножества доступных работ (например, относящихся к одному ярусу дерева при проведении синхронной

загрузки) с последующим распределением работ по одной из списочных стратегий. Для характеристики множества курсов ДО были введены показатели соответствующего дерева работ:

- $S_i$  – общий вес (трудоемкость) работ относящихся к единому уровню дерева;
- $R_i$  – объем работ наибольших по весу в  $i$ -ом уровне.

В работе показано, что для минимизации полного времени реализации всей совокупности курсов ДО при мультиконтейнерном построении по одной из списочных процедур ресурсообусловленной динамической организации, необходимо, чтобы исполняемая система заданий обладала такой (древовидной) структурой, при которой к концу процесса ДО общий вес работ, относящихся к одному уровню (то есть отстоящих от начала на одинаковое количество работ) - возрастал  $\{S_i\} \uparrow$  (не убывал), а последовательность наибольших по весу работ в каждом уровне - убывала  $\{R_i\} \downarrow$  (не возрастала).

В четвертой главе осуществляется формирование программных средств разработки и исследования организации информационного процесса ДО. Разработка программного обеспечения инструментальных средств формирования и моделирования организации информационного процесса ДО осуществляется, во-первых, для автоматизации процессов планирования и управления ходом реализации образовательного процесса в составе средств АРМ разработчика и, во-вторых, для проведения множественного эксперимента, направленного на оценку предлагаемых методов рационального проектирования динамической организации информационного процесса ДО.

Программное обеспечение формирования оценки качества динамической организации информационного процесса ДО в ходе множественного имитационного эксперимента разрабатывается в среде MS Access, поддерживающей работу с диалектом VBA (Visual Basic for Applications), а также язык работы с данными SQL (Structured Query Language). Стартовая форма программной системы постановки имитационного эксперимента, направленного на определение возможностей предложенных рациональных стратегий упорядочения прохождения работ ДО приведена на рисунке 6.

300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)
149 (П)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)
145 (П)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	149 (П)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)
139 (П)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)	145 (П)	300 (Н)	146 (П)	300 (Н)	300 (Н)	300 (Н)
116 (П)	147 (П)	300 (Н)	149 (П)	300 (Н)	300 (Н)	149 (П)	136 (П)	300 (Н)	145 (П)	119 (П)	144 (П)		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300	300	9	55	300	300	300	300	300	300	300	300
149	82	116		147	66	87			132	30	
63	130	115		65	119	110			80		
		111			27						
		111									
		50									

Рис. 6. Стартовая форма программной системы постановки имитационного эксперимента

Выбор средств разработки продиктован необходимостью проведения достаточно большого объема информационных преобразований, направленных на упорядочение загружаемых работ в список, отражающий очередность загрузки работ с учетом используемого режима и стратегий, а также связан с представлением результатов в наиболее наглядной графической форме.

Имитационный комплекс поддерживает режимы формирования динамической организации ДО с:

- синхронной загрузкой работ (когда работы следующего яруса упорядочения не начинаются до завершения исполнения работ из предыдущего яруса);
- ограниченно асинхронной загрузкой (требование поярусной обработки отсутствует);
- формирования мультиконтейнерной загрузки «от начала к концу» и «конца к началу».

При подготовке имитационного эксперимента, цепочки курсов, состоящие из учебных работ, формируются на заданную длину из непрерываемых работ и прерываемых работ (с ресурсопотребностью определяемой в единицах производительности Кбит на весь сеанс, выбираемой случайным образом относительно заданной базовой величины). Случайно формируемая часть прерываемой работы бралась в пределах 20% к базовой величине. Назначение типа работы в цепочках курсов происходит полностью либо частично случайно. Например, путем попеременного чередования типов работ, где тип первой работы в каждом курсе (цепочке) определяется случайно с заданной вероятностью.

