

Московский технический университет связи и информатики
(ФГОПУ ВПО МТУСИ)

На правах рукописи

Луняшин Илья Викторович

**Исследование и разработка методов организации проведения
информационных процессов дистанционного обучения**

Специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Кандидат технических наук, доцент
Мелихов Василий Олегович

Москва – 2014

Содержание

Список сокращений	5
Введение.....	6
Глава 1. Исследование организационно – технических принципов, средств и механизмов проведения информационного процесса дистанционного обучения.....	14
1.1. Исследование возможностей, организационных форм и особенностей развития технологий дистанционного обучения	15
1.2. Выделение состава конструктивных особенностей организационно-технических средств сопровождения информационного процесса ДО	18
1.2.1. Особенности представления информации в ДО	18
1.2.2. Конструктивно-технические особенности организации информационного процесса ДО в образовательной системе	22
1.2.3. Анализ архитектурных составляющих учебного портала	25
1.2.4. Анализ протоколов передачи данных при организации ДО	29
1.3. Задачи информационно-методического сопровождения ДО	32
1.4. Исследование задачи формирования организации управления трансляцией учебной информации в реальном времени	32
1.4.1. Анализ технических решений и режимов трансляции.....	32
1.4.2. Исследование подходов к организации управления трансляцией.....	35
Выводы по главе 1.....	38
Глава 2. Определение функциональных возможностей системы связи для исследования эффективности организации проведения сетевого дистанционного обучения.....	40
2.1. Выбор методологической базы исследования функционирования РСОТ и уточнение состава показателей эффективности организации информационного процесса ДО	42
2.2. Формализация информационных и управляющих процессов, связанных с функционированием РСОТ	49
2.3. Определение характеристик занятости технических средств РСОТ, влияющих на проведения ДО	59
Выводы по главе 2.....	68
Глава 3. Разработка математической модели и алгоритмических средств построения рациональной динамической организации информационного процесса ДО.....	70

3.1 Постановка задачи построения рациональной динамической организации информационного процесса ДО	70
3.1.1. Выделение составляющих динамической организации информационного процесса ДО	70
3.1.1.1. Выделение характеристик исполняемой системы заданий	70
3.1.1.2. Определение ресурсных особенностей исполняемой системы заданий	71
3.1.1.3. Выделение характеристик исполнителя	73
3.1.1.4. Определение отношений, описывающих проведение информационного процесса ДО	77
3.1.2. Определение показателей эффективности и вычислительной сложности построения модели динамической организации информационного процесса ДО	78
3.1.2.1. Исследование показателей эффективности динамической организации информационного процесса ДО	78
3.1.2.2. Анализ характеристик вычислительной сложности задачи	80
3.1.2.3. Классификация алгоритмических подходов к решению задачи	82
3.2. Исследование алгоритмических возможностей формирования динамической организации информационного процесса ДО в классе многоканальных систем без учета ресурсных ограничений	83
3.2.1. Исследование алгоритмических подходов к формированию динамической организации многоканальных исполнительных систем	83
3.2.1.1. Исследование существующих подходов к формированию оптимальной и рациональной динамической организации многоканальных систем, состоящих из идентичных исполнителей	83
3.2.1.2. Исследование подходов к формированию динамической организации систем, состоящих из нескольких специализированных исполнителей	87
3.2.2. Разработка алгоритмов формирования динамической организации проведения информационного процесса ДО в случае одинакового фиксированного ресурсопотребления работ	89
3.2.2.1. Модели с одинаковым ресурсопотреблением заданий	89
3.2.2.2. Модель с фиксированным ресурсопотреблением работ	91
3.3. Разработка алгоритмических средств формирования динамической организации процесса ДО в классе ресурсообусловленных систем	97
3.3.1. Исследование и разработка алгоритмов формирования организации исполнения упорядоченных ресурсообусловленных работ при неограниченной ресурсоемкости	98

3.3.2. Анализ результатов, связанных с построением организации исполнения неупорядоченных ресурсобусловленных непрерываемых работ	100
3.3.3. Разработка алгоритмов построения организации исполнения произвольных ресурсобусловленных работ	103
3.3.4. Исследование и разработка алгоритмов формирования организации исполнения упорядоченных ресурсобусловленных работ	109
3.3.5. Исследование характеристик системы заданий, влияющих на.....	119
эффективность формирования динамической организации.....	119
Выводы по главе 3.....	128
Глава 4. Формирование программных средств для разработки и исследования организации информационного процесса дистанционного обучения	131
4.1. Разработка общих принципов работы и архитектуры инструментальных средств моделирования.....	134
4.2. Разработка программного обеспечения инструментальных средств формирования и моделирования организации информационного процесса ДО	139
4.3. Формирование средств имитационного исследования и оценки возможностей рационального проектирования динамической организации информационного процесса ДО	140
4.4. Разработка методики рационального планирования динамической организации информационного процесса ДО.....	151
Выводы по главе 4.....	154
Заключение	156
Список использованных источников	159
Приложения	166
Приложение А	167
Приложение В.....	169
Приложение С.....	174
Приложение D	193
Приложение Е.....	197
Приложение F	204
Приложение G	206

Список сокращений

AMF	Action Message Format (протокол обмена сообщениями)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (асинхронный способ передачи данных)
CP	Critical Path (алгоритм критического пути)
FTP	File Transfer Protocol (протокол передачи файлов)
GA	Greedy Algorithm («жадный» алгоритм распределения)
HTML	Hyper Text Markup Language (язык разметки гипертекста)
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol (протокол передачи гипертекста)
IGMP	Internet Group Management Protocol (протокол управления группами Интернета)
IP	Internet Protocol (межсетевой протокол)
ISDN	Integrated Services Digital Network (цифровая сеть с интеграцией обслуживания)
MCU	Multi Conference Unit (устройство многоточечной конференции)
MFT	Multi Fixed Task (фиксированное ресурсопотребление)
MP	Multiprocessor (мультипроцессор)
MVT	Multi Variable Task (динамическое ресурсопотребление)
POP	Post Office Protocol (протокол получения сообщений электронной почты)
RSVP	Resource Reservation Protocol (протокол резервирования сетевых ресурсов)
RTMP	Real-Time Messaging Protocol (протокол обмена сообщениями)
RTP	Real-time Transport Protocol (протокол передачи трафика реального времени)
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol (простой протокол передачи почты)
TCP	Transmission Control Protocol (протокол управления передачей)
UDP	User Datagram Protocol (протокол пользовательских дейтаграмм)
VoIP	Voice over IP (передача голоса по IP протоколу)
WFQ	Weighted Fair Queuing (механизм очереди с весовыми коэффициентами)
XML	eXtensible Markup Language (расширяемый язык разметки)
АРМ	автоматизированное рабочее место
БД	база данных
ВКС	видеоконференцсвязь
ДО	дистанционное обучение
РСОТ	распределенная система образовательного типа

Введение

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 образование максимально доступным, открытым и востребованным более широкими слоями общества. В тоже время, образование, 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 [3].

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 телекоммуникационных средств и пропускной способности каналов, возрастающую потребность в передаче объемного образовательного контента, а также рост компьютерной оснащенности в отрасли образования. Среди работ отечественных и зарубежных ученых, исследовавших в разное время вопросы построения дистанционного обучения (ДО) и его эффективного функционирования, необходимо отметить работы А.С. Аджемова [3,4,5], Т. Андерсона [75], В.В. Вержбицкого [17], А.Д. Иванникова [33], Д. Кигана [87], С.Л. Лобачева [57], М. Мура [91], А.В. Хорошилова [69], С.А. Щенникова [72,73] и др.

Существуют различные термины, определяющие процесс удаленного обучения. Согласно закону РФ «Об образовании в Российской Федерации» №273-ФЗ это дистанционные образовательные технологии. Кроме этого

распространены и другие определения: дистанционное образование [42], дистанционное обучение [1], электронное обучение [2]. В дальнейшем, в работе мы будем использовать термин дистанционное обучение, под которым понимают комплекс образовательных услуг, предоставляемых широким слоям населения в стране и за рубежом с помощью специализированной информационно-образовательной среды на любом расстоянии от образовательных учреждений [5]. Диссертация посвящена решению прикладных задач, связанных с разработкой моделей, алгоритмических и программных средств формирования и оценки динамической организации проведения информационного процесса ДО в образовательной системе.

С другой стороны отметим, что проведение информационных процессов дистанционного обучения связано с вопросом оптимизации сетевых ресурсов, используемых при получении и обработке 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 [29].

Вместе с тем, расширение форм передаваемой в ходе обучения информации требует серьезного анализа производительности вузовских, а в перспективе - межвузовских распределенных систем образовательного типа (РСОТ), а также требует разработки специальных средств определения путей повышения эффективности РСОТ, разработки концепций и моделей оценки эффективности ее функционирования, согласованности ее организационно-технических ресурсов с методическими задачами.

В решение задачи анализа распределения ресурсов в сетях значительный вклад внесли отечественные и зарубежные ученые: В.М.

Вишнеvский [18], Л. Клейнрок [88], А.Е. Кучеряvый [41], Ю.Л. Леохин [43,44], А.П. Пшеничников [53], Ю.А. Семенов [55], В. Столлингс [95], В.П. Тихомиров [62], Э. Уилсон [100], Шоргин С.Я. [74] и др.

В отличие от произвольного распределения ресурсов, в качестве частного случая можно рассмотреть организацию дистанционного обучения. Проведение информационных процессов дистанционного обучения отличается детерминированностью, посекундное проведение загрузки, определенное потребление сетевых ресурсов, что позволило использовать в качестве математической базы для решения задачи теории расписания, основанную на трудах таких авторов как: Д.Э. Кнут [89], Э.Г. Коффман [39], Р.В. Конвей [38], В.Л. Максвелл [38], Л.В. Миллер [38].

Таким образом, учитывая вышесказанное, вопрос разработки методов организации проведения информационных процессов дистанционного обучения является актуальной задачей. Стоит добавить, что в настоящее время отсутствует рассмотрение организации системы в классе теории расписания при наличии ограниченных ресурсов, случай которой разобран в работе. 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, учитывающее 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 дискретную (посекундную) трансляцию образовательных данных;
- разработаны новые 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 проведенным имитационным моделированием и корректностью используемых теоретических методов и моделей.

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 методы и алгоритмы рационального формирования посекансной загрузки каналов связи при проведении ДО, повышающие 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 РСOT. Разработка автоматизированного программного комплекса планирования информационного процесса ДО и загрузки каналов РСOT 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 ведущих 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 (ресурсобусловленной) 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 посеансной ресурсобусловленной 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.

В первой главе приводятся результаты исследования организационно-технических принципов, конструктивных особенностей, средств и механизмов построения процесса ДО в образовательной системе. Проводится 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.

Во второй главе устанавливается набор средств для исследования эффективности реализации сетевого ДО и уточнения состава показателей его организации. Выполняется формализация информационных и управляющих процессов, связанных с функционированием РСОТ, и выделяется состав характеристик, влияющих на проведение информационного процесса ДО.

В третьей главе осуществляется разработка математических моделей и алгоритмов формирования рациональной динамической организации информационного процесса ДО. Для задачи получения рациональной динамической организации процесса ДО строится формальная математическая постановка и определяется метод ее решения. Проводится исследование алгоритмической трудоемкости и обзор возможностей существующих подходов к формированию динамической организации информационного процесса ДО. Выполняется разработка алгоритмических средств рационального формирования динамической организации образовательного процесса в классе систем с фиксированным и динамическим ресурсопотреблением.

В четвертой главе производится выбор системных средств разработки, а также определение архитектуры и общих принципов функционирования программных систем. Разработка программного обеспечения инструментальных средств формирования и моделирования организации процесса ДО осуществляется для системы управления в составе АРМ разработчика, а также для проведения множественного эксперимента, направленного на оценку возможностей методов рационального проектирования динамической организации информационного процесса ДО.

В заключении результаты исследования обобщаются и делаются выводы об эффективности и работоспособности предложенных моделей, методов и алгоритмов.

Глава 1. Исследование организационно – технических принципов, средств и механизмов проведения информационного процесса дистанционного обучения

Интеграция информационных сетевых технологий с системами обучения вывела процесс обучения на качественно новый уровень, реально обеспечивая преемственность и непрерывность его протекания на всех этапах – от дошкольного до послевузовского.

В современной системе образования огромную роль приобретают технологии компьютерного информационного обучения, раскрывающие новые возможности для развития творческого потенциала, индивидуальности и таланта личности. К таким технологиям относятся различного рода автоматизированные тренинги, контролирующие программы, лабораторные практикумы, тренажеры, игровые программы, предметно-ориентированные среды, учебное моделирование, деловые игры, групповые семинары, учебные примеры, психологическое тестирование и т. д. [72]. Применение информационных средств и мультимедийных технологий для наглядного, динамичного представления учебной информации существенно расширило границы выбора методики, стиля и средств обучения, позволив вплотную приблизиться к созданию научно и методически обоснованной системы базового образования на основе новых информационных технологий.

Сетевая технология ДО является наиболее перспективной, широко распространенной и быстро развивающейся, в основном благодаря появлению и постоянному развитию Интернет технологий. Технологические образовательные стандарты в области ДО, определяющие общее направление развития систем ДО, находятся в постоянном развитии. Разработка интегрированной информационной системы ДО является актуальной в современных условиях [44]. Среди эксплуатационных характеристик информационной системы ДО можно отметить: высокий уровень защиты [92], быстрый и «прозрачный» доступ к данным, обеспечивающийся за счет

более эффективного использования полосы пропускания, минимальный сетевой трафик, высокий уровень масштабируемости.

В связи с этим необходимо отметить, что современное Дистанционное обучение, построенное на технической основе компьютерных и сетевых средств и активно адаптирующее в своей среде новые информационно-образовательные технологии, по праву может рассматриваться одним из кандидатов в прототипы новой образовательной системы.

Для поддержки дистанционного обучения создаются и широко используются различные среды, платформы и порталы [11,31,32,33,57,82], обучающие и тестирующие программы [6], исследуются и разрабатываются методы и технологии организации распределенного доступа к учебным и справочным материалам [1,19,29,44,76], а также специализированные алгоритмы и методики управления процессом обучения и взаимодействия с обучаемым [5,10,43,62,72,73,76]. Однако техническая сторона вопроса, а именно проблема оптимизации сетевых ресурсов при организации образовательного процесса еще недостаточно исследована [29,77].

Результаты, полученные в данной работе, могут быть направлены на оценку:

- сетевого трафика, передающегося от образовательного института и пропускной способности канала связи;
- продолжительности организации курсов ДО в целом;
- количества пользователей системы ДО (сессий).

Таким образом, для повышения эффективности функционирования информационного процесса ДО в области распределения сетевых ресурсов необходимо разработать новые подходы и методы.

1.1. Исследование возможностей, организационных форм и особенностей развития технологий дистанционного обучения

По сравнению с любыми традиционными формами образования использование ДО позволяет вовлечь в процесс принципиально большее

количество учащихся и сделать обучения более доступным, что особенно важно для нашей страны, отличающейся большой территориальной протяженностью и существенной неравномерностью развития регионов.

Среди основных преимуществ ДО [37, 42] можно отметить:

- возможность выбора обучаемым удобного места и времени для обучения;
- возможность получения доступа к учебным курсам лиц, которые не могут получить этот доступ другими способами в силу определенных причин;
- сокращение расходов на обучение (для частных лиц - нет необходимости совершать дальние поездки, а для организаций - направлять сотрудников в командировки).

На рисунке 1.1 показано изменение учебной нагрузки студента в течение года по различным формам обучения. Высокая эффективность ДО во многом достигается благодаря высокой степени интерактивности, специфике информационных и телекоммуникационных технологий, индивидуальному планированию и организации учебного процесса [8].

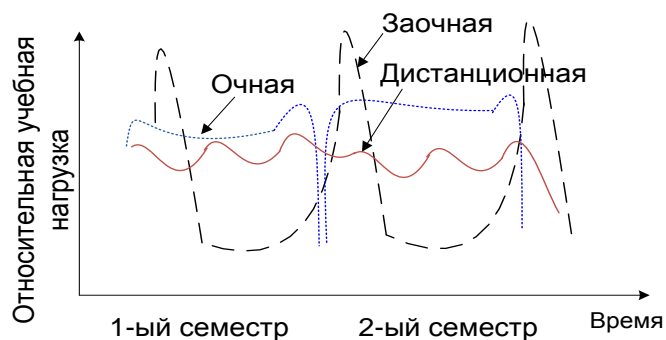


Рис. 1.1. Изменение учебной нагрузки по различным формам обучения

Существующие варианты дистанционного Интернет - обучения организуются как онлайнные (реализующие синхронное обучение), оффлайнные (асинхронное) или смешанные формы реализации информационного процесса ДО.

Оффлайнные, проходящие по запросу учебные занятия, отличаются тем что студенты обращаются на сайт в удобное для них время, где

используют (получают в записи) заранее подготовленные для них материалы – презентации, видеоролики, выполняют (аналогично обучению на заочном отделении) подготовленные задания, а также могут задать вопросы преподавателям по электронной почте или в конференции, форуме.

Онлайновые ДО системы реализуют проходящие по расписанию занятия: лекции, семинары, лабораторные работы, экзамены, зачеты, консультации и др. [76]. Схема работы онлайн-овых ДО (аналогично очному образованию) предполагает, что к назначенному времени учащиеся обращаются на соответствующий образовательный портал, где регистрируются и после чего допускаются до занятий. Проводя занятие, преподаватель в онлайн-овом режиме отвечает на вопросы "слушателей" – либо в чате, либо с помощью приложений, использующих технологий теле- или видеоконференцсвязи (ВКС).

Сравнивая онлайн-овые и оффлайн-овые ДО системы по эффективности отметим что, более ранние оффлайн-овые системы ДО в методическом плане опираются на технологии заочного преподавания. Используя образовательную систему как среду для передачи данных и расширяя возможности обучения за счет электронной почты и чатов, оффлайн-овые ДО требуют от преподавателя специальной методической переработки дисциплины, а от студента – высокой мотивации [43].

Появившиеся позднее онлайн-овые системы формируются на основе сетевой технологии. Объективно (и не только в образовании), разговор с глазу на глаз по-прежнему остается одним из наиболее действенных способов решения насущных вопросов. Необходимо сказать, что в процессе беседы существенную часть информационной нагрузки несет бессловесная часть общения, в которой 55% составляют мимика и жесты, 38% — интонация и только на 7% восприятие слушателя зависит от конкретных слов.

Вместе с тем, сопоставляя трудоемкость построения онлайнного и оффлайнного ДО, необходимо отметить, что каждая из этих форм является сложной по-своему. Так, трудоемкость онлайнных ДО во многом связана с технической реализацией, обеспечивающей адекватность переложения классического очного образования. В то время как для оффлайнных ДО принципиально важными моментами разработки становятся формирование особой методики заочного обучения, а также автоматизация и интеллектуализация функций контроля. На практике большинство проектов ДО относятся к смешанному (в той или иной пропорции) типу.

Выделяют 8 основных моделей построения организации сетевого ДО (*Приложение А*) [48]. Приведенная классификация форм организации ДО оказывается интересной по следующим соображениям.

При построении экономически дорогих проектов ДО явно прослеживается стремление к организации коллективных форм, в которых участники – различные вузы на паритетных началах формируют, обслуживают и эксплуатируют систему ДО. Очевидно, что в техническом плане указанная особенность организации ДО говорит о том, что построение средств и механизмов дистанционного образовательного процесса в образовательной системе имеет существенно распределенный характер и в общем случае техническую реализацию ДО должна осуществлять распределенная система образовательного типа.

1.2. Выделение состава конструктивных особенностей организационно-технических средств сопровождения информационного процесса ДО

1.2.1. Особенности представления информации в ДО

Рассматривая образовательный процесс как синхронный или асинхронный диалог, необходимо особо подчеркнуть важность четкого и ясного представления информации, которой обмениваются в этом диалоге

обучаемые между собой и с преподавателем (и/или учебной программой). Передаваемые при ДО данные могут быть статические и динамические.

К элементам статической (завершенной) информации в учебном процессе могут быть отнесены разные формы: текст, чертеж, формулы, таблицы, рисунок или видео-ролик. Группу динамических данных образует живая речь и мимика участников образовательного процесса, а также показания учебных систем, описывающих в ДО какой-нибудь непрерывный процесс (например, показания осциллографа).

Для точного воспроизведения статической информации автоматизированные рабочие места (АРМ) участников сетевого процесса ДО могут быть оборудованы средствами перевода графических документов в электронную форму – цифровыми сканерами. Для передачи динамической информации АРМ участников онлайн-процесса ДО должны быть оборудованы средствами аудио и видеоконференцсвязи (ВКС) [54]. На российском рынке оборудования ВКС представлено большое количество моделей терминального оборудования ведущих производителей [56,58,62]. Есть возможность выбора платного и бесплатного решения системы ДО.

В первом случае терминальные системы ВКС могут быть разделены по функциональному признаку на студийные, групповые и персональные (таб. 1.1). Студийные системы используются в ДО проектах редко, что связано с их высокой стоимостью, необходимостью использования широкополосных каналов связи и четкой регламентации сеансов. Обычно такая система объединяет главного ведущего с большой аудиторией слушателей.

В большей степени для целей ДО подходят персональные или более производительные групповые системы. Высокое качество позволяет осуществлять просмотр дополнительных приложений и групповую работу с документами. Для реализации таких систем необходимы сервер, видеотерминалы, программное обеспечение и Ethernet, ISDN, xDSL или ATM соединение.

Таблица 1.1. Характеристики систем видеоконференцсвязи

Описание	Персональные конференции	Групповые конференции	Студийные конференции
Доступная аудитория и вариант общения	Обычно диалог двух лиц	Группа с группой	Обычно один выступающий и аудитория слушателей
Пропускная способность линии	Небольшая полоса пропускания	Необходима большая производит - ть	Необходима максимальная производит - ть
Необходимое оборудование и ПО	ПО и аппаратные средства, используемые на рабочем месте; поддержка аудио и видео, микрофон, наушники, видеочамера, локальная сеть, сеть Интернет	Приобретение программного и аппаратного обеспечения; дисплей, с возможностью масштабирования изображения, ISDN или Ethernet соединение, специал. оборудование	Приобретение студийного и специал. оборудования (камера, мониторы); доступ к выделенным каналам связи с гарантированной полосой пропускания
Оптимальное применение	Для совместного интерактивного обмена информацией, групповой работы с приложениями	Для организации группового взаимодействия между удаленными группами (организация информационного процесса ДО)	Для решения задач, требующих максимума возможностей при организации обработки информации большим числом людей
Характерные продукты	Системы программно-аппаратного типа	Видеотерминалы	Специализированно е оборудование
Примеры	Polycom PVX, Radvision eConf, Tandberg Movi, Huawei OpenEye	Polycom ViewStation FX, Tandberg 550,770,880, Radvision VialIP 100	Polycom RMX 4000, Tandberg CodianMSE 8000, Radvision 5230

Для индивидуального обеспечения работы от одного до трех человек используют персональные системы. В компьютер, на базе которого развернута система ВКС, должна быть установлена плата кодека, к которой подключаются видеокамеры, микрофоны, электронные доски для отображения информации и другая периферия. Вместе с тем такое построение АРМ предполагает наличие у пользователя достаточно производительного компьютера, так как функционирование программного сопровождения ВКС в целом достаточно трудоемко. Необходимо отметить, что данные решения в большинстве требуют дополнительного приобретения клиентских лицензий на ПО и имеют ограничения по количеству одновременно подключаемых пользователей (сессий) ВКС.

Во втором случае организацию информационного процесса ДО можно решить с помощью бесплатного и свободно распространяемого программного обеспечения. Примером таких решений могут быть проекты BigBlueButton, OpenMeeting, WebHuddle. Проект BigBlueButton [11], направленный изначально на организацию удаленного обучения, организуется на базе отдельного сервера, конфигурация и технические характеристики которого определяются исходя из поставленных задач. Среди поддерживаемых функций присутствуют:

- многопользовательские аудио и видеоконференции, чат и обмен личными сообщениями;
- общий доступ к рабочему столу для практического показа работы с приложениями и ОС и загрузка презентации;
- функции рисования, виртуальная указка.

Конференции могут быть двух видов: открытые – к ним может получить доступ любой зарегистрированный пользователь; закрытые – список допущенных пользователей формирует выступающий, высылая им данные для доступа. Необходимо также учитывать требуемую полосу пропускания для организации сеансов без задержек и потерь пакетов. Если

при организации информационного процесса ДО внутри ЛВС вопросов к емкости линий практически не возникает, то в случае удаленной трансляции или при хостинге сервера (портала) ДО пропускная способность линий играет решающую роль.

Участники могут использовать веб-камеры для обмена видеоинформацией. При этом на один видео поток необходимо отвести порядка 300 Кбит/с полосы пропускания. Например, при проведении семинара из 5 человек, которые одновременно транслируют изображения с видеокамер требуется 1.5 Мбит/с входящего соединения и около 6.5 Мбит/с исходящего соединения от сервера. При организации лекции, где видео трансляция ведется одним преподавателем на 30 человек, требования 320 Кбит/с и 9.3 Мбит/с соответственно. Также стоит учитывать трафик на передачу голоса по IP (160 Кбит/с), трансляцию слайдов и рабочего стола.

Количество одновременно подключаемых пользователей напрямую зависит от мощности серверного решения – процессора, оперативной памяти, места на жестком диске. Как правило, данные системы позволяют устанавливать порядка 25 сессий одновременно (2 по 12, 5 семинаров по 5 человек и т.д.). Функция записи занятий требует дополнительных мощностей используемой системы.

Таким образом, важную роль в организации сетевого ДО играют используемые линии связи и количество одновременных пользователей (возможных сессий) , принимающих участие в обучении. В связи с этим необходимо проводить планирование и оптимизацию сетевых ресурсов для полноценного функционирования комплекса ДО.

1.2.2. Конструктивно-технические особенности организации информационного процесса ДО в образовательной системе

При всем разнообразии организационных форм сетевого ДО (проявляющихся в различной структуре и функционировании РСОТ)

внешним представителем (агентом) этого процесса в Интернет становится образовательный Web-портал PCOT, отвечающий за анализ, обработку и доставку информации к пользователям, а также предоставляющий им доступ к различным сервисам на основе процедуры персонализации. По своей сути портал — это Web-сервер, который обеспечивает персонифицированный и настраиваемый интерфейс, дающий возможность людям находить и взаимодействовать с другими людьми, а также находить и использовать приложения в соответствии со своими интересами [5]. Пользователями образовательного портала становятся дистанционные студенты, сгруппированные по специальности и году обучения, преподаватели и сотрудники вуза, отвечающие за построение и проведение информационного процесса ДО. Поскольку порталы ДО предназначены для коллективного использования, то с точки зрения телекоммуникаций они представляют собой системы массового обслуживания [4].

В техническом плане для обеспечения удаленного доступа пользователей к информационным ресурсам портала этот базовый узел сети Интернет [4,7] должен включать в себя:

- Набор необходимого сетевого оборудования (FireWall, IPFilter);
- Телекоммуникационное оборудование:
 - Мультимедийные шлюзы (Gateways), которые обеспечивают передачу информации на стыке разнородных сетей – IP и ISDN, для решения задачи совместимости и перекодирования аудио- и видеопотоков;
 - Устройства Многоточечной Видеоконференции (MCU, Multi Conference Unit), которые используются для организации многоточечных сеансов видеоконференций, когда в них участвуют более двух абонентов.
- Центр управления сетью, включающий в общем случае рабочие станции сетевых администраторов, Информационный сервер и Прокси-сервер [32]:

- Информационный Сервер используется для поддержки основных сервисов (FTP, SMTP, POP, HTTP), хранения каталогов пользователей, а также в качестве основного файл-сервера. Примером такого сервера может служить библиотечный портал, хранящий различную справочную информацию, электронные учебники и т.п. В случае применения облачных вычислений (cloud computing), необходимые ресурсы могут быть получены непосредственно с сервера используемого провайдера услуг.
- Прокси-сервер – промежуточный компьютер, который является посредником между компьютером пользователя и web-серверами и предназначен для уменьшения загрузки канала связи за счет тиражирования (временного хранения) результатов выполнения повторяющихся запросов пользователей.
- Рабочие станции сетевых администраторов, основным назначением которых является обеспечение авторизации участников информационного процесса ДО, назначения паролей и логинов, определения прав пользователей.

Общий вид функциональной архитектуры корпоративного портала (на примере Sybase Enterprise Portal) [97] представлен на рисунке 1.2.

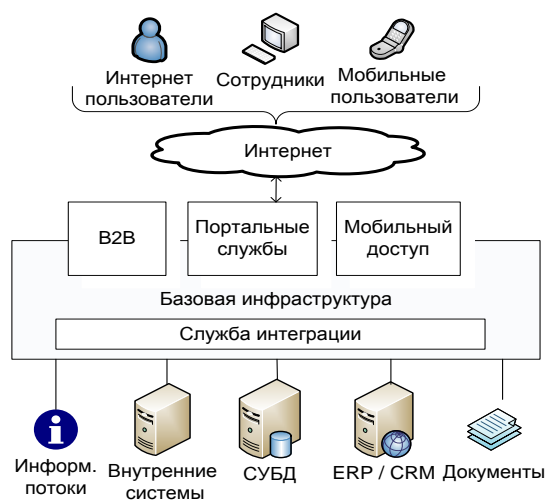


Рис. 1.2. Общая структура корпоративного портала

Назначением корпоративного портала является предоставление внешним и внутренним пользователям возможности доступа ко всем внутренним данным и приложениям, интеграция различных корпоративных приложений и обеспечение полноценного круглосуточного доступа всех пользователей (включая и мобильных) к ресурсам 24 часа в сутки.

1.2.3. Анализ архитектурных составляющих учебного портала

Для анализа особенностей и разработки подходов к решению этой задачи в данном диссертационном исследовании рассмотрим более подробно архитектурные составляющие образовательного портала. В организационно-техническом плане в составе типичного корпоративного портала условно можно выделить три основных функциональных слоя, определяющих эффективность его функционирования:

- Слой интерфейсов (коммуникационный слой), определяющий выразительные возможности портала в части получения, переработки и воспроизведения информации определенного вида.
- Слой базовой инфраструктуры (сетевой слой), содержащий базовые сервисы, реализующие управление каналом связи с Интернет, почтой, видеоконференцией, транзакциями пересылки данных; а также системы безопасности [90], службы администрирования и др.
- Слой интеграции приложений (функциональный слой), отвечающий за содержательную часть деятельности портала [63].

Говоря более детально об архитектуре каждого из слоев, в первую очередь необходимо отметить ключевую роль Слоя интеграции приложений, отвечающего за динамику прохождения информационного обмена на основных стадиях реализации информационного процесса ДО:

- регистрации обучаемого в онлайн-режиме;
- прохождения каждого из модулей курсов, включая оффлайновую работу с материалом (например, в ходе подготовки ответов студентами или при

проверке заданий преподавателем) и онлайн-общение с преподавателем;

- онлайн-проверки знаний в процессе обучения и сертификацию знаний по окончании курса обучения.

Пользователи портала ДО условно могут быть разделены на 4 категории. *Слушатель* - пользователь системы, проходящий обучение, тестирование либо аттестацию иного вида. *Тьютор* - участник учебного процесса в системе управления обучением. Обеспечивает разработку индивидуальных образовательных программ и сопровождает процесс индивидуального образования. *Преподаватель* - консультирует слушателей, контролирует выполнение контрольных мероприятий и успеваемость, выполнение тестовых и дополнительных заданий, участвует в обсуждениях, форумах и чатах. *Администратор* - сотрудник организации, отвечающий за управление и координацию работы тьюторов и слушателей.

В общем, интерфейс портала ДО схож для различных категорий пользователей. Он может различаться уровнем доступа к ресурсам (возможность совершать действия, просматривать информацию, участвовать в обсуждениях), определяемым привилегиями пользователя [23,33,57].

После успешной авторизации пользователь системы может приступить к работе с предоставленным интерфейсом. Структура интерфейса пользователя представляет собой домашнюю страницу (рис.1.3) , где пользователь может изменять свой профиль, проходить обучения по текущим курсам, общаться на форуме, читать новости и т.д.

Разработка программной архитектуры образовательного портала играет важную роль. На рисунке 1.4 приведен один из вариантов построения программной архитектуры портала. Основу портала составляет ядро, включающее в себя взаимодействующие между собой подсистемы и обеспечивающее функционирование всего комплекса и защиту хранимой информации. Остальные программные блоки служат для поддержания работы и расширения функциональных возможностей портала [30].

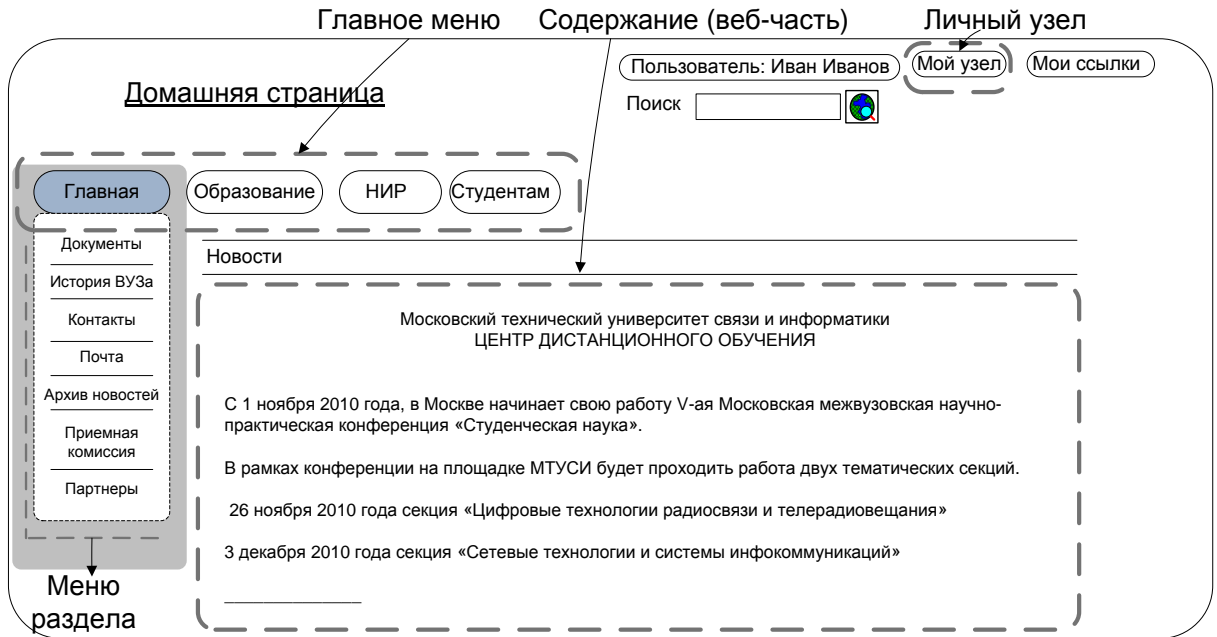


Рис. 1.3. Домашняя страница пользователя системы управления обучением

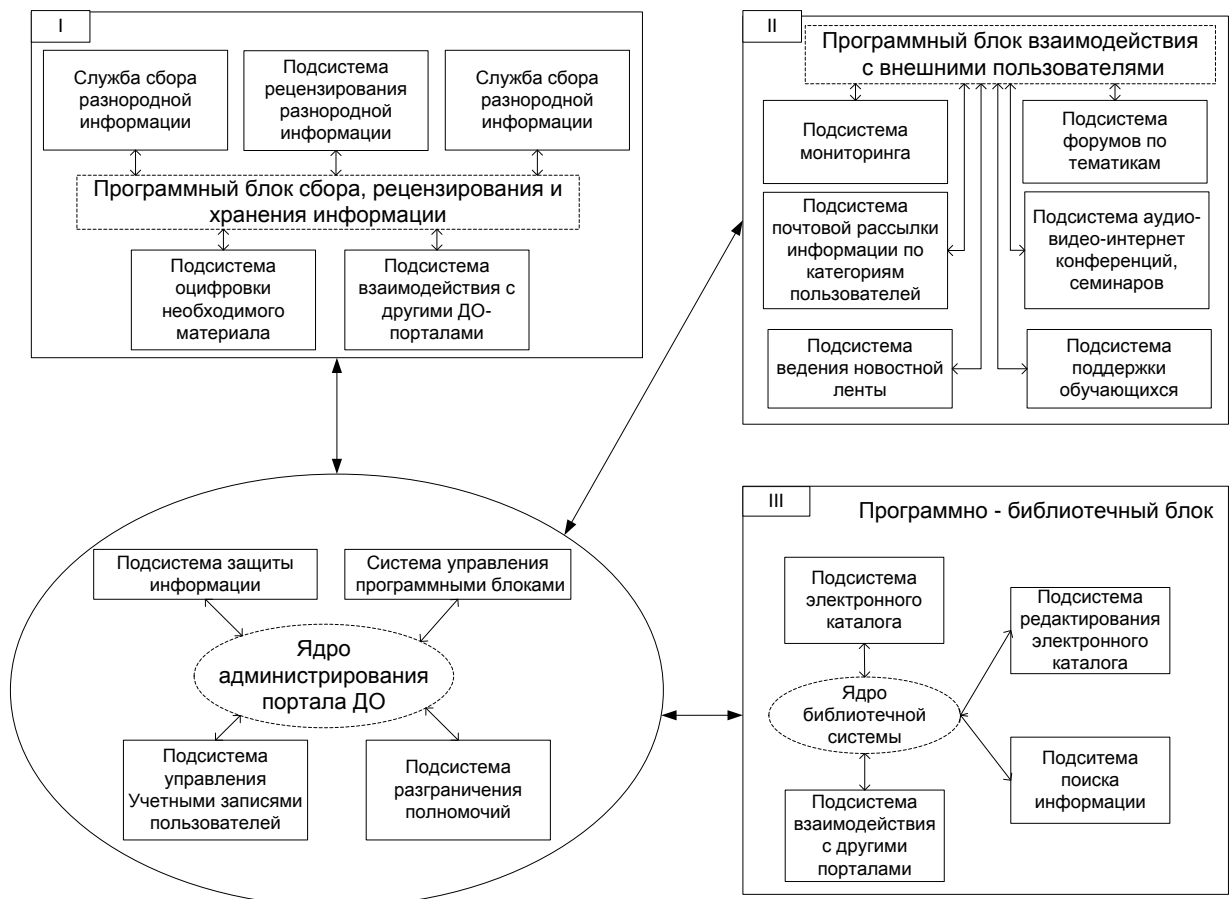


Рис. 1.4. Программная архитектура образовательного портала

В силу того, что образовательный портал не может существовать обособленно, может быть внедрена подсистема взаимодействия с другими

порталами различных уровней. В свою очередь состав средств, используемых на этом слое, определяется, с одной стороны функциональными задачами, возлагаемыми образовательным процессом на РСОТ, а с другой, - регламентируются качественными и количественными показателями информационного обмена, возникающего в связи с исполнением задач ДО.

Содержание или наполнение информационного ресурса (динамической и статической информацией) принято называть *контентом* [19]. Содержательное управление контентом портала ДО состоит в регулировании функционирования сервера приложений (рис. 1.5), так как построение технологии управления контентом основывается на клиент/серверной организации [62] информационных ресурсов системы, при которой процесс обработки данных, протекающий между клиентом и порталом ДО, становится централизованным.

Управление контентом состоит в определении моментов информационного обмена, исходя из вида и объемов передаваемой информации, в сопоставлении с текущей загруженностью технических средств (каналов РСОТ), обеспечивающих соответствующий информационный обмен.

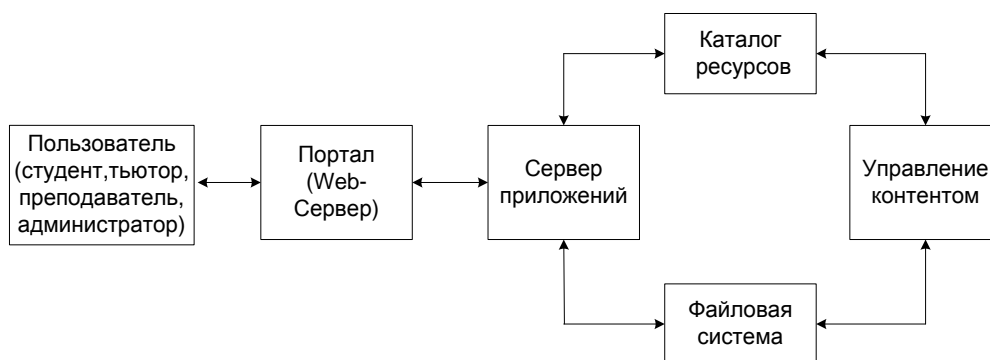


Рис. 1.5. Архитектура управления контентом портала ДО

При этом также следует учитывать пропускные способности каналов конкретных пользователей и образовательную специфику информационного

обмена, вытекающую из очередности подачи материала в каждом конкретном курсе обучения.

1.2.4. Анализ протоколов передачи данных при организации ДО

Специфика телекоммуникаций сетевого ДО проявляется прежде всего в прикладных протоколах, составляющих слой сетевых интерфейсов образовательного портала. Происходящий на основе Интернет обмен статической информацией между участниками процесса ДО вполне соответствует особенностям дейтаграммной передачи и может предполагать использование, например, таких прикладных протоколов как FTP, HTTP, SMTP, IMAP, POP3, NFS. Стоит также отметить современные протоколы для передачи данных - ARM, RTMP, XML и plain-text, которые наиболее подходят для передачи данных в системах дистанционного обучения [22].

В тоже время передача трафика динамической информации, предъявляет специфические для Интернет требования по качеству обслуживания, заключающиеся в предоставлении гарантированной полосы пропускания с заданным уровнем задержки передаваемых сигналов.

Качество услуг в случае мультимедийных потоков обеспечивается с помощью таких средств, как протокол передачи в реальном времени RTP, дополняющий его протокол RTCP, служащие для обеспечения своевременной доставки данных при работе в реальном времени и протокол RSVP [85], обеспечивающий по технологии "организации виртуальных каналов" резервирование необходимых сетевых ресурсов.

В основе RSVP лежат три концепции, касающиеся потоков данных: сеанс, спецификация потока и спецификация фильтра. После резервирования маршрутизатором ресурсов для конкретного адресата он рассматривает это как начало сеанса и выделяет ресурсы на время этого сеанса (рис.1.6).

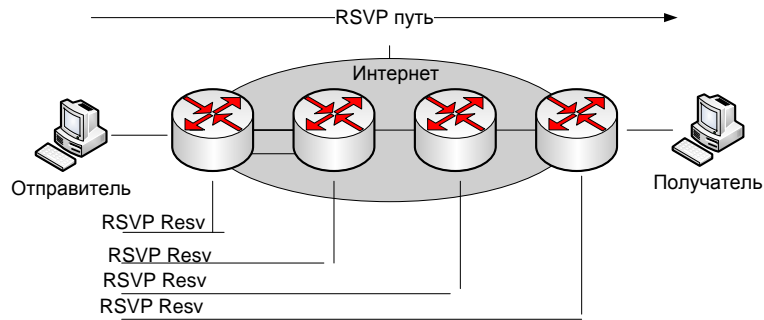


Рис. 1.6. Применение протокола RSVP

Запрос на резервирование от конечной системы, называемый описателем потока, состоит из спецификаций потока и фильтра [56,101]:

- спецификация потока определяет требуемое качество услуг и используется узлом для задания параметров планировщика пакетов. Маршрутизатор передает пакеты с заданным набором предпочтений, опираясь на текущую спецификацию потока;
- спецификация фильтра определяет набор пакетов, под которые запрашиваются ресурсы. Вместе с сеансом она определяет набор пакетов, для которых требуемое качество услуг должно быть обеспечено.

Недостатком протокола RSVP является то, что полоса пропускания, выделяемая источнику информации, при снижении активности источника не может быть использована для передачи другой информации. Как альтернатива этому способу может использоваться алгоритм управления потоками на основе системы приоритетов.

Вместе с тем передача речевой и видео информации в IP-сетях не лишена и ряда недостатков, отрицательно влияющих на качество. Во-первых, в сетях с маршрутизацией транзитный узел (маршрутизатор), как правило, не знает через какое количество транзитных узлов предстоит пройти пакету, пока он не достигнет адресата. Поэтому у транзитного узла отсутствуют данные, необходимые для определения допустимого времени обработки пакета [13]. Во-вторых, маршрутизация пакетов требует более продолжительного времени обработки пакета на узле. Это время не является

постоянным и носит случайный характер. И, в третьих, имеет значение дейтаграммный режим, когда маршрут передачи последующего пакета может отличаться от маршрута, по которому был передан предыдущий пакет. Это может приводить к нарушению порядка следования пакетов и необходимости их сортировки на принимающей стороне, что также оказывает влияние на увеличение задержки. Следует учитывать и общую проблему перегруженности транспортных узлов образовательной системы.

В связи с этим для обеспечения приемлемого качества передачи речевой и видео информации используют следующие подходы.

Реализация первого подхода предусматривает резервирование части пропускной способности сети для передачи пакетов. Резервация полосы пропускания в сети IP может использовать метод WFQ (Weighted Fair Queuing) [98] или рассмотренный выше протокол RSVP [60,85].

Метод WFQ позволяет для каждого вида трафика выделять определенную часть полосы пропускания. Оператор через систему административного управления может задать количество очередей (до 10 очередей для передачи данных и одну очередь для системных сообщений). В этом случае, если одна очередь не использует полностью выделенную ей полосу пропускания, то свободный резерв полосы пропускания может задействоваться для передачи информации из следующей очереди. Этот метод позволяет гибко использовать ресурсы образовательной системы. Метод WFQ реализован в оборудовании фирмы Cisco [99].

Другой подход предусматривает построение магистральной транспортной сети на основе технологии Frame Relay или АТМ. В этом случае пограничные IP-узлы взаимодействуют друг с другом через виртуальные соединения сети Frame Relay или АТМ, для которых обеспечиваются параметры трафика и качества обслуживания, такие как скорость передачи, время задержки, время отклонения от задержки и т.д.

1.3. Задачи информационно-методического сопровождения ДО

Совокупность задач информационно-методического сопровождения ДО включает в себя две составляющие, осуществляющие:

- I. Формирование программно-аппаратного комплекса подготовки и создания курсов ДО;
- II. Управление проведением сетевого ДО по каналам передачи данных.

В отличие от оффлайнового ДО, сложность построения в котором порождена разработкой интеллектуальных алгоритмов программного воспроизведения учебных процедур, при формировании систем онлайн-ового ДО наиболее критичным становится именно организация воспроизведения данных о реальном ходе учебных процедур (трансляция информации).

Указанное конструктивное отличие онлайн-ового ДО, связано с важностью той роли, которую исполняют в этом процессе программно-технические системные средства, обеспечивающие связь преподавателя с учеником или учениками. Причем если построение программно-аппаратного комплекса онлайн-ового ДО (задача I), в большей степени представляет собой организационно-технический вопрос [62], то выбор способа воспроизведения онлайн-ового ДО (задача II) связан с решением сложной и в настоящее время мало изученной задачи формирования организации управления трансляцией учебной информации в реальном времени.

1.4. Исследование задачи формирования организации управления трансляцией учебной информации в реальном времени

1.4.1. Анализ технических решений и режимов трансляции

Для проведения наиболее характерных для ДО многосторонних видеоконференций, помимо терминалов и других видов оконечного оборудования, необходимы устройство управления многоточечной конференцсвязи - MCU, включающий многоточечный контроллер (МС) и многоточечный процессор (МР), или видеосервер, который обеспечивает

связь трех и более терминалов, а в некоторых случаях – еще и контроллер зоны (gatekeeper) и шлюз (gateway).

В общем случае в состав MCU могут входить такие функциональные компоненты [60] как:

- интерфейсные модули: H.323 IP 10/100Mb [83,86], H.320 ISDN, ATM 155Mb;
- карта мультиплексора MUX H.320, назначением которого является мультиплексирование-демультиплексирование аудио, видео потоков и потоков данных, которые «приходят» в нескольких тайм-слотах потока E1/T1;
- аудио модуль – карта, обеспечивающая обработку аудиопотоков. При этом обеспечивается функция транскодирования – возможность одновременной работы абонентов с разными алгоритмами кодирования голоса;
- модуль данных (для передачи данных по протоколу T.120);
- видео модуль – карта, обеспечивающая при наличии соответствующего программного обеспечения, функцию видеотранскодирования (возможность работы абонентов на разных скоростях и с разными алгоритмами кодирования видеотрафика);

Принцип работы MCU довольно прост (рис. 1.7 а): принимая от каждого из участников видеопоток с изображением, он осуществляет их взаимное преобразование и объединение, передавая каждому из участников комбинированный видеопоток, содержащий изображение остальных участников встречи. При этом абоненты видят экран, разделенный на 2, 3, 4, 9 и т.д. частей, на каждой из которых выводится изображение активного в данный момент участника встречи. В режиме Continuous Presence (постоянное присутствие) число и виды вариантов деления экрана зависят от применяемого сервера (рис. 1.7 б).

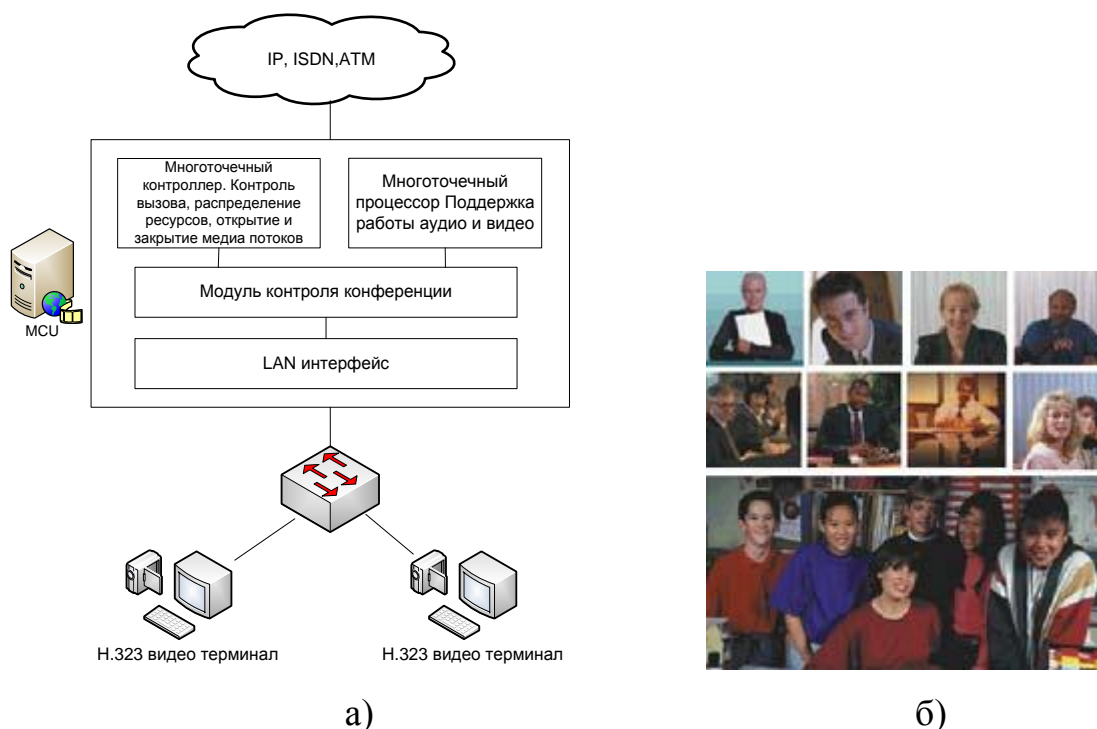


Рис. 1.7. Принцип работы сервера многоточечной конференции

На рисунке 1.8 показана схема проведения дистанционного обучения для большой аудитории с применением технологий ВКС и потокового видео на примере сетей разных типов.



Рис. 1.8. Схема проведения дистанционного обучения с применением технологий видеоконференцсвязи и потокового видео

Кроме того, существуют специальные средства контроля председателя собрания (chair control). Председатель (в процессе ДО преподаватель) может переключать камеру по своему усмотрению, фиксировать изображение на том или ином из участников, подключать и отключать участников.

Для успешной реализации многоадресной рассылки и хосты, и маршрутизаторы должны иметь соответствующие возможности. От хостов требуется поддержка протокола IGMP. На маршрутизаторах должен быть реализован один из протоколов, обеспечивающих многоадресную маршрутизацию. К таким протоколам относятся Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), Protocol Independent Multicast (PIM) и Multicast Open Shortest Path First (MOSPF).

1.4.2. Исследование подходов к организации управления трансляцией

Задача управления организацией и контролем за трансляцией учебной информации является достаточно трудоемкой, так как характеристики каналов связи могут меняться в зависимости от территориального расположения учащихся и их технических возможностей. Поэтому проведение анализа возможных вариантов распределения текущей пропускной способности каналов связи с учетом качественных и количественных характеристик предлагаемых цифровых учебных материалов является очень важным для трансляции информационного процесса ДО. Без детального контроля за распределением полосы пропускания входные буферы коммутатора или маршрутизатора быстро переполняются, что вызовет произвольное отбрасывание части пакетов. При этом остро встает вопрос о степени важности трафика, поглощающего в данный момент основную долю полосы пропускания, для протекания информационного процесса ДО в целом [26,81].

Помимо рассмотренного ранее протокола RSVP, для распределения пропускной способности канала связи могут использоваться специализированные программные средства. Они позволяют динамически управлять распределением пропускной способности. В общем случае в образовательной системе представлен смешанный трафик и чтобы

гарантировать определенную пропускную способность трафику с высоким приоритетом следует осуществлять администрирование полосы пропускания.

В настоящее время на рынке имеется множество продуктов, которые помогают повысить эффективность обработки сетевого трафика. Эти продукты можно разбить на три основные категории, включающие системы приоритизации трафика, средства кэширования повторно запрашиваемых данных и устройства для выравнивания нагрузки [14,53].

Продукты, обеспечивающие приоритизацию трафика, не позволяют второстепенным приложениям занимать всю имеющуюся полосу пропускания каналов. При этом низкоприоритетный трафик не подавляется полностью, а лишь уменьшается отводимая ему доля полосы пропускания, исходя из необходимости первоочередной транспортировки потоков данных с наивысшим приоритетом. В результате обеспечивается эффективная схема передачи данных из каждой очереди с разными скоростями.

Технология кэширования позволяет значительно ускорить доступ к информации, поскольку она исходит из того общеизвестного факта, что разные пользователи нередко запрашивают одновременно одни и те же данные. Учитывая, что значительная часть учебной информации является статической, нет смысла каждый раз порождать свежую копию данных, загружая каналы образовательной системы и множество промежуточных узлов. Гораздо рациональнее – разместить копии данных, пользующихся наибольшим спросом, как можно ближе к пользователям, уменьшив время реакции системы и минимизировав неэффективное использование полосы пропускания. Сокращение времени отклика системы – лишь одно из положительных следствий применения средств кэширования. Кроме того, они позволяют гарантировать информационную актуальность содержимого образовательного портала.

Не снижая важности названных средств кэширования и выравнивания нагрузки серверов, необходимо отметить ограниченность их применения для

обеспечения реализации образовательных процессов в PCOT, связанную с конструктивной специфичностью реализации. По этой причине более подробно рассмотрим применение для PCOT подходов, использующих приоритезацию составляющих трафика. Так как PCOT является единым механизмом воспроизведения информационного процесса ДО, то логичным видится формировать управление трансляцией учебной информацией, на основе использования общей базы правил контроля полосы пропускания [36]. При формировании базы правил, мониторинг трафика в реальном времени позволит анализировать загруженность каналов и следить за распределением полосы пропускания в них. Это позволит сетевому администратору увидеть в динамике, какую часть полосы пропускания занимают различные составляющие процесса ДО и направить ограниченные сетевые ресурсы в наиболее приоритетные приложения. Отметим, что классификация трафика может происходить по таким группам как: Интернет-сервис (HTTP, FTP, Telnet и др.), источнику, получателю, группе пользователей, ресурсам Интернет, и др.

Если трафик точно классифицирован, то появляется возможность использовать один или более управляющих критериев для динамического управления распределением полосы пропускания. Например, система весовых коэффициентов может распределять доступную ширину полосы пропускания, основываясь на относительных показателях качества сервиса. Весовые коэффициенты позволяют сетевому администратору определить основу, на которой различные классы трафика конкурируют за доступную ширину полосы пропускания.

Дополняющим весовые коэффициенты механизмом являются *гарантии*, которые определяют минимальную ширину полосы пропускания для заданных пользователем классов трафика и обеспечивают сглаживание эффекта «всплеск-пауза» в общем IP трафике. Это позволяет, например, улучшить качество услуг для потоковых приложений, таких как видео

конференции. Также дополняющей весовые коэффициенты возможностью являются *пределы*, которые устанавливают ограничения по ширине полосы пропускания для некритических сетевых сервисов или приложений, не требующих большой ширины полосы пропускания.

Примером реализации управления полосой пропускания каналов на основе базы правил является семейство продуктов компании Check Point «Flood Gate» [64].

Выводы по главе 1

1. Дана характеристика современного Дистанционного обучения, построенного на технической основе компьютерных и сетевых средств и активно адаптирующее в своей среде новые информационно-образовательные технологии, приближающие его по эффективности к очному образованию, которое по праву может рассматриваться одним из кандидатов в прототипы новой образовательной системы.
2. Показано, что построение сетевого ДО отличается распределенная структура, включающая в себя образовательные заведения, а также смешанная оффлайновая/онлайновая организация.
3. В образовательной системе информационный процесс ДО представляет Web-сервер корпоративного типа (портал ДО), обеспечивающий доступ к образовательным ресурсам на основе процедуры персонализации. Сервер может находиться как на стороне института, так и на стороне провайдера услуг облачных вычислений.
4. Проведен анализ совокупности задач информационно-методического сопровождения ДО, который включает в себя две составляющие, осуществляющие формирование программно-аппаратного комплекса подготовки и создания курсов ДО (задача I); а также управление проведением процесса ДО по каналам передачи данных (задача II); особая значимость задачи II для онлайн-обучения связана с решением сложной и в

настоящее время мало изученной задачи формирования организации управления трансляцией контента учебной информации в реальном времени.

5. В конструктивном плане программное содержание портала ДО включает в себя 3 слоя: интерфейсов, базовой инфраструктуры и интеграции приложений. Ядром слоя интеграции приложений становится специализированный программный комплекс, включающий подсистемы работы с данными, архивирования и хранения информации, подготовки образовательных материалов и обеспечения связи участников информационного процесса ДО. Слой базовой инфраструктуры должен содержать набор необходимых сервисов, обеспечивающих сетевое взаимодействие участников процесса ДО, а слой интерфейсов – соответствующий набор сетевых протоколов, осуществляющих передачу эластичного трафика статической и приоритетного трафика динамической аудио – видеоинформации. Важную роль в организации сетевого ДО играют линии связи, количество одновременных пользователей (возможных сессий, зависящих от используемого типа оборудования), принимающих участие в обучении.

6. Установлено, что использование трафика с разными уровнями приоритетности при организации ДО определяет необходимость в проведении планирования распределения сетевых ресурсов, формирование которого осуществляется либо за счет резервирования определенных каналов, либо путем приоритизации соответствующего вида трафика.

Глава 2. Определение функциональных возможностей системы связи для исследования эффективности организации проведения сетевого дистанционного обучения

Применение и выбор решений в области сетевого ДО и реализующей его РСОТ основывается на их эффективности с учетом технических и методических возможностей построенной системы ДО. Понятие эффективности, имеющее смысл только по отношению к решаемой задаче, нуждается в конкретизации, а точнее, - в определении критерия, позволяющего охарактеризовать достигаемый в процессе функционирования системы уровень качества.

Эффективность РСОТ должна пониматься по отношению к качеству реализуемого в ней информационного процесса ДО. Здесь отбор характеристик системы может вестись по таким показателям как:

- уровень динамичности используемой системы, характеризующий (тем или иным способом) качество функционирования системы во времени;
- степень универсальности, определяющая область применения;
- величина согласованности с целями ДО, понимаемая, например, в смысле качества воплощения учебно-методических задач ДО.

При этом необходимо понимать, что на практике определение эффективности реальной задачи проектирования может оказаться значительно сложнее. Так, например, в качестве критерия может выступать не один показатель, а некоторая совокупность возможно никак не согласованных критериев (многокритериальное проектирование и оптимизация). Также известно [12, 32], что разбиение задачи проектирования достаточно сложной системы на ряд более простых подзадач (с одним критерием явно зависящим от исходных параметров) при последующей не согласованной оптимизации решений в каждой из подзадач, в случае с РСОТ, вряд ли приведет к оптимальному решению в целом, так как по отношению к

распределенным системам действует эффект синергетичности всех составляющих.

Все выше сказанное полностью относится к задаче проектирования РСОТ, реализующей онлайн-процесс ДО. В общем функционирование данной системы включает в себя передачу образовательного контента между центром ДО и конечными пользователями (рис. 2.1).

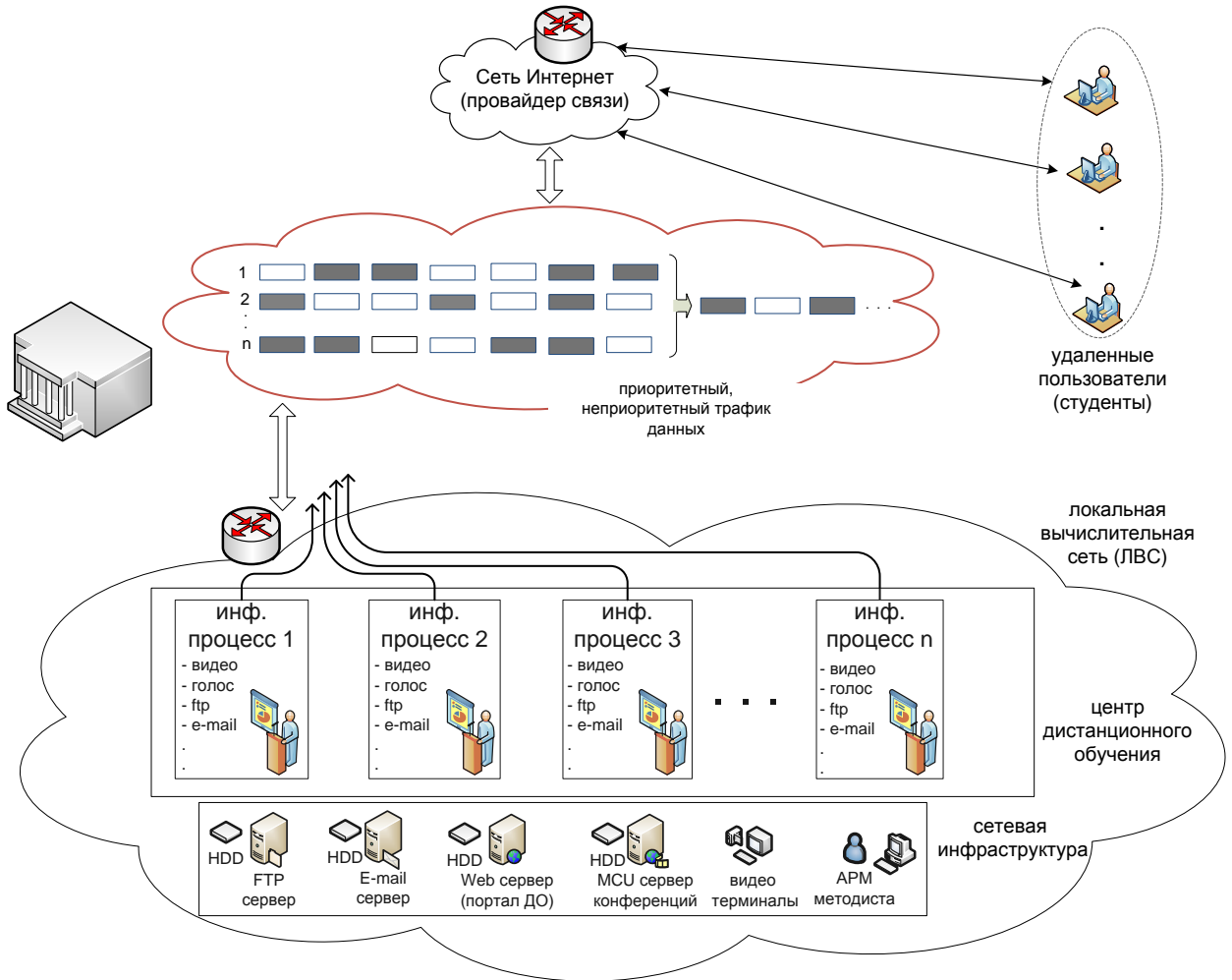


Рис. 2.1. Структура распределенной системы образовательного типа

Сложность согласования проектных решений, выбранных на различных уровнях, превращает процесс проектирования РСОТ в настоящее искусство, что с учетом относительно высокой стоимости и долговременности проектных решений заставляет более пристально рассмотреть вопрос о разработке методов и средств предварительной оценки проекта, например, по таким важным показателям как:

- массовость (распространенность) целей дистанционной подготовки;
- эффективность использования технических компонент;
- целесообразность выбранных режимов эксплуатации системы [44].

Далее будет показано, что сетевой процесс ДО, реализуемый в Интернет по онлайн-методике, может рассматриваться как упорядоченная совокупность последовательно-параллельных действий/операций, выполняемых в РСОТ группой пользователей и характеризующихся трудоемкостью и ресурсоемкостью. Участниками этого процесса становятся пользователи корпоративного портала ДО:

- дистанционные студенты, объединенные в группы;
- дистанционные преподаватели/тьюторы учебного заведения, ведущие занятия и осуществляющие контроль по определенным дисциплинам;
- координаторы и администраторы ДО, ответственные за организацию и техническое обеспечение образовательного процесса.

Материалы первой главы, связанные с исследованием системно-технических средств обеспечения онлайн-ДО, указывают на необходимость построения специальных средств проведения анализа различных вариантов организации процесса обучения для выбора наиболее эффективного режима функционирования РСОТ.

2.1. Выбор методологической базы исследования функционирования РСОТ и уточнение состава показателей эффективности организации информационного процесса ДО

Центральным вопросом, решаемым при проектировании любой компьютерной сети, является выбор аппаратных и программных средств, которые требуются для предоставления требуемых сетевых ресурсов [65].

Применительно к РСОТ этот выбор определяет в принципе как способы проведения ДО и его показатели, так и в целом саму возможность проведения информационного процесса ДО. Однако, очевидно, что при

любом выборе аппаратных и программных средств их функционирование может происходить с различной степенью интенсивности, выражая тем самым степень нагрузки на РСОТ. По этой причине показатели занятости и загруженности технических ресурсов сети будут полагаться главными параметрами, по отношению к которым и будут рассматриваться все остальные параметры реализации информационного процесса ДО.

Исключительная сложность и многоаспектность вопроса организационного построения системы, эффективно реализующей сетевой процесс ДО онлайн-ового типа, указывает на целесообразность использования в качестве методологической базы для исследования эффективности формируемых решений аппарат моделирования [35], надежно зарекомендовавший себя при исследовании сложных систем.

В методологическом плане моделирование представляет собой подход, при использовании которого исследуемый объект заменяется моделью, описывающей (с той или иной степенью достоверности) поведение исследуемого объекта. Например, подходящими для целей исследования функционирования РСОТ инструментами моделирования могли бы служить математические модели, а также методы имитационного моделирования [2,27, 46, 59,78, 96].

Математическая модель представляет собой совокупность соотношений, определяющих процесс изменения состояния системы в зависимости от ее параметров, входных воздействий, начальных условий и времени. Вместе с тем, поскольку знания о реальном объекте никогда не бывают абсолютными, а гипотезы могут не учитывать некоторые особенности, эффекты, то математическая модель способна лишь приближенно описывать поведение реальной системы. Приведенный далее анализ применения математических моделей и разработка оптимальных решений по реализации информационного процесса ДО в РСОТ показывают, что приближение модели к реальному объекту, повышает трудоемкость

процесса поиска математического решения, точно описывающего поведение объекта.

Построение математической модели включает в себя несколько этапов:

1. Определение целей моделирования.
2. Разделение (ранжирование) входных параметров по степени важности влияния их изменений на выходные.
3. Поиск математического описания.
4. Выбор (разработка) модели и метода исследования.
5. Разработка алгоритма и составление программы для ЭВМ.

На заключительном этапе проводят тестирование, по результатам которого выясняется, соответствует ли модель реальному объекту.

Схема процесса моделирования представлена на рисунке 2.2.

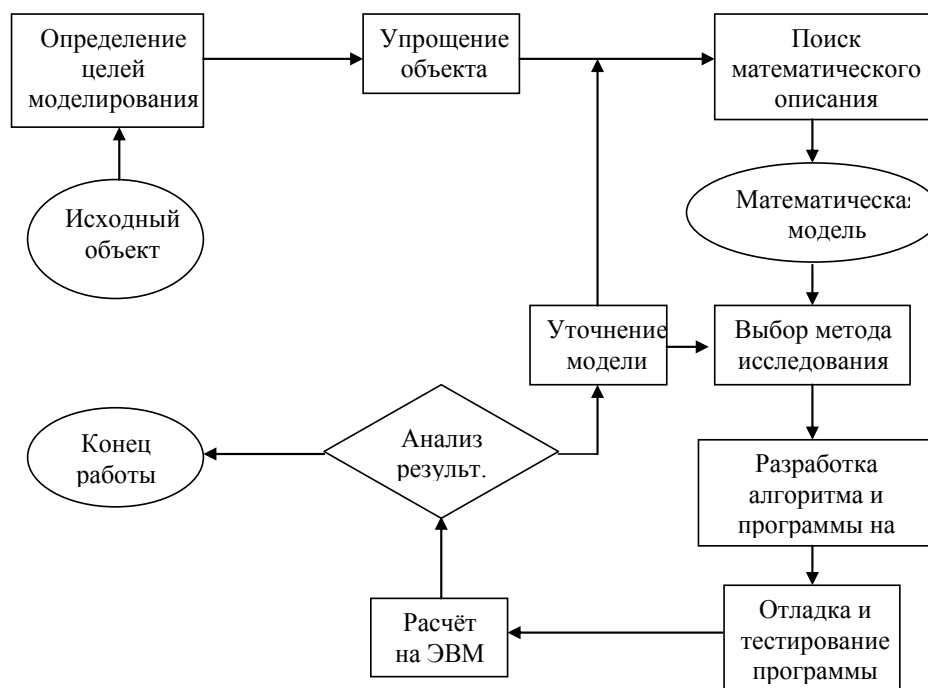


Рис. 2.2. Схема процесса математического моделирования

Имитационные модели функционирования исследуемой системы представляют в виде специального алгоритма, описывающего логику взаимодействия устройств и процессов, развивающихся в пространстве и во времени. В алгоритме имитации могут быть отражены как структура

исследуемых систем (что достигается отождествлением элементов систем с соответствующими элементами алгоритмов), так и процессы функционирования систем во времени (в логико-математической форме).

Имитационное моделирование часто применяется на заключительных этапах построения математической модели, дополняя отдельные характеристики системы. Подход оказывается особенно эффективен при исследовании свойств большой системы (например, такой как ДО), где очевидное поведение отдельных составляющих оказывается неизвестно в совокупности, трудно поддается математическому описанию или на момент исследования уже натурно реализовано [67]. Такие модели представляют собой компьютерную программу, которая шаг за шагом воспроизводит события, происходящие в реальной системе, обращаясь к соответствующим «узлам» системы, реализованным в виде модели или в виде натурального блока.

Имитационная модель, которая воспроизводит поведение объекта за определенный период времени называется динамической [70]. Важность построения динамических имитационных моделей для информационного процесса ДО связана с возможностью подмены процесса смены событий в исследуемой РСОТ с реального масштаба времени на ускоренный процесс смены событий в темпе работы программы, что дает возможность оценить работу системы в широком диапазоне варьируемых параметров.

Применительно к ДО качество результатов имитационного моделирования в значительной степени зависит от точности исходных данных о сети, переданных в систему имитационного моделирования.

Обычно программы имитационного моделирования распределенных объектов используют в своей работе информацию о числе узлов, конфигурации связей, скоростях передачи данных, используемых протоколах и типе оборудования, а также о выполняемых приложениях. Имитационные модели сети способны воспроизвести процессы генерации сообщений приложениями, разбиение сообщений на пакеты и кадры определенных

протоколов, задержки, связанные с обработкой сообщений, пакетов и кадров внутри операционной системы, а также события получения доступа компьютером к разделяемой сетевой среде, обработки поступающих пакетов маршрутизатором и т.д. [46, 57].

Результатом работы имитационной модели являются собранные в ходе наблюдения за протекающими событиями статистические данные о наиболее важных характеристиках сети: временах реакции, коэффициентах использования каналов и узлов, вероятности потерь пакетов и т.п. [46]. Результаты исследований с помощью имитационной модели дают информацию о будущем поведении системы, но только для вполне определенной конфигурации объекта и при вполне определенных внешних воздействиях. Например, имитационная модель позволяет проверить последствия внедрения тех или иных технических решений еще до оплаты приобретаемого оборудования [50]. Однако, в общем случае новые исходные условия задачи требуют внесения измененных данных и повторного сеанса моделирования.

Существуют специальные языки имитационного моделирования, которые по сравнению с использованием универсальных языков программирования облегчают процесс создания программной модели (примерами таких языков могут служить SIMULA, GPSS, SIMDIS, СЛАМ, СЛАМ II, GASP, SIMSCRIPT, DYNAMO, VENSIM, SMPL [51, 52, 93]), а также – программные системы моделирования [90,94], которые в большинстве являются достаточно узко специализированными продуктами.

Кроме того, система моделирования обычно снабжается средствами для статистической обработки полученных результатов моделирования.

Как и для математических моделей, точность имитационной модели зависит от степени детальности, с которой она сформулирована, от способа решения и от точности вводимых значений параметров. Основными достоинствами имитационных моделей являются следующие возможности:

- моделирование значительно более широкого класса систем по сравнению с аналитическими методами;
- моделирование функционирования систем не только в установившихся, но и в переходных режимах;
- получение в результате моделирования обобщенной информации об исследуемом объекте и его многочисленных характеристиках.

Наряду с отмеченными преимуществами метод имитационного моделирования обладает недостатком – решение может носить частный характер, при соответствии фиксированных значений параметрам системы.

Вместе с тем, заметим, что применительно к задаче оценки эффективной организации информационного процесса ДО в образовательной системе указанный недостаток метода имитационного моделирования не имеет большого значения, так как поиск соответствующей эффективной организации всегда осуществляется для конкретного образовательного процесса, реализация которого как правило, опирается на уже имеющуюся техническую и методическую базу учебного заведения (структуру учебного курса и методического материала, число учащихся и т.д.).

Приведенный обзор инструментов исследования позволяет сделать вывод, что для задачи проектирования организации процесса ДО наиболее полно характеризующим реальную ситуацию инструментом может выступать система имитационного моделирования. При этом исследуемая задача должна охватывать весь жизненный цикл системы – от постановки проблемы и формирования концептуальной модели до анализа результатов вычислительного эксперимента и принятия решения.

Вместе с тем, научные исследования, проводимые посредством компьютерной имитации, могут потребовать предварительной математической проработки вопроса, а также серьезной информационной и системной поддержки процесса моделирования, особенно в части вычислительных процедур, связанных с планированием эксперимента и

оптимизацией, а также в части организации ввода больших объемов исходных данных, описывающих прохождение информационного процесса ДО. Так планирование имитационных экспериментов [15, 72] предполагает необходимым определить параметры рабочей нагрузки и длительность экспериментов. Имитационное исследование эффективности организации сетевого ДО в РСОТ осуществляется на основе имитационных экспериментов, заключающихся в воспроизведении процесса функционирования проектируемой системы при некоторых определенных значениях параметров исследуемого процесса.

Структурно имитационная модель сложной системы имеет модульное построение, то есть состоит из совокупности программно (или аппаратно) реализованных блоков подмоделей, каждый из которых представляет собой реальный или моделируемый компонент исследуемого объекта [15].

При построении имитационного эксперимента, направленного на оценку эффективности организации информационного процесса ДО в РСОТ, можно выделить следующие три основные составляющие проблемы. Это:

1) Задача планирования учебной нагрузки на основе информации о параметрах используемых технических средств и составе (качественном и количественном) пользователей РСОТ;

2) Задача определения количества активных сессий – пользователей системы ДО, на основе информации о параметрах используемых технических средств и знания режимов эксплуатации системы;

3) Задача планирования состава технических компонент РСОТ, исходя из знания режимов эксплуатации системы, а также качественного и количественного состава пользователей РСОТ.

Очевидно, что зная основные законы функционирования рассматриваемой системы, по заданным характеристикам любых двух названных задач организации процесса ДО, в ходе имитационного

эксперимента можно выделить лучшие значения характеристик третьей составляющей (рис.2.3).

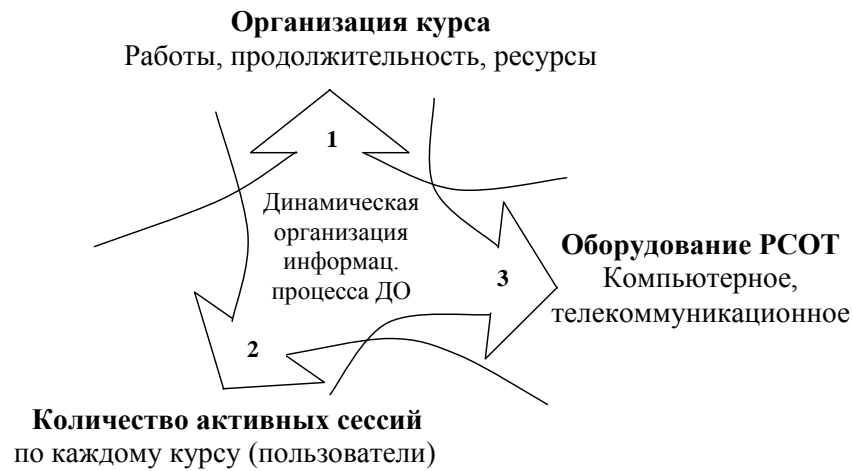


Рис. 2.3. Задачи, определяющие организацию информационного процесса ДО

Исходя из того, что основным параметром качества организации ДО будут полагаться показатели занятости технических ресурсов сети, эффективность решения по каждой из задач будет оцениваться путем прямой подстановки в имитационную модель исследуемого показателя:

- описания последовательности и видов занятий по каждой дисциплине ДО;
 - количества студентов, занимающихся по каждой из дисциплин ДО;
 - описание параметров PCOT (производительности каналов, АРМ);
- при заданных значениях остальных параметров.

Результаты, полученные при использовании имитационной модели, далее могут быть проанализированы для получения аргументированного заключения о качестве/эффективности использования заданных вариантов организации PCOT при реализации в ней определенных типов ДО.

2.2. Формализация информационных и управляющих процессов, связанных с функционированием PCOT

В самом общем виде образовательный процесс может быть разделен на несколько этапов: преподавание материала, тестирование (экзамен), контроль результатов, изучение новых дисциплин.

В зависимости от степени детализации рассматриваемого образовательного процесса подобное представление может быть отнесено как ко всему образовательному курсу, так и отдельному этапу курса, заканчивающемуся контролем обучения. То есть образовательный процесс отличается свойством самоподобия [68]. Далее под курсом будем понимать совокупность учебных занятий по различным дисциплинам, которые могут быть проведены (изучены) в течение образовательного процесса.

В онлайн-режиме, все этапы обучения для всех студентов начинаются и заканчиваются одновременно, а в оффлайн-режиме – протекают для каждого студента порознь в течение некоторого периода, отведенного на этап в целом. На начальной стадии этапа обучения студентам при онлайн-форме знания передаются – в виде лекций, семинаров, заданий на самостоятельную работу, опросов и т.д., а при оффлайн-форме – те же знания представляются в виде доступных электронных учебников, записей лекций, учебно-методических пособий.

Затем при любой форме обучения следует блок тестирования (экзамена)/контроля знаний, опирающийся на контрольные работы, типовые расчеты, онлайн-тестирование, курсовые проекты и т.д., по окончании которого преподавателем на основе результатов тестирования формируется заключение о зачете/не зачете данной дисциплины. В случае не зачета этап обучения по данной дисциплине частично или полностью повторяется в зависимости от условий учебного института. При этом, применительно к любому повторяемому этапу, суммарная нагрузка на РСOT сокращается с каждым новым повтором, так как повторное обучение проходит меньшее число студентов, что создаёт меньшую нагрузку на сетевые ресурсы. Постепенное уменьшение нагрузки будет продолжаться, до заданных пределов (а в идеале до нуля), что и будет соответствовать ситуации, когда все студенты успешно завершили обучение по дисциплине.

Не вдаваясь в методические особенности информационного процесса ДО, ясно, что прохождение любого этапа обучения можно однозначно определить в терминах передачи/представления, изучения и контроля знаний. Отмеченная схожесть онлайн-ового ДО с очными формами обучения позволяет среди форм передачи/представления знаний, выделить: лекции, семинары (практические занятия), коллоквиумы, групповые консультации, индивидуальные консультации, собеседования, лабораторно-производственный практикум. А к формам контроля полученных знаний отнести экзамены, контрольные работы, тестирование, зачеты [19,72].

Отдельно стоит сказать о такой форме передачи информации в режиме реального времени, как вебинары [6]. Это формат онлайн-лекций, семинаров, тренингов, дискуссий и других мероприятий с использованием веб-инструментов и проводимых через сеть Интернет. Вебинары могут быть совместными и включать в себя сеансы голосований и опросов, что обеспечивает полное взаимодействие между аудиторией и ведущим.

Будем предполагать, что организационные и образовательные возможности онлайн-ового ДО могут реализовываться с помощью телекоммуникационных сервисов, расположенных внутри или за пределами сети образовательного института. Например, в связи с реализацией различных форм передачи знаний можно рассматривать такие методы прямой компьютерной поддержки как:

- лекции, занятия и консультации в онлайн-овом режиме с односторонней или двухсторонней связью;
- организация работы над заданием группы учащихся с многосторонней связью;
- индивидуальные занятия в различной форме с двухсторонней связью.

А также методы косвенной компьютерной поддержки для представления знаний через материалы курса [1]:

- электронные методические пособия по курсу: конспекты, учебники;

- набор Web-страниц на образовательном сервере (html);
- видеофильмы с записью лекций (mp4, avi) и аудио файлы (mp3, wav);
- интерактивные лабораторные стенды, с методическим и консультационным сопровождением;
- электронные библиотеки;
- программное обеспечение и данные для анализа или выполнения лабораторных работ.

Вместе с тем, перечисленные формы прямой и косвенной компьютерной поддержки не достаточно точно определяют связанные с этой поддержкой операции РСОТ, так как одна и та же форма в большинстве случаев может быть построена с помощью различных компьютерных сервисов. Например, многосторонняя связь в онлайн-режиме может быть реализована на базе ВКС, телеконференции или чата, а в оффлайн-режиме – при использовании форума или рассылки. Причины такой неоднозначности связаны с особенностями различных видов взаимодействия, возникающего при реализации процесса ДО, и различающихся по таким признакам как адресность, направленность/симметричность, синхронность/асинхронность.

Субъекты образовательного взаимодействия в ДО могут быть единичные: преподаватель или отдельный студент, а также множественные: группа преподавателей – комиссия или группа студентов, получающих одинаковое образование. Возникающие между перечисленными субъектами варианты взаимодействия по адресности можно разбить на пары «Студент-преподаватель», «Преподаватель – группа», «Комиссия – студент», «Комиссия – группа», «Студент – студент (группа)» (рис. 2.4) [10].

Любая из перечисленных связей может быть однонаправленной, например, «студент → Преподаватель» или «Преподаватель → студент», или двунаправленной «Преподаватель ↔ студент».

Структуру взаимодействия, возникающего при реализации ДО удобно описывать в терминах, принятых в информационных системах для

характеристики взаимосвязи информационных массивов [37, 44, 57]. Аналогично характер образовательного взаимодействия описывают отношения вида «один – один» и «один – много».

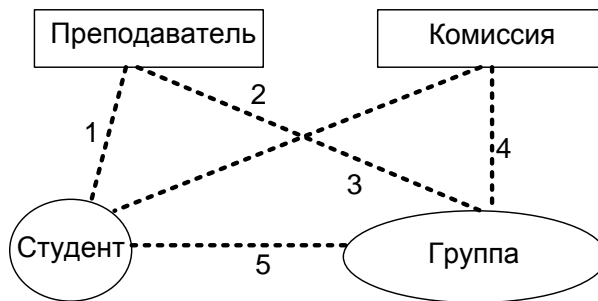


Рис.2.4. Виды взаимодействия, возникающего в ДО

Введем следующие обозначения. Одна стрелка \rightarrow означает индивидуальное взаимодействие «преподаватель – студент» или «студент – преподаватель», то есть отношение «один – один». Несколько однонаправленных стрелок \Rightarrow означают, что одни и те же данные транслируются группе студентов и характер взаимодействия – однонаправленный «один – много». Группа не объединенных стрелок \Leftarrow означает передачу разных данных группе студентов (каждому студенту свои данные), в данном случае осуществляется асинхронное взаимодействие «один – один». При взаимодействии «один – один» в течении времени t_i обработка полученных данных может осуществляться как при сохранении занятости канала связи «преподаватель – студент», так и локально с отключением канала связи, в зависимости от типа выполняемой работы.

При онлайн-овом ДО с позиции сервисов, видео- и аудио конференции могут быть сопоставлены с такими типами сеансов как (табл. 2.1):

- совещание, где в каждый момент времени двусторонняя связь доступна одному участнику, далее происходит переключение на двустороннюю связь определенного участника;
- презентация, где односторонняя связь организована с одним участником, который читает лекцию, остальные участники находятся в режиме приема;

– дискуссия, где двухсторонняя связь доступна всем участникам конференции, также реализуется режим активации по голосу.