Ресурсоемкость канала (каналов) РСОТ на каждом сеансе выбирается из списка, который в эксперименте варьируется в пределах от 512 Кбит/с до 2048 Кбит/с. При этом базовые значения объемов прерываемых работ также изменяются в диапазоне от 100 Кбит/с до 700 Кбит/с. На каждом сеансе загрузка непрерываемой работы, если это возможно, производится целиком на один канал или не производится. Загрузка прерываемых работ производится полностью (если установлен режим «с избытком») либо частично (если установлен режим «с недостатком»), на один, либо на несколько каналов (при мультиконтейнерном режиме загрузки).

Работоспособность построенного программного обеспечение исследовалась в применении к задаче проведения имитационного эксперимента, направленного на выделение особенностей использования предложенных рациональных стратегий при различном составе учебных работ и различной ресурсоемкости каналов РСОТ.

Результаты экспериментов формировались для базовых стратегий рациональной загрузки канала по показателям полного времени завершения и суммарных простоев. В ходе каждого множественного эксперимента рассматривалось 49 вариантов организации, различающихся различной производительностью каналов и ресурсопотребностью прерываемых работ. Также были получены результаты при организации загрузки работ без упорядочения, то есть попеременной загрузки прерываемой и непрерываемой работы.

Результаты эксперимента 1 отражают изменения продолжительности реализации информационного процесса ДО, формируемого различными способами и для различной конфигурации технических средств. Результаты продолжительности образовательного процесса, состоящего из 10 курсов по 7 работ, представлены на рисунке 7а. Показатель продолжительности исполнения процесса ДО измерялся в сеансах единичной длины.



Построение динамической организации информационного процесса ДО проводилось с помощью различных приближенных методов, реализующих списочные стратегии:

- 1) «Большие (по ресурсопотребности) работы – вперед»;
- 2) «Вперед работы с большим (по ресурсопотребности в рамках курса) продолжением»;
- 3) «Большие (по ресурсопотребности) непрерываемые работы – вперед».

Второй метод загрузки оказывается предпочтительнее в части продолжительности формируемого процесса ДО, особенно при меньшей пропускной способности канала.

Эксперимент 2 отражает зависимости показателя «Продолжительности реализации информационного процесса ДО» от количества учебных курсов. Формирование динамической организации осуществляется для процессов, состоящих из различного числа курсов. Организация формировалась с использованием перечисленных списочных стратегий при различной конфигурации технических средств и различной ресурсопотребности прерываемых работ.

Эксперимент 3 аналогичен по постановке второму, но состоит в исследовании зависимости показателя «Суммарные простои информационного процесса ДО», в связи с реализацией множественного эксперимента формирования организации процессов с различным количеством учебных курсов и проведением загрузки различными методами. Эксперимент показывает, что при одинаковых объемах трафика суммарные простои (непроизводительное использование сетевых ресурсов), связанные с исполнением ДО существенно зависят от конкретных значений ресурсоемкости каналов.

Так, при любом способе упорядочения работ наименьшие суммарные простои возникали в зоне "хорошей укладываемости работ" (кратности ресурсопотребности работ и ресурсоемкости канала), которая для множественного эксперимента равнялась ресурсоемкости в диапазоне значений в 768 - 1024 Кбит/сек (рис.76). Наиболее четко, связанный с эффектом «укладываемости», фактор проявляется при малой рабочей нагрузке при первом и третьем методе.

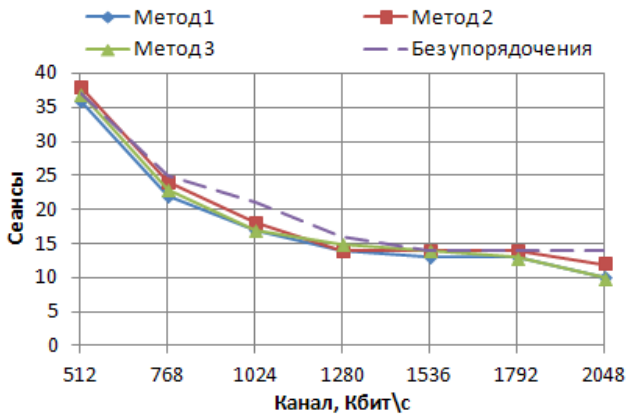
В наиболее эффективном по рассматриваемому показателю методе 2, кроме действия первого фактора, весомо сказывается второй фактор ресурсопотребности прерываемых работ, у которых большее базовое значение обеспечивает меньшие суммарные простои. Действие этого же фактора проявляется и в методе 3, но при малой ресурсоемкости канала.