Таблица 2.1. Типы сеансов видеоконференции

Тип сеанса конференции	Обозначение	Вид занятия
Совещание	<pre> graph LR T[преподаватель] <--> S[студенты] S <--> T </pre>	Коллоквиум, тестирование, собеседование, консультация
Дискуссия	<pre> graph LR T[преподаватель] <--> S[студенты] S <--> T </pre>	Семинар, лабораторная работа, коллоквиум, экзамен
Презентация	<pre> graph LR T[преподаватель] <--> S[студенты] S <--> T </pre>	Лекция

Один из возможных вариантов применения сервисов компьютерной поддержки взаимодействия, возникающего в связи с реализацией в РСОТ определенных занятий онлайн-ового ДО, представлен в *Приложении В* – «Работы в дистанционном образовательном процессе».

Однако необходимо заметить, что на практике вопрос применения тех или иных сервисов РСОТ при реализации определенных сетевых дистанционных занятий, значительно сложнее. Например, при реализации лабораторной работы кроме средств поддержки двухсторонней или многосторонней связи (видео- аудио- конференции) одновременно могут работать средства лабораторного стенда, а также средства (например, -ftp) пересылки отчета по работе от студента к преподавателю.

Также помимо вариантов общения между преподавателем и студентами на выбор возможных средств поддержки этого взаимодействия в ДО может влиять также ряд других факторов. Так, на выбор возможных средств поддержки взаимодействия может влиять расположение этого взаимодействия в рамках учебного процесса. Например, этап обучения

удобно условно разбить на 3 периода, отличающиеся выбором коммуникационных средств:

- I) вводный, в ходе которого происходит установление контактов;
- II) основной, связанный с индивидуальной и групповой работой по курсу;
- III) итоговый, возникающий в ходе проведения этапов промежуточного или итогового контроля.

Данные использования сервисов при одинаковом виде взаимодействия на разных этапах дистанционного курса приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Целесообразность использования сервисов на разных этапах дистанционного курса

Варианты общения	Коммуникационные средства	Этап использования
преподаватель → студент	электронная почта, в т.ч. встроенная в оболочку, чат (в режиме консультации)	I, II, III
студент → преподаватель	электронная почта	I, II, III
преподаватель → группа	список рассылки, доска объявлений, чат	I, II, III
	видеоконференция	I, III
студент → студент	электронная почта, чат	II, III
группа → студент студент → группа	доска объявлений, список рассылки, чат, форум, видеоконференция	II, III
комиссия → студент	список рассылки, доска объявлений, чат, видеоконференция	I, III
комиссия → группа		

Перечисленные соображения указывают на то, что:

- описание информационного процесса ДО должно производиться в особых единицах – *работах*, характеризующихся образовательным взаимодействием и определенным видом компьютерной поддержки;
- в целом решение вопроса выбора сервисов компьютерной поддержки работы должно производиться разработчиком системы ДО в ходе ее проектирования.

Из представленных в *Приложении В* элементарных блоков работ в соответствии с методикой проведения этапа обучения можно «собирать» структурное представление этапов, единообразно определяя в терминах работ загруженность любого участника сетевого ДО или технического элемента РСОТ в связи с реализацией занятия по курсу. Тем самым в рамках графовой модели производится совмещение управления и информационного взаимодействия.

Воспользовавшись отмеченным свойством самоподобия образовательной структуры, попробуем распространить рассмотренный выше способ совмещения информационного взаимодействия и управления процессом ДО на общий случай, представляющий собой обучение по нескольким курсам. Рассмотрим пример образовательного процесса, представленный на рисунке 2.5 в виде графа, устанавливающего упорядоченность проведения образовательных занятий трех групп по определенной дисциплине.

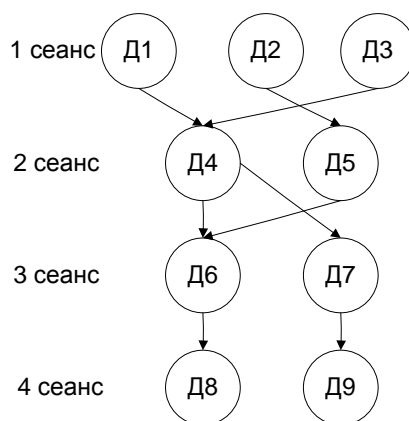


Рис. 2.5. Пример графа учебного курса

Ярусы графа соответствуют определенным часам занятий (сеансам, «парам»), а вершины – собственно занятиям учебных групп. Ребра графа определяют порядок прохождения занятий разными учебными группами. Каждая ветвь графа представляет собой совокупность занятий учебного курса, изучаемого определенной группой студентов. Например, во время 1-й пары студенты первой группы изучают дисциплину Д1. Одновременно у

второй и третьей групп проходит собственный учебный процесс по дисциплинам Д2 и Д3. Затем в ходе 2-й пары первая группа изучает дисциплину Д4 совместно со студентами третьей группы, в то время как студенты второй группы изучают Д5. На 3-й паре студенты первой группы, а также студенты второй группы изучают Д6, а студенты третьей группы – Д7. На 4-й паре обе группы: первая и вторая, - изучают дисциплину Д8, а третья – Д9. После чего во всех группах обучение по этапу завершается.

Описываемый процесс параллельного обучения трех групп представляет список прохождения дисциплин группами:

- 1) первая группа Д1-Д4-Д7-Д9
- 2) вторая группа Д2-Д5-Д6-Д8
- 3) третья группа Д3-Д4-Д6-Д8

Однако, слабые выразительные возможности представленной структуры управляющих взаимосвязей позволяют тот же граф рассматривать по-другому. Например, представленному на рисунке 2.5 графу не противоречит другой вариант, при котором

- 1) первая группа Д1-Д4-Д6-Д8
- 2) вторая группа Д2-Д5-Д6-Д8
- 3) третья группа Д3-Д4-Д7-Д9

Причиной возникающей при параллельном исполнении нескольких курсов неоднозначности становится то, что в структуре управляющих взаимосвязей, не отражены состояния занятий, проводимых с несколькими группами.

Структура становится определенной, если:

1. для каждой группы известно расписание (то есть ветвь, по которой проходит учебный процесс группы);
2. для каждой работы (занятия) определен исполнитель (студент или группа, которой данная работа предназначается).

В рассматриваемом случае учебный этап для всех групп составляет 4 занятия (сеанса, «пары»). Пусть, во-первых, дано, что занятия первой, второй и третьей учебных групп представляют соответственно обучение по определенной дисциплине (предмету). (рис.2.6).

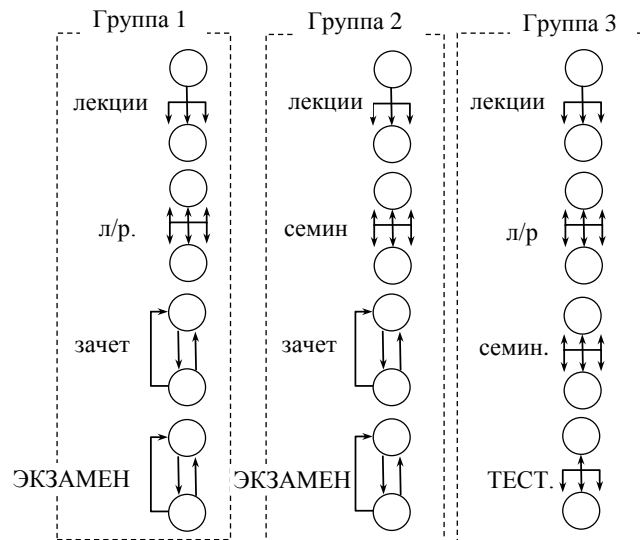


Рис. 2.6. Пример расписания учебного этапа

А, во-вторых, известно, что содержание лабораторной работы на втором сеансе одинаково, то есть соответствующая работа предназначена для студентов двух групп: первой и третьей, а проведение зачета и экзамена предназначено для студентов первой и второй групп. Тогда состав дисциплин структуры управляющих взаимосвязей уточняет содержащая информационное наполнение таблица 2.3, по которой, воспользовавшись *Приложением В*, можно определить состав используемых сервисов, то есть планируемую операцию РСОТ.

Однако в случае получения неудовлетворительной оценки знаний по этапу студенту может потребоваться заново пройти обучение или тестирование (экзамен) по дисциплине. Повторное прохождение студентом обучения может определяться одним из следующих сценариев:

- «Студент переходит к изучению дисциплин следующего этапа вместе со своей группой, а в дополнительное время самостоятельно изучает несданную дисциплину и сдает экзамен или зачет»»;
- «Студент остается на текущем этапе и изучает несданную дисциплину с новой группой».

Таблица 2.3. Информационное наполнение структуры взаимосвязей

Дисциплина	Вид занятия	Курс
Д1	лекция	Курс 1
Д2	лекция	Курс 2
Д3	лекция	Курс 3
Д4	л/р	Курс 1 и 3
Д5	семинар	Курс 2
Д6	зачет	Курс 1 и 2
Д7	семинар	Курс 3
Д8	экзамен	Курс 1 и 2
Д9	тест	Курс 3

Причем в обоих случаях потребуются корректировать численные значения характеристик учебного процесса, а во втором случае – еще и состав учебных групп. В связи с этим заметим, что разработка автоматизированного решения задачи управления проведением информационного процесса ДО открывает возможность для планирования загрузки ресурсов РСОТ, выраженной не в терминах учебных групп (где обучение всех студентов происходит по общему плану), а непосредственно в учащихся, каждый из которых имеет собственный учебный план.

2.3. Определение характеристик занятости технических средств РСОТ, влияющих на проведения ДО

При определении характеристик занятости технических средств, влияющих на проведения ДО в глобальной сети, по сути необходимо знать:

- что передается, какая информация (статическая или динамическая);

- порожденная каким сервисом, в каком объеме;
- как передается (то есть в каком режиме);
- где передается (в какой среде, какими техническими и программными средствами).

Реализация каждой дисциплины (обозначенной соответствующим узлом в графе управляющей структуры, например, на рисунке 2.8) характеризуется для технических средств PCOT определенной ресурсоемкостью (или трудоемкостью – для исполнителей процесса), определяемой составом происходящих при реализации дисциплины типовых работ, порядком их исполнения, а также составом используемых ресурсов.

В общем случае правильнее считать, что любой узел дисциплины описывается набором упорядоченных элементарных работ, каждая из которых характеризуется определенной ресурсопотребностью, выраженной в объемных показателях или в величинах интенсивности.

Например, если реализация ДО по дисциплине связана с видеоконференцией, то номинальная ресурсопотребность информационного взаимодействия может определяться соответствующим количеством каналов связи, поддерживающих заданную интенсивность обмена, то есть заданную скорость передачи данных. Если реализация дисциплины опирается на такие сервисы как почта или ftp-пересылка, то номинальную ресурсопотребность определяет соответствующее количество и объемы передаваемых файлов.

Приведенный пример показывает, что способ определения характеристик занятости технических средств различается по типам трафика приложений, а точнее по степени чувствительности приложений к задержкам передачи данных по сети. Ниже перечислены основные типы приложений в порядке повышения чувствительности к задержкам пакетов [49]:

- асинхронные приложения: практически нет ограничений на время задержки (электронная почта);
- синхронные приложения: чувствительны к задержкам, но допускают их;

- интерактивные приложения: задержки могут быть замечены пользователями, но они не сказываются негативно на функциональности (например – текстовый редактор, работающий с удаленным файлом);
- изохронные приложения: при превышении порога чувствительности к задержкам функциональность приложений резко снижается (например – передача голоса, когда при превышении порога задержек в 100 – 150 мс качество воспроизводимого голоса резко ухудшается);
- сверхчувствительные к задержкам приложения. Задержка доставки данных сводит функциональность к нулю (например – приложения, управляющие техническим объектом в реальном времени. При запаздывании управляющего сигнала на объекте может произойти авария).

Существует и более грубое деление приложений по этому же признаку на два класса – асинхронные и синхронные [41, 98]. К асинхронным относят те приложения, которые нечувствительны к задержкам передачи данных в очень широком диапазоне, вплоть до нескольких секунд, а все остальные, на функциональность которых задержки оказывают существенное влияние, определяются как синхронные. К синхронным приложениям в этом случае относятся изохронные и сверхчувствительные приложения. Интерактивные приложения могут быть как асинхронными (например, чат), так и синхронными (например, видеоконференция).

В дальнейшем, исходя из уровня требований приложений к задержке при передаче, будем подразделять характерный для ДО трафик на две категории: *эластичный*, порождаемый асинхронными приложениями, и *приоритетный*, связанный с работой приложений реального времени.

Рассмотрим ранее выделенные типовые режимы организации взаимодействия между участниками ДО с позиций формирования загрузки технических средств РСОТ.

1. **«Один – один»**. В этом случае связь организуется как «точка точка», и должно быть два потока (2 канала), реализующих информационный

обмен в прямую и обратную стороны. Примером такого взаимодействия являются индивидуальные занятия в различных режимах конференций или контроль знаний в виде зачета или экзамена. Такая организация характерна также и для самостоятельной работе студента.

2. **«Один – много»**. Такое взаимодействие возникает, когда всем студентам преподается одна дисциплина. При этом все компьютеры учебной группы в каждый момент времени транслируют одинаковую информацию от компьютера преподавателя (рис. 2.7 а), например лекцию в режиме видеоконференции или режиме электронной страницы, или получают задания на проверку усвоенных знаний по электронной почте.

3. **«Много – много»**. При такой организации функционирования работы в РСОТ на этапе может преподаваться несколько дисциплин. Каждый преподаватель ведет занятия (например лабораторные) для подгруппы обучаемых (рис. 2.7 б). Другим примером являются проведение одного занятия несколькими дистанционно распределенными преподавателями.

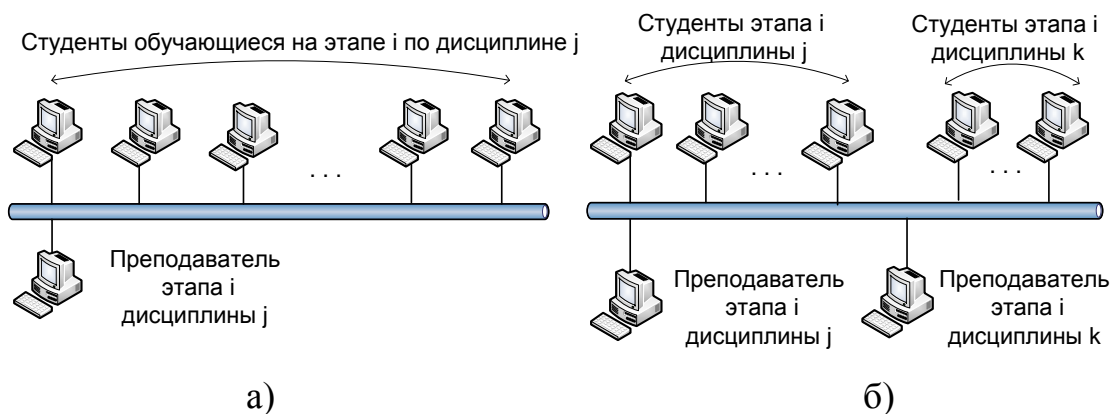


Рис. 2.7 Организация взаимодействия «один – много» и «иного – много»

В последних двух случаях связь между преподавателем и слушателями может быть установлена как только в одну сторону порождая N потоков взаимодействия, либо в обе стороны – $2N$.

На практике реальная скорость передачи данных всегда будет ниже номинальной потому, что, во-первых, часть полосы пропускания каналов уходит на передачу служебных данных, а во-вторых, скорость при передаче

данных существенно зависит от расстояния и уровня помех в сети. Многочисленные исследования показывают, что реальная пропускная способность сети составляет 30% - 60% от максимальной.

Перечисленные особенности работы сети позволяют приступить к определению характеристик сопутствующего ДО обменного процесса. На практике пропускная способность IP канала связи V_{ch} рассчитывается по формуле:

$$V_{ch} = V_{pd} \cdot N_{ab} \quad (2.1)$$

где V_{pd} – скорость одного потока (для одного участника), N_{ab} – количество одновременно передаваемых потоков.

Например, для передачи 60 потоков по 20 Кбит/с необходим канал 1.2 Мбит/с, а для передачи 2000 потоков по 20 Кбит/с необходим канал 40 Мбит/с.

При расчете следует учитывать факторы:

- допустимой скорости доступа к информации с каждого рабочего места;
- планируемой почасовой нагрузки на одно рабочее место;
- типы Интернет – сервисов, доступ к которым будет осуществляться с каждого рабочего места.

Различные сервисы Интернет обеспечивают различную эффективную нагрузку на канал. Так, например, на сетях с небольшой пропускной способностью используемая почтовым сервисом нагрузка составляет порядка 5%, а организация видео/аудио конференции через Интернет с одного рабочего места может обеспечить загрузку канала до 100%. Если предусматривается двусторонняя (обратная) связь при проведении конференции, то должно быть образовано два потока – в прямую и в обратную сторону. В этом случае количество потоков в канале N_{ab} будет определяться суммой

$$N_{ab} = N_{ab}^{(1)} + N_{ab}^{(2)} \quad (2.2)$$

где $N_{ab}^{(1)}$ – общее количество участников конференции, $N_{ab}^{(2)}$ – количество участников, которым будет доступна обратная связь. В зависимости от технической реализации: $N_{ab}^{(1)} = 1$, если где – то имеется прокси – сервер, распределяющий поток или $N_{ab}^{(1)} = n$, если установлена многоточечная связь.

Если используется один канал связи при проведении одновременно нескольких независимых конференций, то N_{ab} – суммарное количество образуемых потоков в канале вычисляется по формуле

$$N_{ab} = \sum_{i=1}^I (N_{abi}^{(1)} + N_{abi}^{(2)}) \quad (2.3)$$

где I – количество конференций, проводимых одновременно, $N_{abi}^{(1)}$ – общее количество участников конференции i , $N_{abi}^{(2)}$ – количество участников конференции i , которым будет доступна обратная связь. При этом должно соблюдаться условие

$$\sum_{i=1}^I V_{pdi} \cdot N_{abi} \leq V_{ch} \quad (2.4)$$

где V_{pdi} – скорость передачи данных, определяющаяся качеством вещания конференции i .

При файловом обмене реальный размер данных, передаваемых по сети, будет несколько больше физического размера самого файла. Это связано с тем, что при пересылке больших объемов данных по сети они разбиваются на кадры, размер которых зависит от типа сети, по которой осуществляется передача. Помимо этого каждый кадр снабжается заголовком (размер которого также зависит от типа сети передачи данных), в котором содержится вся информация, необходимая для пересылки и последующего объединения на приемной стороне данных из пакетов в единый файл.

Для IP-сетей характерна структура пакета, при котором заголовок, как правило, имеет длину 20 байт, поле данных – от 512 байт до 4 Кбайт. При

передаче по сетям различного типа длина пакета выбирается с учетом максимальной длины пакета протокола нижнего уровня, несущего IP-пакеты.

Например, при пересылке файла данных размером 1 Мбайт при размере пакета 1500 байт одному получателю, будет образовано 700 пакетов $((1024 \times 1024) / 1500)$. При передаче по сети пересылку части пакетов придется повторить из-за ошибок. В среднем процент повторных передач составляет 3-5%. Таким образом, для рассматриваемого примера количество пересылаемых пакетов увеличится на 20 – 35 штук.

С учетом вышесказанного реальный объем передачи данных составит $(700 + 35) \cdot (1500 + 20) = 11172200$ байт, то есть 1091,01 Кбайт или 1,065 Мбайт, означая, что с учетом процента ошибок и добавления заголовков объем передаваемых данных увеличился на 65 Кбайт.

Для расчета времени, которое реально потребуется на передачу данных объемом X для одного пользователя, необходимо учитывать такие характеристики, как размер поля и заголовка данных кадра для выбранного протокола работы сети, процент потерь кадров при передаче по сети, технологическая пауза, выдерживаемая между кадрами при передаче.

При параллельном проведении нескольких курсов загрузка технических средств суммируется, порождая между занятиями «конкуренцию» за соответствующие ресурсы РСОТ.

Пусть образовательный процесс будет представлен графом (рис. 2.5), узлы которого соответствуют дисциплинам, а ребра описывают последовательность их выполнения. Время использования каналов связи в каждом узле величина постоянная и равна длительности одной учебной пары $\tau = 1,5$ часа (90 мин.). Каждый узел характеризуется количеством участников (сессий), качеством и видом представления информации и типом выполняемой элементарной работы (табл. 2.4). Максимальное количество участников ДО для каждой работы, можно определить исходя из деления

общей пропускной способности канала V_{ch} на плановую скорость одного потока V_{pd} .

Таблица 2.4. Характеристики узлов графа образовательного процесса

№ узла графа	Тип проводимой работы	Скорость передачи данных, Кбит/с	Количество участников
Д1	Аудиоконференция	64	15
Д2	Видеоконференция с двусторонней связью	512	10
Д3	Видеоконференция	256	10
Д4	Телеконференция	14	25
Д5	Видеоконференция с двусторонней связью	512	10
Д6	Аудиоконференция	64	25
Д7	Телеконференция	14	10
Д8	Видеоконференция	256	25
Д9	Телеконференция	14	10

При обратной задаче, когда количество участников жестко задано, качество представления информации определяется делением V_{ch} на количество участников N_{ab} , затем, зная величину V_{pd} , можно определить качество трансляции дисциплины.

Пусть V_{ch} составляет 10 Мбит/с = 10240 Кбит/с, тогда расчеты характеристик информационного процесса ДО представлены в таблице 2.5. Максимальное количество участников, которые могли бы принять участие в образовательном процессе на соответствующем занятии, определим исходя из поставленных условий. Заметим при этом, что указанное количество участников предполагает полную занятость канала, то есть невозможность параллельной реализации других дисциплин на той же паре.

В соответствии с данными таблицы 2.5, для осуществления работ по каждому занятию потребуется знать загрузку канала по отдельной

дисциплине. Просуммировав загрузку по соответствующему ярусу графа управляющей структуры, получим загрузку за сеанс.

Таблица 2.5. Сводная таблица рассчитываемых характеристик

№ сеанса-занятия	№ узла графа	Макс. кол-во участников	Загрузка канала по дисциплине, Кбит/с	Загрузка канала за сеанс, Кбит/с	Своб. пр. спос. за сеанс, Кбит/с	Доп. обмен данными, Мбайт/чел
1	Д1	160	960	8640	1600	30
	Д2	20	5120			
	Д3	40	2560			
2	Д4	731	350	5470	4770	90
	Д5	20	5120			
3	Д6	160	1600	1740	8500	160
	Д7	731	140			
4	Д8	40	6400	6540	3700	69
	Д9	731	140			

Если при заданном качестве передачи данных за сеанс и реальной пропускной способности V_{ch} требуемое количество участников не сможет быть обслужено, то в этом случае надо либо уменьшить в одной, в нескольких (или во всех) дисциплинах сеанса качество передачи данных, либо использовать более высокую ресурсоемкость V_{ch} .

Когда для проведения образовательных занятий на сеанс («пару») выделяется не вся ширина канала, то канал связи не загружен полностью на величину V_{ad} . В этом случае, учитывая, что на всех сеансах присутствуют студенты всех 3-х групп в количестве 35 человек, параллельно с поведением интерактивных занятий можно проводить файловую рассылку учебных данных и/или почтовый обмен в объеме $((V_{ad} \cdot \tau)/35)/8$ [Мбайт/чел], где τ - время использования каналов связи равно 5400 секунд.

Приведенный пример показывает необходимость проведения предварительного планирования сетевого трафика с учетом пропускной способности сети, которая должна соответствовать объему передаваемых

данных [83]. Для реализации информационных процессов ДО сеть должна обеспечивать «одновременную передачу речи, видео и данных», то есть быть мультисервисной. В такой сети одновременно передаваемыми данными могут быть эластичный трафик электронной почты или FTP, более требовательный при интерактивной работе в Интернет HTTP-трафик, чувствительная к задержкам передача голоса по IP каналу, а также приоритетный трафик обмена данными в видеоконференции.

Такая структура трафика не может не приводить к периодическому возникновению перегрузок, поэтому необходимо четкое планирование расписания и управление прохождением в ней информационных потоков.

В общем случае решение задачи управления такой сетью можно разделить на четыре этапа, включающие сбор информации непосредственно с сетевых устройств, ее анализ и структурирование, статистический учет, моделирование и планирование трафика. Классические системы сетевого управления, существующие на сегодняшний день, охватывают, как правило, лишь первые два этапа. Анализ современного рынка продуктов для полноценного управления мультисервисными сетями, и особенно для моделирования и планирования трафика, показывает, что подобных решений не существует, что связано с относительной новизной данных задач.

Однако предопределенный характер информационных потоков, возникающих в связи с реализацией ДО, позволяет в данном конкретном случае рассмотреть задачу планирования загрузки ресурсов PCOT, то есть детерминированного формирования динамической организации ДО.

Выводы по главе 2

1. Проанализированы основные составляющие организации информационного процесса ДО – задание порядка проведения занятий по каждой из дисциплин ДО, количество студентов, занимающихся по дисциплинам, а также значения производительности (ресурсоемкости)

сетевых технических средств РСОТ. Сделан вывод, что в качестве критерия эффективности организации ДО целесообразно рассматривать занятость сетевых технических средств, показатели загруженности которых могут характеризовать достаточность РСОТ для поставленных задач.

2. Определено, что сложность и многопараметричность организационного построения системы, реализующей сетевой процесс ДО, делает необходимым использование моделирования для исследования эффективности решений. Инструментом, наиболее полно характеризующим особенности проектирования организации информационного процесса ДО является система имитационного моделирования, которая способна в темпе работы программы воспроизвести (в виде процесса смены событий) поведение объекта за определенный период времени.

3. Сделано заключение, что информационное описание курсов ДО должно задаваться методистом в виде множества работ, каждая из которых предназначена для конкретного исполнителя (студента или группы) и характеризующаяся определенной ресурсопотребностью, а также единообразным видом образовательного взаимодействия и компьютерной поддержки. При этом информационное описание дополняется управляющим описанием, устанавливающим последовательность операций, связанных с выполнением работ техническими средствами РСОТ.

4. При параллельном исполнении нескольких курсов ДО в мультисервисной сети РСОТ из-за «конкуренции работ» за соответствующие ресурсы технических средств (как для реальной системы ДО, так и в модели) возникает необходимость проведения предварительного планирования сетевого трафика с учетом объема передаваемых данных и ресурсоемкости каналов. По этой причине постановке имитационного эксперимента должны предшествовать исследование и разработка математических моделей, определяющих способ формирования динамической организации информационного процесса ДО.

Глава 3. Разработка математической модели и алгоритмических средств построения рациональной динамической организации информационного процесса ДО

3.1 Постановка задачи построения рациональной динамической организации информационного процесса ДО

3.1.1. Выделение составляющих динамической организации информационного процесса ДО

3.1.1.1. Выделение характеристик исполняемой системы заданий

Содержательное описание задач, возникающих в связи с проектированием и постановкой сетевого ДО, позволяет выявить основные категории и элементы, присущие функционированию таких систем. При этом, детерминированный характер протекающих в системе процессов, конечность и дискретность задач позволяют осуществить построение формальной модели системы в терминах теории расписаний.

Проведение не только дистанционного, но и любого образовательного процесса в общем случае представляется **совокупностью заданий** $\mathfrak{J} = \{J_{ij}\}$, состоящих из отдельных занятий $i = 1..N$ по дисциплине $j = 1..n$ и подлежащих исполнению в определенной последовательности.

Важной характеристикой, регулирующей исполнение любого задания в РСОТ будет служить **продолжительность занятий** τ_{ij} , которую аналогично дневным формам обучения при ДО будем считать одинаковой $\forall J_{ij}$ (например, равной 1 или 2 академическим часам), то есть $\tau_{ij} = 1, \forall J_{ij}$.

Для описания проведения занятий воспользуемся более мелкой частью занятия – работой, предполагая, что занятие состоит из конечной последовательности параллельно (и синхронно) исполняемых работ с общей длительностью. Будем считать, что занятия состоят из одной работы.

$<$ - будем обозначать определенное на \mathfrak{J} отношение частичного порядка, которое устанавливает очередность занятий, и $J_{ij} < J_{kl}$ означает,

что занятие j по дисциплине i предшествует занятию l поддисциплине k . Введенное транзитивное антисимметричное и нерефлексивное отношение позволяет уточнить положение заданий, которым в графе на множестве вершин – занятий с отношением инцидентности $<$, будут соответствовать отдельные компоненты связности.

В теории часто выделяют случай упорядоченности, установленной графом типа дерева $\leq tree$ из упорядоченности общего вида $\leq prec$. В частности, можно сказать, что для образовательных систем наиболее характерной является ситуация, когда занятия по дисциплине i представлены одним заданием (исполняемым, например, в продолжение семестра), где занятия упорядочены в цепочку $J_{ij} < J_{ij+1}$, что будет обозначаться $\leq line$.

В отсутствии упорядоченности порядок проведения занятий $J_{ij} \in \mathfrak{J}$ может также регулироваться **важностью**, задаваемой положительной величиной w_{ij} , которая характеризует приоритетность первоочередного проведения занятия по сравнению с другими (чем больше величина важности, тем выше приоритет). Кроме того, проведение занятий может быть обусловлено строго или нестрого исполняемыми директивными сроками доступности и завершения $[d_{ij}; D_{ij}]$, $d_{ij} \geq 0$, $D_{ij} \leq T$, которые служат для привязки исполнения к определенным моментам. Строгое соблюдение означает, что выполнение работы не может начаться раньше момента d_{ij} и не может закончиться позднее момента D_{ij} . Нестрогое – регистрацию фактов отклонения с дальнейшим штрафованием образующегося исполнения работ.

3.1.1.2. Определение ресурсных особенностей исполняемой системы заданий

По сравнению с другими образовательными системами характерной чертой информационного процесса ДО, определяющей (наряду с продолжительностью и упорядоченностью занятий) функционирование

системы в целом, является необходимость использования целого ряда **ресурсов**, состав и величина которых понимается по отношению к исполнителю и определяет трудоемкость работы. Например, трудоемкость одной и той же работы – занятия:

- для РСОТ определяется количественным составом учащихся по данной дисциплине, методикой проведения занятий, формой проведения, использованием технических средств и образовательных систем и т.д.;
- для обучаемого определяется сложностью материала, квалификацией, качеством канала связи и производительностью технических средств.

В общем случае для занятия J_{ij} набор потребляемых ресурсов представляется вектором ресурсопотребности $\mathfrak{R}_{ij} = [R_{ij}^{(1)}, R_{ij}^{(2)} \dots R_{ij}^{(h)}]$, компоненты которого, устанавливая ресурсопотребность работы в ресурсе l

- либо для исполнения занятия в целом $R_{ij}^{(l)}$,
- либо для проведения занятия в каждый момент времени t - $r_{ij}^{(l)}(t)$.

Указанное различие в определении ресурсов, необходимых для проведения занятий, связано с двумя типами работ, которые возникают при реализации информационного процесса ДО: прерываемых (например, аналогичных рассылке по ftp), и непрерываемых (например, видео- или аудио- конференций). По умолчанию работа считается непрерывной. Свойство прерываемости работ принято обозначать аббревиатурой *pmtn*.

Потребление ресурса в части непрерываемых работ можно назвать вполне определенным, так как оно изначально задано функциональной зависимостью $r_{ij}(t)$. Для видео- и аудио- конференций потребление ресурса

описывается зависимостью $r_{ij}(t) = \frac{R_{ij}}{\tau_{ij}}$, где τ_{ij} – длительность сеанса.

Для прерываемых работ установленное суммарно потребление ресурса может осуществляться дискретно по времени и фактически формируется в виде $\tilde{r}_{ij}(t)$ уже в процессе исполнения и не вполне определено.

С учетом ресурсных ограничений необходимо заметить, что понятие длительности имеет смысл только для вполне определенных, непрерываемых работ, на временном отрезке $t \in [t^{(0)}; t^{(0)} + \tau_{ij}]$, где $r_{ij}(t) \neq 0$. Соответственно для прерываемых работ понятие длительности приобретает смысл апостериори, после выполнения, осуществленного таким образом, что $\int_0^\omega \tilde{r}_{ij}(t) dt = R_{ij}$, где ω – максимальное время завершения работы.

3.1.1.3. Выделение характеристик исполнителя

Исследуя динамику РСОТ в информационном процессе ДО, будем полагать, что исполнение системы заданий \mathfrak{Z} осуществляется конечной системой процессоров $\mathfrak{X} = \{\chi_p\}$ при $p = 1..M$, где χ_p – p -й процессор в системе \mathfrak{X} , а M – количество процессоров (или каналов-исполнителей). Не ограничивая общности, в модели в качестве процессоров могут рассматриваться службы РСОТ, отдельные технические устройства (сервера, каналы связи), а также лица, исполнение работ которыми обуславливает проведение ДО. В отдельную группу процессоров будут отнесены учащиеся, поведение которых при исследовании динамики процесса ДО также будет отождествляться с функционированием технических средств.

Функционирование канала – исполнителя (процессора) определяется вектором его ресурсоемкости $V_{ij} = [V_p^{(1)}, V_p^{(2)} \dots V_p^{(h)}]$, l -ая компонента которого выражает количество соответствующего ресурса, которым исполнитель располагает для проведения работы в каждый момент времени.

В связи с ресурсоемкостью исполнителей информационного процесса ДО отметим следующее:

- во-первых, наряду с приведенной трактовкой ресурсоемкости, характерной для подсистем РСОТ, можно говорить о ресурсоемкости исполнителя в привязке ко времени. Например, ниже будет показано, что к такому типу исполнителя можно отнести обучаемого, производительность

которого нарастает со временем;

- во-вторых, в дальнейшем при рассмотрении ресурсных условий проведения информационного процесса ДО ограничимся ресурсом, выражающим производительность исполнителя.

При построении динамической модели понятие процессорной ресурсоемкости тесно связано с ресурсной обусловленностью и длительностью работ. В зависимости от особенностей задачи, процессоры полагаются либо идентичными по своим функциональным возможностям, то есть наделенными одинаковыми ресурсами, либо – специализированными, то есть наделенными разными ресурсами. Например, для каналов связи РСОТ характеристика пропускной способности, определяющая их производительность, одновременно может рассматриваться как показатель специализации – в плане способности или неспособности к проведению определенных ресурсоемких работ (поддержки обмена в форме видео- аудио- конференций или только на уровне ftp – обмена). Определяющая роль показателей ресурсоемкости и продолжительности работ по отношению к значениям специализации и производительности процессоров позволяет называть исполнителем работ элемент системы, обладающий способностью к проведению работ с определенным набором допустимых произведений продолжительностей и ресурсоемкостей. Например, исполнителем непрерываемых работ J_{ij} может считаться процессор χ_p , для которого $\frac{R_{ij}}{\tau_{ij}} \leq v_p$, где v_p ресурсоемкость данного процессора (канала-исполнителя).

В теории типы исполнителей часто подразделяют на классы [84]:

- идентичные процессоры класса **P**, у которых любая работа может быть выполнена любым исполнителем с одной и той же производительностью, то есть обладают одним ресурсом и одинаковой ресурсоемкостью;
- однородные процессоры класса **Q**, у которых любая работа может быть

выполнена любым исполнителем, но с разной производительностью, т.е. обладают одним ресурсом, но с разной ресурсоемкостью;

- несравнимые (специализированные) процессоры класса R , у которых определенные работы выполняются определенными исполнителями, таким образом, что никакие два исполнителя не имеют для выполнения общих работ, то есть обладают различными ресурсами.

Так как в последнем случае несравнимых процессоров решение задачи оказывается в значительной мере связано с видом упорядоченности работ, целесообразным оказывается выделение в отдельные подмножества еще двух классов систем, исполняющих задания – цепочки $\leq line$:

- несравнимые (специализированные) процессоры класса F , производящие выполнение работ с одной и той же последовательностью исполнителей;

- несравнимые (специализированные) процессоры класса O , производящие выполнение работ с разной последовательностью исполнителей.

Рассмотрим организацию функционирования системы на временном интервале $[0; T]$ с учетом особенностей исполнения непрерываемых и прерываемых работ. Выражением результативной деятельности исполнителя по отношению к подходящим для него по мощности работам становится исполнение в определенный момент (или моменты) времени работы J_{ij} (или определенной ее части) на процессоре χ_p (или процессорах).

Ясно, что для непрерываемых работ, исполнение которых началось и уже не может быть прервано или передано другому исполнителю, функционирование системы характеризуется «тетрадой» $\langle C_{ij}; \chi_p; \tau_{ij}; R_{ij} \rangle$, где C_{ij} - момент окончания работы, исполнявшейся на процессоре χ_p в течение периода τ_{ij} при использовании R_{ij} ресурса в каждый момент времени.

Причем изначально определенные ресурсные показатели и длительность работы в любой момент времени t не должны в совокупности превосходить ресурсоемкость исполнителя

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^n \frac{R_{ij}}{\tau_{ij}} \leq v_p, \quad t \in [C_{ij} - \tau_{ij}; C_{ij}] \quad (3.1)$$

исполнение работ происходит без нарушения условий упорядоченности

$$J_{ij} < J_{kl} \Rightarrow C_{ij} \leq C_{kl} - \tau_{kl} \quad (3.2)$$

и строго обусловленных директивных сроков начала и окончания

$$c_{ij} = C_{ij} - \tau_{ij} \geq d_{ij}, \quad C_{ij} \leq D_{ij} \quad (3.3)$$

где c_{ij} - момент начала работы.

Значительно сложнее описывается менее обусловленное исполнение прерываемых работ, которое может производиться «в несколько приемов». Например, начавшись на некотором процессоре, исполнение прерываемых работ, может быть приостановлено с тем, чтобы позднее возобновиться у этого же или другого исполнителя. Более того, обработка прерываемых работ может производиться несколькими исполнителями одновременно. Таким образом, в случае прерываемых работ функционирование системы описывается уже набором тетрад (полагаем, что конечным, не превосходящим предельного количества в $s - 1$ прерываний) $\langle C_{ij}^{(1)}; \chi_p^{(1)}; \tau_{ij}^{(1)}; r_{ij}^{(1)} \rangle \langle C_{ij}^{(2)}; \chi_p^{(2)}; \tau_{ij}^{(2)}; r_{ij}^{(2)} \rangle \dots \langle C_{ij}^{(s)}; \chi_p^{(s)}; \tau_{ij}^{(s)}; r_{ij}^{(s)} \rangle$, в каждой из которых $C_{ij}^{(q)}$ - момент окончания q -ой части работы, выполнявшейся на процессоре $\chi_p^{(q)}$ в течение периода $\tau_{ij}^{(q)}$ при использовании $r_{ij}^{(q)}$ доли ресурса. Полагаем, что, так же как и для непрерываемых работ, во время исполнения прерываемой работы или ее части потребление/освоение ресурса происходит равномерно. Причем, если считать что $C_{ij} = \max_{1 \leq q \leq s} C_{ij}^{(q)}$, условия (3.1 – 3.3) приобретают более общую форму

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^n \frac{r_{ij}^{(q)}}{\tau_{ij}^{(q)}} \leq v_p^q, \quad t \in [C_{ij}^{(q)} - \tau_{ij}^{(q)}; C_{ij}^{(q)}] \quad (3.4)$$

$$r_{ij}^{(1)} + r_{ij}^{(2)} + \dots + r_{ij}^{(s)} = R_{ij} \quad (3.5)$$

$$J_{ij} < J_{kl} \Rightarrow C_{ij} \leq \min_{1 \leq q \leq s} c_{kl}^{(q)} \quad (3.6)$$

$$c_{ij} \geq d_{ij}, C_{ij} \leq D_{ij} \quad (3.7)$$

где $c_{ij} = \min_{1 \leq q \leq s} (C_{ij}^{(q)} - \tau_{ij}^{(q)})$, то есть момент начала самого «раннего» фрагмента.

3.1.1.4. Определение отношений, описывающих проведение информационного процесса ДО

Организацию функционирования системы называют программой. Можно сказать, что программу функционирования системы на временном интервале $[0; T]$ определяет совместное решение вопросов:

- «Каким исполнителем (или исполнителями, в случае прерываемых работ) производится выполнение работы»;
- «В какой момент (или моменты, в случае прерываемых работ) времени завершается исполнение»;
- «С потреблением какой части ресурса происходило исполнение прерываемых работ».

По поводу перечисленных вопросов отметим следующее:

- возникновение первого вопроса происходит только при наличии нескольких функционально одинаковых исполнителей;
- при равномерном потреблении ресурса момент завершения и начала исполнения функционально эквивалентны, так как их связывает длительность, но по соображениям результативности функционирование системы удобнее описывать моментами завершения;
- третий вопрос, связанный с потреблением ресурса, очевидно, что имеет место только в ситуации ресурсной ограниченности.

Таким образом, функционирование системы на временном интервале $[0; T]$ в части непрерываемых работ с априорно установленными значениями продолжительности τ_{ij} и ресурсной потребности R_{ij} , определяется как

$$\begin{cases} \varphi: \mathfrak{S} \rightarrow \mathfrak{N} \\ \theta: \mathfrak{S} \times \mathfrak{N} \rightarrow [0; T] \end{cases} \quad (3.8)$$

совместно формируемыми при условиях (3.1 – 3.3).

В терминах теории сложных систем [47] можно сказать, что в случае непрерываемых работ отображение φ , устанавливающее фактическую специализацию идентичных или однородных исполнителей $\chi_p = \varphi(J_{ij})$, формирует «самоорганизацию» системы. А формируемое с учетом имеющейся специализации исполнителей χ_p отображение θ определяет упорядочение выполнения заданий по времени или «координацию», устанавливаемую величинами $C_{ij} = \theta(\chi_p; J_{ij}) = \theta(\varphi(J_{ij}); J_{ij})$, представляющими моменты завершения непрерываемой обработки работ.

В общем случае функционирование системы с прерываемыми и непрерываемыми работами на временном интервале $[0; T]$ определяется тремя векторными отображениями, совместно формируемыми при условиях (3.4 – 3.7), где для непрерываемых работ $s = 1$.

$$\begin{cases} \varphi: \mathfrak{J} \rightarrow \mathfrak{K}^{(s)} \\ \theta: \mathfrak{J} \times \mathfrak{K} \rightarrow [0; T]^{(s)} \\ \psi: \mathfrak{J} \times \mathfrak{K} \rightarrow \mathfrak{R}^{(s)} \end{cases} \quad (3.9)$$

Также как и для непрерываемых работ, в общем случае «самоорганизацию» системы формируют отображения φ и ψ , устанавливающие фактическую специализацию идентичных или однородных исполнителей. А отображение θ сопоставляет работам и их исполнителям - временные периоды из интервала $[0; T]$, в продолжение которых проводится реализация исполнения.