Для метода 2 снижение показателя «Суммарных простоев» возникает при хорошей «укладываемости» и при большей ресурсопотребности прерываемых работ.

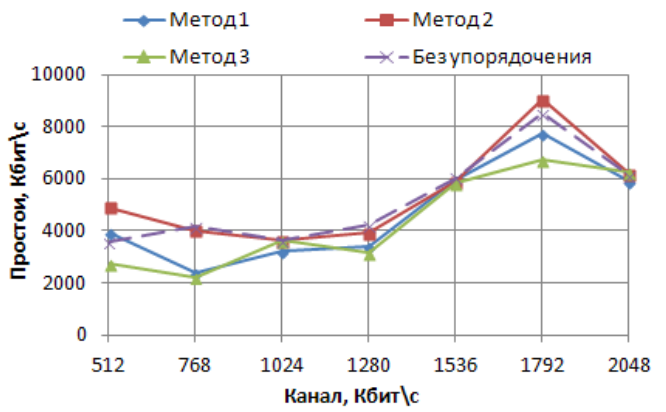
Однако метод имеет большие суммарные простои при большой ресурсоемкости канала и рабочей нагрузке, состоящей преимущественно из коротких курсов. Таким образом, при использовании второго метода загрузки работ, даже при небольших показателях простоя, есть возможность добавления дополнительных работ для расширения курсов ДО в целом.

В Эксперименте 4 исследуются возможности мультиконтейнерной загрузки. Проведение множественного эксперимента показало, что использование N-канальных систем, хотя и не дает N-кратного сокращения продолжительности реализации информационного процесса ДО, оказывается наиболее эффективным на каналах с ресурсоемкостью сопоставимой с ресурсопотребностью непрерываемых работ, при большой ресурсопотребности прерываемых работ и большой рабочей нагрузке.

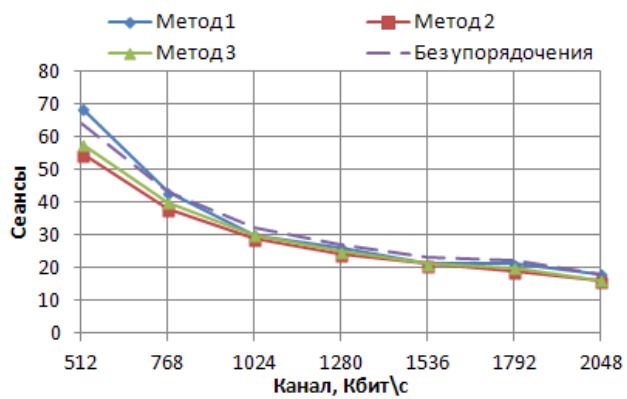
**Продолжительность, прерываемые – 100 Кбит\с**



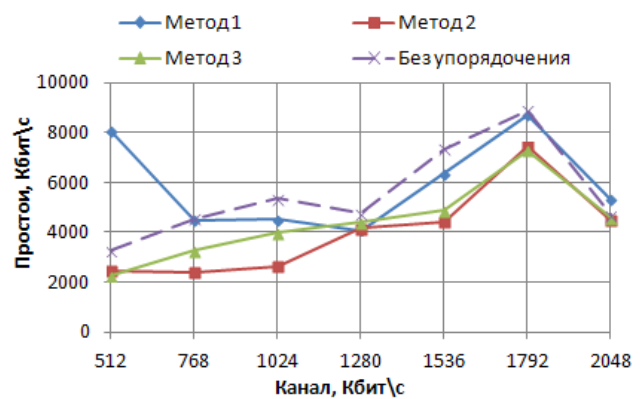
**Объем простоев, прерываемые – 100 Кбит\с**



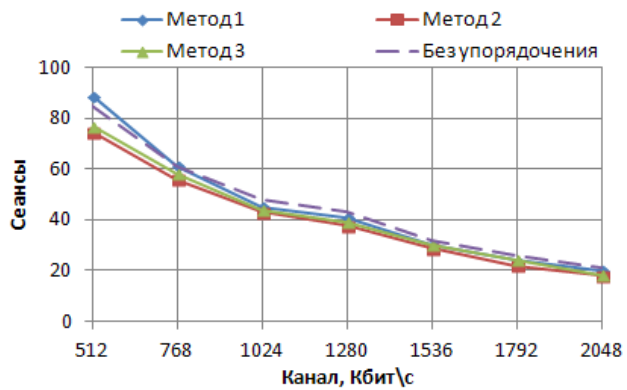
**Продолжительность, прерываемые – 400 Кбит\с**



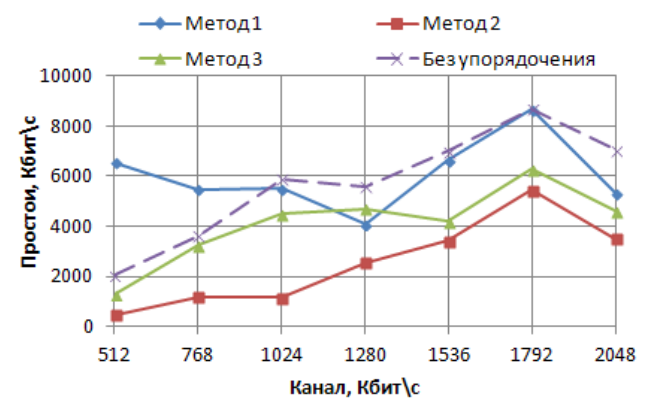
**Объем простоев, прерываемые – 400 Кбит\с**



**Продолжительность, прерываемые – 700Кбит\с**



**Объем простоев, прерываемые – 700 Кбит\с**



а)

б)

**Рис. 7. Результаты изменения продолжительности и непроизводительного использования сетевых ресурсов информационного процесса ДО**

Представленное программное обеспечение, основанное на разработанных методах, при анализе существующей сетевой инфраструктуры, позволяет провести запланированный комплекс курсов ДО, наиболее рационально используя сетевые ресурсы, что является экономически обоснованно. С другой стороны, неиспользуемая часть сетевых ресурсов может быть направлена на расширение границ образовательных курсов в целом.

В случаях, где вопрос пропускной способности не является первичным для проведения процесса обучения, результаты могут быть использованы для оценки возможностей проведения образовательного процесса, с учетом требований по количеству одновременных сессий возможных для используемой системы ДО.

Проектирование комплекса средств управления ходом реализации информационного процесса ДО осуществляется в среде разработки приложений Delphi. Вид пользовательского интерфейса инструментального комплекса показан на рисунке 8. Разработка программных средств включает подготовку ориентированных на работу с пользователем – методистом рекомендаций для проведения планирования (то есть однократного формирования плана по разным стратегиям организации) и управления информационным процессом ДО. С его помощью происходит оценка эффективности расписания трансляции курсов ДО.