3.1.2. Определение показателей эффективности и вычислительной сложности построения модели динамической организации информационного процесса ДО

3.1.2.1. Исследование показателей эффективности динамической организации информационного процесса ДО

Комбинаторный характер решения задачи (3.9) предполагает большое

количество допустимых (то есть удовлетворяющих условиям (3.4 – 3.7)) вариантов ее решения, среди которых необходимо выбрать наилучший, обеспечивающий наиболее эффективную в некотором смысле организацию проведения информационного процесса ДО. Будем оценивать эффективность динамики процесса ДО в смысле оптимальности упорядочения исполнения работ по занятиям. Если $\{C_{ij}\}$ - совокупность моментов завершения занятий $J_{ij} \in \mathfrak{Z}$, являющаяся решением (3.9) при условиях (3.4 – 3.7), то в составе критериев оптимальности упорядочения обработки по времени можно рассматривать достижение целей быстрогодействия системы, обеспечение полноты загрузки исполнителей, сокращение среднего времени обработки работ (занятий или заданий), а также установление ритмичности обработки.

В целях упрощения записи наряду с индексацией по занятиям и дисциплинам будем пользоваться сквозной нумерацией работ, а также частей прерываемых работ ДО. Обозначим индекс (ij) как j .

Одним из критериев функционирования системы ДО является минимизация полного времени обработки всей совокупности заданий

$$C_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} C_j \quad (3.10)$$

Очевидно, что 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

$$\bar{C} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C_j \quad (3.11)$$

Ритмичность. В широком смысле ритмичность предполагает нестрогое соблюдение директивных сроков завершения обработки для каждого задания, поэтому оптимизация ритмичности обработки может производиться

по таким показателям как

$$\text{временное смещение } L_j = C_j - D_j \quad (3.12)$$

$$\text{запаздывание } T_j = \max(0; L_j) \quad (3.13)$$

$$\text{превышение } U_j = \text{sgn}(T_j) \quad (3.14)$$

где - $C_j \in [0; T]$ и $D_j, j = 1 \dots N$, соответственно моменты завершения работ.

Тогда ритмичность может оцениваться в смысле среднего либо максимального значений величин (3.12 – 3.14), а именно

- минимизации временного смещения относительно директивных сроков завершения обработки

$$\bar{L} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N L_j \quad (3.15)$$

$$L_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} L_j \quad (3.16)$$

- минимизации запаздывания

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j \quad (3.17)$$

$$T_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} T_j \quad (3.18)$$

- минимизации количества превышений директивных сроков

$$\bar{U} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_j \quad (3.19)$$

$$U_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} U_j. \quad (3.20)$$

Так как $\sum_{j=1}^N L_j = \sum_{j=1}^N C_j - \sum_{j=1}^N D_j = \sum_{j=1}^N C_j - \text{const}$, то свойства значений

(3.11) и (3.15) аналогичны.

3.1.2.2. Анализ характеристик вычислительной сложности задачи

Отличительной чертой решения задачи (3.4 – 3.7, 3.9) является высокая вычислительная сложность алгоритмов, осуществляющих формирование ее оптимального решения с критериями (3.10 – 3.20).

В теории алгоритмов [20,25] под вычислительной сложностью (или комбинаторной трудоемкостью) понимается функция от размерности задачи, определяющая верхнюю оценку числа элементарных шагов, затрачиваемых алгоритмом на решение проблемы. По трудоемкости все задачи комбинаторного типа подразделяются на два класса: **NP** и **P** соответственно с переборными и с полиномиальными алгоритмами формирования решения.

Пусть размерность задачи, определяемая длиной слова исходных данных, представленных, например, в двоичной, кодировке равна n . Задача считается полиномиальной проблемой и относится к классу **P**, если трудоемкость ее точного решения определяется выражением $O(p(n))$, где $p(n)$ полином (то есть функция степенного типа). В противном случае, когда мажорантой функции трудоемкости выступают факториальные $O(n!)$, экспоненциальные $O(a^n)$, $a > 1$, или показательные $O(n^n)$ выражения, проблему относят к классу **NP**, а решение задачи называют переборным (получаемым в ходе исчерпывающего перебора вариантов).

Очевидно, что $\mathbf{P} \subseteq \mathbf{NP}$, так как решение «более простой» комбинаторной проблемы может также быть получено путем исчерпывающего перебора результатов. Однако, в теории вычислительной сложности [24] открытым остается вопрос: «Либо для каждой из задач существует, возможно, пока еще не найденный полиномиальный по трудоемкости алгоритм и $\mathbf{P} = \mathbf{NP}$, либо комбинаторная природа некоторых задач такова, что для них в принципе не существует полиномиального по трудоемкости точного решения и имеет место строгое отношение $\mathbf{P} \subset \mathbf{NP}$ ».

В частности высокая вычислительная сложность получения оптимального решения задачи (3.9) при условиях (3.4 – 3.7) подтверждается принадлежностью к классу **NP** большинства из ее частных случаев, краткий обзор которых приводится ниже.

3.1.2.3. Классификация алгоритмических подходов к решению задачи

Для анализа возможностей известных моделей упорядочения в применении к задаче построения динамической организации информационного процесса ДО воспользуемся 3-х позиционной классификацией, предложенной в работе [84], в которой каждому типу модели будет соответствовать запись, состоящая из трех полей $\alpha|\beta|\gamma$.

Первое поле α специфицирует систему исполнителей по количеству, типу и ресурсоемкости исполнителей. Например, система с одним однородным процессором $\alpha = Q$ или система, состоящая из двух идентичных исполнителей $\alpha = P2$.

Второе поле β определяет различные спецификации заданий, занятий и работ, такие как:

- упорядоченность занятий в системе заданий (например, $\beta = prec$)
- ограничения на продолжительность и прерываемость составляющих занятия работ (с прерываниями $\beta = pmtn$, без прерываний $\beta = \circ$)
- ресурсные ограничения на проведения работ;
- наличие директивных сроков (доступности).

Третье поле γ определяет целевые установки динамической организации информационного процесса ДО, направленные на обеспечение:

- быстродействия процесса (полноты загрузки исполнителей);
- сокращения среднего времени обработки работ в системе;
- установления ритмичности функционирования в соответствии с директивными сроками.

Например, полное время обработки заданий $\gamma = C_{max}$.

Существующие модели формирования динамической организации будем рассматривать в разрезе параметров количества исполнителей и целевых установок.

3.2. Исследование алгоритмических возможностей формирования динамической организации информационного процесса ДО в классе многоканальных систем без учета ресурсных ограничений

Рассмотрим случай параллельного воспроизведения информационного процесса ДО по нескольким дисциплинам. Адекватным поставленной задаче может стать описание в классе многоканальных систем, отражающее воспроизведение процесса как среди исполнителей РСОТ, так и в плане функционирования канала связи РСОТ с внешней сетью.

3.2.1. Исследование алгоритмических подходов к формированию динамической организации многоканальных исполнительных систем

3.2.1.1. Исследование существующих подходов к формированию оптимальной и рациональной динамической организации многоканальных систем, состоящих из идентичных исполнителей

Пусть к M исполнителям поступает на обработку N заданий $J_j \in \mathfrak{J}$, $j = 1..n$, каждое из которых состоит из единственного непрерываемого занятия с продолжительностью τ_j и ресурсной потребностью R_j равной ресурсоемкости любого из исполнителей v_m

$$R_j = v_m = v, \forall j = 1 \dots N, \forall m = 1 \dots M \quad (3.21)$$

Условие (3.21) означает, что при выполнении работ ресурсоемкость исполнителя (или системы исполнителей) квантуется с равными долями. Приведенная постановка получила название [39, 84] задачи о мультипроцессоре (MP).

Требуется построить программу деятельности системы из M параллельно функционирующих исполнителей, упорядочивающую выполнение заданий наилучшим образом с точки зрения некоторого динамического критерия. В (3.21) любой из исполнителей не обладает способностью проведения обработки нескольких занятий одновременно, то есть решение задачи происходит без учета ресурсных ограничений.

Эффективность программы функционирования системы рассматривается в смысле минимизации полного времени обработки всей совокупностей заданий. Как и при построении программы функционирования единственного исполнителя, будем считать, что исполнители (каналы передачи данных), завершив передачу одной работы (занятия), тут же приступают к обработке другой (если она имеется). Учитывая, что загрузка каждой работы может производиться любым членом группы параллельно действующих исполнителей, отметим, что решение системы (3.9) будет состоять в определении отображения

$$\varphi: \mathfrak{J} \rightarrow \mathfrak{K}, \quad (3.22)$$

с помощью которого каждой работе (занятию) сопоставляется исполнитель, выполняющий передачу.

В сделанных обозначениях полное время выполнения программы

$$C_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} \varphi(J_j). \quad (3.23)$$

Очевидно, что для непрерываемых работ

$$C_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} \left(\tau_1, \tau_2 \dots \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{M} \right). \quad (3.24)$$

Если предположить возможность прерываемости обработки заданий [84], то очевидно, что при идентичных исполнителях задача $P | pmtn | C_{max}$ может быть легко решена путем последовательной загрузки исполнителя i очередным заданием вплоть до возникновения ситуации $C_i > C_{max}$. В этом случае выполнение части обработки последнего загружаемого задания, переносится к $i + 1$ исполнителю и так далее, вплоть до исчерпания заданий. Полное время завершения сделанной программы составит величину

$$C_{max} = \frac{\sum_{j=1}^N \tau_j}{M}, \quad \text{причем программа будет содержать не более } M - 1$$

прерывания. Аналогичным способом в случае прерываемости обработки заданий можно решить и задачу $Q | pmtn | C_{max}$ загрузки однородных исполнителей, но при этом загрузка исполнителей должна производиться в

порядке невозрастания их производительностей (ресурсоемкости) $v_1 \geq v_2 \geq \dots \geq v_M$ заданиями, упорядоченными по невозрастанию продолжительностей $\tau_1 \geq \tau_2 \geq \dots \geq \tau_N$. В программе будет не более $2(M - 1)$ прерываний и полное время выполнения равно $C_{max} = \max_{1 \leq j \leq N} \left(\frac{\tau_1}{v_1}, \frac{\tau_1 + \tau_2}{v_1 + v_2}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^N \tau_j}{\sum_{i=1}^M v_i} \right)$.

Однако построение программы, минимизирующей полное время обработки, без прерывания заданий оказывается переборной задачей даже для двух идентичных исполнителей [84]. Даже при $M = 2$ задача $P2 || C_{max}$ относится к классу **NP**. Соответственно к **NP** относится и более общая постановка $P || C_{max}$, для решения которой обычно используется метод динамического программирования [84].

Добавление в задачу условий частичной упорядоченности занятий, очевидно, не снижает трудоемкости построения программы обработки. Однако ряд частых случаев допускает эффективное решение. Так, например, решение задачи $P | \leq tree; \tau_j = 1 | C_{max}$ может быть сведено к проблеме отыскания кратчайшего пути (по алгоритму «критического пути» - **CP**) в графе, состоящем из вершин, соответствующих заданиям [40]. Решение задачи $P | \leq prec; \tau_j = 1 | C_{max}$ может быть сведено к построению наибольшего паросочетания в графе, где занятия – вершины, а ребра существуют тогда и только тогда, когда выполнение соответствующих вершинам заданий – неупорядочено [9, 39]. Однако в общем случае построение программы обработки частично упорядоченных заданий группой параллельно функционирующих исполнителей оказывается переборным даже при одинаковых продолжительностях выполнения заданий. Также включение в состав ограничений ненулевых сроков доступности увеличивает вычислительную сложность проблемы. Например, $P | d_j \neq 0 | C_{max}$ принадлежит **NP**. Так как большинство задач построения оптимальной программы функционирования группы исполнителей отличаются

исключительно высокой трудоемкостью, наряду с оптимальными процедурами необходимо рассмотреть и методы построения рационального решения.

Приводимые ниже оценки относятся к решению задачи $P || C_{max}$ [39, 84] с помощью «жадного» распределения (GA). В теории расписаний «жадной» называется такая стратегия загрузки исполнителей, при которой на каждом шаге очередная по списку работа поступает на процессор с наименьшей текущей загрузкой.

Известно, что «жадное» заполнение идентичных исполнителей заданиями из некоторого произвольно упорядоченного списка может отличаться от оптимального распределения заданий между исполнителями не более чем в 2 раза [39, 84]

$$\frac{C_{max}(GA)}{C_{max}^*} \leq 2 - \frac{1}{M}, \quad (3.25)$$

где $C_{max}(GA)$ - полное время обработки заданий при использовании распределения GA, C_{max}^* - оптимальное время обработки.

Оценка (3.25) может быть выражена и через продолжительности обработки заданий

$$\frac{C_{max}(GA)}{C_{max}^*} \leq 1 + (M - 1) \cdot \frac{\max_{1 \leq j \leq N} \tau_j}{\sum_{j=1}^N \tau_j}, \quad (3.26)$$

откуда видно, что эффективность приближенного решения тем выше, чем меньше величина наиболее продолжительного задания.

Известно, что предварительное упорядочение занятий согласно невозрастанию их продолжительностей (LPT-распределение) позволяет существенно улучшить оценку приближенного алгоритма [39, 84]

$$\frac{C_{max}(LPT)}{C_{max}^*} \leq \frac{4}{3} - \frac{1}{3 \cdot M} \quad (3.27)$$

Также оценку приближенного алгоритма улучшает предварительное точное распределение K наибольших заданий с последующим «жадным» распределением оставшихся $N - K$ заданий между исполнителями

$$\frac{C_{max}(GA)}{C_{max}^*} \leq 1 + \frac{1 - \frac{1}{M}}{1 + \lfloor \frac{K}{M} \rfloor} \quad (3.28)$$

3.2.1.2. Исследование подходов к формированию динамической организации систем, состоящих из нескольких специализированных исполнителей

В общем случае построение программы функционирования группы параллельно функционирующих специализированных исполнителей предполагает упорядочение заданий, каждое из которых представляет собой некоторую последовательность занятий (работ) определенного типа. Как сказано ранее различают специализированные процессоры класса F (производящие обработку заданий с одной и той же последовательностью исполнителей) и процессоры класса O , производящие обработку заданий с разной последовательностью исполнителей. Как правило, полагают, что обработка занятий каждого типа производится единственным специализированным исполнителем, то есть в системе (3.9), определение отображения φ не требуется и по существу решается задача построения $\theta: \mathfrak{J} \times \mathfrak{K} \rightarrow [0; T]$.

Наиболее известным результатом, относящимся к классу \mathbf{P} , является решение конвейерной задачи Джонсона [39] $F2||C_{max}$, где оптимальная последовательность обработки заданий определяется следующим правилом

$$\text{если } \min_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n} (\tau_{1i}, \tau_{2j}) \leq \min_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n} (\tau_{2i}, \tau_{1j}), \text{ то } J_i < J_j \quad (3.29)$$

Этим же методом решается частный случай задачи $F3||C_{max}$, когда имеет место одно из двух: либо $\min_{1 \leq i \leq N} \tau_{1i} \geq \min_{1 \leq i \leq N} \tau_{2i}$, либо $\min_{1 \leq i \leq N} \tau_{2i} \geq \min_{1 \leq i \leq N} \tau_{3i}$. При этом очередность проведения обработки заданий определяется аналогичным правилом

$$\text{если } \min_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (\tau_{1i} + \tau_{2i}, \tau_{2j} + \tau_{3j}) \leq \min_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (\tau_{2i} + \tau_{3i}, \tau_{1j} + \tau_{2j}), \text{ то } J_i < J_j \quad (3.30)$$

Общая задача $F || C_{max}$ относится к классу **NP**. Очевидно, не снижает трудоемкости задачи и добавление условий ненулевых сроков доступности или условий частичной упорядоченности заданий, так как к классу **NP** относятся задачи $F2|d_j \neq 0| C_{max}$ и $F2|tree| C_{max}$.

В случае общей очередности операций в заданиях задача $O || C_{max}$ относится к классу **NP**, кроме случая $O2 || C_{max}$, решение по которому обеспечивает следующая последовательность действий:

- задания, в которых 1-ый тип занятий предшествует 2-ому упорядочиваются по правилу (3.29);
- задания, в которых 2-й тип занятий предшествует 1-ому упорядочиваются согласно $\min_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (\tau_{2i}, \tau_{1j}) \leq \min_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (\tau_{1i}, \tau_{2j})$, то есть $J_j < J_i$;
- полученные очередности заданий соединяются кратчайшим способом.

Добавление условий прерываемости занятий делают задачу полиномиально разрешимой, то есть $O|pmtn| C_{max}$ относится к классу **P**.

В тоже время добавление условий не одновременности поступления заданий или условий частичной упорядоченности заданий делают задачу переборной даже в случае 2-х исполнителей, так как $O2|d_j \neq 0| C_{max}$ и $O2|tree| C_{max}$ относятся к классу **NP** [39, 84].

Высокая сложность процедур формирования программ обработки многооперационных заданий объясняет целесообразность применения приближенных методов. Применение AS распределения [84], при котором исполнитель начинает обработку следующей операции сразу же после завершения предыдущей, при произвольном порядке заданий имеет оценку

$$\frac{C_{max}(AS)}{C_{max}^*} \leq M \quad (3.31)$$

где $C_{max}(AS)$ - полное время обработки заданий при использовании распределения AS.

Для конвейерных систем возможен подход, при котором все множество занятий разделяется на пары (содержащие последовательный переход), выполнение которых регулируется правилом Джонсона (H-стратегия):

$$\frac{C_{max}(H)}{C_{max}^*} \leq \left\lceil \frac{M}{2} \right\rceil \quad (3.32)$$

где $C_{max}(H)$ - полное время обработки заданий при правиле Джонсона.

3.2.2. Разработка алгоритмов формирования динамической организации проведения информационного процесса ДО в случае одинакового фиксированного ресурсопотребления работ

Рассмотрим математические модели формирования загрузки канала в случае изначального разбиения его ресурсоемкости на ряд фиксированных диапазонов – полос. Формируемую при этом модель упорядочения проведения информационного процесса ДО будем называть **MFT (multi-fixed task)** организацией. Здесь описание динамической организации процесса ДО должно строиться на основе многоканальных моделей, что обеспечивает описание параллельно воспроизводимых заданий – курсов.

Можно предполагать, что в любом задании курса занятия упорядочены в цепочку, то есть можно говорить о древовидной упорядоченности $\leq tree$. Также будем предполагать, что прерываемые и непрерываемые занятия чередуются, так как в противном случае два и более однотипных занятия могут рассматриваться как одно. На рисунке 3.1 занятия, связанные с выполнением прерываемых работ обозначены белым (П), а непрерываемых (Н) – серым цветом. Окончание всего процесса ДО совпадает с моментом завершения всех заданий, поэтому критерием эффективности формируемой динамической организации загрузки канала будет $C_{max} \rightarrow \min$.

3.2.2.1. Модели с одинаковым ресурсопотреблением заданий

Рассмотрим *Модель 1* упорядочения курсов, в системе из M идентичных процессоров – исполнителей, ресурсоемкость u у которых

определена на уровне больше либо равном максимальной ресурсопотребности непрерываемых работ, $\max_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n, j\text{-непр.}} R_{ij} \leq v$.

При этом можно считать, что ресурсопотребление каждого из курсов (или заданий) в любой момент времени воспроизведения предполагается одинаковым (равным, например, величине наибольшего ресурсопотребления), что вообще говоря, должно привести к недогрузке исполнителей (то есть применение таких моделей оправдано только в плане формирования оценочного допустимого решения). Будем рассматривать трансляцию курса как единую непрерываемую работу, тогда формирование динамической организации загрузки канала описывается как задача о мультипроцессоре.

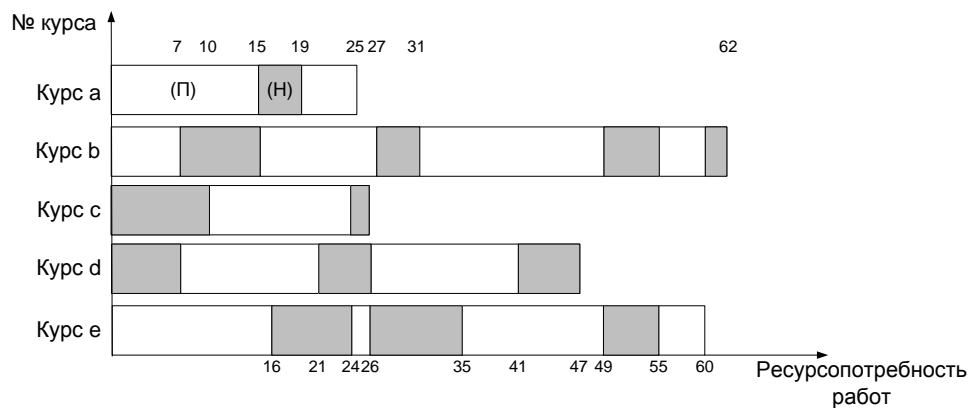


Рис. 3.1. Представление структуры образовательных курсов в виде совокупности прерываемых и непрерываемых работ

Исходя из того, что максимальное ресурсопотребление каждого из курсов не превосходит v , продолжительность каждого из них формируется как $T_i = \sum_{j=1..n} \tau_{ij}$ из единичных продолжительностей сеансов $\tau_{ij} = 1$ непрерываемых работ и вычисляемых продолжительностей $\tau_{ij} = \frac{R_{ij}}{v}$ прерываемых. Пусть для курсов, представленных на рисунке 3.1 суммарные длительности имеют значения $T_a = 3,1$, $T_b = 8,2$, $T_c = 3,4$, $T_d = 5,9$, $T_e = 6,7$ и $v = 10$, тогда упорядочение, построенное по «жадной» стратегии для $M = 2$ исполнителей задается значениями времен завершения и имеет цену $C_{max} = 14,7$ (рис. 3.2), хотя есть оптимальная организация $C_{max} = 14,1$ (рис. 3.3).

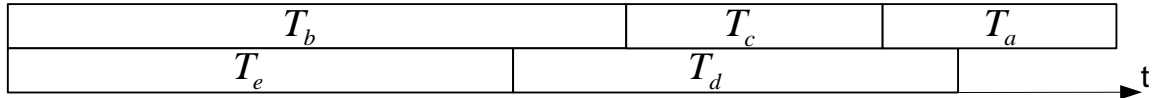


Рис. 3.2. Время завершения работ при «жадной» стратегии загрузки

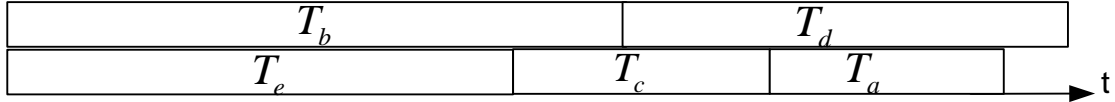


Рис. 3.3. Оптимальное время завершения работ

Достоинствами организационной Модели 1 является сокращение общего времени выполнения всего процесса при заданной ресурсоемкости исполнительной РСОТ. Причем, согласно выражению (3.27), такое рациональное распределение будет близким к оптимальному (не хуже чем в $\left(\frac{4}{3} - \frac{1}{3 \cdot M}\right)$ раз).

Воспроизведение предложенной динамической организации загрузки канала, кроме априорного установления диапазонов трансляции – полос, предполагает только знание того, какой курс транслируется в какой полосе, то есть средствам РСОТ достаточно знать, откуда ведется трансляция курса.

Вместе с тем, отметим что:

- точное решение задачи (рис. 3.3), использующее задачу $P || C_{max}$, имеет переборный характер;
- из-за квантования ресурсов в предложенной организации заложены потери недозагрузки канала равные $\sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq n, j-\text{непр.}} (v - R_{ij})$;
- исполнение непрерываемых занятий (из-за перемежающихся прерываемых пересылок) носит нерегулярный характер (рис.3.4).

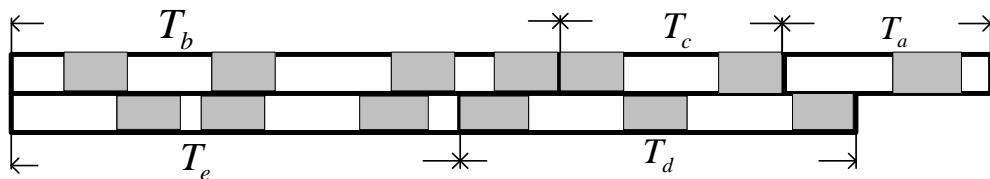


Рис. 3.4. Загрузка при исполнении прерываемых и непрерываемых занятий
3.2.2.2. Модель с фиксированным ресурсопотреблением работ

Рассмотрим детализованную по занятиям *Модель 2* объемного упорядочения курсов в системе из M идентичных процессоров-исполнителей с одинаковой ресурсоемкостью v , взятой также как и в Модели 1, на уровне равном максимальной ресурсопотребности непрерываемых работ.

Одной из характеристик информационного процесса ДО может являться наличие единичной продолжительности сеансов $\tau_{ij} = 1$ непрерываемых занятий в сочетании с упорядоченностью занятий в цепочку (что рассматривается в дальнейшем). Исходя из этого, обеспечим регулярность занятий, увеличив продолжительность прерываемых занятий (пересылок) до величины, кратной продолжительности сеанса.

Проведенный анализ известных результатов формирования динамической организации указывает на полиномиальные алгоритмы решения задач $P | pmtn | C_{max}$ и $P | tree, \tau_{ij} = 1 | C_{max}$, близких к Модели 2. Однако, по сравнению с этими задачами отличительной чертой рассматриваемого случая является одновременное наличие в системе заданий занятий как прерываемого, так и непрерываемого типа. То есть, имеет место задача $P | tree, \tau_{ij} = 1, pmtn | C_{max}$, для которой нет известного решения.

Вариант 1. Для решения задачи построения MFT - организации примем за продолжительность прерываемых занятий время их выполнения на одном из процессоров, округленное до целых в большую сторону $\tau_{ij,j-непр.} = \left\lceil \frac{R_{ij}}{v} \right\rceil + 1$. То есть проведение такого занятия связано с исполнением цепочки единичных работ $\tau_{ij}^{(1)}, \tau_{ij}^{(2)} \dots \tau_{ij}^{\left(\left\lceil \frac{R_{ij}}{v} \right\rceil + 1\right)}$. При этом исходная система заданий \mathfrak{Z} (таб. 3.1) превращается в $\mathfrak{Z}^{(*)}$ (таб. 3.3).

С учетом выполненных преобразований задача свелась к $P | tree, \tau_{ij} = 1 | C_{max}$, для решения которой применима СР – стратегия:
- для каждой работы j каждого задания i вычисляется время T_{ij} вплоть до полного завершения задания (таб. 3.2)

Таблица 3.1 Исходная система заданий

Работа	τ_{ij}
a1	1,5
a2	1
a3	0,6
b1	0,7
b2	1
b3	1,2
b4	1
b5	1,8
b6	1
b7	0,5
b8	1
c1	1
c2	1,4
c3	1
d1	1
d2	1,4
d3	1
d4	1,5
d5	1
e1	1,6
e2	1
e3	0,2
e4	1
e5	1,4
e6	1
e7	0,5

Таблица 3.2 Значения времени T_{ij}

Работа	τ_{ij}	T_{ij}
a11	1	4
a12	1	3
a2	1	2
a3	1	1
b1	1	10
b2	1	9
b31	1	8
b32	1	7
b4	1	6
b51	1	5
b52	1	4
b6	1	3
b7	1	2
b8	1	1
c1	1	4
c11	1	3
c2	1	2
c3	1	1
d1	1	7
d21	1	6
d22	1	5
d3	1	4
d41	1	3
d42	1	2
d5	1	1
e11	1	9
e12	1	8
e2	1	7
e3	1	6
e4	1	5
e51	1	4
e52	1	3
e6	1	2
e7	1	1

Таблица 3.3 Полученная система заданий

Работа	$\mathfrak{Z}^{(*)}$
b1	10
b2	9
e11	9
b31	8
e12	8
b32	7
d1	7
e2	7
b4	6
d21	6
e3	6
b51	5
d22	5
e4	5
a11	4
b52	4
c1	4
d3	4
e51	4
a12	3
b6	3
c11	3
d41	3
e52	3
a2	2
b7	2
c2	2
d42	2
e6	2
a3	1
b8	1
c3	1
d5	1
e7	1

- работы упорядочиваются по невозрастанию T_{ij} (табл. 3.3)

- из упорядоченного списка очередная работа назначается к очередному исполнителю, если в одном сеансе с ней (то есть одновременно к параллельно функционирующему исполнителю) еще не назначена предшествующая в задании работа.

На рисунке 3.5 представлен результат применения описанной процедуры к задаче формирования динамической организации выполнения $N = 5$ заданий $M = 2$ исполнителями за $C_{max} = 17$.

Достоинством *варианта 1* организационной Модели 2 является, во-первых, синхронизированное по сеансам исполнение занятий, а во-вторых, полиномиальное эффективное решение.

Вместе с тем, из-за квантования ресурсов организация несет в себе потери непроизводительного простоя, равные $\sum_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n, j\text{-непр.}} (v - R_{ij})$, а также потери, связанные с простоями исполнителей, $\sum_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n, j\text{-пер.}} \left(1 - \left\{\frac{R_{ij}}{v}\right\}\right)$, где $\{ \}$ - дробная часть прерываемой работы.

Округление продолжительности прерываемых работ в большую сторону в *Варианте 1* приводит к тому, что одинаковые по времени работы не являются одинаковыми по ресурсопотребностям.



Рис. 3.5. Результат применения процедуры по варианту 1

Вариант 2. Для построения MFT-организации, лишенной непроизводительных простоев в составе ресурсопотребности прерываемых занятий, выделим отдельно дробную часть $R_{ij}^{(d)} = R_{ij} - \left\lfloor \frac{R_{ij}}{v} \right\rfloor \cdot v$ и

$\left\lfloor \frac{R_{ij}}{v} \right\rfloor$ целых частей с единичным потреблением ресурса в объеме v .

При этом проведению прерываемого занятия будет соответствовать цепочка

из работ $\tau_{ij}^{(1)}, \tau_{ij}^{(2)} \dots \tau_{ij}^{\left(\left\lfloor \frac{R_{ij}}{v} \right\rfloor + 1\right)}$, соответствующих частям прерываемой работы.

Распределение работ также как и ранее осуществляется согласно СР – стратегии. Причем исполнение частей прерываемой работы может происходить двумя альтернативными способами: либо на одном из процессоров (если параллельно происходит выполнение непрерываемой работы), либо всеми свободными процессорами одновременно (если нет непрерываемых работ, которые могли бы исполняться параллельно).

Имеем:

- для каждой работы j каждого задания i вычисляется время T_{ij} до полного завершения задания (табл. 3.4);
- работы упорядочиваются по невозрастанию T_{ij} (табл. 3.5). При этом всем частям прерываемой работы присваивается одно и тоже значение T_{ij} ;
- из упорядоченного списка выбирается очередная доступная работа (предшествующие к которой не имеют назначения в текущем сеансе):
 - работа назначается к очередному исполнителю. Во – первых, если это непрерываемая работа. Во – вторых, если это целая единичная часть прерываемой работы и загрузка сеанса не завершена. В – третьих, если это дробная часть прерываемой работы загрузка сеанса не завершена и далее по списку нет других подходящих целых работ для завершения загрузки.
 - иначе (если заполнение очередного сеанса завершено) прерываемая работа или любая ее часть назначается ко всем исполнителям.

Представленный полиномиальный алгоритм MFT-организации не содержит непроизводительных простоев и характеризуется рациональным показателем $C_{max} = \sum_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n_i} \rho(ij)$, где

$$\rho(ij) = \begin{cases} 1, & \text{непрерываемая работы} \\ \frac{R_{ij}}{v}, & \text{прерываемая работа} \end{cases} \quad (3.33)$$

Таблица 3.4
Значения времени T_{ij}

Работа	τ_{ij}	T_{ij}
a1	1,5	3,1
a2	1	1,6
a3	0,6	0,6
b1	0,7	8,2
b2	1	7,5
b3	1,2	6,5
b4	1	5,3
b5	1,8	4,3
b6	1	2,5
b7	0,5	1,5
b8	1	1
c1	1	3,4
c2	1,4	2,4
c3	1	1
d1	1	5,9
d2	1,4	4,9
d3	1	3,5
d4	1,5	2,5
d5	1	1
e1	1,6	6,7
e2	1	5,1
e3	0,2	4,1
e4	1	3,9
e5	1,4	2,9
e6	1	1,5
e7	0,5	0,5

Таблица 3.5 Упорядочение работ по невозрастанию T_{ij}

Работа	τ_{ij}	T_{ij}
b1	0,7	8,2
b2	1	7,5
e1	1,6	6,7
b3	1,2	6,5
d1	1	5,9
b4	1	5,3
e2	1	5,1
d2	1,4	4,9
b5	1,8	4,3
e3	0,2	4,1
e4	1	3,9
d3	1	3,5
c1	1	3,4
a1	1,5	3,1
e5	1,4	2,9
b6	1	2,5
d4	1,5	2,5
c2	1,4	2,4
a2	1	1,6
b7	0,5	1,5
e6	1	1,5
b8	1	1
c3	1	1
d5	1	1
a3	0,6	0,6
e7	0,5	0,5

Если ресурсопотребность прерываемой работы больше или равна ресурсоемкости исполнителя $\frac{R_{ij}}{v} \geq 1$, то $\forall M$ все сеансы по стратегии СР

будут заполнены, а дробные части прерываемых работ дадут минимальное возможное дополнение длины плана динамической организации. В противном случае, если количество и упорядоченность непрерываемых и прерываемых работ не приводит к полному заполнению некоторых сеансов $\left(\frac{R_{ij}}{v} < 1\right)$, то имеющиеся прерываемые работы сначала заполняют сеансы свободных исполнителей (полиномиальная задача $P | pmtn | C_{max}$), а затем (в объеме не освоенной, оставшейся части ресурса) кратчайшим образом дополняют длину динамической организации.

На рисунке 3.6 представлен результат применения разработанной процедуры к задаче формирования динамической организации выполнения $N = 5$ заданий $M = 2$ исполнителями за время $C_{max} = 13,65$.

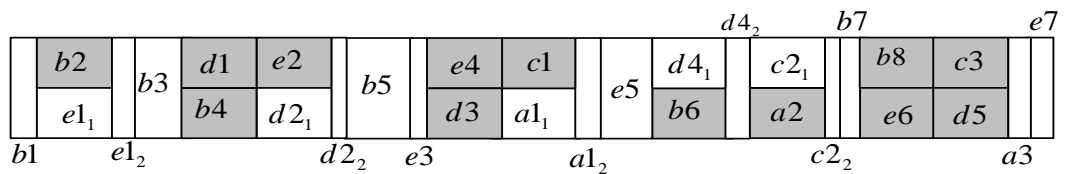


Рис. 3.6 Результат применения процедуры по варианту 2

Вариант 2 Модели 2 формирует частично синхронизированное (по сеансам непрерываемых работ) исполнение информационного процесса ДО. Организация несет в себе непроизводительные потери ресурсоемкости, связанные с выполнением непрерываемых работ и равные $\sum_{1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq n, j-\text{непр.}} (v - R_{ij})$.

3.3. Разработка алгоритмических средств формирования динамической организации процесса ДО в классе ресурсобусловленных систем

Снижение (ликвидация) потерь непроизводительного простоя при выполнении непрерываемых работ предполагает изменение (распределение) ресурсоемкости исполнителя, то есть *MVT (multi-variable task)* – организацию. При постоянном уровне ресурсоемкости исполнителей РСOT такая организация может означать наличие возможности исполнения одним

исполнителем нескольких работ одновременно, а также возможности исполнения одной работы несколькими исполнителями.

Учитывая, что в отличие от ранее рассмотренных случаев, любой процессор системы имеет возможность параллельно исполнять в рамках своей ресурсоемкости любое количество работ и любая (прерываемая) работа может исполняться на нескольких процессорах, ресурсообусловленные системы можно разделить следующим образом:

- либо отнести к разряду систем с произвольным числом идентичных процессоров, обладающих ресурсоемкостью, равной наименьшему общему кратному ресурсопотребления работ;
- либо рассматривать как одноканальную систему, обладающую соответствующим суммарным ресурсом (ресурсоемкостью).

В связи с этим отметим следующее:

- во-первых, в условиях ресурсной обусловленности описание процесса исполнения работ в классе многопроцессорных (многоканальных) систем возникает в том случае, когда освоение ресурсов исполнителями происходит параллельно и к тому же дискретно квантуется в каждый момент времени в соответствии с ресурсоемкостью исполнителей;
- во-вторых, двойственность описания ресурсообусловленных систем, открывает возможность для поэтапного иерархического проектирования динамической организации, где один и тот же элемент с позиций разных уровней при заданных ресурсных условиях может рассматриваться на различных уровнях детализации состава заданий и состава исполнителей.

3.3.1. Исследование и разработка алгоритмов формирования организации исполнения упорядоченных ресурсообусловленных работ при неограниченной ресурсоемкости

Рассмотрим *Модель 3*, в которой проведение всей совокупности заданий \mathfrak{Z} (состоящих из последовательности занятий) осуществляется

одним исполнителем, способным к одновременному (параллельному) проведению нескольких работ и обладающему неограниченной ресурсоемкостью. Относительно регламента выполнения работ установим следующие условия:

1. Продолжительность занятий, связанных как с прерываемыми, так и с непрерываемыми работами, полагается одинаковой, равной единичной продолжительности сеансов $\tau_{ij} = 1$.
2. В течение сеанса ресурсопотребление прерываемых работ равномерное.
3. Выполнение работ синхронизировано таким образом, что никакая работа не может начаться до начала занятия, а также завершиться до его окончания.

С учетом требований 1 и 2 ресурсопотребление прерываемых работ должно составить $\frac{R_{ij}}{\tau_{ij}}$. (Причем, если $\frac{R_{ij}}{\tau_{ij}} > v$, то выполнение прерываемой работы разбивается на k сеансов, таким образом, чтобы выполнялось $\frac{R_{ij}}{k \cdot \tau_{ij}} \leq v$).

Формирование динамической организации Модели 3 связано с решением задачи $P | R_{ij}, tree, \tau_{ij} = 1 | C_{max}$, которое может быть (при неограниченной ресурсоемкости) осуществлено стратегией CP (рис. 3.7).

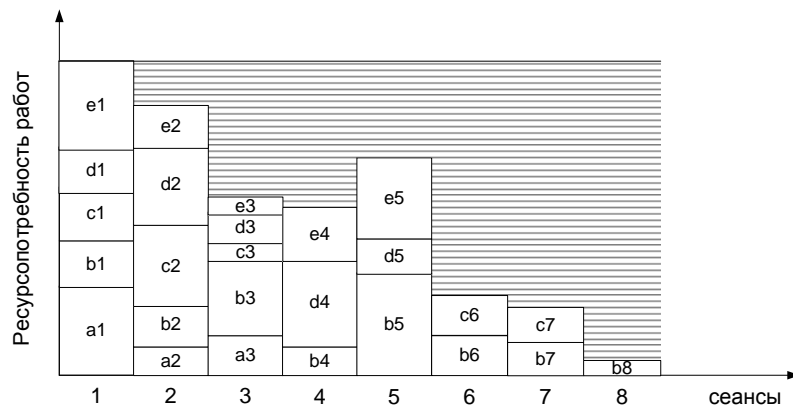


Рис. 3.7. Загрузка работ по Модели 3 при неограниченной ресурсоемкости

Очевидно, что в Модели 3 продолжительность выполнения всей совокупности заданий \mathfrak{Z} не превосходит продолжительности самого

длинного задания J_b , работы которого оказались на «критическом пути» $C_{max} = \max_{1 \leq i \leq N} C_i = C_b = 8$ сеансов.

При этом работы J_b , начиная с момента $t = 0$, должны выполняться непрерывно и без простоев. Напротив, в рамках величины $C_{max} - C_i$, работы остальных заданий имеют возможность более позднего начала, перерывов в выполнении и/или более раннего окончания.

Ясно также, что применение Модели 3, характеризующееся неограниченной ресурсоемкостью, не может адекватно отражать фактическое развитие информационного процесса ДО в реальной РСОТ и может применяться только в целях формирования объемных представлений о ресурсопотреблении всей совокупности заданий.

3.3.2. Анализ результатов, связанных с построением организации исполнения неупорядоченных ресурсобусловленных непрерываемых работ

Известные результаты, связанные с построением организации ресурсобусловленных систем, исполняющих непрерываемые работы [39], относятся к классу **NP** даже в самом простейшем случае заданий, состоящих из одного занятия, связанного с непрерываемой работой единичной продолжительности и единственного общего ресурса - $1, v \mid R_i, \tau_{ij} = 1 \mid C_{max}$, именуемого в литературе Задачей о контейнерной загрузке (**К**).

Заметим при этом важный факт, что для прерываемых работ решение задачи $1, v \mid R_i, pmtn \mid C_{max}$ полиномиальное.

Задача о контейнерной загрузке получила свое название из-за очевидной схожести с проблемой «минимизации числа контейнеров, обладающих единичной ёмкостью, используемых для упаковки (конечной или бесконечной) совокупности весов со значениями меньше 1». В случае формирования динамической организации информационного процесса ДО, состоящего из занятий с одинаковой продолжительностью, роль контейнеров

исполняют позиции расписания сеансов суточной работы PCOT, а «упаковываемыми весами» являются ресурсозатраты занятий, которые не могут превосходить ресурсоемкость канала PCOT. Отметим также, что в случае с единичной продолжительностью задача допускает еще одну интерпретацию и может рассматриваться как проблема минимизации количества процессоров, требуемых для выполнения работ, имеющих общий директивный срок обязательного завершения.

В работе [39] для формирования задачи контейнерной загрузки имеются 4 варианта (таб. 3.6) проведения стратегии приближенного решения.

Набор указанных стратегий может найти применение в *Модели 4*, описывающей рациональное построение динамики функционирования одного исполнителя с ограниченной ресурсоемкостью, осуществляющего (при соблюдении требований Модели 3) проведение конечной неупорядоченной совокупности заданий, каждое из которых состоит из единственного непрерываемого (*Модель 4, Вариант 1*) занятия с единичной продолжительностью и требует определенной доли ресурса.

Таблица 3.6 Организация списочных стратегий

Стратегия	Организация
first-fit (FF)	Очередная по списку работа назначается к исполнителю с минимальным номером из числа тех, которые подходят для этой цели (то есть из числа тех, у которых текущая емкость больше либо равна объему ресурсов, необходимых для выполнения этой работы)
best-fit (BF)	Очередная по списку работа назначается к исполнителю с минимальной текущей емкостью достаточных ресурсов
first-fit.-decreasing (FFD)	Назначение производится аналогично FF, но все работы предварительно упорядочиваются по не возрастанию объемов необходимых для их проведения ресурсов
best-fit-decreasing (BFD)	Назначение производится аналогично BF из не возрастающего по объемам требуемых ресурсов списка работ, но вместо первого подходящего для этих целей устройства выбирается лучшее, как при FFD

Построение динамической организации функционирования ресурсообусловленного исполнителя связано с решением контейнерной задачи, где роль «последовательно заполняемых слева направо одинаковых контейнеров» отводится сеансам расписания занятий. Причем основания всех контейнеров соответствуют единичной продолжительности, а «высота» – ресурсоемкости. При этом считается, что занятия, «оказавшиеся в одном контейнере», – проводятся параллельно, и занятия, попавшие в контейнер, слева, предшествуют занятиям, попавшим в контейнер, справа.