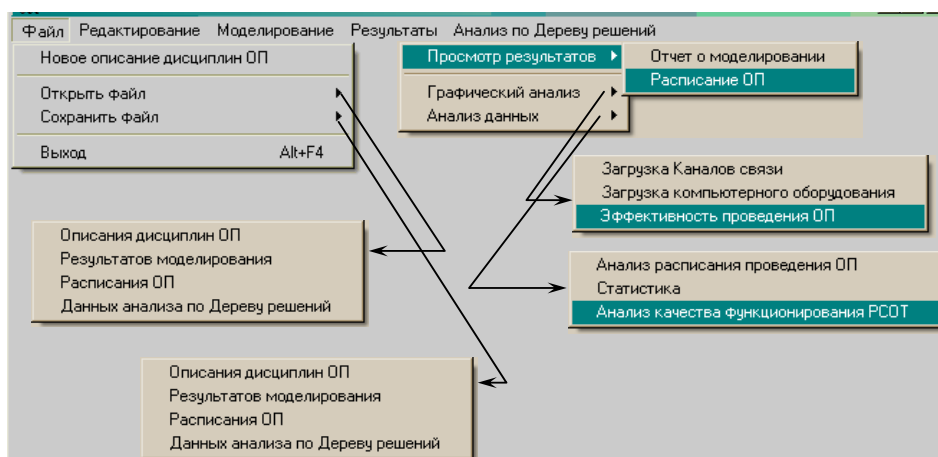


Рис.8. Вид пользовательского интерфейса инструментального комплекса

Полученные результаты позволили построить инструмент рационального планирования – методику динамической организации информационного процесса ДО, использующего различные приближенные стратегии загрузки. Методика, изображенная на рисунке 9, представлена в виде блок - схемы моделирования информационного процесса ДО и состоит из нескольких шагов.

1. Анализ существующих технических средств (базы) для организации различных форм реализации информационного процесса ДО. Использование библиотек оборудования, которые содержат нормативные данные о производительности и ресурсоемкости отдельных элементов технологического оборудования образовательной системы. Определение загрузки линий связи от института до провайдера, используемых для передачи мультисервисного трафика данных ДО. Формирование конфигурации моделируемой образовательной системы.

2. Получение\анализ планируемой учебной нагрузки ДО. Подготовка полученных данных для ввода в систему имитационного эксперимента (программных средств) в виде совокупности прерываемых и непрерываемых работ определенной ресурсопотребности. Формирование цепочки курсов ДО.

3. Выбор метода для моделирования информационного процесса ДО в соответствии с заданным типом организации системы.

4. Моделирование функционирования системы в ходе реализации информационного процесса ДО на основе выбранного метода, ресурсоемкости

используемого канала связи и совокупности загруженных работ, с использованием системы постановки имитационного эксперимента.