Пример, иллюстрирующий преимущества предварительного упорядочения списка заданий при применении стратегий *FF* и *FFD*, представлен на рисунке 3.8.а для неупорядоченной совокупности непрерываемых работ с объемами ресурсов $R = 3,1,4,2,4,4,4,4$ при ограничении ресурсоемкости исполнителя на уровне $v = 9$. Аналогичный пример на рисунке 3.11.б, представленный для распределения неупорядоченной совокупности непрерываемых работ с объемами ресурсов $R = 20,18,14,5,3,2,2,2$ при ограничении ресурсоемкости исполнителя на уровне $v = 22$, демонстрирует эффективность выбора наилучшего по емкости устройства для стратегий *BF* и *BFD*.

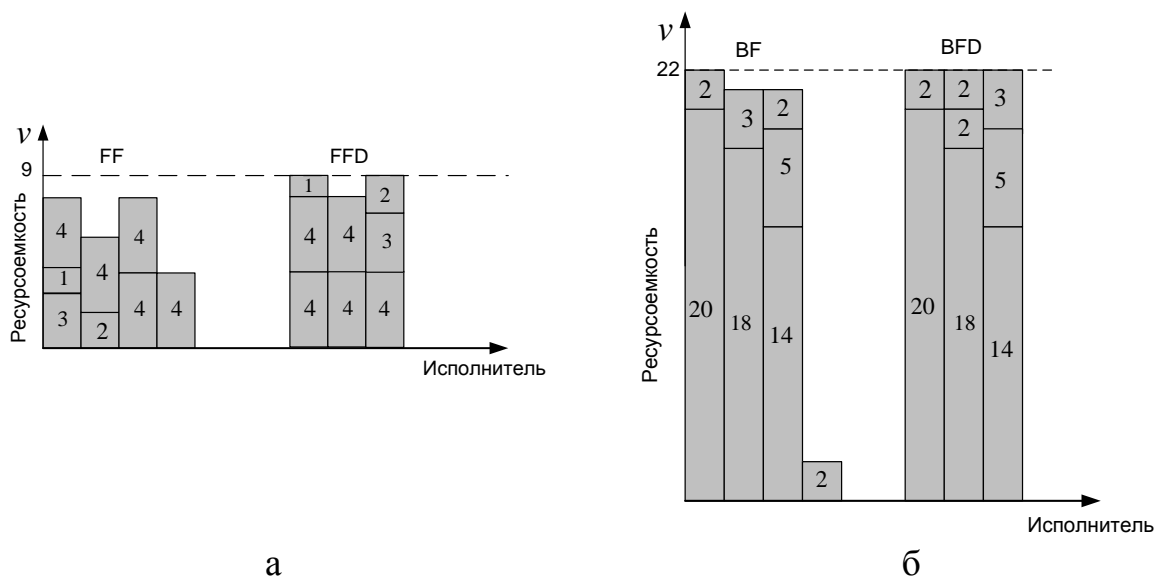


Рис. 3.8. Пример применения стратегий *FF*/*FFD* и *BF*/*BFD*

Имеющиеся априорные оценки эффективности списковых приближенных стратегий различаются в зависимости от величины интервала $h = \frac{\max R_i}{v}$, отношения максимального объема ресурсов, необходимых для выполнения работы к предельному значению ресурсоёмкости исполнителя.

Таблица 3.7. Оценки эффективности списочных приближенных стратегий

Списочная стратегия	Интервал $h = \frac{\max R_i}{v}$	Оценка $k = \frac{C_{\max}}{C_{\max}^*}$	Рекомендуемая доля прерываемых работ от объема непрерываемых
FF и BF	(1/2 ; 1]	17/10	7/10
	(0 ; 1/2]	1+h	1/2
FFD и BFD	(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

Для случая исполнителей с одинаковой ёмкостью v в таблице 3.7 приводятся оценки показателя k , выражающие асимптотическое поведение описанных процедур, при всевозможных списках объемов работ, характеризующихся принадлежностью величины R_i к определенному интервалу, выраженному в долях от v , где C_{\max} – полное время выполнения для определенной списочной стратегии, а C_{\max}^* – оптимальное время выполнения.

3.3.3. Разработка алгоритмов построения организации исполнения произвольных ресурсобусловленных работ

Переборный характер контейнерной задачи оправдывает использование для ее решения с непрерываемыми работами приближенных списочных процедур, которые формируют рациональную, но не обязательно

оптимальную организацию выполнения. Вместе с тем, очевидно, что добавление в задачу некоторой доли прерываемых заданий (**Модель 4, Вариант 2**) могло бы существенно повысить эффективность загрузки при тех же значениях показателя полного времени завершения A . Сказанное надо понимать в том смысле, что приближенное значение показателя C_{max} , полученное в ходе некоторой процедур рациональной загрузки совокупности непрерываемых работ, может совпасть с ценой оптимального решения, построенного для той же совокупности непрерываемых работ, к которой добавлено некоторая часть работ с прерываемым выполнением.

В самом деле, пусть решение задачи $1, v \mid R_i, \tau_{ij} = 1, pmtn \mid C_{max}$ производится с помощью какой либо списочной контейнерной стратегии, обеспечивающей только для непрерываемых работ (по сравнению с оптимальной организацией тех же работ) загрузку с показателем

$$A_{\text{непр}} = \lfloor k \cdot OPT_{\text{непр}} \rfloor, \quad (3.34)$$

которая по показателю C_{max} в k - раз больше, чем оптимальная загрузка

$$OPT_{\text{непр}} = \left\lfloor \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rfloor, \quad (3.35)$$

где k - оценка списочной контейнерной стратегии.

Тогда добавление в общий состав к непрерываемым работам прерываемых, использующих

$$\begin{aligned} A \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i &= \lfloor k \cdot OPT_{\text{непр}} \rfloor \cdot v - \\ - \sum_{i-\text{непр}} R_i &= \left\lfloor k \cdot \left\lfloor \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rfloor \right\rfloor \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i \end{aligned} \quad (3.36)$$

единиц исполнительного ресурса формирует такую совокупность работ, которая при тех же значениях показателя C_{max} позволяет преобразовать исходную рациональную организацию выполнения непрерываемых работ в оптимальный план реализации расширенной совокупности путем заполнения

пустующих позиций исполнительного ресурса выполнением добавленных прерываемых работ.

Например, в таблице 3.8 приведен расчет объема прерываемых работ, добавление которых в приближенную загрузку совокупности непрерываемых работ (из примера на рис. 3.4) позволяет при том же значении показателя C_{max} считать формируемую организацию уже оптимальной.

Представленные примеры позволяют высказать Утверждение 3.1.

Утверждение 3.1. Для совокупности работ, в которой для отношения суммарной ресурсопотребности прерываемых работ к ресурсопотребности непрерываемых выполняется условие

$$\frac{\sum_{i-\text{пер}} R_i}{\sum_{i-\text{непр}} R_i} \geq (k - 1), \quad (3.37)$$

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.

Доказательство. В самом деле, обозначив суммарную ресурсопотребность прерываемых работ как $\sum_{i-\text{пер}} R_i = A \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i = W$ в соответствии с выражением (3.36) получаем

$$\begin{aligned} W &= \left[k \cdot \left\lceil \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rceil \right] \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i \leq k \cdot \left\lceil \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rceil \cdot v - \\ &- \sum_{i-\text{непр}} R_i \leq k \cdot \left(\frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} + 1 \right) \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i \leq (k - 1) \cdot \sum_{i-\text{непр}} R_i + k \cdot v \end{aligned}$$

Тогда, при $\sum_{i-\text{непр}} R_i \rightarrow \infty$ имеем $\frac{\sum_{i-\text{пер}} R_i}{\sum_{i-\text{непр}} R_i} \rightarrow (k - 1)$, что подтверждает

(3.37) ■

То есть, руководствуясь при построении организации выполнения работ в Модели 4 (вариант 2) одной из приближенных стратегий контейнерной загрузки непрерываемых работ, дополнительно при том же

значении показателя полного времени завершения загрузки можно расширить загружаемый состав прерываемыми работами на величину в $k - 1$ меньшую от объема непрерываемых работ.

Таблица 3.8. Расчет объема прерываемых работ

Объем ресурсов	$R_i = 3,1,4,2,4,4,4,4$	$R_i = 20,18,14,5,3,2,2,2$
Списочная стратегия	FF/BF	FFD/BFD
Параметры ресурсов	$\sum_{i-\text{непр}} R_i = 26, v = 9,$ $\max R_i = 4$	$\sum_{i-\text{непр}} R_i = 66, v = 22,$ $\max R_i = 20$
Интервал и оценка	$h = \frac{\max R_i}{v} = \frac{4}{9} \Rightarrow k = \frac{13}{9}$	$h = \frac{\max R_i}{v} = \frac{10}{11} \Rightarrow k = \frac{11}{9}$
Оптимальная загрузка	$OPT_{\text{непр}} = \left\lceil \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rceil = 3$	$OPT_{\text{непр}} = \left\lceil \frac{\sum_{i-\text{непр}} R_i}{v} \right\rceil = 3$
Полное время завершения	$A_{\text{непр}} = \lfloor k \cdot OPT_{\text{непр}} \rfloor = 4$	$A_{\text{непр}} = \lfloor k \cdot OPT_{\text{непр}} \rfloor = 4$
Объем прерываемых работ	$A_{\text{непр}} \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i = 10$	$A_{\text{непр}} \cdot v - \sum_{i-\text{непр}} R_i = 22$

Недостатком приведенного результата является зависимость отношения ресурсной доли прерываемых работ к непрерываемым (табл. 3.7) как от типа используемой списочной стратегии, так и от доли ресурсопотребности непрерываемых работ по отношению к ресурсоемкости канала – исполнителя. При этом с позиций построения контейнерной загрузки в Варианте 2 Модели 4 открытым остается вопрос о продолжительности реализации совокупности непрерываемых работ, имеющих произвольное – не укладывающееся в диапазоны интервала из таблицы 3.7 значение доли ресурсопотребности по отношению к ресурсоемкости канала – исполнителя.

Воспользовавшись очевидным сходством приближенной контейнерной

загрузки с «жадным» распределением работ мультипроцессора, дополним список стратегий организации Модели 4 мультиконтейнерной загрузкой (**МК**). При этом позиции расписания исполнителя рассматриваются уже не как «контейнеры», а как мультипроцессор, между M компонентами которого производится распределение ресурсопотребности работ. Принципиально важным моментом, отличающим мультиконтейнерную загрузку от мультипроцессорной, становится то, что в данном случае не лимитированный временной ресурс заменяется ограниченной ресурсоемкостью, а величина M выступает как оптимизируемый ресурс – минимальное полное время завершения загрузки, при соблюдении установленных лимитов ресурсоемкости. Ясно, что при $M = 1$ мультиконтейнерная загрузка будет совпадать с одной из приближенных контейнерных стратегий. Однако при $M \geq 2$ в мультиконтейнерной загрузке очередная работа будет отнесена не к позиции ближайшего контейнера, текущая ресурсоемкость которого больше ресурсопотребности, а к позиции наименее загруженного контейнера.

Пусть ресурсоемкость исполнителя v . В загружаемой совокупности суммарная ресурсопотребность непрерываемых работ $V = \sum_{j-непр} R_j$, среди которых работа с максимальной ресурсопотребностью $R = \max R_j$. Тогда, используя оценку (3.36) для приближенной МР загрузки (в произвольном порядке) и полагая, что $OPT_{непр} = \frac{\sum_{j-непр} R_j}{M}$ для величины загрузки суммарной ресурсопотребности, приходящейся на один сеанс исполнителя, должно быть справедливо соотношение

$$A \leq \frac{V}{M} + \frac{M-1}{M} \cdot R = \frac{V-R}{M} + R \leq v \quad (3.38)$$

где A - показатель полного времени завершения.

Откуда минимально возможное количество контейнеров M_c , обеспечивающих при **МК** – загрузке распределение непрерываемых работ

$$M_c \geq \frac{V - R}{v - R}. \quad (3.39)$$

Аналогично Утверждению 3.1 при построении организации выполнения работ в Модели 4 (вариант 2), руководствуясь стратегией мультиконтейнерной загрузки непрерываемых работ, дополнительно при том же значении показателя полного времени завершения загрузки загружаемый состав можно расширить прерываемыми работами на величину

$$W = M_c \cdot v - V \leq \frac{R \cdot (V - v)}{v - R}. \quad (3.40)$$

Вместе с тем пример из таблицы 3.9 показывает приближенный характер оценок (3.38 – 3.39), неточность которых существенно возрастает при значениях R близких к предельной ресурсоемкости v .

Более точные соотношения для показателей мультиконтейнерной загрузки могут быть получены в предположении о предварительном упорядочении непрерываемых работ по не возрастанию. В этом случае неравенство, полученное из соотношения (3.27)

$$A \leq \left(\frac{4 \cdot M - 1}{3} \right) \cdot \frac{V}{M^2} \leq v \quad (3.41)$$

приводит к соотношению $3 \cdot v \cdot M^2 - 4 \cdot V \cdot M + V \geq 0$, которое выполняется при $4 \cdot V \geq 3 \cdot v$, в итоге получив более точное соотношения для числа минимально возможного количества контейнеров M_{cu} (таб. 3.9)

$$M_{cu} \geq \frac{2V + \sqrt{4V^2 - 3vV}}{3v}. \quad (3.42)$$

Таблица 3.9 Расчет объема прерываемых работ

Параметры ресурсов	$\sum_{i-\text{непр}} R_i = 26, v = 9,$ $\max R_i = 4$	$\sum_{i-\text{непр}} R_i = 66, v = 22,$ $\max R_i = 20$
Величина прерываемых работ	$M_c \geq 5, W \leq 13,6$ (рис.3.9 а)	$M_c \geq 23, W \leq 440$
Величина прерываемых работ при упорядочении	$M_{cu} \geq 4, W = 10$ (рис. 3.9 б)	$M_{cu} \geq 4, W = 22$ (рис. 3.9 в)

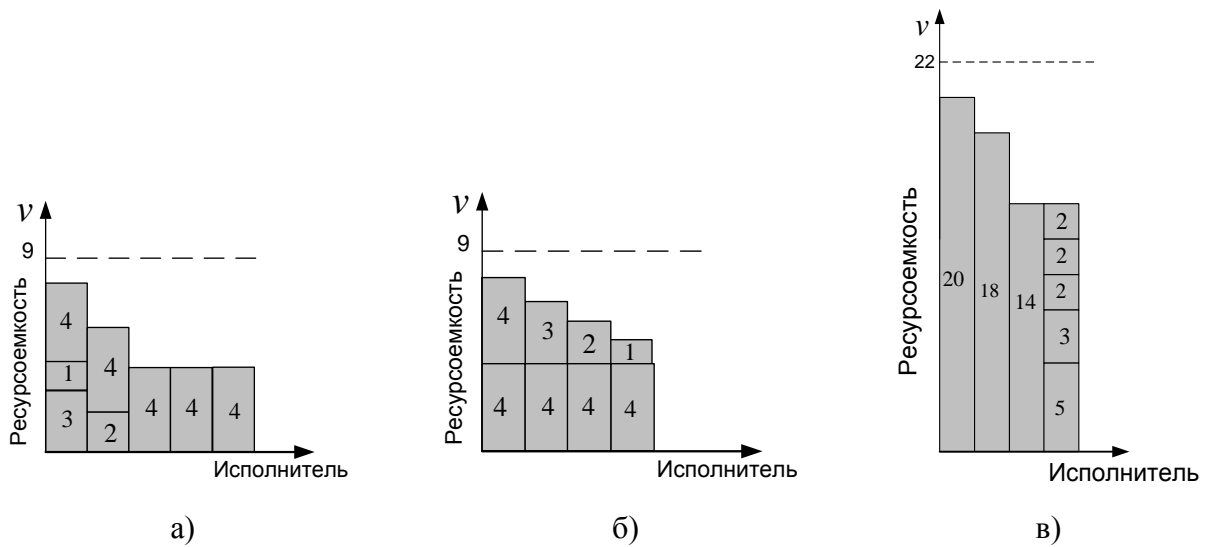


Рис. 3.9 Стратегия с добавлением прерываемых работ

3.3.4. Исследование и разработка алгоритмов формирования организации исполнения упорядоченных ресурсообусловленных работ

Приведенными и полученными при рассмотрении Модели 4 результатами и рекомендациями воспользуемся в *Модели 5*, где (при соблюдении требований, оговоренных для Модели 3) для исполнителя с ограниченной ресурсоемкостью формируется организация выполнения совокупности заданий, каждое из которых представляет упорядоченную (в цепочку) совокупность работ.

В теоретическом плане соответствующий класс задач, обозначаемый $1, v \mid R_{ij}, tree, \tau_{ij} = 1, pmtn \mid C_{max}$ и представляющий собой некоторую модификацию контейнерной задачи, оказывается практически не исследованным даже в плане формирования рациональной организации выполнения работ.

Возможные подходы к рациональному решению этой задачи будут далее рассмотрены ниже с позиций контейнерной загрузки, а затем обобщены на случай загрузки мультиконтейнерной.

В упорядоченной совокупности *доступными* для загрузки становятся работы, предшественники которых уже выполнены. Выполнение работ,

принадлежащих одному и тому же заданию производится только в порядке их очередности, то есть момент начала работы следующего занятия возникает после момента окончания работы предыдущего.

При большом числе заданий удовлетворение (конкретизация) этого правила, обычно принимает форму «по-уровневой» (или синхронной) загрузки, когда во всех заданиях занятия нумеруются по уровню от конца к началу (Порядок 1а) или от начала к концу (Порядок 1б) и к проведению занятий следующего уровня не приступают, пока не будут выполнены все занятия предыдущего уровня – «работы из разных уровней не могут быть загружены в один контейнер» (*Правило 1*).

Однако, при малом (по сравнению с емкостью исполнителя) числе заданий во избежание внесения непроизводительных простоев (при переходе от уровня к уровню) выгоднее применять асинхронную загрузку, где допускается распределение работ из разных заданий, относящихся к разным уровням. При этом должно действовать *Правило 2*: «в один контейнер не могут быть загружены работы, относящиеся к одному заданию».

На практике вместо асинхронной загрузки, менее характерной для процесса ДО, будем рассматривать ограниченную асинхронность, совпадающую с синхронным случаем кроме последнего, возможно недозагруженного, контейнера, в дополнении загрузки которого могут участвовать работы следующего уровня.

Среди доступных работ более *приоритетными* для первоочередного выполнения (в соответствии со стратегией СР) видятся те, за занятиями которых следует более продолжительный период завершения задания в целом (Порядок 2а). Заметим, что в случае единичной продолжительности занятий Порядок 2а совпадает с Порядком 1а с точностью до выполнения требования не загружать в один контейнер задания из разных уровней.

Также среди доступных работ более *приоритетными* для первоочередного выполнения видятся те, у которых ресурсопотребление

выше, так как при этом на множестве непрерываемых работ обеспечивается более полная загрузка исполнителя и тем самым (при не сильно различающихся ресурсах работ), большее число заданий получает дальнейшее развитие (Порядок 2б).

Объединяющей в некотором смысле цели Порядка 2а и Порядка 2б, видится стратегия, при которой среди доступных работ более *приоритетными* для первоочередного выполнения становятся те, у которых суммарная ресурсопотребность вместе со всеми работами вплоть до завершения задания в целом – максимальна (Порядок 2в).

Очевидно, что в общем случае приоритетность порядков 2а – 2в может не согласовываться. Вместе с тем во избежание появления непроизводительных простоев исполнителя («обеспечения полноты загрузки контейнеров») в условиях загрузки, регулируемой любым из правил Порядка 2а – 2в (в сочетании с любым из правил Порядка 1а или 1б) предлагается дополнить процедуру правилом, определяющим ситуацию завершения загрузки (*Правило 3*). Оно гласит: «Если очередная загружаемая работа не помещается в пределах ресурсоемкости исполнителя, то:

- если эта работа – прерываемая, то она загружается в пределах имеющейся ресурсоемкости в данном контейнере и получает соответствующее продолжение в следующем;
- если эта работа – непрерываемая, то если среди ранее загруженных в тот же контейнер имеются прерываемые работы с ресурсом большим чем ресурс, который недостает для выполнения данной непрерываемой работы, то непрерываемая работа загружается полностью, а последняя загруженная перед ней прерываемая работа (имеющая соответствующий ресурс) загружается в пределах оставшейся ресурсоемкости в данном контейнере и получает соответствующее продолжение в следующем; иначе данная непрерываемая работа загружается в следующем контейнере».

Заметим, что часть прерываемой работы, выполнение которой переносится «на следующий контейнер», хотя и имеет (согласно Порядкам) более высокий приоритет выполнения, может быть снова разделена. Поэтому при небольших значениях ресурсоемкости исполнителя в правилах Порядка 3 необходимо для прерываемых работ предусмотреть минимальное гарантированное значение $r^{(0)}$ ресурса, меньше которого продолжение прерываемой работы быть не может. При небольшой доле непрерываемых работ сокращающим применение Правила 3 фактором может послужить Порядок 2г предварительного упорядочения работ, при котором сначала в порядке (2а – 2в) упорядочиваются непрерываемые работы, а затем в том же порядке – прерываемые.

Процедура формирования динамической организации выполнения работ в Модели 5 состоит в том, что:

- работы упорядочиваются в список, выстраиваясь вначале в Порядке 1а (или 1б), а затем в одном из Порядков 2 (2а – 2г); загрузка по порядку 1а или 1б не влияет на количество сеансов в целом, а выражается в их различной загрузке; приоритет Порядка 2 зависит от качественного и количественного состава загружаемых работ и ресурсоемкости используемого канала, что показано далее в работе;
- работы в очередности списка загружаются к исполнителю, пока не вступают в действие Правила 1, 2 или 3, которые, если это возможно корректируют очередность списка (в пользу работ с меньшим приоритетом) или инициируют начало загрузки очередного контейнера.

Ниже представлены примеры применения описанной процедуры построения динамической организации информационного процессв ДО в различных ситуациях в применении к набору работ из примера на рисунке 3.1. Рисунок 3.10 представляет динамическую организацию выполнения работ исполнителем с ресурсоемкостью $v = 30$, где в ходе Шага 1 исходная совокупность работ из таблицы 3.10 упорядочивается в список таблицы 3.11,

сначала по Порядку 1а, а затем по Порядку 2а. Продолжительность организации выполнения $C_{max} = 9$.

Таблица 3.10 Исходная совокупность работ

j	CP	Работа	r_{ij}
1	3	a1	15
2	2	a2	4
3	1	a3	6
1	8	b1	7
2	7	b2	8
3	6	b3	12
4	5	b4	4
5	4	b5	18
6	3	b6	6
7	2	b7	5
8	1	b8	2
1	3	c1	10
2	2	c2	14
3	1	c3	2
1	5	d1	7
2	4	d2	14
3	3	d3	5
4	2	d4	15
5	1	d5	6
1	7	e1	16
2	6	e2	8
3	5	e3	2
4	4	e4	9
5	3	e5	14
6	2	e6	6
7	1	e7	5

Таблица 3.11 Упорядочение по порядку 1а и 2а

Порядок 1а	Порядок 2а	Работа	r_{ij}
1	8	b1	7
1	7	e1	16
1	5	d1	7
1	3	a1	15
1	3	c1	10
2	7	b2	8
2	6	e2	8
2	4	d2	14
2	2	a2	4
2	2	c2	14
3	6	b3	12
3	5	e3	2
3	3	d3	5
3	1	a3	6
3	1	c3	2
4	5	b4	4
4	4	e4	9
4	2	d4	15
5	4	b5	18
5	3	e5	14
5	1	d5	6
6	3	b6	6
6	2	e6	6
7	2	b7	5
7	1	e7	5
8	1	b8	2

b1	7	a11	12	a12	3	c22	9	e3	2	e4	9	e52	11	e6	6	e7	5
e1	16	c1	10	e2	8	a2	4	a3	6	b5	18	d5	6	b7	5	b8	2
d1	7	b2	8	d2	14	b3	12	c3	2	e51	3	b6	6				
				c21	5	d3	5	b4	4								
								d4	15								
	30		30		30		30		29		30		23		11		7
1		2		3		4		5		6		7		8		9	

Рис. 3.10. Организация выполнения работ по Порядку 1а, затем по Порядку 2а

Рисунок 3.11 представляет динамическую организацию выполнения работ исполнителем с ресурсоемкостью $\nu = 30$, где в ходе Шага 1 исходная совокупность работ из таблицы 3.10 упорядочивается в список таблицы 3.12, сначала по Порядку 1а, а затем по Порядку 2в. Продолжительность $C_{max} = 8$.

Таблица 3.12 Упорядочение по порядку 1б и 2а

Порядок 1б	Порядок 2а	Работа	r_{ij}
1	8	b1	7
1	7	e1	16
2	7	b2	8
2	6	e2	8
3	6	b3	12
1	5	d1	7
3	5	e3	2
4	5	b4	4
2	4	d2	14
4	4	e4	9
5	4	b5	18
1	3	a1	15
1	3	c1	10
3	3	d3	5
5	3	e5	14
6	3	b6	6
2	2	a2	4
2	2	c2	14
4	2	d4	15
6	2	e6	6
7	2	b7	5
3	1	a3	6
3	1	c3	2
5	1	d5	6
7	1	e7	5
8	1	b8	2

Таблица 3.13 Упорядочение по порядку 1а и 2б

Порядок 1а	Порядок 2б	Работа	r_{ij}
1	7	e1	16
1	3	a1	15
1	3	c1	10
1	8	b1	7
1	5	d1	7
2	2	c2	14
2	4	d2	14
2	7	b2	8
2	6	e2	8
2	2	a2	4
3	6	b3	12
3	1	a3	6
3	3	d3	5
3	1	c3	2
3	5	e3	2
4	2	d4	15
4	4	e4	9
4	5	b4	4
5	4	b5	18
5	3	e5	14
5	1	d5	6
6	3	b6	6
6	2	e6	6
7	2	b7	5
7	1	e7	5
8	1	b8	2

Для сравнения рисунок 3.12 предлагает динамическую организацию выполнения работ, где та же упорядоченная в список таблицы 3.12 совокупность выполняется исполнителем с ресурсоемкостью $\nu = 20$.

полученного на основе упорядочения сначала согласно правилам Порядка 1а или 1б, а затем правилам Порядка 2а.

Если подлежащие выполнению задания одинаковы по количеству занятий, то с позиций критерия $C_{max} \rightarrow \min$ более эффективным является формирование загрузки из списка, полученного на основе упорядочения с начала согласно правилам Порядка 1а или 1б, а затем правилам Порядка 2б.

В случае мультиконтейнерной загрузки формирование динамической организации выполнения работ в Модели 5 начинается с сортировки работ (аналогично контейнерной процедуре) в Порядке 1а (или 1б), а затем в порядке Порядка 2а (или 2б, 2в). Далее распределение работ из списка производится в соответствии с «жадной» стратегией, при которой очередная работа из списка попадает в текущий наименее загруженный контейнер.

При синхронной загрузке мультиконтейнера *Правило 1* приобретает более широкий смысл, заключающийся в том, что «работы из разных уровней не могут быть загружены в один мультиконтейнер». При асинхронном способе, в котором допускается загрузка работ, относящихся к разным уровням, для мультиконтейнера *Правило 2*, заключающееся в том, что «в один контейнер не могут быть загружены работы, относящиеся к одному заданию» необходимо переформулировать.

Учитывая что контейнерам соответствуют упорядоченные по времени сеансы, для работ из разных уровней одного задания должно действовать правило, состоящее в том, что: «работа с большим уровнем не может быть загружена в контейнеры с номерами, меньшими либо равными наибольшему номеру контейнера, в котором загружена работа с меньшим уровнем того же задания». При ограниченном асинхронном режиме состав загружаемых работ текущего уровня может дополняться только из следующего уровня. Это ограничение в сочетании с условием чередования в задании прерываемых и непрерываемых работ позволяет определить *Правило 4*, имеющее более простую формулировку: «загрузка контейнера, состоящая из прерываемых

работ текущего уровня, может быть дополнена прерываемыми работами из следующего уровня, а загрузка состоящая из непрерываемых работ – непрерываемыми».

По поводу приведенной формулировки заметим следующее: с практической точки зрения, вторая часть Правила 4 о дополнении непрерываемых работ непрерываемыми – не будет иметь применения, так как выравнивание загрузки непрерываемых работ должно производиться прерываемыми из того же уровня, а при этом добавление непрерываемых из следующего уровня становится невозможным.

Правило исключает ситуации, когда в состав загрузки контейнера, состоящей из прерываемых и непрерываемых работ одного уровня, могла бы быть включена любая работа следующего уровня, не принадлежащая к подмножеству заданий работ из совокупности уже загруженных работ. Однако сделанное упрощение позволяет при формировании загрузки учитывать тип работы, а не ее принадлежность к тому или другому курсу.

Важным преимуществом применения мультиконтейнерной загрузки в Модели 5 становится возможность априорного вычисления числа необходимых сеансов (контейнеров), при котором произвольно упорядоченная совокупность работ может быть загружена.

Выбор числа контейнеров M_c по формуле (3.39), где V представляет суммарную ресурсоемкость непрерываемых работ некоторого уровня, гарантирует формирование их загрузки без применения Правила 3. Выбор числа контейнеров M_c по той же формуле, где V представляет суммарную ресурсоемкость всех работ, к тому же гарантирует формирование загрузки без переносов прерываемых работ на следующий сеанс.

Заметим, что при применении Порядка 2г тем же свойством может обладать, по крайней мере, для непрерываемых работ выбор числа контейнеров M_{MK} по формуле

совокупность работ из таблицы 3.10 упорядочивается в список таблицы 3.12, сначала по Порядку 1б, а затем по Порядку 2г (в сочетании с 2в). В обоих случаях продолжительность организации выполнения $C_{max} = 10$.

b1	7	b2	8	e2	8	b4	4	e4	9	d22	11	b6	6	a12	6	e6	6	d4	14	b8	2
		e1	16	b3	12	d1	7	b5	18	e5	14	c1	10	e5	14	a2	4	c2	14	c3	2
						e3	2	d21	3			d3	5			b7	5			d5	6
												a11	9			c2	14			a3	6
															d4	1			e7	5	
	7		24		20		13		30		25		30		20		30		28		21
1		2		3		4		5		6		7		8		9		7		8	

Рис. 3.15. Организация выполнения работ по Порядку 1б, затем по Порядку 2г

На рисунке 3.16 представлена динамическая организация синхронного выполнения из таблицы 3.11, где при соблюдении Порядка 2г параметры мультиконтейнерной загрузки выбирались по формуле (3.43).

c1	10	d1	7	b2	8	e2	8	d3	5	e4	9	d5	6	b5	18	b6	6	b7	5	b8	2
a1	15	e1	16	a2	4	c2	14	c3	2	b4	4	e5	14			e6	6	e7	5		
		b1	7	d2	14			b3	12	d4	15										
								a3	6												
								e3	2												
	25		30		26		22		27		28		20		18		12		10		2
1		2		3		4		5		6		7		8		9		7		8	

Рис. 3.16 Организация синхронного выполнения работ при Порядке 2г

Представленные примеры динамической организации в Модели 5 показывают целесообразность применения мультиконтейнерной загрузки в случае, когда суммарная ресурсопотребность уровней работ значительно превосходит ресурсоемкость канала. Открытым, ввиду слабой теоретической проработки ресурсообусловленных систем, остается вопрос о том, какими свойствами должна обладать совокупность работ, составляющих задания, чтобы обеспечить рациональную загрузку исполнителя.

3.3.5. Исследование характеристик системы заданий, влияющих на эффективность формирования динамической организации

Пусть в условиях Модели 5 для упорядоченной совокупности работ произведена «по-уровневая» нумерация, по направлению от «кроны» дерева

к корню. Обозначим суммарную ресурсопотребность работ уровня $F_u = 1..U$ через $S_u = \sum_{u=1}^U R_u$, предполагая, что величина v ресурсоемкости исполнителя в единицу времени является недостаточной для полного выполнения работ любого уровня. Таким образом $\forall u$ выполняется

$$S_u > v. \quad (3.44)$$

Предположим, что на некотором шаге u формируется занимающая M_u позиций расписания исполнителя загрузка некоторой совокупности одновременно доступных работ с общей ресурсопотребностью V_u .

Очевидно, что любое запланированное (в том числе и оптимальное) распределение ресурсопотребностей работ в любой позиции расписания исполнителя не может превосходить заданной ресурсоемкости

$$OPT_u = \frac{V_u}{M_u} \leq v, \quad (3.45)$$

поэтому число позиций расписания (количество процессоров в системе мультипроцессора) должно быть

$$M_u \geq \frac{V_u}{v} \quad (3.46)$$

Для соотнесения показателей фактически проводимой произвольной списочной загрузки с оптимальным распределением ресурсоемкостей воспользуемся формулой (3.46), принимающей в данном случае вид

$$\frac{A_u}{OPT_u} \leq 1 + (M_u - 1) \cdot \frac{R_{max}^{(u)}}{V_u}, \quad (3.47)$$

где A_u - полное время завершения загрузки работ, $R_{max}^{(u)}$ - максимальная по ресурсоемкости работа в совокупности распределяемых, а M_u выбирается минимальным возможным

$$M_u = \left\lceil \frac{V_u}{v} \right\rceil \quad (3.48)$$

Тогда для случая загрузки работ первого уровня $V_1 = S_1$ (образующих крону дерева) и с учетом (3.44) выражение (3.47) примет вид

$$A_1 \leq OPT_1 + \left(\frac{M_1 - 1}{M_1} \right) \cdot R_{max}^{(1)}$$

где индексом «1» обозначаются соответствующие величины первого уровня.

После завершения допустимого (по условию 3.45) заполнения M_1 позиций определим величину ost_1 суммарной ресурсоемкости работ, «не поместившихся» в ходе проведения списочной загрузки на M_1 позициях (выделенных, исходя из расчета оптимальной загрузки). Из (3.46) следует,

$$ost_1 = A_1 - OPT_1 = \frac{M_1 - 1}{M_1} \cdot R_{max}^{(1)} = \left(1 - \frac{1}{M_1} \right) \cdot R_{max}^{(1)} \leq \left(1 - \frac{v}{V_1} \right) \cdot R_{max}^{(1)}.$$

По завершении процесса загрузки M_1 позиций проведем по $M_2 = \left\lceil \frac{V_2}{v} \right\rceil$ позициям распределение совокупности работ с общей ресурсопотребностью $V_2 = S_2 + ost_1 = S_2 + \left(1 - \frac{v}{S_1} \right) \cdot R_{max}^{(1)}$, образованной работами второго уровня F_2 и оставшимися не загруженными работами. При этом использование списочных стратегий распределения оставляет не загруженными работы с ресурсопотребностью

$$\begin{aligned} ost_2 &= \left(\frac{M_2 - 1}{M_2} \right) \cdot R_{max}^{(2)} = \left(1 - \frac{1}{M_2} \right) \cdot R_{max}^{(2)} \leq \left(1 - \frac{v}{V_2} \right) \cdot R_{max}^{(2)} \leq \\ &\leq \left(1 - \frac{v}{S_2 + \left(1 - \frac{v}{S_1} \right) \cdot R_{max}^{(1)}} \right) \cdot R_{max}^{(2)} \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Выполнение для каждого уровня $u = 1..U$ распределения ресурсопотребностей $V_u = S_u + ost_{u-1} = S_u + \left(1 - \frac{v}{V_{u-1}} \right) \cdot R_{max}^{(u-1)}$ работ уровня F_u вместе с незагруженными работами, оставшимися от предыдущего распределения, приводит к заполнению очередных M_2 позиций. Причем $\forall u$

$$ost_u = \left(1 - \frac{1}{M_u} \right) \cdot R_{max}^{(u)} \leq R_{max}^{(u)} < v, \quad (3.49)$$

$$\begin{aligned}
M_u &= \frac{V_2}{v} = \frac{S_u + \left(1 - \frac{v}{V_{u-1}}\right) \cdot R_{max}^{(u-1)}}{v} = \\
&= \frac{S_u + \left(1 - \frac{v}{S_{u-1} + \left(1 - \frac{v}{V_{u-2}}\right) \cdot R_{max}^{(u-2)}}\right) \cdot R_{max}^{(u-1)}}{v} = \\
&= \frac{S_u + \left(1 - \frac{v}{S_{u-1} + \left(1 - \frac{v}{S_{u-2} + \left(1 - \frac{v}{V_{u-3}}\right) \cdot R_{max}^{(u-3)}}\right) \cdot R_{max}^{(u-2)}}\right) \cdot R_{max}^{(u-1)}}{v}
\end{aligned}$$

Тогда полное время завершения всех работ в Модели 5 составит:

$$\begin{aligned}
M_o &= \sum_{u=1}^U M_u + \frac{ost_u}{v} \leq \\
&\leq \frac{S_1}{v} + \frac{S_2 + \left(1 - \frac{v}{S_1}\right) \cdot R_{max}^{(1)}}{v} + \frac{S_3 + \left(1 - \frac{v}{\left(S_2 + \frac{v}{S_1}\right) R_{max}^{(2)}}\right) \cdot R_{max}^{(1)}}{v} + \dots \\
&= \frac{1}{v} \cdot \left(S_1 + S_2 + \left(1 - \frac{v}{S_1}\right) \cdot R_{max}^{(1)} + S_3 + \left(1 - \frac{v}{\left(S_2 + \frac{v}{S_1}\right) \cdot R_{max}^{(2)}}\right) \cdot R_{max}^{(1)} + \dots + ost_u \right)
\end{aligned}$$

что с учетом (3.48) может быть оценено сверху

$$\begin{aligned}
M_o &\leq \\
&\leq \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_u}{v} + \frac{1}{v} \times \\
&\times \left(\left(1 - \frac{v}{S_1}\right) \cdot R_{max}^{(1)} + \left(1 - \frac{v}{\left(S_2 + \frac{v}{S_1}\right)}\right) \cdot R_{max}^{(2)} \right. \\
&\left. + \left(1 - \frac{v}{\left(S_3 + \left(1 - \frac{v}{\left(S_2 + \frac{v}{S_1}\right)}\right)\right)}\right) \cdot R_{max}^{(3)} + \dots \right)
\end{aligned} \tag{3.50}$$

Представим (3.50) в виде

$$M_o \leq \frac{\sum_{u=1}^U S_u + R_{max}^{(u)}}{v} + \frac{1}{v} \left(A_1 \cdot R_{max}^{(1)} + A_2 \cdot R_{max}^{(2)} + \dots + A_u \cdot R_{max}^{(u)} \right), \tag{3.51}$$

где A_u , $u = 0..U$, имеет вид

$$A_u = \left(1 - \frac{v}{S_u + A_{u-1} \cdot R_{max}^{(u)}} \right), \tag{3.52}$$

при $A_0 = 0$ по определению.

Сформулируем утверждение касательно минимизации полного времени M_o завершения работ в системе .

Утверждение 3.2. Для минимизации полного времени реализации всей совокупности курсов необходимо чтобы исполняемая система заданий обладала такой (древовидной) структурой, при которой к концу информационного процесса ДО общий вес работ, относящихся к одному уровню $\{S_i\} \uparrow$ возрастал (не убывал), а последовательность наибольших по весу работ в каждом уровне $\{R_i\} \downarrow$ - убывала (не возрастала).

Доказательство. Исходя из целей построения организации Модели 5 рассмотрим вопрос минимизации полного времени M_o завершения работ в исполняемой системе. Так как величина $\frac{\sum_{u=1}^U S_u}{v}$ представляющая собой оценку времени выполнения всех заданий, зависит только от параметров задачи, то сокращение верхней границы (3.51) может быть достигнуто за счет малого значения $R_{max}^{(u)}$ и, в первую очередь, за счет

$$A_1 \cdot R_{max}^{(1)} + A_2 \cdot R_{max}^{(2)} + \dots + A_u \cdot R_{max}^{(u)} \rightarrow \min \quad (3.53)$$

Для (3.53) известен результат [38] о том, что ограниченная сумма $\sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \rightarrow \min$ тогда, когда изменения значений в последовательностях $\{a\}$ и $\{b\}$ будут иметь противоположную направленность. Например, $\{a\} \downarrow$ и $\{b\} \uparrow$ или наоборот.

Рассмотрим разность двух последовательно взятых значений полного времени завершения загрузки работ A , с условием $\forall i, 0 \leq A_i \leq 1$

$$\begin{aligned} D(A_{i-1}) &= A_i - A_{i-1} = \left(1 - \frac{v}{S_i + A_{i-1} \cdot R_{max}^{(i)}} - A_{i-1} \right) = \\ &= \frac{S_i + A_{i-1} \cdot R_{max}^{(i)} - v - S_i \cdot A_{i-1} - (A_{i-1})^2 \cdot R_{max}^{(i)}}{S_i + A_{i-1} \cdot R_{max}^{(i)}} = \frac{Y(A_{i-1})}{Z(A_{i-1})} \end{aligned} \quad (3.54)$$

Знаменатель дроби (3.54) положителен $\forall A_{i-1}$, $Z(A_{i-1}) = S_i + A_{i-1} \cdot R_{max}^{(i)} > 0$, так как $0 \leq A_{i-1}$ и $S_i > R_{max}^{(i)}$.

Рассмотрим зависимость от A_{i-1} функции числителя (3.54)

$$Y(A_{i-1}) = -(A_{i-1})^2 \cdot R_{max}^{(i)} - A_{i-1} \cdot (S_i - R_{max}^{(i)}) + (S_i - v), \quad (3.55)$$

которая на отрезке $[0; 1]$ имеет корень A^* , так как непрерывна и по концам имеет разные знаки [28]

$$Y(0) = S_i - v > 0, \quad (3.56)$$

$$Y(1) = -v < 0. \quad (3.57)$$

Причем корень A^* , - единственный, так как (3.55) на отрезке $[0; 1]$ сохраняет знаки производных

$$Y'(A_{i-1}) = -2 \cdot A_{i-1} \cdot R_{max}^{(i)} - (S_i - R_{max}^{(i)}) < -(S_i - R_{max}^{(i)}) < 0 \quad (3.58)$$

$$Y''(A_{i-1}) = -2 \cdot R_{max}^{(i)} < 0 \quad (3.59)$$

То есть $\exists A^* \in [0; 1]: Y(A^*) = 0$, в явном виде

$$\begin{aligned} A^* &= \frac{(S_i - R_{max}^{(i)}) - \sqrt{(S_i - R_{max}^{(i)})^2 + 4 \cdot R_{max}^{(i)} \cdot (S_i - v)}}{-2 \cdot R_{max}^{(i)}} = \\ &= \frac{(S_i - R_{max}^{(i)}) - \sqrt{d}}{-2 \cdot R_{max}^{(i)}} \end{aligned} \quad (3.60)$$

где $d = (S_i - R_{max}^{(i)})^2 + 4 \cdot R_{max}^{(i)} \cdot (S_i - v) > 0$.