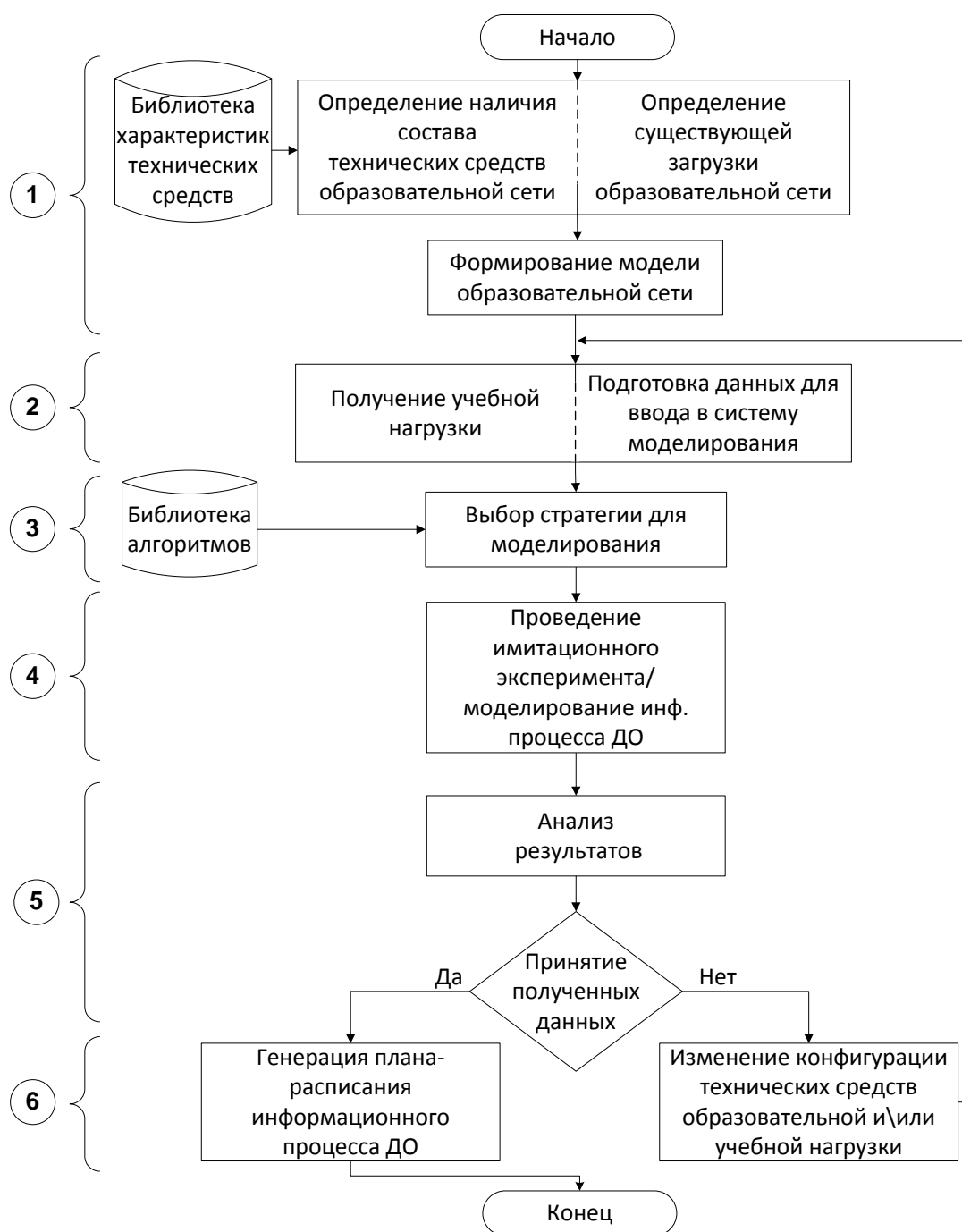


Рис. 9. Блок схема моделирования информационного процесса ДО

5. На основе полученных данных осуществляется анализ результатов. Критериями эффективности построенного расписания служат количество сеансов единичной длины, количество возможных одновременных сессий по сеансу (ручной подсчет), распределение учебной нагрузки, использование канала связи определенной ресурсоемкости.

6. Генерация плана - расписания ДО в случае принятия полученных данных (по обозначенным критериям), с использованием инструментального комплекса планирования информационного процесса ДО. В случае отрицательного результата

осуществляется повторное моделирование с учетом изменения конфигурации технических средств образовательной системы и\или учебной нагрузки.

Методика предполагает, что оператор, анализируя состав работ при определенных технических характеристиках РСОТ, осуществляет планирование их распределения, согласно стратегиям динамической организации. Если планирование удовлетворяет установленным критериям – формируется расписание ДО, иначе происходит перепланировка в целом или отдельных этапов моделирования.

В конце главы даны выводы по результатам каждого из экспериментов, включающие сравнение их эффективности, при различных условиях реализации учебного процесса.

**В заключении** представлены основные результаты и выводы.

1. Проведен анализ организации построения современного сетевого дистанционного обучения, которое в методическом плане отличает смешанная оффлайновая и онлайн-организация.
2. Предложена формализация информационного процесса проведения ДО в образовательной системе, состоящего из упорядоченного множества - цепочки работ, задающихся методистом при проведении предварительного планирования.
3. Разработана математическая постановка задачи формирования динамической организации информационного процесса ДО, сопоставляющая частично упорядоченному множеству работ  $\mathfrak{Z}$  - соответствующих исполнителей из множества  $\mathfrak{X}$  (технических средств РСОТ или участников процесса ДО); а работам и исполнителям – временных моментов исполнения  $[0;T]$  и объемы потребляемого ресурса  $\mathfrak{Y}$  (сетевой емкости каналов или загруженности обучаемых).
4. Формирование динамической организации проведения курсов ДО, состоящих из цепочки прерываемых и непрерываемых работ, (связанных соответственно с передачей неприоритетного и приоритетного трафика) рассмотрено при фиксированном или динамическом ресурсопотреблении. Показано, что при фиксированном ресурсопотреблении общим недостатком организации становятся потери непроизводительного использования ресурсов; эффективное построение динамической организации из-за высокой алгоритмической сложности оказывается возможным только с помощью приближенных списочных стратегий контейнерной (или мультиконтейнерной) загрузки.
5. Доказано, что для совокупности неупорядоченных работ возможности контейнерной загрузки канала связи могут быть распространены на случай совместного распределения непрерываемых работ и некоторой, зависящей от суммарной ресурсопотребности непрерываемых работ, доли прерываемых работ, добавление которых не изменяет продолжительность исполнения информационного процесса ДО в целом. Предложена рациональная мультиконтейнерная загрузка.
6. Доказано, что для минимизации полного времени реализации совокупности курсов ДО при рациональном мультиконтейнерном построении ресурсообусловленной динамической организации, целесообразна такая статическая организация исполняемой системы заданий, которая обладала бы древовидной структурой; к концу информационного процесса ДО общий вес работ, относящихся к одному уровню (то есть отстоящих от начала курса на одинаковое количество работ) - возрастал  $\{S_i\} \uparrow$  (не убывал), а последовательность наибольших по ресурсопотребности работ в каждом уровне - убывала  $\{R_i\} \downarrow$  (не возрастала).
7. Предложены и исследованы приближенные стратегии для динамической организации ДО. Проведены программные эксперименты, подтверждающие

работоспособность и высокую эффективность предложенных для формирования динамической организации информационного процесса ДО приближенных методов, позволившие в ходе множественного имитационного эксперимента определить условия рационального соотношения ресурсоемкости образовательной системы, отвечающей ресурсопотребностям проведения курсов ДО.

8. Разработана методика рационального планирования динамической организации информационного процесса ДО. На основе предложенных математических моделей и алгоритмов построены программные средства формирования и оценки динамической организации информационного процесса ДО, доказавшие свою работоспособность в применении к задачам планирования загрузки технических средств РСОТ и оценки возможностей предложенных методов рационального проектирования образовательного процесса.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ**

### *Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК*

1. Луняшин И.В. Анализ эффективности стратегий загрузки канала связи в ходе дистанционного образовательного процесса// Электросвязь. – 2010. – №5 . – С. 21 – 24.
2. Луняшин И.В. Инструментальные средства оперативного управления процессом дистанционного образования// Электросвязь. – 2011. – №1 . – С. 38 – 42.
3. Луняшин И.В. Оценка занятости технических ресурсов при организации дистанционного обучения// Т – Сомм – Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – №5 – С. 44 – 48

### *В других изданиях*

4. Луняшин И.В. Формирование инструментальных средств для разработки и исследования систем дистанционного образования //Т-Сомм, Выпуск по итогам 3-й отраслевой конференции «Технологии информационного общества», 2009 г. – С.96 – 98.
5. Луняшин И.В. Оптимизация загрузки канала в ходе проведения дистанционного образования // Труды 64-й Научной сессии, посвященной дню радио. РНТО РЭС им. А.С. Попова - М.: Инсвязьиздат, 2009. – С.168 –170.
6. Луняшин И.В. Оценка параметров технических средств проведения Интернет обучения // Т-Сомм, Выпуск по итогам 4-й отраслевой конференции «Технологии информационного общества», 2010 г. – С.70 – 72.
7. Луняшин И.В. Организация доставки данных в глобальных сетях // Труды 65-й Научной сессии, посвященной дню радио. РНТО РЭС им. А.С. Попова - М.: Инсвязьиздат, 2010. – С.173 –175.
8. Луняшин И.В. Принципы построения и архитектура образовательного Web - портала // Т-Сомм, Выпуск по итогам 5-й отраслевой конференции «Технологии информационного общества», 2011 г. – С. 51 – 54.