Таким образом, если

$$Y(A_{i-1}) \geq 0, \text{ то } \alpha = 0 \leq A_{i-1} \leq A^*, \quad (3.61)$$

и если

$$Y(A_{i-1}) < 0, \text{ то } A^* \leq A_{i-1} < 1 = \beta. \quad (3.62)$$

То есть при определенных условиях построения системы заданий последовательность $\{A_i\}$ может оказаться либо возрастающей (3.61), либо убывающей (3.62). Проблема заключается в выделении конструктивных особенностей построения системы заданий, которые бы обеспечивали ту или иную ситуацию. Вместе с тем условия (3.56 – 3.59) являются достаточными для построения по «методу хорд» [28] линеаризационного приближения к корню (3.60). На отрезке $[\alpha; \beta] = [0; 1]$ к корню A^* сходится последовательность значений $\{x^{(j)}\} \xrightarrow{j \rightarrow \infty} A^*$, таким образом

$$\begin{cases} x^{(0)} = \alpha = 0 \\ x^{(j+1)} = x^{(j)} - Y(x^{(j)}) \cdot \frac{(x^{(j)} - \beta)}{Y(x^{(j)}) - Y(\beta)} \end{cases} \quad (3.63)$$

Причем погрешность приближения оценивается соотношением

$$|A^* - x^{(j)}| \leq \frac{M_1 - m_1}{m_1} \cdot |x^{(j)} - x^{(j-1)}|, \quad (3.64)$$

где $M_1 = \max|Y'(x)|$, $m_1 = \min|Y'(x)|$ при $\alpha < x < \beta$.

В частности, применительно к (3.60) первое приближение, построенное по формуле (3.63), имеет значение

$$x^{(1)} = x^{(0)} - Y(x^{(0)}) \cdot \frac{(x^{(0)} - \beta)}{(Y(x^{(0)}) - Y(\beta))} = \frac{S_i - v}{S_i} = 1 - \frac{v}{S_i}. \quad (3.65)$$

Причем, согласно (3.64), приближение отличается от точного значения на величину

$$\begin{aligned} |A^* - x^{(1)}| &\leq \frac{M_1 - m_1}{m_1} \cdot |x^{(1)} - x^{(0)}| = \frac{2 \cdot R_{max}^{(i)}}{S_i - R_{max}^{(i)}} \cdot \left| \frac{S_i - v}{S_i} \right| = \\ &= \frac{2 \cdot R_{max}^{(i)}}{S_i} \cdot \left| \frac{S_i - v}{S_i - R_{max}^{(i)}} \right| \leq \frac{2 \cdot R_{max}^{(i)}}{S_i}, \end{aligned} \quad (3.66)$$

так как $M_1 = S_i + R_{max}^{(i)}$ и $m_1 = S_i - R_{max}^{(i)}$ при $S_i > v > R_{max}^{(i)}$.

Аналогично, условия (3.56 – 3.59) являются достаточными для построения линеаризационного приближения к корню (3.60) по «методу касательных» [28]. На отрезке $[\alpha; \beta] = [0; 1]$ к корню A^* сходится (сверху) последовательность значений $\{x^{(j)}\} \xrightarrow{j \rightarrow \infty} A^*$, таким образом

$$\begin{cases} x^{(0)} = \beta = 1 \\ x^{(j+1)} = x^{(j)} - \frac{Y(x^{(j)})}{Y'(x^{(j)})} \end{cases} \quad (3.67)$$

Причем погрешность приближения оценивается соотношением

$$|A^* - x^{(j)}| \leq \frac{M_2}{2 \cdot m_1} \cdot (x^{(j)} - x^{(j-1)})^2, \quad (3.68)$$

где $M_2 = \max|Y''(x)|$, $m_1 = \min|Y'(x)|$ при $\alpha < x < \beta$.

В частности, применительно к (3.60) первое приближение, полученное по формуле (3.67), имеет значение

$$x^{(1)} = x^{(0)} - \frac{Y(x^{(0)})}{Y'(x^{(0)})} = 1 - \frac{-v}{-2 \cdot R_{max}^{(i)} - S_i + R_{max}^{(i)}} = 1 - \frac{v}{S_i + R_{max}^{(i)}}. \quad (3.69)$$

Причем, согласно (3.68), оно отличается от точного значения на величину

$$\begin{aligned} |A^* - x^{(1)}| &\leq \frac{M_1}{2 \cdot m_1} \cdot |x^{(1)} - x^{(0)}| = \\ &= \frac{2 \cdot R_{max}^{(i)}}{2 \cdot (S_i - R_{max}^{(i)})} \cdot \left(1 - \frac{v}{S_i + R_{max}^{(i)}} - 1\right)^2 = \\ &= \frac{R_{max}^{(i)} \cdot v^2}{2 \cdot (S_i^2 - R_{max}^{(i)2}) \cdot (S_i + R_{max}^{(i)})} \leq \frac{R_{max}^{(i)}}{2 \cdot (S_i + R_{max}^{(i)})} \end{aligned} \quad (3.70)$$

Рассмотрим ситуацию возрастания значений A_i , приняв за корень (3.60) его приближение снизу $A^* \approx x^{(1)} = 1 - \frac{v}{S_i}$, полученное (3.65). Тогда при $A_{i-1} < A^*$ разность $D(A_{i-1}) = A_i - A_{i-1} \geq 0$ положительная и последовательность $\{A_i\} \uparrow$ возрастающая. Для минимизации (3.53) необходимо чтобы последовательность $\{R_{max}^{(i)}\} \downarrow$ убывала.

Возрастающие значения A_i (расположенные левее A^*) возникают при такой структуре заданий, когда суммарные ресурсопотребности работ, расположенных на одном уровне возрастают к концу информационного процесса ДО. Заметим, что подобная ситуация в частности может сформироваться в результате расширения области повторяемого материала

$$\begin{aligned} A_{i-1} \leq 1 - \frac{v}{S_i}, \quad \text{имеем} \quad 1 - \frac{v}{S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)}} \leq 1 - \frac{v}{S_i}, \quad \text{следовательно} \\ \frac{v}{S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)}} \geq \frac{v}{S_i} \quad \text{преобразуется в } S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)} \leq S_i, \quad \text{в итоге} \\ S_{i-1} \leq S_i. \end{aligned}$$

Аналогично, приняв за корень (3.60) его верхнее приближение

$A^* \approx x^{(1)} = 1 - \frac{v}{S_i + R_{max}^{(i)}}$, полученное по формуле (3.69), при $A_{i-1} > A^*$ разность $D(A_{i-1}) = A_i - A_{i-1} \leq 0$ отрицательная, то есть последовательность $\{A_i\} \downarrow$ убывающая и для минимизации (3.53) необходимо, чтобы последовательность $\{R_{max}^{(i)}\} \uparrow$ была возрастающая.

В системе заданий информационного процесса ДО этого можно достигнуть при сокращении суммарной ресурспотребности работ от уровня к

уровню. В этом случае $1 - \frac{v}{S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)}} \geq 1 - \frac{v}{S_i + R_{max}^{(i)}}$ далее

имеем, $\frac{v}{S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)}} \leq \frac{v}{S_i + R_{max}^{(i)}}$ таким образом $S_{i-1} + A_{i-2} \cdot R_{max}^{(i-1)} \geq S_i + R_{max}^{(i)}$, в итоге $S_{i-1} + R_{max}^{(i-1)} \geq S_i + R_{max}^{(i)}$.

При этом максимальная ресурспотребность работ в каждом уровне должна увеличиваться (в целях минимизации полного времени завершения системы заданий). В связи с этим, заметим, что последняя ситуация в плане построения системы заданий информационного процесса ДО является менее удачной, так как вместе с увеличением всех остатков увеличивается и $R_{max}^{(u)}$ (ухудшая оценку показателя (3.51)). ■

Выводы по главе 3

1. Произведено описание математической постановки формирования динамической организации информационного процесса ДО, которая определяет сопоставление частично упорядоченному множеству работ \mathfrak{Z} - соответствующих исполнителей из множества \mathfrak{K} (технических средств РСОТ или участников процесса обучения); а работам и исполнителям – временных моментов исполнения $[0; T]$ и объемов потребляемого ресурса \mathfrak{R} (сетевой емкости каналов или загруженности обучаемых).

2. Показано, что формирование динамической организации курсов ДО может осуществляться при фиксированном или динамическом ресурсопотреблении. В первом случае сетевые ресурсы PCOT получают разбиение на ряд разделов с заданной ресурсоемкостью используемых в каждый момент времени для проведения единственной работой. Во втором – сетевые ресурсы PCOT распределяются между несколькими параллельно исполняемыми работами в рамках имеющейся ресурсоемкости.

3. Произведен анализ решений в части динамической организации, которая может быть построена либо путем «жадного» мультипроцессорного распределения между разделами исполнения учебных курсов целиком (Модель 1), либо путем распределения между разделами по правилу «критического пути» исполнения работ курсов (Модель 2). Причем, общим недостатком таких организаций становятся потери непроизводительного использования ресурсов, а в случае синхронизации исполнения работ – еще и потери из-за простоя исполнителей, избежать которые можно за счет специально разработанного алгоритма распределения, формирующего частичную синхронизацию.

4. Ресурсообусловленное построение динамической организации имеет полиномиальное решение только в частных случаях загрузки исполнителя с неограниченной ресурсоемкостью (Модель 3) или при исполнении совокупности прерываемых работ и оказывается переборной проблемой даже для распределения неупорядоченной совокупности непрерываемых работ. В последнем случае (Модель 4) построение рациональной организации может быть осуществлено с помощью одной из приближенных стратегий контейнерной загрузки. Доказано, что возможности контейнерной загрузки 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.

5. В общем случае рациональное построение ресурсообусловленной динамической организации проведения набора курсов ДО (формируемое для одного исполнителя – Модель 5) с помощью приближенных стратегий контейнерной загрузки определяется способом отбора доступных для выполнения работ и порядком отбора загружаемых на сеанс работ среди доступных. Оно может быть обобщено на случай мультиконтейнерной загрузки (возникающей для нескольких исполнителей).

6. Доказано, что для минимизации полного времени реализации всей совокупности курсов ДО при рациональном мультиконтейнерном построении ресурсообусловленной динамической организации, необходимо, чтобы исполняемая система заданий обладала такой (древовидной) структурой, при которой к концу процесса обучения 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).

Глава 4. Формирование программных средств для разработки и исследования организации информационного процесса дистанционного обучения

Потребность в определении организации информационного процесса ДО возникает не только при его постановке и начальном проектировании, но гораздо чаще уже в ходе его исполнения при появлении качественных или количественных изменений в составе технических средств РСОТ и/или составе обучаемых. Например, изменения в составе обучаемых могут происходить после каждого рубежного контроля, выявляющего контингент неуспевающих и состав повторяемого ими учебного материала. Понятно, что добавление к учебному плану новых работ, возможно, связанных с повторением, в общем случае, приводит к изменениям в составе передаваемого трафика ДО, делая первоначально построенную организацию ДО неверной.

Проведенные исследования математических моделей динамической организации информационного процесса ДО, показали исключительную алгоритмическую и вычислительную сложность этой задачи. Точное определение обеспечивающего оптимальную загрузку канальных ресурсов РСОТ порядка исполнения работ (связанных с передачей смешанного приоритетного и неприоритетного учебного трафика) отличается переборным характером и в реальном случае не подходит для целей построения (или перестроения) организации процесса обучения.

По этой причине формирование периодически изменяемой организации информационного процесса ДО должно производиться с помощью эффективных в вычислительном плане рациональных подходов, которые были разработаны в данном исследовании и позволяют допустимым способом установить на каждом сеансе какая работа и в каком объеме должна выполняться. Эффективность рациональных процедур позволяет использовать их как для проектирования организации процесса обучения, так

и в составе системы автоматизированного управления ДО для перепроектирования организации с учетом возникающих изменений.

Вместе с тем, необходимо учитывать, что все процедуры рациональной загрузки имеют и существенный недостаток, заключающийся в том, что они не отвечают на вопрос «насколько эффективна каждая стратегия в применении к конкретной совокупности работ». Формирование оценки приближенно построенной организации приходится совмещать с проведением имитационного моделирования, упреждающего реальный процесс. То есть при проектировании и при автоматизированном управлении информационным процессом ДО наряду с рациональными процедурами формирования динамической организации должна присутствовать система моделирования, позволяющая оценить эффективность формируемых решений.

Таким образом, неразрывно функционирующие средства формирования и средства оценки эффективности динамической организации имеют двойное предназначение. Во-первых, они нужны при проектировании процесса ДО, а во-вторых, при управлении реализацией того же процесса, где они являются штатным инструментом сопровождения. Однако, несмотря на общность назначения этих средств, их программное построение, особенно в части моделирования, существенно различается.

Проведение моделирования предполагает осуществление четырех основных этапов [15]:

- 1) задание (построение) исследуемой модели,
- 2) запуск (прогон) модели,
- 3) анализ полученных показателей эффективности,
- 4) оценка альтернативных сценариев.

При проектировании информационного процесса ДО программное обеспечение нацелено на формирование множественных результатов, полученных от пакетных заданий модели, описывающих возможные режимы

функционирования РСОТ в максимально широком спектре. В этом случае определение учебных работ должно в первую очередь характеризовать не содержательную сторону занятий ДО, а трафик, возникающий в связи с проведением курсов и дисциплин.

По сравнению с моделированием в составе средств управления, моделирование, связанное с проектированием ДО, во многом является разовой задачей, решение которой ложится в основу разработки РСОТ и системных средств портала ДО.

Указанные различия построения связаны с тем, что моделирование при проектировании и в составе средств управления предназначено для решения несколько отличающихся задач. Так в составе средств управления моделирование предназначено для выявления качественного и количественного состава ДО:

- насколько хорошо тот или иной курс (то или иное методическое наполнение курса) вписывается в ДО;
- как надо спроектировать курс;
- что нужно изменить в существующей организации ДО.

Напротив, моделирование в составе средств проектирования в большей степени направлено на выявление следующих параметров:

- какая стратегия организации упорядочения работ более эффективна и при каких характеристиках технических средств РСОТ;
- как влияют на эффективность функционирования РСОТ количественный состав обучаемых и качественный состав работ в курсах;
- какими характеристиками должна обладать РСОТ, чтобы обеспечить заданный уровень загрузки технических средств.

Перечисленные различия в построении программных средств моделирования определяют структуру дальнейшего исследования, которое будет направлено на решение двух задач: разработки принципов построения и функционирования инструментальных средств формирования

динамической организации информационного процесса ДО и анализа возможностей методов рационального проектирования.

4.1. Разработка общих принципов работы и архитектуры инструментальных средств моделирования

Согласно [45] под *Архитектурой комплекса инструментальных средств* подразумевается состав компонент системы, определение их взаимосвязей, а также принципы и руководства для их проектирования и развития. Для обеспечения функционирования имитационной модели (в соответствии с общей схемой, представленной на рисунке 2.2), на рисунке 4.1 представлена архитектура организации взаимодействия всех компонент инструментального комплекса. Пунктиром выделены блоки, в которых выполняются: постановка задачи исследования и ввод начальных данных (блок I), построение (задание) моделей и проведение имитационного моделирования (блок II), анализ и экспертная оценка объектов, полученных в ходе проектирования конкретных решений, ориентированных на выполнение образовательных процессов с заданными значениями параметров (блок III).

Эффективное использования имитационного моделирования в составе средств управления [16] должно происходить в автоматизированном режиме, что требует наличия специальных средств взаимодействия пользователя – методиста с системой моделирования, то есть пользовательской среды, позволяющей осуществлять контроль за ходом исследуемого процесса на всех основных этапах (1 – 4) его развития. Координирующую роль человека, осуществляющего проектирование процесса обучения, выполняет блок «Учебное управление», в функции которого входит формирование динамической организации ДО и контроль за ходом моделирования процесса ДО. На рисунке 4.1 приняты следующие условные обозначения:

- ⇒ – направление действия логических связей по управлению;
- – передача настроечных параметров;

В блоке I с участием пользователя – методиста (представленного элементом «Учебное управление») происходит формирование набора дисциплин информационного процесса ДО и определение значений характеристик технической компоненты РСОТ, а также определение (посредством блока целеполагания) цели проведения исследования и показателей качества (ПК).

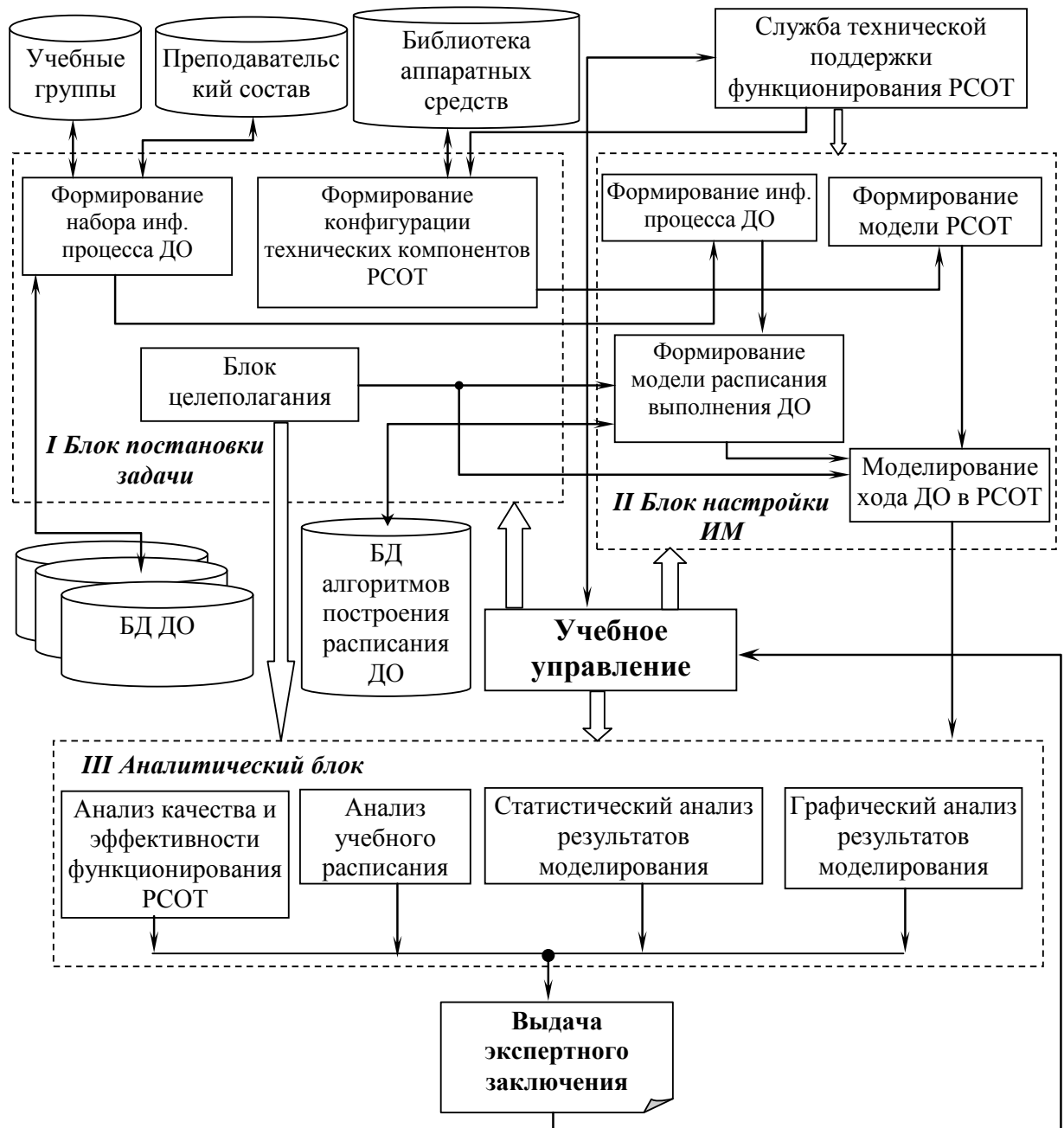


Рис. 4.1. Архитектурная схема инструментального комплекса моделирования реализации информационного процесса ДО

Формирование описания образовательного процесса предполагает наличие информации о количественном составе учебных групп и ведущем занятии профессорско-преподавательском составе (ППС). При задании конфигурации РСОТ основное внимание отводится проблеме повышения эффективности загрузки технических средств РСОТ.

Описание конфигурации технической компоненты РСОТ и описание образовательного процесса передается в блок II. Результаты работы с блоком целеполагания попадают в блок формирования модели расписания хода ДО и в блок имитационного моделирования хода процесса ДО в РСОТ, таким образом, осуществляется учет требований к исследуемой системе и к процессу получения результирующих данных. Сформированный набор работ, связанных с реализацией дисциплин информационного процесса ДО передается в блок построения модели, где осуществляется преобразование полученных данных во внутреннее представление системы моделирования.

Затем в блоке формирования модели расписания по определенному алгоритму происходит построение описания прохождения образовательного процесса в РСОТ в определенный внешними требованиями интервал времени. Конфигурация технических средств РСОТ посредством блока формирования модели РСОТ также переводится во внутреннее описание и впоследствии участвует в настройке имитационного эксперимента.

По окончании процесса моделирования его результаты в виде набора значений заданных показателей передаются в блок III для дальнейшей работы. В блоке III происходит анализ полученных результатов моделирования, описываемых моделями процесса ДО и РСОТ.

Необходимо отметить используемые в системе базы данных такие как: БД учебных групп, БД ППС, БД образовательных процессов, БД учебных дисциплин, БД учебных работ, БД типов учебных работ и др.

Использование информационных компонент в системе производится при формировании описания проектируемой и исследуемой модели, включающего:

- описание курсов информационного процесса ДО (состава, типа и упорядоченности образующих каждый курс учебных работ) БД учебных дисциплин и БД учебных работ;
- нормативные данные о качественном и количественном составе входного/выходного трафика, связанного с выполнением учебных работ определенного типа в пересчете на одного участника процесса обучения (обучаемого, преподавателя или преподавателей), БД типов учебных работ и БД характеристик качества представления учебной информации;
- информацию о количественном составе учебных групп, обучаемых по соответствующим специальностям и БД учебных групп;
- информацию о количественном преподавательском составе БД ППС.

На основании перечисленных данных учебные работы каждого курса для каждой учебной группы, с учетом информации о количестве участников (студентов и преподавателей) информационного процесса ДО, требуемого качества передачи информации (вид конференции: теле- , аудио- , видео- или вид файлового обмена) и соответствующих нормативных значениях объема/скорости передачи – получают выражение (пересчитываются) в единицах ресурсоемкости (рис. 4.2).

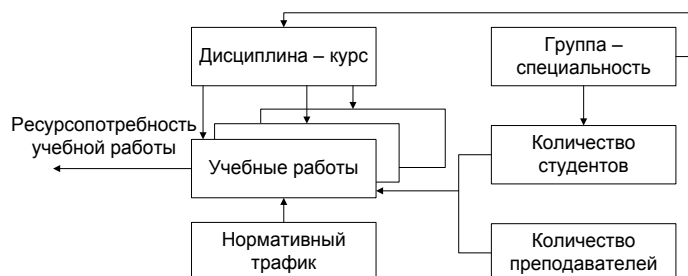


Рис. 4.2. Взаимосвязь компонент учебного процесса при ДО

Принимая во внимание важность той роли, которая отводится описанию состава учебных дисциплин, для дальнейшего формирования

модели динамической организации информационного процесса ДО покажем его в виде структурной схемы на рисунке 4.3.

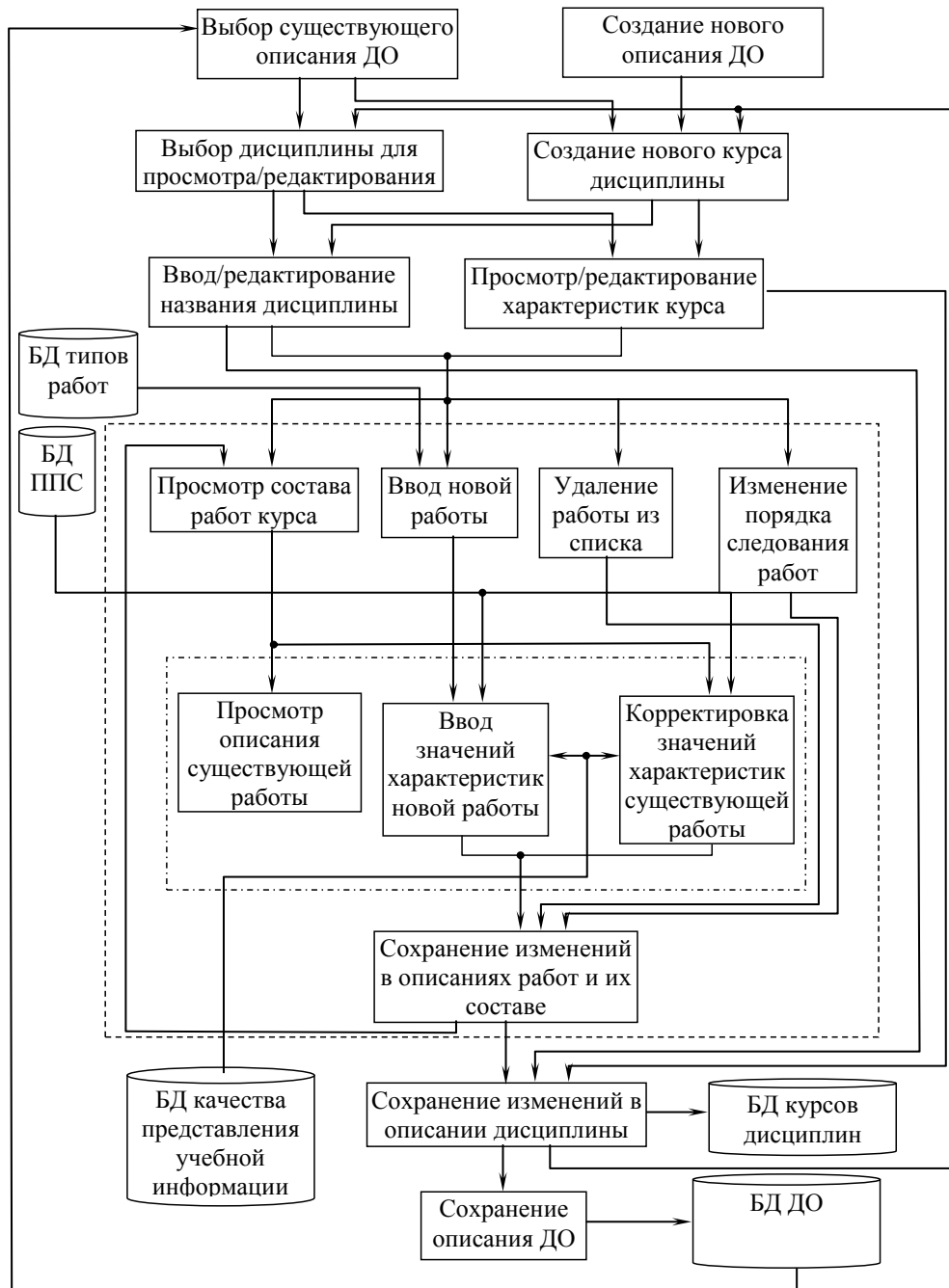


Рис. 4.3. Схема формирования описания состава дисциплин процесса ДО

При формировании состава дисциплин информационного процесса ДО вне зависимости от выбранных действий – просмотр/корректировка существующей дисциплины или ввод данных по новой дисциплине, набор используемых функций одинаков. Каждый курс (по соответствующей

дисциплине) должен иметь название и описание свойств, включающее определенный список учебных работ, последовательность расположения которых в списке устанавливается определенной методикой передачи знаний. А каждая работа из сформированного списка должна быть описана набором значений характеристик, определяющих ее ресурсоемкость.

В блоке определения списка работ сгруппированы функции, обеспечивающие ввод новых или удаление работ из списка дисциплины-курса, а также изменение порядка следования учебных работ.

Окончание корректировки описания отдельной работы сопровождается сохранением сделанных изменений, после которого могут выполняться последующие действия. При окончании подготовки списка работ дисциплины и/или корректировки характеристик самой дисциплины также осуществляется сохранение сделанных изменений, и обновленные данные заносятся в соответствующие БД дисциплин и БД ДО.

4.2. Разработка программного обеспечения инструментальных средств формирования и моделирования организации информационного процесса ДО

В данной работе проектирование комплекса средств моделирования организации информационного процесса ДО предлагается осуществлять в среде разработки приложений Delphi [25,71], отличающейся экономичным внутренним представлением и быстрой отладкой разработки.

На рисунке 4.4 приведена разработанная в среде Delphi в соответствии с архитектурной схемой (рис 4.3) форма главного меню системы инструментального комплекса формирования и моделирования организации информационного процесса ДО. Описание инструментального комплекса приведено в *Приложении С*.



Рис. 4.4. Вид пользовательского интерфейса инструментального комплекса

4.3. Формирование средств имитационного исследования и оценки возможностей рационального проектирования динамической организации информационного процесса ДО

Учитывая, что проблема оценки с помощью имитационного моделирования возможностей рационального проектирования динамической организации относится к разряду стратегических вопросов постановки ДО, отметим ряд особенностей, отличающих ее программное решение по сравнению с представленной выше разработкой инструментальных средств формирования и моделирования расписания учебных работ ДО.

В данном случае усложняющим фактором выступает то, что речь идет не об однократном формировании и моделировании динамической организации, а о проведении целой серии имитационных экспериментов на основе данных, выражающих регулярное изменение одного или нескольких заданных параметров задачи, с последующим сопоставлением результатов. Очевидно, что ранее изложенная методика интерактивного определения исходных данных для формирования и имитационной оценки динамической организации информационного процесса ДО не подходит для целей пакетного имитационного моделирования серии экспериментов, так как там, в заданных условиях РСОТ в содержательных терминах занятий, происходит

определение единственной модели ДО, которое затем без участия пользователя согласно заранее заданным установкам пересчитывается в соответствующий трафик.

Перечисленные моменты, упрощающие разработку средств проектирования динамической организации ДО позволяют, опираясь на методологию системного подхода, формировать программное обеспечение имитационного эксперимента в среде любой СУБД, обладающей достаточно богатыми языково-изобразительными средствами (средствами визуального программирования, мастерами-построителями и средой программирования). Например, в среде MS Access, поддерживающей работу с диалектом VBA [66], а также язык работы с данными SQL [21].

На рисунке 4.5 представлена стартовая форма программной системы постановки имитационного эксперимента, направленного на определение возможностей предложенных рациональных стратегий упорядочения прохождения работ ДО.

	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. 4.5. Стартовая форма программной системы постановки имитационного эксперимента

Указанный выбор средств разработки, во-первых, продиктован необходимостью проведения достаточно большого объема информационных преобразований, направленных на упорядочение загружаемых работ в список, отражающий очередность загрузки работ с учетом используемых режима и стратегии; а, во-вторых, связан с представлением результатов в наиболее наглядной графической форме, что в данном случае может быть выполнено MS Excel и MS Graph, в которые результирующие данные из Access экспортируются стандартными средствами MS Office.

Для определения режима проведения загрузки предлагаются (верхняя часть формы рисунка 4.5):

- синхронная загрузка;
- ограниченно асинхронная загрузка;
- синхронная мультиконтейнерная.

Исследуются возможности рациональных списочных стратегий, при которых для упорядоченных в цепочки курсов распределяемых работ очередность загрузки устанавливается (см. поля в левой части формы рисунка 4.5) согласно методам:

- большие (то есть более ресурсоемкие) – вперед;
- с большим «хвостом» - вперед, то есть работы, имеющие вслед за собой в рамках курса наиболее длинное по количеству или наиболее весомое по суммарной ресурсоемкости последующих работ продолжение;
- большие непрерываемые – вперед.

При подготовке имитационного эксперимента цепочки курсов, состоящие из учебных работ, формируются на заданную длину из непрерываемых работ (с ресурсопотребностью в 300 Кбит/с) и прерываемых работ (с ресурсопотребностью также определяемой в единицах производительности Кбит/с на весь сеанс, выбираемой случайным образом относительно заданной базовой величины). Случайно формируемая часть прерываемой работы может браться в заданных пределах к базовой величине.

Например, в центральной части формы заданная базовая величина ресурсопотребности прерываемой работы берется в объеме, соответствующем производительности 100 Кбит/с за сеанс, к которому добавляется случайным образом формируемая часть в пределах до 20 % от выбранного базового значения.

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.

Подготовка системы курсов, образующих в моделируемом эксперименте рабочую нагрузку, производится с помощью процедуры *Sub Cr_x (n As Integer, ms As Integer, mb As Integer, L As Integer, Pr As Long, Nr As Long)* (Приложение E), которая формирует n цепочек-курсов со случайно выбираемой протяженностью в ms (с вероятностью $(L-1)/L$) или mb (с вероятностью $1/L$) занятий, объем ресурсопотребности прерываемых работ выбирается случайно в пределах от 0 до Pr , а ресурсопотребность всех непрерываемых – в объеме Nr . Результаты подготовки в формате {№: Курс: Задание: Ресурсопотребность: Непр/Прер: Выбрана} сохраняются в файле «Вход» (Приложение E), а также отображаются в серединном окне формы, где в ячейках для каждой работы указывается ресурсопотребность и тип.

Ресурсоемкость канала (каналов) PCOT 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 «в течение сеанса») либо частично (если установлен режим «с недостатком»); на один либо на несколько каналов (при мультиконтейнерном режиме).

В цепочке курсов каждая следующая работа:

- может загружаться на сеанс, расположенный позже, чем сеанс, в котором завершается обработка ее предшественника (при асинхронном режиме);
- не может загружаться до тех пор, пока не будут завершены все работы, которые расположены так же, как работа, предшествующая данной, то есть в предыдущих слоях (при синхронном режиме загрузки).

Формирование временной организации процесса ДО осуществляется процедурой *Sub Plan_x (e As Integer, Qw As Integer, Pr As Long, Nr As Long, can As Long, s As String, M As Integer)* (Приложение E), в которой параметр *Qw* означает номер применяемой рациональной стратегии; *Pr* и *Nr* – ресурсопотребности соответственно прерываемых работ (базовое значение) и непрерываемых работ; *can* ресурсоемкость канала (каналов), *s* режим загрузки: S – синхронный, A-асинхронный; *M* – число каналов емкости *can*; *e* – номер реализации (в случае построения нескольких экспериментов со значениями *Pr*, *Nr* и *can*).

При функционировании данной процедуры (Приложение E):

1. Работы, содержащиеся в файле «Вход» упорядочиваются в список согласно выбранной стратегии.
2. Назначается очередной сеанс. Ресурсоемкости всех каналов – свободны.
3. Выполняется загрузка сеанса, при которой:
 - 3.1. Устанавливается текущая свободная ресурсоемкость как максимальная среди свободных ресурсоемкостей каналов.
 - 3.2. Из списка выбирается очередной претендент: доступная работа, ресурсопотребность которой не превышает текущей свободной ресурсоемкости канала, или прерываемая работа с ресурсопотребностью большей имеющейся свободной ресурсоемкости.
 - 3.3. В формате {№: режим: реализация: порядок: прер: непр: объем: Непр_Прер: Сеанс: Канал: Сколько} производится запись выбранной работы (или части прерываемой работы) в файл «Выход».

3.4. В файле «Вход» соответствующая работа получает пометку о том, что она «выбрана» (если она загружена целиком) или корректируется ее ресурсопотребность на величину загруженной ресурсопотребности.

4. Повторяется пункт 3 до тех пор, пока текущая свободная ресурсоемкость не исчерпана (3.1) и имеются претенденты (3.2).

5. При асинхронном режиме из файла «Вход» производится удаление «выбранных».

6. Повторяется пункт 2 до тех пор, пока доступные работы не исчерпаны.

7. При синхронном режиме из файла «Вход» производится удаление «выбранных». Повторяется пункт 2, до тех пор, пока доступные работы не исчерпаны, что служит окончанием процедуры.

Работоспособность построенного программного обеспечение исследовалась при проведении имитационного эксперимента, направленного на выделение особенностей применения предложенных рациональных стратегий при различных составах учебных работ и различной ресурсоемкости каналов PCOT. Например, для совокупности из 7 курсов по 9 работ в *Приложении F* визуализированы 8 ситуаций применения стратегий «Большие по ресурсопотребности работы – вперед» и «Вперед работы – с более весомой суммарной ресурсопотребностью продолжения курса». Применение стратегий сравнивалось для двух значений ресурсопотребности: 512 и 768 Кбит/с; при двух вариантах выбора базового значения ресурсопотребности прерываемых работ: 100 и 400 Кбит/с.

Построенные варианты динамической организации демонстрируют изменение качества решений при различных исходных данных:

- меньшую продолжительность полного времени завершения при большей ресурсоемкости канала;
- более эффективную загрузку при большей доле прерываемых работ;
- меньшую эффективность метода «Большие– вперед» по сравнению с «Вперед – с более весомым продолжением курса» во всех ситуациях.

Вместе с тем, представленные частные случаи недостаточны для построения обобщающих выводов о зависимости характеристик решения от изменения тех или иных параметров. Для этого необходимо проведение множественного эксперимента с регулярным изменением характеристик. С этой целью, исследуем по показателям полного времени завершения и суммарных простоев эффективность предложенных стратегий рациональной загрузки, при изменении ресурсоемкости канала (или системы одинаковых по ресурсоемкости каналов) в диапазоне от 512 до 2048 Кбит/с с шагом 256 Кбит/с при вариации базовых значений прерываемых работ от 100 до 700 Кбит/с с шагом 100 Кбит/с. То есть каждый множественный эксперимент рассматривает 49 вариантов организации, различающихся различной производительностью каналов и ресурсопотребностью прерываемых работ.

Организация расписания проводилась для сети ISDN, где пропускная способность канала берется на уровне не более 2048 Кбит/с, что обосновывает выбор используемых в эксперименте цифровых параметров. Важно отметить, что эксперимент может быть построен для любых заданных значений ресурсоемкости канала и ресурсопотребности работ.

Заметим, что:

- 1) в постановке имитационного эксперимента размерность ресурсоемкости каналов и ресурсопотребности работ не играет существенной роли, а важна сопоставимость соответствующих величин (например, при проведении экспериментов ресурсоемкость каналов и ресурсопотребность будут измеряться в одинаковых единицах скорости передачи Кбит/с).
- 2) результаты проведения эксперимента усредняются по множеству реализаций подготовки исходных данных (случайных в части ресурсопотребности прерываемых работ, равновероятно генерируемых в модели в пределах от 0 до заданного базового значения). При этом предполагается, что источником возникновения прерываемых работ

становится взаимодействие преподавателя с обучаемыми – случайное по объему, но пропорциональное числу обучаемых.

Эксперимент 4.1. (Э1) состоит в исследовании изменения продолжительности реализации информационного процесса ДО (точнее 49 вариантов построения процесса) формируемого различными способами и для различной конфигурации технических средств. Построение динамической организации информационного процесса ДО, состоящего из 7 курсов по 9 работ в каждом, осуществляется с помощью вышеуказанных приближенных методов (1, 2 и 3), реализующих списочные стратегии.

Применение методов 1-3 осуществляется при формировании рациональной загрузки, связанной с выполнением работ соответственно в 1-канальной, 2-канальной и 3-канальной системах. Показатель продолжительности исполнения информационного процесса ДО измеряется в сеансах (единичной длины) для случаев множественного эксперимента, порожденных регулярным изменением ресурсоемкости канала и базового значения, от которого берутся прерываемые работы. Соответствующие диаграммы изменения распределения показателя «Продолжительности» исполнения ДО приводятся в *Приложении G*.

Результаты **Эксперимента 4.1. (Э1)** показывают, что при одинаковых объемах трафика продолжительность его исполнения в большей степени зависит от ресурсоемкости используемых каналов, чем от ресурсопотребности прерываемых работ. Использование многоканальных систем существенно сокращает продолжительность исполнения. Среди методов наибольшей эффективностью отличается метод 2.

Эксперимент 4.2.(Э2) состоит в исследовании зависимости показателя «Продолжительности» реализации информационного процесса ДО от количества учебных курсов (различное число курсов).

Результаты эксперимента, включающие организацию процессов ДО, состоящих из 7, 9 и 11 курсов (по 9 учебных работ), построенные на основе

списочных стратегий 1-3 и осуществляющие, в ходе множественного эксперимента загрузку соответственно в 1-канальной, 2-канальной и 3-канальной системах при различной ресурсоемкости каналов и уровне ресурсопотребности прерываемых работ, приведены в *Приложении G*.

Результаты **Э2** подтверждают правильность выводов сделанных для **Э1** при любом количестве курсов. Однако из представленных диаграмм видно, что с ростом числа курсов (сопровождаяем соразмерным увеличением объемов трафика) влияние на показатель продолжительности информационного процесса ДО объемов ресурсопотребности усиливается, а эффективность применения многоканальных систем несколько снижается.

Эксперимент 4.3. (Э3) аналогичен по постановке **Э2**, но состоит в исследовании зависимости показателя «Суммарные простои», в связи с реализацией множественного эксперимента формирования организации информационных процессов ДО с различным количеством учебных курсов (из 7, 9 и 11 курсов по 9 учебных работ в каждом) и проведением загрузки различными методами. Соответствующие диаграммы изменения распределения показателя «Суммарные простои» (измеряемого в Кбит), приводятся в *Приложении G*.

Результаты **Э3** показывают, что при одинаковых объемах трафика суммарные простои, связанные с исполнением ДО существенно зависят от конкретных значений ресурсоемкости используемых каналов. Так, при любом способе упорядочения работ наименьшие суммарные простои возникали в зоне «хорошей укладываемости работ», которая для множественного эксперимента соответствовала ресурсоемкости канала в окрестности значений в 768 – 1024 Кбит/сек. Указанный эффект связан с тем, что достаточным условием для оптимальности расписания мультипроцессора [16] (а в данном случае – мультиконтейнера) является фундаментальное свойство кратности ресурсопотребностей работ ресурсоемкости канала, которое будем иметь в виду в дальнейшем, говоря об «улаживаемости

работ». (Проще говоря, на канале в 1024 Кбит/с «хорошо укладываются» 3 непрерываемые работы, ресурсопотребность которых во всех экспериментах берется на уровне 300 Кбит/сек). Наиболее четко, связанный с эффектом укладываемости (первый) фактор проявляется при малой рабочей нагрузке (7 курсов) на первом и третьем методе (рис.4.6 а, в).

В наиболее эффективном по рассматриваемому показателю методе 2 кроме действия первого фактора, более весомо сказывается второй фактор ресурсопотребности прерываемых работ, у которых чем больше базовое значение (от которого случайным образом выбирается фактическая ресурсопотребность), тем меньше суммарные простои (рис.4.6 б).

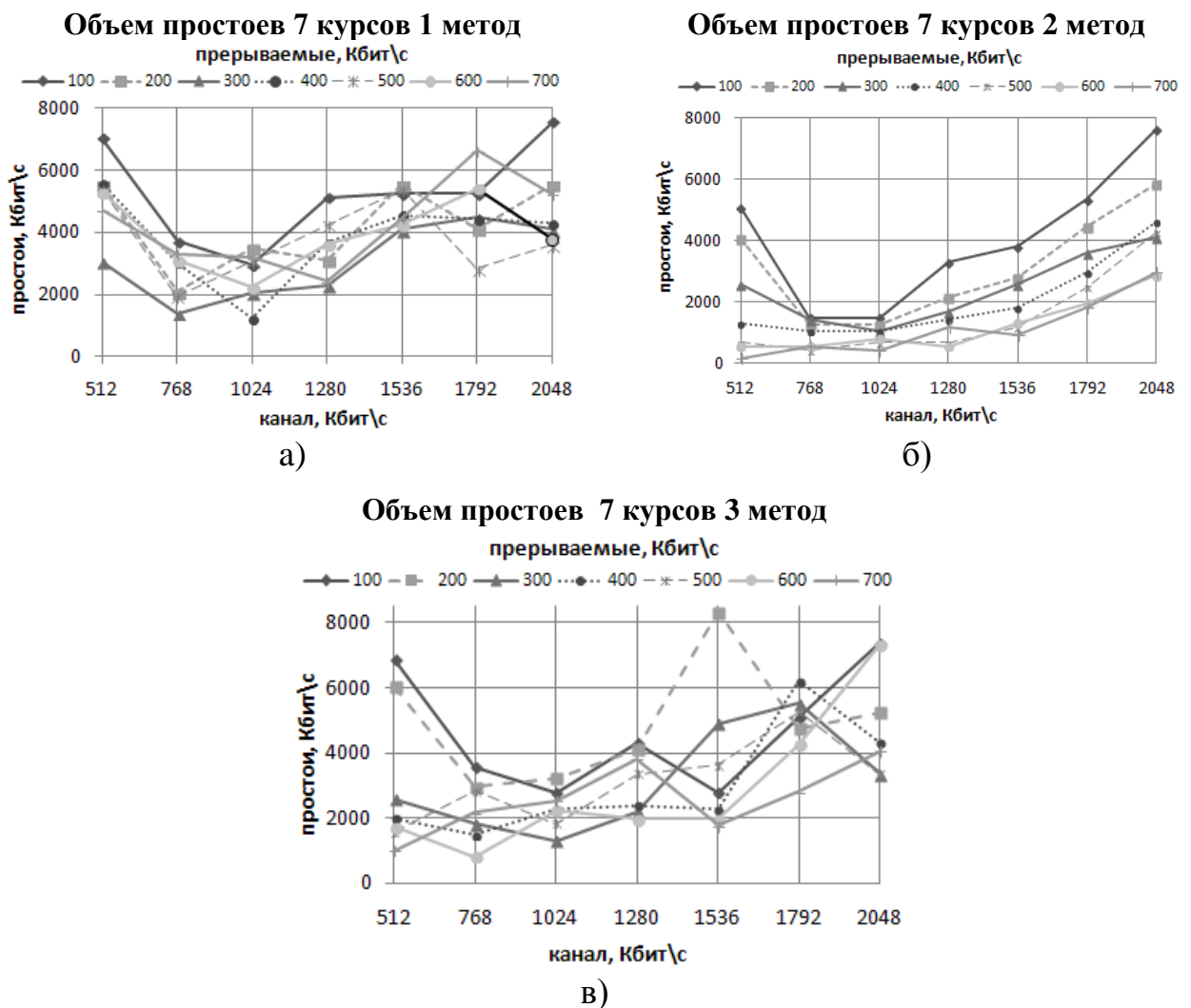


Рис. 4.6. Множественный эксперимент оценки объема простоев

Действие этого же второго фактора проявляется и в методе 3, но при малой ресурсоемкости канала. По мере увеличения нагрузки действие всех факторов и различия методов сокращаются, а при многоканальной загрузке вообще исчезает.

Частным случаем ЭЗ можно назвать измерение суммарных простоев при реализации процесса обучения, образованного из курсов различной длины: по 5 и по 9 занятий. Здесь наряду с методом 2, для формирования рациональной загрузки использовался также метод, где вперед загружались работы, вслед за которыми в рамках курса шло более длинное (по количеству занятий) продолжение. Из диаграмм *Приложения G* видно, что оба метода обладают приблизительно одинаковой эффективностью при любом составе рабочей нагрузки. Для обоих методов снижение показателя суммарной простоев возникает при «хорошей укладываемости» и при большей ресурсопотребности прерываемых работ. Однако оба метода имеют большие суммарные простои при большой ресурсоемкости канала и рабочей нагрузке, состоящей преимущественно из коротких курсов.

Попарное сравнение 1-го и 2-го методов показывает доминирование стратегии 2. Причем эффективность стратегии 2 (по показателю продолжительности) увеличивается с увеличением рабочей нагрузки и ресурсопотребности прерываемых. Применение синхронной загрузки, хотя и делает стратегии более сопоставимы, но ситуацию в целом не меняет. Стратегия 1 лучше 2 только при малых значениях прерываемых работ или при «хорошей укладываемости» на канале.

1-й и 3-й методы одинаковы при ресурсопотребности прерываемых меньшей ресурсопотребности непрерываемых. Стратегия 3-го метода предпочтительнее особенно при использовании каналов с малой ресурсоемкостью и больших значениях ресурсопотребности прерываемых работ. 1-й метод может оказаться лучше 3-го при хорошей укладываемости и при применении синхронной загрузки.

2-й метод более эффективен, чем 3-й, особенно при большой рабочей нагрузке. Эффективность 3-го метода может оказаться выше 2-го на малых каналах, в ситуации «хорошей укладываемости», а также при проведении синхронной загрузки. Таким образом, для рабочей нагрузки, представленной протяженными курсами, стратегия 2, наилучшая как по показателю продолжительности формируемого информационного процесса ДО, так и простоям. Заметим, что 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 (Э4) исследуются возможности мультиконтейнерной загрузки. Представленные в *Приложении G* материалы показывают сокращение продолжительности исполнения информационного процесса ДО при соответствующих изменениях суммарных простоев.

При проведении множественного эксперимента видно, что использование N-канальных систем (где $N=2, 3$ и 4), хотя и не дает N-кратного сокращения продолжительности реализации процесса ДО, оказывается наиболее эффективным на каналах с меньшей пропускной способностью, при большой ресурсопотребности прерываемых работ и при большой рабочей нагрузке.

4.4. Разработка методики рационального планирования динамической организации информационного процесса ДО

Полученные результаты позволили построить инструмент рационального планирования – методику динамической организации информационного процесса ДО, использующую различные приближенные стратегии загрузки. Методика изображена в виде блок-схемы моделирования информационного процесса ДО (рисунок 4.7). Библиотека алгоритмов

представляет собой выбор метода для моделирования. Структурная схема выбора метода загрузки работ изображена на рисунке 4.8.

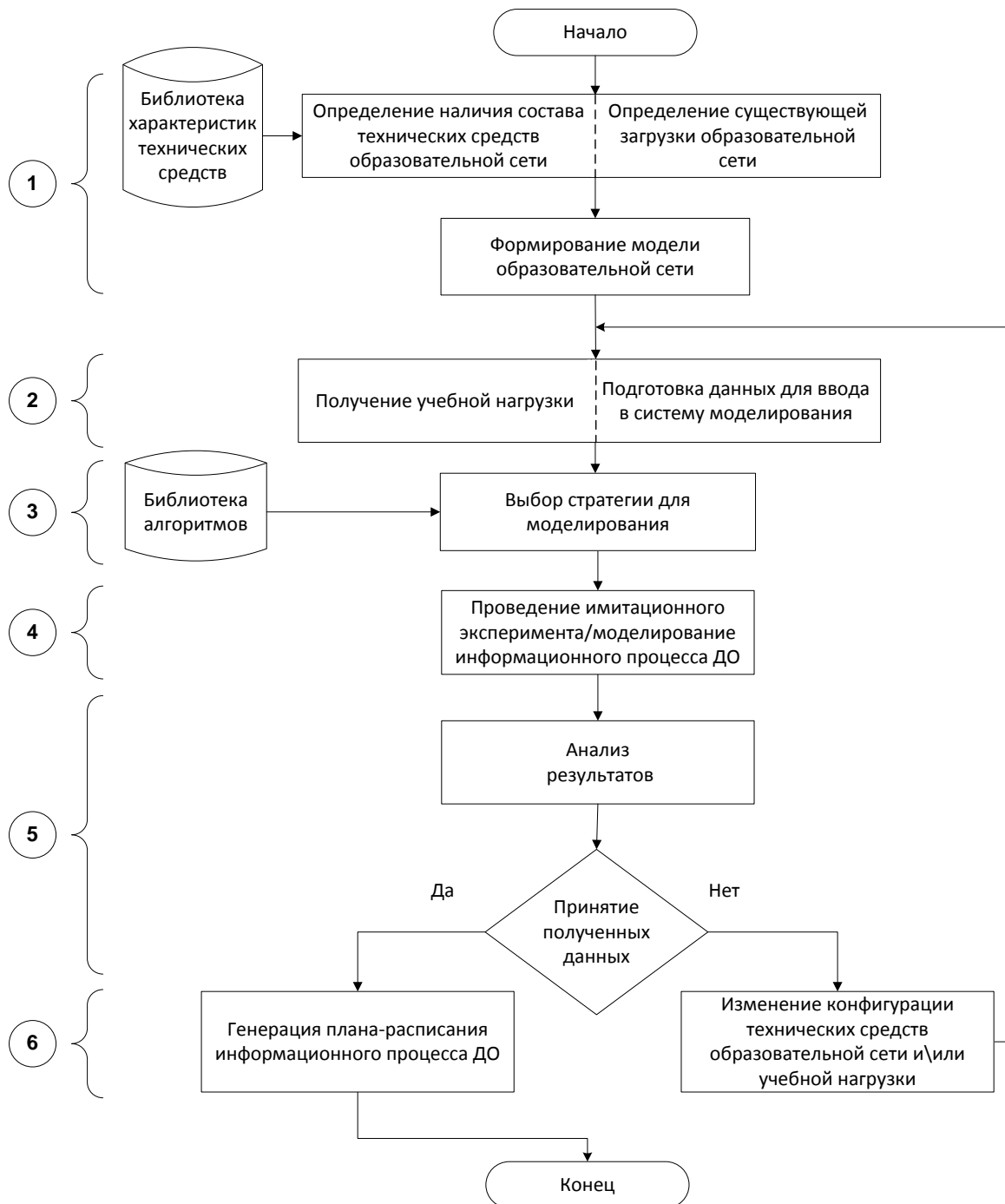


Рис. 4.7. Блок схема моделирования информационного процесса ДО

Методика состоит из последовательности 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 и 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.

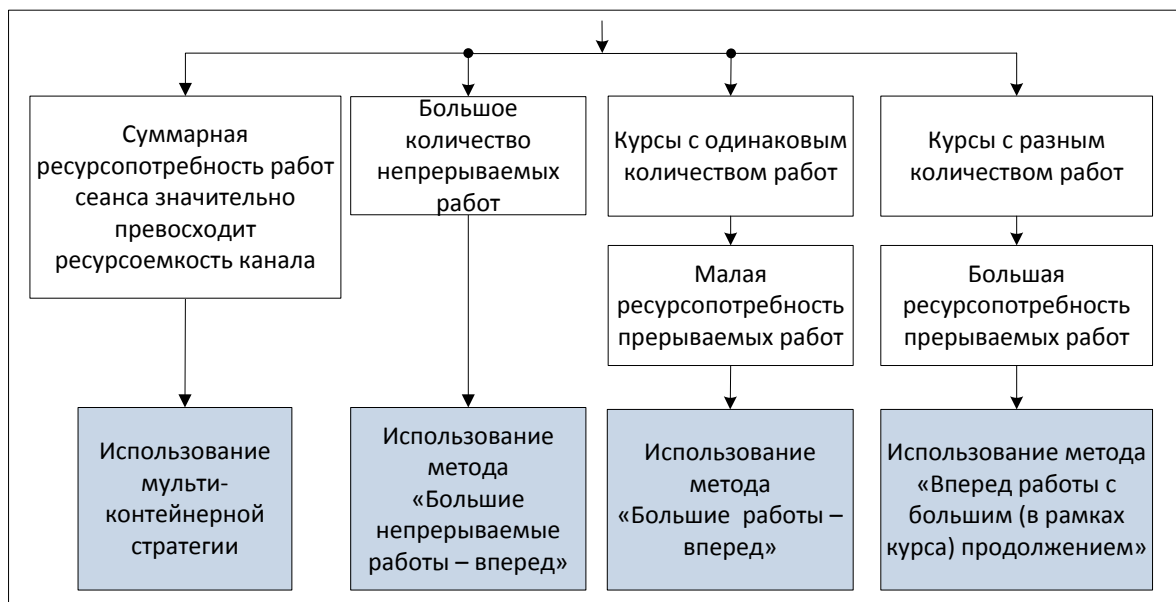


Рис. 4.8. Выбор метода моделирования информационного процесса ДО

5. На основе полученных данных осуществляется анализ результатов. Критериями эффективности построенного расписания служат количество

сеансов единичной длины, количество возможных одновременных сессий по сеансу, 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 методам динамической организации. Если планирование удовлетворяет установленным критериям – формируется расписание ДО, иначе происходит перепланировка в целом или отдельных этапов моделирования.

Выводы по главе 4

1. Сделано заключение, что применение методов рациональной загрузки делает необходимым сопровождать приближенное построение динамической организации ДО последующим моделированием процесса для оценки его эффективности по продолжительности и по величине простоя технических средств.
2. Неразрывно функционирующие средства формирования динамической организации и средства оценки ее эффективности имеют двойное предназначение. Во-первых, они нужны при проектировании информационного процесса ДО, а во-вторых, при управлении реализацией того же процесса, где они являются штатным инструментом сопровождения, используемым при появлении качественных или количественных изменений в составе технических средств РСОТ и/или составе обучаемых.

3. Сделан вывод о том, что 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.

4. Разработка программных средств формирования и оценки динамической организации информационного процесса ДО доказала работоспособность предложенных математических моделей и алгоритмов в применении к задаче планирования загрузки технических средств РСОТ.

5. Выполненная в связи с построением средств управления процессом обучения разработка системы программного обеспечения, обеспечивающего формирование и моделирование динамической организации ДО, позволила определить состав и функциональные возможности комплекса в части:

- структуры главного меню системы;
- архитектуры информационной компоненты;
- средств ввода и редактирование параметров ДО дисциплин;
- проведения имитационного моделирования, анализа и представления оценки эффективности динамической организации.

6. Построение программной системы постановки множественного эксперимента имитации загрузки информационного трафика, позволило при проектировании ДО и реализующей его РСОТ определить эффективность приближенных методов в плане минимизации общей продолжительности информационного процесса ДО и суммарных простоев технических средств.

Полученные результаты позволили построить методику организации информационного процесса ДО, которая использует различные приближенные методы загрузки.

Заключение

Современное дистанционное обучение, активно адаптирующее в своей среде новые информационно-образовательные технологии, по праву может рассматриваться одним из кандидатов в прототипы новой образовательной системы. В методическом плане построение сетевого ДО обычно отличает смешанная оффлайновая/онлайновая организация.

Распределенная в образовательной системе структура ДО в общем представляет собой образовательный Web-портал, программные средства которого конструктивно можно подразделить на 3 слоя: интерфейсов, базовой инфраструктуры, а также интеграции приложений. Слой интеграции приложений обеспечивает подготовку и создание курсов ДО (задача I), а также управление проведением процесса ДО по каналам передачи данных (задача II). В связи с этим необходимо отметить, что различающийся способ передачи приоритетного и не приоритетного трафика, представляющего занятия ДО в глобальной сети, определяет необходимость, во-первых в автоматизации процесса подготовки курсов ДО, а, во-вторых, в проведении упреждающего планирования загрузки сетевых ресурсов.

Информационное описание курсов ДО должно задаваться разработчиком ДО в виде упорядоченного множества – цепочки работ, каждая из которых предназначена для конкретного исполнителя, характеризуется определенной ресурсопотребностью, а также единообразным видом компьютерной поддержки. При параллельном исполнении нескольких курсов ДО в распределенной системе из-за «конкуренции работ» за соответствующие сетевые ресурсы возникает необходимость проведения планирования сетевого трафика с учетом объема передаваемых данных и ресурсоемкости имеющихся каналов. Сложность и многопараметричность построения системы, реализующей сетевой процесс ДО, делает необходимым использование моделирования для исследования эффективности формируемых решений.

Математическая постановка задачи формирования динамической организации процесса ДО сопоставляет 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 объемов потребляемого ресурса \mathfrak{R} (сетевой емкости каналов или загруженности обучаемых). Формирование динамической организации проведения курсов ДО (реализация каждого из которых связана с исполнением цепочки прерываемых и непрерываемых работ, характеризующихся соответственно передачей приоритетного и неприоритетного трафика) может осуществляться при фиксированном или динамическом ресурсопотреблении.

При фиксированном ресурсопотреблении общим недостатком организаций становятся потери непроизводительного использования ресурсов, а в случае синхронизации исполнения работ – еще и потери из-за простоя исполнителей, избежать которые предлагается за счет разработанного алгоритма частичной синхронизации.

Эффективное построение ресурсообусловленной динамической организации (даже в случае распределения неупорядоченной совокупности одних непрерываемых работ) оказывается возможным только с помощью приближенных методов контейнерной (или мультиконтейнерной) загрузки.

Доказано (Утверждение 3.1), что возможности контейнерной загрузки 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 процесса ДО в целом.

Доказано (Утверждение 3.2), что для минимизации полного времени реализации всей совокупности курсов ДО при рациональном мультиконтейнерном построении динамической организации, необходимо,

чтобы исполняемая система заданий обладала такой (древовидной) структурой, при которой к концу процесса ДО общий вес работ, относящихся к одному уровню - возрастал $\{S_i\} \uparrow$ (не убывал), а последовательность наибольших по весу работ в каждом уровне - убывала $\{R_i\} \downarrow$ (не возрастала).

Разработка программных средств формирования и оценки динамической организации процесса ДО доказала работоспособность предложенных математических моделей и алгоритмов в применении к задаче планирования загрузки технических средств РСОТ.

При построении системы управления процессом ДО основным требованием разработки стало формирование эффективного интерфейса, ориентированного на работу с пользователем, и обеспечивающего автоматизацию планирование проведения учебной работы на стадиях ввода исходных данных, информационного сопровождения, имитационного моделирования, представления и анализа результатов. В свою очередь, при проектировании процесса ДО совместно с реализующей его РСОТ основным решаемым вопросом – планирование множественного имитационного эксперимента, характеризующего изменение эффективности динамической организации при регулярном изменении параметров задачи (ресурсоемкости каналов, ресурсопотребности работ, способа их отбора).

Проведенные программные эксперименты подтвердили работоспособность и высокую эффективность предложенных для формирования динамической организации информационного процесса ДО приближенных методов, позволяя в ходе множественной имитации установить ресурсоемкость сети, рационально отвечающую ресурсопотребностям проведения курсов ДО.

Список использованных источников

1. Аветисян Д.Д. Образовательный контент для дистанционного обучения // Преподаватель XXI век, – 2009. – №1.
2. Аврамчук Е. Ф., Вавилов А. А., Емельянов С. В. И др. Технология системного моделирования: под общ. ред. С. В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение. – Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
3. Аджемов А.С. МТУСИ для отрасли информационных технологий и связи //Электросвязь. – 2008. – №4 . – С. 18 – 22.
4. Аджемов А.С., Альбов Н.Ю. Исследование параметров нагрузки центров дистанционного обучения //Электросвязь. - 2005. – №1 . – С. 49 – 52.
5. Ажемов А.С., Алексеев Е.Б., Воскобович В.В., Лохвицкий М.С., Масленников А.Г., Матвеев В.А., Синева И.С. Теоретические аспекты и практика дистанционного обучения в странах СНГ (монография). – М.: ИКАР, 2013. – 245 с.
6. Артеменко В.Б. Организация сотрудничества в электронном обучении на основе проектного подхода и веб-инструментов // Образовательные технологии и общество (Educational technology and society). – 2013. – №2. – Т16.
7. Бабин Е.Н. Модель информационной среды вуза: подход к организации академических и управленческих знаний // Материалы международной научно – практической конференции «Информатизация образования», – 2011. – Т2. – С. 21 – 27.
8. Бакалов В.П., Крук Б.И. Дистанционное обучение: концепция, содержание, управление. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – С. 7 – 18.
9. Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. -176 с.
10. Баранова Н.М. Информационные технологии как средство моделирования учебного процесса // Прикладная информатика. – 2011. – №5.
11. «БигБлюБаттон»\BigBlueButton – open source web conferencing system // URL: <http://www.bigbluebutton.org/overview/>, <http://code.google.com/p/bigbluebutton> (дата обращения: 22.10.2013).
12. Бордовский Г.А., Кондратьев А.С., Чоудери А.Д. Физические основы математического моделирования. – Академия, 2005. – 320 с.
13. Брокмайер Д., Лебланк Д.Э., МкКарти Р. Маршрутизация в Linux Научно-популярное издание. – Изд. Дом «Вильямс», М.-СПб-К., 2002. – 240 с.
14. Бруно Ч., Килмартин Г., Толли К. Средства повышения производительности Web-узлов // Сети . – 2000. – №1.

15. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
16. Вавилов А.А. Имитационное моделирование производственных систем. – М.: Техника, 1983. – 416 с.
17. Вержбицкий В.В. Дистанционное обучение в странах СНГ и Балтии: мониторинг образовательных потребностей и возможностей (монография). – М.: Институт Юнеско по информационным технологиям в образовании, 2007. – 277 с.
18. Вишневский В.М., Козырев Д.А., Рыков В.В. К оценке надежности гибридной системы передачи мультимедийной информации // Труды Международной конференции «Современные вероятностные методы анализа, проектирования и оптимизации информационно-телекоммуникационных сетей». – Минск, – 2013.
19. Гаевская Е.Г. Теоретические аспекты классификации электронных учебных ресурсов // Известия российского государственного педагогического Университета им. А.И. Герцена, – 2013. – №160.
20. Головкин Б.А. Параллельные вычислительные системы. – М.: Наука, 1980. – 520 с.
21. Грофф Джеймс Р., Пол Н. Вайнберг Sql: Полное руководство. – Киев.: Bhv, 2001. – 608 с.
22. Гроцев А.Р. Протоколы передачи данных для систем дистанционного обучения // Образовательные технологии и общество (Educational technology and society). – 2011. – №2. – Т14.
23. Гроцев А.Р., Томко В.Н. Возможности использования HTML5 при создании элементов интерфейса обучающих систем // Образовательные технологии и общество (Educational technology and society). – 2012. – №3. – Т15.
24. Гэри Э., Джонсон Д. Теория вычислительной сложности и трудно решаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
25. Дарахвелидзе П.Г., Марков Е.П. Программирование в Delphi 7. – СПб.: BNV, 2005. – 781 с.
26. Дворников В.К., Синева И.С. Моделирование поведения пользователей сервера дистанционного обучения // Т-Comm – телекоммуникации и транспорт. – 2008. – №5.
27. Дворников В.К., Синева И.С. Моделирование процессов функционирования телекоммуникационных систем // Молодые ученые – 2008. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – часть 4. – С. 171-176
28. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Изд-во физ. Мат. литературы, 1963. – 659 с.
29. Динцис Д.Ю. Минимизация сетевого трафика в распределенной системе организации корпоративного обучения // Телекоммуникации. – 2009. – №8.

30. Дрючатый Г.Ф., Заварихин А.Е., Красильникова В.А. Один из подходов к созданию образовательного портала // Оренбургский государственный университет. – 2008. – URL: [http://ido.tsu.ru/other_res/pdf/4\(8\)Dryuchaty_Zavarihin_Krasilnikova_\(OrGU\).pdf](http://ido.tsu.ru/other_res/pdf/4(8)Dryuchaty_Zavarihin_Krasilnikova_(OrGU).pdf) (дата обращения: 22.10.2013).
31. Ермолаев Е.С., Валитов Р.А., Устюгова В.Н., Особенности внедрения и эксплуатации системы дистанционного обучения в татарском государственном гуманитарно-педагогическом университете // Образовательные технологии и общество (Educational technology and society). – 2011. – №3. – Т14.
32. Зайцев С.В., Крюковский А.С., Растягаев Д.В., Скоморощенко А.А. Интеграция сервисов при построении специализированной информационной системы // Т-Comm – телекоммуникации и транспорт. – 2011. – №11.
33. Иванников А.Д., Усков А.В., Усков В.Л. Стримминг технологии в электронном обучении // Образовательные технологии и общество (Educational technology and society). – 2008. – №11.
34. Избачков Ю. С., Петров В. Н. Информационные системы. Учебник для вузов. 2-е издание. – Питер, 2008. – 656 с.
35. Калашников В.В. Организация моделирования сложных систем. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
36. Качинский И. Программные межсетевые экраны. // Журнал сетевых решений // LAN. – 2002. – №3. – С. 90 – 97.
37. Кашицин В.П. Дистанционное обучение в высшей школе: модели и технологии // Педагогическая информатика. – 1998. – №2. – URL: http://www.uni-altai.ru/Journal/pi/pi_cash.html (дата обращения: 22.10.2013).
38. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний: Пер.с англ. – М.:Наука, 1975. – 359 с.
39. Коффман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины. Пер. с англ. – М.:Наука, 1984. – 334 с.
40. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 429с.
41. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – Наука и Техника, 2004. – 336 с.
42. Леонов В.Г. Концептуальная модель дистанционного образования // Триместр. – 1996. – №1. – С. 36 – 41.
43. Леохин Ю.Л., Конькин А.В. Перспективная сетевая технология дистанционного обучения // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – №2.
44. Леохин Ю.Л., Конькин А.В. Подход к интеграции информационно – образовательных сред дистанционного обучения // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – №11.

45. Макаров В.В., Амальник М.С. Анализ и синтез архитектуры сложных аппаратных и программных систем // Автоматизация и проектирование. – 1999. – №2.
46. Малышев Ю.В. Имитационное моделирование компьютерной сети образовательного учреждения с применением нечётких множеств при неопределённой информации // ИТО – 2000. – URL: <http://ito.edu.ru/2000/III/1/15.html> (дата обращения: 22.10.2013).
47. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
48. Моисеева М.В., Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Интернет в образовании: специализированный учебный курс. – М: Обучение-Сервис, 2005. – 248 с.
49. Олифер Н.А. Качество обслуживания // Журнал сетевых решений/LAN. – 2002. – №4.
50. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Средства анализа и оптимизация локальных сетей // Центр Информационных Технологий. – 1998. – URL: <http://www.citforum.ru/nets/optimize/index.shtml> (дата обращения: 22.10.2013).
51. Патрикеев А.В. Проблемы реализации средств функционально-логического моделирования цифровых систем на базе языка СИМУЛА-67. В сб. Моделирование систем информатики. – М., 1998. – 277 с.
52. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. – М.: Мир, 1987. – 646 с.
53. Пшеничников А.П., Васькин Ю.А., Степанов М.С. Распределение канального ресурса при обслуживании мультисервисного трафика // Т-Comm – телекоммуникации и транспорт. – 2009. – №4.
54. Сардак Л.В. Педагогические и технологические аспекты подготовки учебных материалов для использования в системе видеоконференц-связи // Педагогическое образование в России. – 2012. – №5.
55. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии // Государственный научный центр Институт теоретической и экспериментальной физики. – Разделы: 4.5.17 «Сетевое моделирование», 2.9 «Видеоконференции по каналам Интернет и ISDN». – URL: <http://citforum.ru/nets/semenov> (дата обращения: 22.10.2013).
56. Сетевое оборудование для видеоконференций. Многоточечная видеоконференцсвязь // URL: <http://www.radvision.com/solutions> (дата обращения: 22.10.2013).
57. Солдаткин В.И., Лобачев С. Л. Online – университет на базе LMS Moodle // Высшее образование в России. – 2009. – №9.

58. Справочные материалы компании AVICON. Оборудование для видеоконференцсвязи // URL: <http://www.avicon.ru/article/artlist.php> (дата обращения: 22.10.2013).
59. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е издание. – СПб.: Издательский дом Питер, 2003. – 992 с.
60. Технологии видеоконференций. Материалы о принципах построения систем ВКС и продуктах основных производителей // Режим доступа: http://www.stel.ru/videoconference/tech_vc (дата обращения: 22.10.2013).
61. Технологии дистанционного обучения. Материалы Websoft // URL: http://www.websoft.ru/db/wb/root_id/technologies/doc.html (дата обращения: 22.10.2013).
62. Тихомиров В.П. Мир на пути Smart Education. Новые возможности для развития // Открытое образование. – 2011. – №3.
63. Тихонов А.Н., Васильев В.Н., Гридина Е.Г., Иванников А.Д., Кондаков А.М., Краснова Г.А., Радаев В.В. Интернет – порталы: содержание и технологии. Сборник научных статей. Выпуск 2. Государственный научно – исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций «Информика». – М.: Просвещение, 2004. – 499 с.
64. Управление полосой пропускания каналов на основе базы правил, Check Point Software Technologies: FloodGate URL://www.uni.ru/products.php?action=show&id=43 (дата обращения: 22.10.2013).
65. Федотов М. Системы сетевого/системного управления: принципы создания // Каталог статей Hardline.ru. – 2006. – URL: <http://www.hardline.ru/3/37/870> (дата обращения: 22.10.2013).
66. Харитонов И.А. Михеева В.Д. Разработка приложений Microsoft Access 2000. – СПб.: BHV, 2000. – 1088 с.
67. Хачатурова С.М. Имитационное моделирование как метод исследования систем большой сложности // Новосибирский государственный технический университет. – Электронный учебник по дисциплине «Математические модели системного анализа». – URL: <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/main/Proba.htm>. (дата обращения: 22.10.2013).
68. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. – М.: Вильямс, 2002. – 528 с.
69. Хорошилов А.В., Пичко Н.С., Сафина Р.М., Фокина И.В. Образовательная среда вуза как фактор профессионального самоопределения студентов (монография). – М.: Перо, Центр научной мысли, 2012. – 243 с.
70. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

71. Шпак Ю.В. Разработка приложений в Delphi. – М.: МК-Пресс, 2005/2006. – 544 с.
72. Щенников С.А. Дидактика электронного обучения // Высшее образование в России. – 2010. – №12.
73. Щенников С.А., Бендова Л.В., Голубкин В.Н., Есипова Э.Ю. и др. Управление сетевой организацией открытого дистанционного бизнес-образования (монография). – Жуковский: МИМ ЛИНК – 2011. – 266 с.
74. Шоргин С.Я., Бенинг В.Е., Королев В.Ю., Рандомизированные модели и методы теории надежности информационных и технических систем. – М.: Торус Пресс, 2007. – 256 с.
75. Anderson T., Anderson L. Online Conferences: Professional Development for a Networked Era. – Information Age Publishing, 2010. – 156 p.
76. Apostolakis I., Varlamis I. The Present and Future of Standards for E-Learning Technologies // Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects. – 2006. – Volume 2.
77. Auringer I. Aspects of eLearning Courseware Portability. - Graz University of Technology. Institute for Information Systems and Computer Media, 2005. – 116 p.
78. Barker R. Case Method. Function and process modeling. – Wokingham: Addison –Wesley publishing Company, 1992. – 386 p.
79. Clark D.D., Tennenhouse D.L. Architectural considerations for a new generation of protocols in SIGCOMM // IEEE, Computer Communications Review. – Symposium on Communications Architectures and Protocols. – Philadelphia, Pennsylvania. – 1990. – Vol. 20(4). – P. 200 – 208.
80. Crocker D. Standard of the Format ARPA Internet text messages, RFS-822// Department of Electrical Engineering. – University of Delaware. – August. – 1982.
81. Crovella M. E. Explaining World Wide Web Traffic Self-Similarity // Technical Report TR-95-015. – 1995. – URL: http://www.cs.bu.edu/~crovella/paper-archive/self_sim/journal-version.pdf (дата обращения: 22.10.2013).
82. E-learning methodologies. A guide for designing and developing e-learning courses. - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2011. – 138 p.
83. Garland D., Perry D.E.. Special issue on software architectures // IEEE Transactions on Software Engineering. -1995. – Vol.21(4). - P.269 – 274.
84. Graham R.L. Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling: A Survey (with Lawler E.L., Lenstra J.K.) // Annals of Dis. Math. 1979. – №5.– P. 169 – 231.

85. IETF Specification, RFC 2205 // Resource Reservation Protocol (RSVP). – 1997. – URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt> (дата обращения: 22.10.2013).
86. ITU-T Recommendation H.323 // Packet-based multimedia communications systems. – 2009. – URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323> (дата обращения: 22.10.2013).
87. Keegan D. Foundations of Distance Education. – Routledge, 3 edition, 1996. – 260 p.
88. Kleinrock L., Gail R. Queueing Systems: Problems and Solutions. – Wiley-Interscience, 1996. – 240 p.
89. Knuth D. E. The Art of Computer Programming. – Addison-Wesley, 2011. – 634 p.
90. Lenstra J.K., Rinoy Kan A.H.G. Introduction a l'ordonnement de plusieurs machin. – Mathematisch centrum.Amsterdam, 1980. – P. 1 – 17
91. Moore M.G. Distance Education: A Systems View of Online Learning. – Cengage Learning, 3 edition, 2011. – 384 p.
92. Najwa Hayaati Mohd Alwi, Ip-Shing Fan. E-Learning and Information Security Management // International Journal of Digital Society (IJDS). – 2010. – Volume 1. – Issue 2.
93. Pritsker B., Alan A., O'Reilly J. J. Simulation with Visual SLAM and AweSim. – John Wiley & Sons. – 1999. – 852 p.
94. Shiflet B.A., Shiflet G.W. Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences. – Princeton University Press. – 2006. – 576 p.
95. Stallings W. Data and Computer Communications, 10e. – Prentice Hall, 2013. – 912 p.
96. Swain J. J. Simulation Goes Mainstream // OR/MS Today. – 1999. – Vol 24. – №5. – P. 35 – 37.
97. Sybase Enterprise Portal Interface User's Guide // Subase documentation. – 2005. – URL: <http://manuals.sybase.com/onlinebooks> (дата обращения: 22.10.2013).
98. Weighted Fair Queuing (WFQ) Algorithm, Release Notes, Cisco Systems. // URL: <http://tools.cisco.com/search/JSP/search-results.get?strQueryText=wfq&Search+All+cisco.com=cisco.com&language=en&country=US&thissection=f&accessLevel=Guest> (дата обращения: 22.10.2013).
99. Wendell O, Cavanaugh M. Cisco QoS Exam Certification Guide (IP Telephony Self-Study), 2nd Edition. – Cisco Press, 2004 – 768p.
100. Wilson E. Network Monitoring and Analysis: A Protocol Approach to Troubleshooting. – Prentice Hall, 2000. – 350 p.
101. Zheng Wang Internet QoS: Architectures and Mechanisms for Quality of Service. – The Morgan Kaufmann Series in Networking , 2001.

Приложения

Приложение А

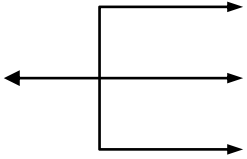
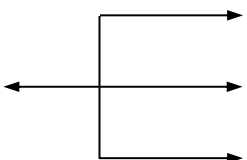
Модели построения организации сетевого компьютерного дистанционного обучения


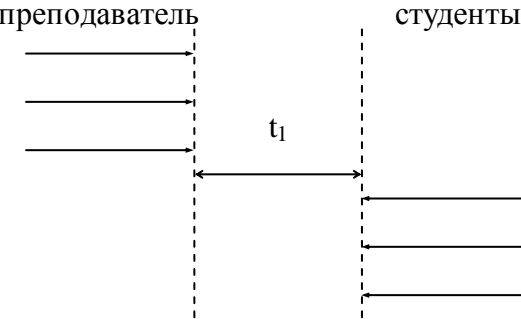
Единая модель	Пример внедрения
<p>Обучение происходит на расстоянии, но студенты имеют постоянную поддержку в лице преподавателя, к которому они прикреплены. Существует система региональных представительств, в которых студенты могут получить консультационную помощь или сдать итоговый экзамен. И преподавателям, и студентам дается большая свобода в выборе форм и методов учебной деятельности; не существует жестких временных ограничений и расписаний учебных занятий.</p>	<p style="text-align: center;">United Kingdom Open University (http://www.ou.uk)</p>
<p>Двойная модель</p>	
<p>Вуз обучает очных и заочных студентов, соответственно частично или полностью – по единым дистанционным программам с общим расписанием и одинаковыми экзаменами.</p>	<p style="text-align: center;">University of New England, Australia (http://www.une.edu.au)</p>
<p>Смешанная модель</p>	
<p>Предполагает интеграцию различных форм, где студентом совместно с преподавателями определяется индивидуальная смешанная (очно-заочная) программа обучения.</p>	<p style="text-align: center;">Massey University, New Zealand (http://www.massey.ac.nz)</p>
<p>Консорциум</p>	
<p>Формируется как объединение двух и более университетов, при котором в условиях жесткого централизованного управления и соблюдения авторских и имущественных прав на создаваемые ресурсы, вузы обмениваются дистанционными учебными материалами, преподавая их самостоятельно.</p>	<p style="text-align: center;">Open Learning Agency, Canada (http://www.ola.bc.ca)</p>
<p>Франчайзинг</p>	
<p>Партнерские университеты передают друг другу свои дистанционные образовательные программы вместе с правом их преподавания.</p>	<p style="text-align: center;">Open University Business School, Great Britain</p>

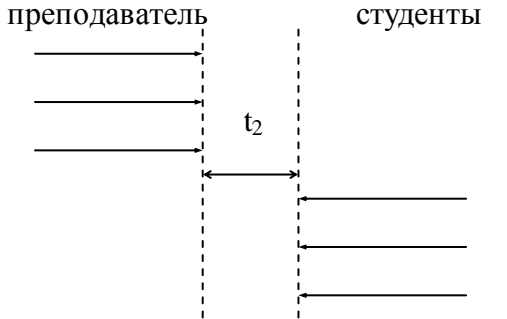
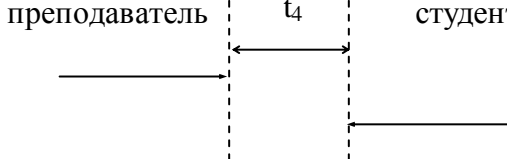
Валидация	
Образовательные учреждения заключают между собой соглашения о том, что услуги по дистанционному обучению самостоятельно оказывают все партнеры в равной степени, а один из них проводит валидацию дипломов, аккредитацию курсов и программ ДО.	Университеты объединенной Европы
Удаленные аудитории	
Учебные курсы, лекции или семинары, проводящиеся в стенах какого-либо известного вуза, транслируются по телекоммуникационным каналам в виде синхронной телепередачи, видеоконференции, на удаленные учебные аудитории, других вузов.	Wisconsin University, USA
Проекты	
Предназначены для реализации какого-либо крупномасштабного мероприятия несколькими вузами совместно формируется научно-методический центр, выполняющий функции разработки и трансляции дистанционных курсов на единую аудиторию.	Образовательные проекты ЮНЭСКО для стран Азии и Африки

Приложение В


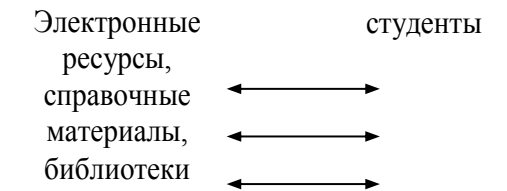

Работы в информационном процессе дистанционного обучения

Вид занятия	Вид взаимодействия	Тип передаваемых данных	Описание взаимодействия с учетом допустимых сервисов	Отношение	Допустимый режим
Лекции	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> преподаватель студенты </div> 	Текст, звук, видео (в т.ч. в записи), изображения (графика)	Взаимодействие одностороннее. У каждой принимающей стороны нагрузка на канал одинаковая. Материал лекций в виде электронного учебника относится к самостоятельной работе.	"один - много"	асинхронный
Практические занятия	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> преподаватель студенты </div> 	Текст, звук, видео.	Все студенты принимают одинаковую информацию, каналы связи нагружены одинаково. При вызове одного из студентов "к доске" у него нагрузка на канал возрастает, так как идет поток информации не только к нему, но и от него. Остальные студенты продолжают принимать одинаковую информацию (одинаковые данные).	"один – много"	синхронная телеконференция

Вид занятия	Вид взаимодействия	Тип передаваемых данных	Описание взаимодействия с учетом допустимых сервисов	Отношение	Допустимый режим
Лабораторные работы	 <p>преподаватель студенты</p> <p>Программа проверки</p>	<p>Интерактивное взаимодействие. Двусторонняя связь в форме видеоконференции</p>	<p>Преподаватель наблюдает за процессом выполнения задания. Корректирует в случае необходимости, отвечает на поступающие вопросы. Нагрузка на каналы связи у всех одинаковая, идет прием/передача данных. Каналы связи заняты все время проведения работы.</p>	<p>"много - много" или "один - много"</p>	<p>асинхронный</p>
Курсовые работы	 <p>преподаватель студенты</p> <p>t_1</p>	<p>Текст, графика, рассылка по электронной почте.</p>	<p>Рассылка индивидуальных заданий всем студентам, t_1 – время на выполнение задания, студенты отсылают выполненные задания преподавателю. В момент времени t_1 обработка данных происходит локально. Может включать несколько этапов.</p>	<p>"один – один"</p>	<p>асинхронный</p>

Вид занятия	Вид взаимодействия	Тип передаваемых данных	Описание взаимодействия с учетом допустимых сервисов	Отношение	Допустимый режим
Контрольные работы	 <p>Sequence diagram showing interaction between 'преподаватель' (teacher) and 'студенты' (students) at time t_2. The teacher sends three messages to the students, and the students return three messages to the teacher.</p>	текст	Рассылка индивидуальных заданий всем студентам, t_2 – время на выполнение задания, студенты отсылают выполненные задания преподавателю. В момент времени t_2 обработка данных происходит локально.	"один – один"	синхронный
Зачет	 <p>Sequence diagram showing interaction between 'преподаватель' (teacher) and 'студент' (student) at time t_3. The teacher sends one message to the student, and the student returns one message to the teacher.</p>	Текст, звук, видео. Режим теле- или видеоконференции	Взаимодействие типа "вопрос - ответ". В момент времени t_3 обработка данных может происходить как при сохранении связи, так и локально.	"один – один"	асинхронный
Экзамен	 <p>Sequence diagram showing interaction between 'преподаватель' (teacher) and 'студент' (student) at time t_4. The teacher sends one message to the student, and the student returns one message to the teacher.</p>	Текст, звук, видео. Режим теле- или видеоконференции	Взаимодействие типа "вопрос - ответ". В момент времени t_4 обработка данных в большинстве случаев происходит локально.	"один – один"	асинхронный

Вид занятия	Вид взаимодействия	Тип передаваемых данных	Описание взаимодействия с учетом допустимых сервисов	Отношение	Допустимый режим
Индивидуальные занятия	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> преподаватель ↔ студент </div>	Текст, звук, видео. Режим теле- или видеоконференции	Режим персональная телеконференция. Канал связи занят на протяжении всего времени занятия.	"один – один"	асинхронный
Собеседование	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> преподаватель <div style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; width: 20px; height: 100px; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%);">t_5</div> </div> студент </div>	Текст, звук, видео. Режим теле- или видеоконференции	В момент времени t_5 сохраняется занятость канала связи. Взаимодействие типа "вопрос - ответ".	"один – один"	асинхронный
Консультации онлайн	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> преподаватель <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; width: 20px; height: 100px; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%);"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <div style="width: 40%; border-right: 1px solid black; height: 100%;"></div> <div style="width: 20%; border-right: 1px solid black; height: 100%;"></div> <div style="width: 40%; height: 100%;"></div> </div> </div> </div> студенты </div>	Текст, звук. Интерактивное взаимодействие.	Загрузка каналов несколько меньше, чем при практических занятиях. На все время консультации сохраняется занятость каналов связи. Информация от одного участника доступна всем остальным.	"один - много"	асинхронный

Вид занятия	Вид взаимодействия	Тип передаваемых данных	Описание взаимодействия с учетом допустимых сервисов	Отношение	Допустимый режим
Консультации офлайн		текст	Взаимодействие типа "вопрос - ответ". Общение по электронной почте. В момент времени t_6 обработка данных (заданного вопроса) происходит локально.	"один - один"	асинхронный
самостоятельная работа		Текст, звук	Каждый студент сам выбирает, какие данные ему нужны для самостоятельной работы. Загрузка каналов связи у всех студентов разная.	"один - один"	асинхронный
Тестирование онлайн		текст	Взаимодействие типа "вопрос - ответ". Вопросы задаются всем одинаковые, от студентов приходят индивидуальные ответы.	"один - один"	синхронный

Приложение С

Архитектура инструментального комплекса формирования и моделирования организации информационного процесса ДО

Функции главного меню. Сервисные функции настройки инструментального комплекса – открытие, закрытие файлов с исходными данными и результатами работы, их сохранение, образование новых файлов с данными – доступны при выборе пункта "Файл" основного меню.

Все необходимые библиотеки подключаются и становятся доступными автоматически при выборе нужного пункта меню. Открытие электронной формы для редактирования описания состава дисциплин образовательного процесса выполняется при выборе пункта меню "Редактирование".

Активизация процесса моделирования выделена в самостоятельный пункт "Моделирование", так как он является основной функцией комплекса. В этом случае пользователю предъявляется окно установки параметров имитационного моделирования и доступны краткие подсказки (Hint) к каждому полю, которое подлежит заполнению.

Содержимое пункта меню "Результаты" служит для просмотра и анализа результатов работы имитационной модели. Пункт "Отчет о моделировании" дает возможность просмотреть результаты моделирования в виде отчета о проделанной работе, где в текстовом виде с необходимыми пояснениями представлены исходные данные и полученные результаты по каждому варианту конфигурации РСОТ и описанию дисциплин процесса обучения. При выборе пункта "Анализ расписания" доступна работа с результатами построения расписания реализации информационного процесса ДО в табличном виде, предусмотрены различные сервисные функции навигации.

Файл настройки (или *файл конфигурации*) представляет собой текстовый файл с перечнем команд, директив, инструкций или опций,

которые анализируются программой во время запуска и в соответствии с которыми она подстраивается. Такой файл обычно может создаваться и редактироваться без привлечения средств самой программы.

В файле настроек "DistEdu.ini" проектируемого инструментального комплекса содержатся данные, которые, согласно правилам организации файлов настройки, сгруппированы по блокам:

1. Пути к данным. Расположена информация о местоположении рабочего каталога с файлами и БД, необходимыми для функционирования комплекса.
2. Тип элементарных учебных работ. Для упрощения и ускорения операций загрузки часто используемых данных информация о типах учебных работ дублируется в файле настройки.
3. Данные о качестве видео-представления учебного материала
4. Данные о качестве аудио-представления учебного материала
5. Варианты размера канала связи (КС) для обеспечения заявленного качества аудио- или видео-представления учебного материала.
6. Данные о производительности технического оборудования РСОТ.

Пример заполненного файла настроек приведен в *Приложении D*.

Функции ввода и редактирования параметров дисциплин информационного процесса ДО. Для ввода новых дисциплин и курсов информационного процесса ДО, а также для редактирования уже существующих описаний процесса, используется отдельная электронная форма "Описание дисциплин процесса ДО", запуск которой инициируется пунктом меню "Редактирование".

При редактировании уже существующего файла с описанием дисциплин ДО для выбора требуемого файла также будет загружена электронная форма (рис.С1).

После выбора нужного файла в нижней части главной формы инструментального комплекса появляется информационная строка с именем

файла, содержащего описание процесса обучения. Для просмотра и/или редактирования характеристик ДО в основном меню требуется выбрать пункт "Редактирование", после чего происходит загрузка данных и открытие окна электронной формы "Описание дисциплин процесса ДО", поля которой заполнены в соответствии с данными, содержащимися в выбранном файле.

Список дисциплин

Новая дисциплина

Дублировать

Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7

Редактировать дисциплину

Удалить дисциплину

Характеристики учебных занятий/работ

№ пор.	Тип заня	№ гр. студ	Кол-во ст	Кол-во двус	Кол-во преп	Тип переда	Скорость/О	Дли
1	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
2	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
3	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
4	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
5	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
6	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
7	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
8	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
9	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
10	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
11	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
12	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
13	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
14	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
15	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
16	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.
17	Лекция	1	15	0	1	Видео Конф	2730	45м.
18	Самостоя	1	15	0	1	Рассылка	512000	45м.

Сохранить

Отмена

Рис. С1. Вид электронной формы "Описание дисциплин процесса ДО"

Кнопка "Дублировать дисциплину" предназначена для копирования выделенной дисциплины в списке существующих дисциплин вместе с заданными при ее описании работами и свойствами. В этом случае в список дисциплин будет добавлена новая дисциплина, в точности соответствующая исходному прототипу.

В нижней части электронной формы главного меню расположено окно просмотра перечня элементарных работ и их характеристик, определенных для выделенной дисциплины списка введенных дисциплин ДО.

Список работ дисциплины представлен в виде таблицы, в которой отражены следующие характеристики заданных работ:

- № по порядку;
- Тип занятия;
- № групп студентов;
- Количество студентов в группах;
- Количество преподавателей, ведущих занятие;
- Тип передачи данных;
- Скорость или объем передачи данных.

Порядковый номер работы определяет порядок выполнения работ дисциплины который определяется методическим планом ее преподавания и не может быть нарушен.

Характеристика *Тип занятия* отвечает существующим в образовательном процессе учебным занятиям, таким, как лекция, семинар, консультации и т.п. Полностью перечень доступных/рассматриваемых типов работ приведен в *Приложении В* – "Работы в дистанционном образовательном процессе". Для некоторых типов занятий участие в работе могут принимать несколько учебных групп. Например, лекции в большинстве случаев читаются для нескольких групп.

В поле *Тип передачи данных* указывается, каким способом осуществляется проведение работы. В соответствии с проведенными исследованиями предполагается, что такими вариантами могут быть: непрерываемые работы видео или аудио конференций в режиме реального времени, а также прерываемые работы файловой или почтовой рассылки. В зависимости от выбранного типа передачи данных в поле "Скорость или объем передачи данных" отражается выбранная скорость – для передачи

аудио- и видео- данных или номинальный объем данных – в случае выполнения почтовой рассылки, связанной с передачей средствами электронной почты информации в виде файлов и сообщений.

Работа по вводу данных новой дисциплины (или курса дисциплины) начинается с нажатия кнопки "Новая дисциплина". При этом электронная форма "Описание дисциплин процесса ДО" принимает вид, представленный на рисунке С2.

Ввод новой дисциплины

Наименование дисциплины: ДЗ

Цвет дисциплины: cYellow

Типы занятий:

- Лекция
- Практическое занятие
- Лабораторная работа
- Зачет
- Тест
- Экзамен
- Самостоятельная работа

Состав дисциплины:

- Лекция
- Практическое занятие
- Самостоятельная работа
- Лекция
- Практическое занятие
- Самостоятельная работа
- Лекция
- Практическое занятие
- Самостоятельная работа
- Лекция
- Практическое занятие
- Самостоятельная работа
- Лекция
- Практическое занятие
- Самостоятельная работа

Порядок следования: Up, Dn

Характеристики работы

Видео Конференц-связь
 Аудио конференц-связь
 Рассылка

Прерываемая работа

Разрешение видео: 4CIF 704x576

Качество звука: []

Скорость передачи данных (КБит/с): []

Объем передач данных: []

Размерность: КБайт, МБайт

Группы студентов:

№ группы	Кол-во студ.	Кол-во двус
3	15	0

Количество преподавателей: 1

Длительность учебного занятия, мин.: 45

Сохранить данные дисциплины, Отмена, Сохранить данные работы

Рис. С2. Электронная форма "Описание дисциплин процесса ДО"

В поле "Цвет дисциплины" из выпадающего списка выбирается цвет, не совпадающий с цветами уже введенных дисциплин данного набора. Окраска дисциплин разными цветами требуется для последующего графического отображения распределения работ заданных дисциплин.

Для формирования последовательности работ определяемой дисциплины из спискового поля "Типы занятий" выбираются требуемые элементарные работы и с помощью кнопки «>» пополнения списка "Состав дисциплины" заносятся в соответствующее поле. Одновременно в список "Состав дисциплины" может быть занесена только одна работа. Для удаления работы из списка "Состав дисциплины" используется кнопка удаления «<» работы.

При использовании кнопок в соответствующих списках должна быть выделена хотя бы одна позиция. В противном случае на экране возникает одно из информационных сообщений и действие отменяется.

Для изменения порядка следования работ в дисциплине предназначены кнопки "Вверх" (Up) и "Вниз" (Dn), расположенные справа от поля "Состав дисциплины". Перемещаемая работа должна быть выделена. Заметим, что применение указанного механизма имеет существенное значение для корректировки структуры учебных работ с целью улучшения реализации информационного процесса ДО в РСОТ. В целях расширения возможностей пользователя-методиста формирование списка работ дисциплины и ввод их характеристик может осуществляться двумя путями: либо сначала формируется весь перечень работ, а затем для каждой работы из полученного списка заполняются характеристики, либо занесение очередной работы в список "Состав дисциплины" сразу же сопровождается вводом соответствующих характеристик.

Для ввода характеристик элементарной работы в нижней части окна электронной формы расположена панель "Характеристики работы". В поле выбора типа передачи данных путем установки кнопок переключателя выбирается один из возможных вариантов: видеоконференцсвязь, аудиоконференцсвязь, рассылка.

В зависимости от выбранного варианта разрешаются к заполнению позиции с характеристиками качества передачи данных. Для видеоконференцсвязи доступными к заполнению являются поля "Разрешение видео" и "Скорость передачи данных", для аудиоконференцсвязи доступными к заполнению являются поля "Качество звука" и "Скорость передачи данных", а для почтовой рассылки данных – поле "Объем передачи данных" и связанное с ним поле "Размерность". При задании значения объема передачи данных в поле размерности кнопками переключателя пользователь сам устанавливает соответствующие единицы измерения объемов ресурсопотребности работ – Мбайт или Кбайт, что позволяет избежать ошибок при вводе больших числовых значений.

Поля "Разрешение видео" и "Скорость передачи данных", в одном случае, и "Качество звука" и "Скорость передачи данных", в другом случае, также являются логически связанными. Это выражается в том, что при выборе значения в поле "Разрешение видео" или "Качество звука" в поле "Скорость передачи данных" загружается значение, соответствующее выбранному качеству.

Установка признака выбора в поле "Прерываемая работа" свидетельствует о том, что выполнение данной работы может быть реализовано за несколько сеансов. Примером прерываемой работы служит почтовая рассылка данных, в этом случае может не быть жесткой привязки ко времени выполнения работы и рассылка может выполняться в течение любого интервала времени, вплоть до полного исчерпания объема.

В таблице "Группы студентов" (рис.С2) каждая строка соответствует одной учебной группе. В строке таблицы задается номер группы, количество учащихся и количество двусторонних связей в группе. Количество двусторонних связей определяется количеством требуемых для проведения

работы двунаправленных каналов связи для общения без задержки дистанционно удаленных участников.

Для правильного заполнения характеристик работы в таблице "Группы студентов" должна быть заполнена минимум одна строка. В противном случае при сохранении характеристик работы будет сформировано сообщение об ошибках ввода данных. Практические занятия в большинстве случаев проводятся для каждой группы учащихся отдельно, поэтому список выбранных учебных работ может состоять из нескольких следующих друг за другом практических занятий. Характеристики таких работ могут полностью совпадать во всем, за исключением номера группы учащихся и, соответственно, их количества.

Если для одного практического занятия указано несколько групп, то это означает, что в данной работе принимают участие одновременно несколько групп с суммарным количеством учащихся, равным сумме членов этих групп. Количество двусторонних связей также суммируется или указывается только для одной из учебных групп.

Отдельно задается количество преподавателей, ведущих данную работу и продолжительность времени ее проведения. По умолчанию система предлагает проведение работы одним преподавателем, а длительность сеанса учебной работы устанавливается в объеме 45 или 90 минут. При необходимости (например, для лаб. работ) значения могут быть изменены.

Последовательность действий, связанных с вводом всех характеристик выделенной работы, завершает сохранение данных. Для этого в нижней части поля ввода характеристик расположена кнопка "Сохранить данные работы", при нажатии которой происходит занесение данных в соответствующие поля данных о работе. При ошибках в заполнении полей характеристик работы системой формируется специальное информационное сообщение с перечислением полей, содержащих ошибки.

Для заполнения характеристик следующей учебной работы необходимо сначала удостовериться, что данные предыдущей работы были сохранены или не изменялись, после чего в списке "Состав дисциплины" выбрать следующую работу. Если данные о работе уже вводились, то произойдет считывание данных из соответствующей записи БД учебных работ дисциплин и заполнение полей с характеристиками работы. Для сохранения данных текущей дисциплины используется кнопка "Сохранить данные дисциплины". При этом происходит сохранение цвета выбранной дисциплины, ее наименования и подтверждение списка выбранных работ. Сохранение характеристик каждой работы из списка должно быть выполнено отдельно. При сохранении характеристик дисциплины полагается, что характеристики работ были сохранены ранее. Для работ, характеристики которых не вводились, сохраняются начальные значения, которые впоследствии должны быть отредактированы. В противном случае при формировании расписания выполнения работ и проведении моделирования хода информационного процесса ДО возникнут ошибки выполнения, и получение результатов будет невозможно.

Задание параметров моделирования и проведение имитационного моделирования организации информационного процесса ДО. Материалы предыдущего раздела, посвященные функции формирования описания дисциплин ДО, определяют информационное наполнение модели в части состава, структуры и ресурсопотребности исполняемых РСОТ работ. Также среди входных характеристик имитационной модели (рис. С3) должны присутствовать параметры, представляющие значения характеристик ресурсоёмкости (производительности) элементов оборудования РСОТ.

Для настройки имитационной модели в части значений характеристик ресурсоёмкости технических средств РСОТ, в соответствии с проведенными исследованиями, предусмотрено задание параметров из таблицы С1.

Конкретизируя назначение параметров таблицы С1, в части характеристик оборудования, необходимого для осуществления конференцсвязи, отметим ряд параметров, используемых при проведения информационного обмена и влияющих на способ динамической организации.

Так как передача аудио- и видеоинформации достаточно интенсивно нагружает каналы связи, то для реализации информационного процесса ДО в целом может потребоваться изменение полосы пропускания, происходящее, как правило, за счет изменения скорости передачи прерываемых работ.

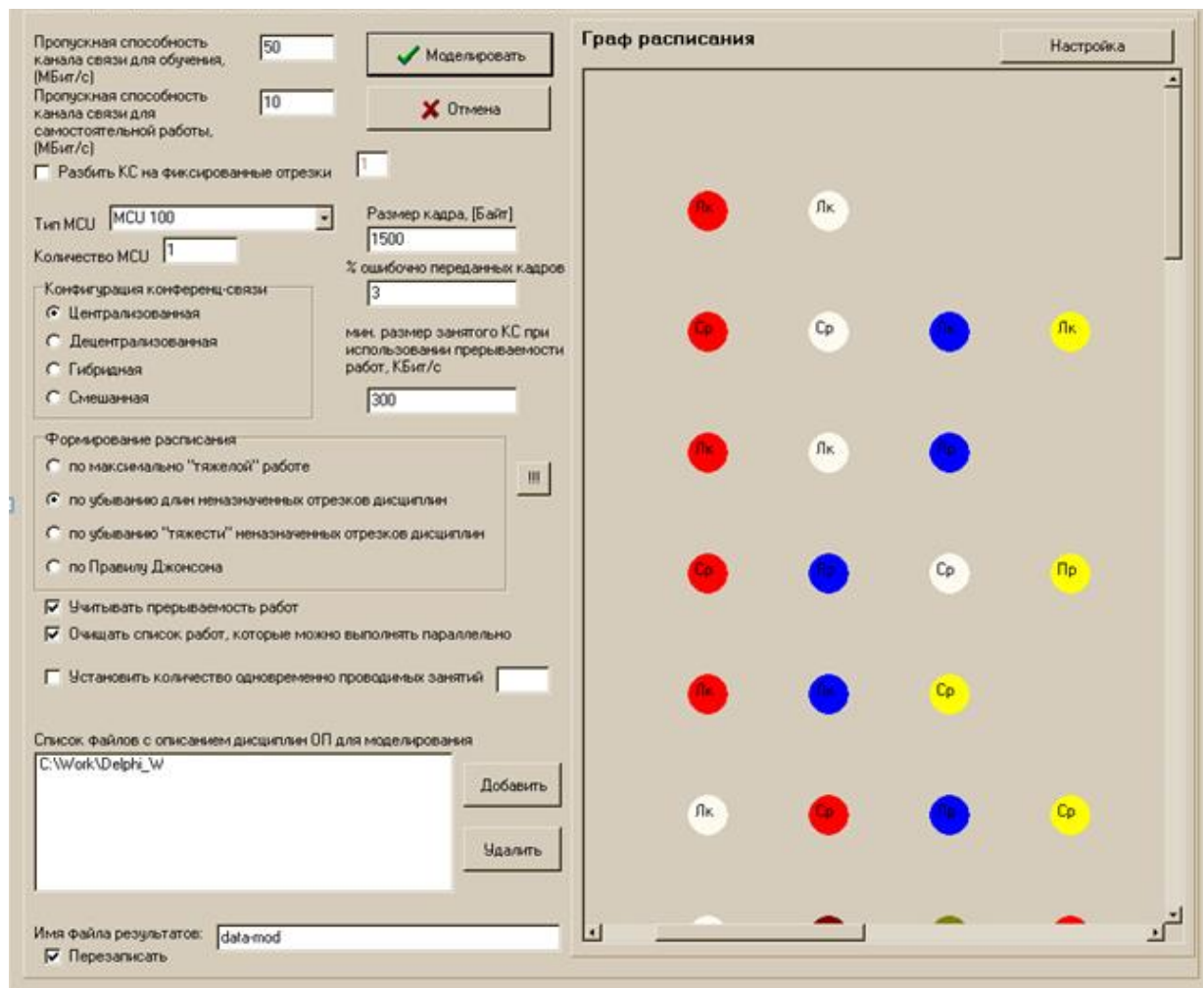


Рис. С3. Имитационная модель функционирования PCOT

Ограничивающим эту операцию параметром является поле "Минимальный размер части КС, выделенной для выполнения прерываемой работы" (рис. С3).

В общем случае при передаче аудио- и видеоинформации количество потоков в канале связи соответствует количеству участников. Если предусматривается двусторонняя (обратная) связь при проведении конференции, то должно быть образовано два потока – в одну сторону и в обратную. Используемое для организации многоточечной ВКС функциональное устройство – MCU описывают поля "Тип MCU", "Количество MCU" (рис. С3) .

Таблица С1. Структура данных для моделирования функционирования РСОТ

Тип характеристик ИМ	Перечень учитываемых характеристик
Характеристики канала связи	Пропускная способность канала связи для процесса ДО, Мбит/с. Пропускная способность канала связи для самостоятельной работы, Мбит/с Количество каналов связи
Характеристики необходимого оборудования для осуществления конференцсвязи	Тип MCU Количество MCU Конфигурация конференцсвязи
Характеристики среды передачи данных	Размер кадра, Байт Процент ошибочно переданных кадров
Общие характеристики реализации процесса обучения в РСОТ	Правила формирования расписания реализации информационного процесса ДО Дополнительное условие при формировании расписания
Характеристики прерываемости элементарных учебных работ	Учет прерываемости работ Минимальный размер части канала связи, выделенной для выполнения прерываемой работы, Кбит/с

Количество поддерживаемых абонентов одним устройством для всех типов MCU (MCU-30, MCU-60, MCU-100) зависит от режима работы видеоконференции («Голосовая активация» или «Постоянное присутствие»), а также от скорости подключения абонентов. Соответствующая зависимость отражена в таблицах С2 и С3, приведенных ниже согласно [58, 61]. Конференция может быть организована в централизованном (все обмены

идут через MCU) и децентрализованном режиме, когда терминалы непосредственно взаимодействуют друг с другом или смешанном. При пересылке данных по сети они разбиваются на кадры/пакеты, размер которых зависит от типа сети, по которой осуществляется передача. Максимальный размер пакета (рис. С3, поле "Размер кадра") определяет, в свою очередь, количество пакетов, которое будет создано сетевой операционной системой для передачи всего блока данных.

Таблица С2. Предельное число абонентов в режиме «Голосовой активации»

Скорость подключения, Кб/с	MCU 100	MCU 60	MCU 30
64	150	90	45
174	100	60	30
192	92	55	27
234	87	52	26
256	85	51	25
284	81	48	24
384	70	42	21
512	50	30	15
544	47	28	14
768	25	15	7
1352	18	10	5
1564	16	9	4
1984	11	6	3
2112	10	6	3

Для восстановления целостности данных на приемной стороне передачу ошибочно переданных кадров повторяют. В среднем процент повторных передач составляет 3-5% от общего числа переданных пакетов, что соответствующим образом увеличивает (с учетом длины кадра) объем передаваемой в РСOT информации.

Определенный в таблице С1 набор используемых характеристик технических средств РСOT в сочетании с данными описания дисциплин процесса ДО представляет большой спектр вариантов имитационного

моделирования. Помимо характеристик технических средств РСОТ и правил описания ее функционирования (определяемых в полях формы на рис. С3) для проведения моделирования информационного процесса ДО, необходимо задать список файлов с описанием состава дисциплин и определить имя файла для сохранения результатов моделирования.

Таблица С3. Предельное число абонентов в режиме «Постоянного присутствия»

Скорость подключения, Кб/с	MCU 100	MCU 60	MCU 30
174	66	40	20
192	59	35	17
234	56	33	16
256	55	33	16
284	52	31	15
384	45	27	13

В ходе одного сеанса моделирования можно задать сразу несколько файлов с описаниями дисциплин информационного процесса ДО, что позволяет по результатам одного сеанса моделирования оценить, насколько пригодны заданные значения характеристик технических средств РСОТ для реализации образовательных процессов.

В поле "Имя файла результатов" задается имя файла, используемого для сохранения результатов моделирования. Имя файла результатов задается без расширения, так как при физическом образовании файла к заданному имени добавляется расширение ".txt" и он имеет текстовый формат, доступный для просмотра в любом установленном в операционной системе тестовом редакторе. Если файл для записи результатов с указанным именем уже существует, то режим его использования: дополнение или перезапись, зависит от соответствующей установки флага "Перезаписывать файл". Например, на рисунке С3 флаг "Перезаписывать файл" установлен, следовательно, если файл с именем "rez_work.txt" существует, то по

окончании процесса моделирования данные в этом файле будут заменены новыми полученными результатами.

Процесс формирования расписания процесса ДО и затем моделирования можно проводить только после ввода всех необходимых данных. Запуск процессов построения расписания информационного процесса ДО и моделирования осуществляется при выборе кнопки <Моделировать> (рис. С3).

Имитационная модель будет воспроизводить поведение исследуемой системы с точностью до отображения структурной организации реализации информационного процесса ДО и логики взаимодействия основных компонентов РСОТ (компьютерного оборудования преподавателей, каналов связи, оборудования для функционирования конференцсвязи). Функционирование имитационной модели РСОТ рассматривается как взаимодействие процессов общения и получения информации между удаленными участниками ДО по каналам связи в глобальной сети, которое в логике имитационной модели будет отображаться проведением определенных работ (связанных с реализацией ДО и обладающих определенной ресурсопотребностью).

На всем интервале времени "преподавания" имитационная модель воспроизводит функционирование РСОТ через организацию загрузки канала связи в ходе исполнения определенных работ образовательного процесса. Преподавание учебных дисциплин, то есть выполнение всех учебных работ, моделируется в соответствии с построенным по определенным правилам расписанием хода реализации процесса обучения, в развитии которого с необходимой степенью подробности воспроизводятся все события, характеризующие взаимодействия его участников.

Перед началом процессов формирования и моделирования организации информационного процесса ДО производится проверка непротиворечивости

значений параметров технических средств и значений характеристик работ заданного образовательного процесса. Если в результате такой проверки будет обнаружено, что некоторая работа не может быть выполнена на заданном оборудовании (то есть при заданной ресурсоемкости), то моделирование не проводится и на экране возникает соответствующее информационное сообщение, в котором содержится указание на учебную работу, значения ресурсопотребности которой не могут быть удовлетворены.

Формирование и имитационное моделирование организации процесса ДО начинается при отсутствии противоречивых данных. И завершается либо сообщением об успешном построении расписания с заданными значениями характеристик технических средств, - после чего сразу же запускается моделирование, либо сообщением о том, что при построении динамической организации ДО возникли проблемы.

Признаком окончания процесса моделирования, служит появление соответствующего информационного сообщения, вид которого представлен на рисунке С4.

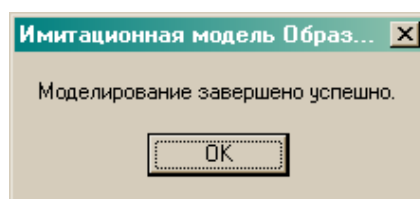


Рис. С4. Вид информационных сообщений об окончании процесса моделирования функционирования РСОТ

Первоначально, после успешного проведения процесса моделирования возникает информационное окно с сообщением о размерности построенного графа расписания информационного процесса ДО. Затем, при нажатии кнопки <ОК> в окне возникает сообщение об окончании моделирования. При нажатии кнопки <ОК> в окне информационного сообщения в поле "Граф расписания" появляется сформированный граф расписания реализации

ДО. На рисунке С5 представлен пример панели настройки визуализации графа расписания.

Графическое представление сформированного в процессе моделирования расписания информационного процесса ДО будет соответствовать данным дисциплин, содержащихся в файле, расположенном первым по списку. Для просмотра графических представлений расписаний для других вариантов необходимо вызвать панель настройки графического изображения и выполнить необходимые установки.

Панель настройки визуализации графа расписания открывается при нажатии кнопки "Настройка", расположенной в верхней части окна просмотра графа расписания информационного процесса ДО (рис. С5).

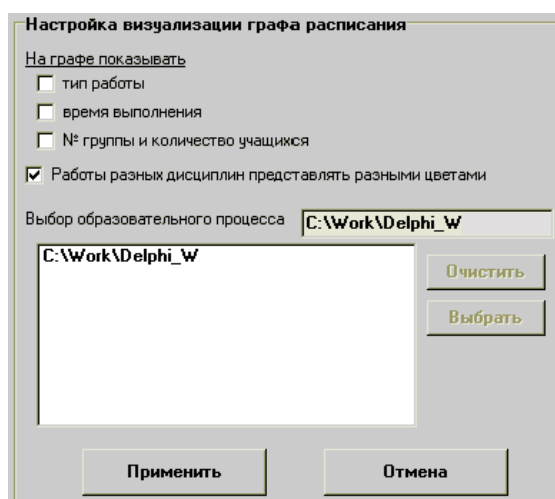


Рис. С5. Пример настройки визуализации графа расписания процесса обучения

Представление данных о работах на графе регулируется при помощи полей-переключателей (типа Check Box). Установка переключателя в состояние "выбрано" (галочка в поле) информирует о том, что значение данного переключателя будет отражено на графе реализации процесса ДО.

При установке в состояние "выбрано" поля "Тип работы" на графе расписания для каждой работы в сокращенном написании будет указан ее тип (например, лекция, семинар или экзамен). Аналогичные действия

выполняются при установке полей "Время выполнения" или "№ группы и количество учащихся" в состояние "выбрано".

Установка поля "Работы разных дисциплин представлять разными цветами" в состояние "выбрано" означает, что работы разных дисциплин на графе будут представляться цветами, выбранными при вводе/редактировании описания дисциплин. Сброс установки в данном поле повлечет за собой прорисовку узлов графа одинаковыми цветами.

При выборе некоторого варианта организации сетевого ДО для просмотра его графического отображения необходимо в поле с именами файлов описания дисциплин (курсов ДО) выбрать интересующий набор и подтвердить выбор нажатием кнопки <Выбрать>, расположенной рядом со списком. При этом имя выбранного варианта файла с описанием организации процесса ДО будет помещено в поле редактирования. Кнопка «Очистить» используется для очищения содержимого поля редактирования. Если построение расписания осуществлялось только для одного варианта организации процесса ДО, то использование кнопок «Выбрать» и «Очистить» программно блокируется, а доступ к полю редактирования имени файла и к списку имен файлов становится невозможен.

Для вступления в силу установленных настроек визуализации требуется нажать кнопку «Применить». В этом случае граф организации выбранного информационного процесса ДО будет перерисован в соответствии с установленными значениями полей-переключателей. Для выхода из режима настройки визуализации без применения изменений в настройках используется кнопка «Отмена», при нажатии которой визуальное представление графа организации процесса ДО останется без изменений.

Для просмотра информации по отдельному занятию расписания требуется щелкнуть мышкой по интересующему узлу графа. В этом случае

поверх визуального представления графа расписания произойдет открытие панели "Данные об учебном занятии", пример которой представлен на рисунке С6. В полях панели отражаются данные об учебной работе, назначенной для выполнения на данное занятие (в форме - ярус). Для представления информации о работе используются все данные, введенные при описании дисциплины (курса) ДО.

Для окончания просмотра справочных данных о работе, назначенной на данное учебное занятие и возвращения к просмотру графа организации процесса ДО требуется нажать на кнопку «Заккрыть», после чего произойдет закрытие панели и окно электронной формы примет первоначальный вид.

Сохранение результатов построения расписания информационного процесса ДО производится в файлы двух типов:

- графическое представление расписания – в файле формата ".jpg",
- описание расписания в текстовом виде – в файле формата ".txt".

Данные об учебном занятии

Тип работы: Ярус:

Дисциплина: Длительность:

Группа	Кол-во студ.
A-8	15

Качество представления учебного материала

Качество Аудио-/Видео-представления:

Требуемый размер канала связи, МБит/с:

Объем передаваемых данных:

Заккрыть

Рис. С6. Пример панели просмотра данных о выбранном занятии

Оба файла имеют одинаковое имя, задаваемое пользователем, и расширение соответствующее типу информации.

Для сохранения построенной организации информационного процесса ДО в главном меню инструментального комплекса требуется выбрать пункт

"Файл" и подраздел "Сохранить файл", а в появившемся подменю выбрать пункт "Расписания процесса ДО". В поле "тип файла" указано 2 используемых типа расширения, а в поле ввода имени файла указывается только имя файла без указания расширения, так как при сохранении данных в файлы система сама добавит к имени требуемый тип расширения. В *Приложении Е* представлен файл с данными о построенной динамической организации процесса ДО, а также приведена структура файла с текстовым описанием полей.

В системе допускается возможность выполнить имитационное моделирование проведения процесса обучения по заранее построенному расписанию. Для этого требуется загрузить данные о расписании, установить значения характеристик технических компонентов РСОТ и запустить процесс моделирования, нажав кнопку «Моделирование». Текущие значения данных о дисциплинах будут заполнены информацией из файла, имя которого содержится в текстовом файле данных о расписании, а при отсутствии указанного файла будет сформировано соответствующее информационное сообщение, в котором пользователю будет предложено восстановить описание дисциплин по данным, содержащимся в описании организации ДО. По окончании восстановления произойдет активация окна электронной формы с данными о дисциплинах, где можно будет просмотреть результаты. Имя сохраненного файла с описанием дисциплин процесса ДО будет записано в файл с текстовым описанием рассматриваемого расписания.

После завершения моделирования всех заданных вариантов системой формируется текстовый файл с результатами имитационного моделирования.

Приложение D

1. Пример заполненного файла настроек

[Path]

DIR=c:\WORK\DELPHI_W\IMRSOT\
EXE=c:\WORK\DELPHI_W\IMRSOT\

[TypeWork]

;при изменении в списке типов работ скорректировать данные в case - в
procedure MakeListNodes;

COUNTTYPE=7

W1=Лекция

W2=Практическое занятие

W3=Лабораторная работа

W4=Зачет

W5=Тест

W6=Экзамен

W7=Самостоятельная работа

[VIDEO]

COUNTV=5

V1=SQCIF 128x96 пикселей

V2=QCIF 176x144

V3=CIF 352x288

V4=4CIF 704x576

V5=16CIF 1408x1152

[ZVUK]

COUNTZ=3

Z1=1

Z2=2

Z3=3

[QUALITY]

COUNTQ=16

Q1=64

Q2=174

Q3=192

Q4=234

Q5=256

Q6=284

Q7=384
 Q8=512
 Q9=544
 Q10=768
 Q11=1352
 Q12=1564
 Q13=1984
 Q14=2112
 Q14=2730
 Q15=1706
 Q16=955

[MCU]
 COUNTMCU=3
 M1=MCU 100
 MaxMen1=100
 MaxDevice1=4
 M2=MCU 30
 MaxMen2=30
 MaxDevice2=3
 M3=MCU 60
 MaxMen3=60
 MaxDevice3=4

;кол-во поддерживаемых скоростей передачи. Варианты указаны ниже Lij
 COUNTSPEED1=3
 L11=128
 L12=256
 L13=512

2. Пример файла с данными о построенной динамической организации информационного процесса дистанционного обучения

Размер КС: 102400

Кол-во ярусов: 29 Макс.Кол-во одновр. занятий 0

ярус: 1

столбец: 0

гр.студентов: 1; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д1; Приоритет: 1
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 1

столбец: 1

гр.студентов: 4; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д4; Приоритет: 1
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 2

столбец: 0

гр.студентов: 1; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Самостоятельная работа; Дисциплина: Д1; Приоритет: 2
прер.р: ДА

зан.КС парой: 3528 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 2

столбец: 1

гр.студентов: 4; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Самостоятельная работа; Дисциплина: Д4; Приоритет: 2
прер.р: ДА

зан.КС парой: 300 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 2

столбец: 2

гр.студентов: 2; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д2; Приоритет: 1
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 2

столбец: 3

гр.студентов: 3; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д3; Приоритет: 1
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 3

столбец: 0

гр.студентов: 1; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д1; Приоритет: 3
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 3

столбец: 1

гр.студентов: 4; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д4; Приоритет: 3
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 3

столбец: 2

гр.студентов: 2; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лабораторная работа; Дисциплина: Д2; Приоритет: 2
прер.р: ДА

зан.КС парой: 15040 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

%%

ярус: 29

столбец: 0

гр.студентов: 1; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Самостоятельная работа; Дисциплина: Д1; Приоритет: 16
прер.р: ДА

зан.КС парой: 17428 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 29

столбец: 1

гр.студентов: 2; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лабораторная работа; Дисциплина: Д2; Приоритет: 14
прер.р: ДА

зан.КС парой: 23754 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

ярус: 29

столбец: 2

гр.студентов: 3; кол-во студ: 15; кол-во двуст: 0

тип занятия: Лекция; Дисциплина: Д3; Приоритет: 13
прер.р: НЕТ

зан.КС парой: 43680 Номер фикс. отрезка КС: 1
%%

Приложение Е

1. Пример процедуры *Sub Cr_x*

```

Sub Cr_x(n As Integer, ms As Integer, mb As Integer, L As Integer, Pr As Long,
Nr As Long)
Dim bd As Database, tb As Recordset
  Set bd = DBEngine.Workspaces(0).Databases(0)
  Set tb = bd.OpenRecordset("Вход", DB_OPEN_TABLE)
  Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, M As Integer
  Dim prim As Integer, lon As Integer
  'объявление символических переменных

  Randomize

  For i = 1 To n

    prim = Int((2 * Rnd) + 1) ' Случайное число 1 или 2.
    lon = Int((L * Rnd) + 1) ' Случайное число от 1 до L.

    If lon = L Then M = mb Else M = ms

    For j = 1 To M

tb.AddNew

tb![Курс] = i
tb![Задание] = j
tb![Непр_Прер] = prim
prim = 3 - prim

If prim = 1 Then
tb![Ресурсопотребность] = Nr
Else
tb![ Ресурсопотребность] = Int((Pr * Rnd) + 1)
End If
tb![Выбрана] = False
tb.Update
Next j
Next i
tb.Close
End Sub

```

2. Пример результатов подготовки системы курсов, образующих рабочую нагрузку

In	Курс	Задание	Ресурсопотребность	Непр_Прер	Выбрана
59770	1	1	300	2	Нет
59771	1	2	78	1	Нет
59772	1	3	300	2	Нет
59773	1	4	12	1	Нет
59774	1	5	300	2	Нет
59775	1	6	63	1	Нет
59776	1	7	300	2	Нет
59777	1	8	48	1	Нет
59778	1	9	300	2	Нет
59779	2	1	300	2	Нет
59780	2	2	82	1	Нет
59781	2	3	300	2	Нет
59782	2	4	86	1	Нет
59783	2	5	300	2	Нет
59784	2	6	14	1	Нет
59785	2	7	300	2	Нет
59786	2	8	54	1	Нет
59787	2	9	300	2	Нет
59788	3	1	17	1	Нет
59789	3	2	300	2	Нет
59790	3	3	50	1	Нет
59791	3	4	300	2	Нет
59792	3	5	55	1	Нет
59793	3	6	300	2	Нет
59794	3	7	19	1	Нет
59795	3	8	300	2	Нет
59796	3	9	10	1	Нет
59797	4	1	68	1	Нет
59798	4	2	300	2	Нет
59799	4	3	36	1	Нет
59800	4	4	300	2	Нет
59801	4	5	61	1	Нет
59802	4	6	300	2	Нет
59803	4	7	73	1	Нет
59804	4	8	300	2	Нет
59805	4	9	69	1	Нет
59806	5	1	300	2	Нет
59807	5	2	9	1	Нет
59808	5	3	300	2	Нет
59809	5	4	47	1	Нет
59810	5	5	300	2	Нет
59811	5	6	30	1	Нет

3. Пример процедуры Sub Plan_x

```
Sub Plan_x(e As Integer, Qw As Integer, Pr As Long, Nr As Long, can As Long, s As
String, M As Integer )
```

```
Dim bd As Database
```

```
Dim ta As Recordset, tc As Recordset
```

```
Set bd = DBEngine.Workspaces(0).Databases(0)
```

```
Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, n As Integer, M As Integer
```

```
Dim seans As Long, Cont As Long, rest As Variant, treb As Variant, NP As
```

```
Variant
```

```
Dim cont0 As Long
```

```
Dim stDocName As String, Qname As String
```

```
If Qw = 1 Then
```

```
Qname = "Большие"
```

```
ElseIf Qw = 2 Then
```

```
Qname = "большие потребности"
```

```
ElseIf Qw = 3 Then
```

```
Qname = "Большие непрерываемые"
```

```
ElseIf Qw = 5 Then
```

```
Qname = "большая очередь"
```

```
Else
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
cont0 = can
```

```
seans = 1
```

```
111:
```

```
Cont = cont0
```

```
222:
```

```
rest = DLookup("[In]", Qname, "[Ресурсопотребность] <= " & Cont & " or
[Непр_Прер] = 1")
```

```
If Cont <> 0 And Not IsNull(rest) Then
```

```
Str(cont) + " or [Непр_Прер] = 1")
```

```
treb = DLookup("[Ресурсопотребность]", Qname, "[In] = " & rest)
```

```
NP = DLookup("[Непр_Прер]", Qname, "[In] = " & rest)
```

```
Set tc = bd.OpenRecordset("Выход")
```

```
tc.AddNew:
```

```
tc![Out] = rest
tc![режим] = s
tc![реализация] = e
tc![порядок] = Qw
tc![прер] = Pr
tc![непр] = Nr
tc![объем] = can
```

```
tc![Сеанс] = seans
tc![Канал] = 1
tc![ Непр_Прер] = NP
```

```
If treb < Cont Then
    tc![Сколько] = treb
Else
    tc![Сколько] = Cont
End If
```

```
tc.Update
```

```
Set ta = bd.OpenRecordset("Вход")
ta.MoveFirst
Do
    ta.Edit
    If ta![In] = rest Then

        If treb <= Cont Then
            ta![Выбрана] = True: ta.Update

            Exit Do
        Else
            ta![ Ресурсопотребность] = treb - Cont: ta.Update

            Exit Do
        End If

    Else
        ta.MoveNext
    End If

Loop
ta.Close: tc.Close
```



```
Cont = cont0 - DSum("[Сколько]", "Выход", "[Сеанс] = " & seans & " and
[объем] = " & can & " and [непр] = " & Nr & " and [прер] = " & Pr & " and [порядок]
= " & Qw & " and [реализация] = " & e & " and [режим] = "" & s & """)
```

```
GoTo 222
Else
'Асинхронный режим
If s = "A" Then
    stDocName = "Удаление выбранных"
    DoCmd.OpenQuery stDocName, acNormal, acEdit
End If
    seans = seans + 1

End If

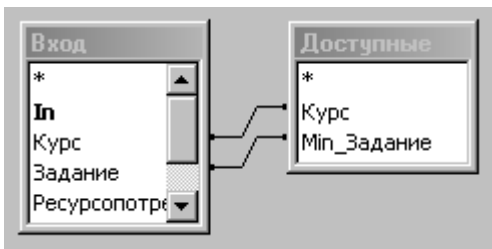
If DCount("[In]", "Вход") > 0 Then

'Синхронный режим
If s = "S" Then
    stDocName = " Удаление выбранных "
    DoCmd.OpenQuery stDocName, acNormal, acEdit
End If

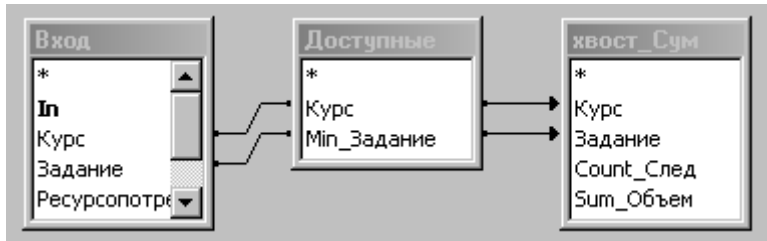
GoTo 111
End If
End Sub
```

4. Алгоритмы построения методов загрузки

«*Большие*»



```
SELECT Вход.[In], Вход.Курс, Вход.Задание, Вход.Ресурсопотребность,
Вход.Непр_Прер
FROM Вход INNER JOIN Доступные ON (Вход.Задание =
Доступные.Min_Задание) AND (Вход.Курс = Доступные.Курс)
WHERE (((Вход.Выбрана)=False))
ORDER BY Вход.Ресурсопотребность DESC;
```

«Большие потребности»

```
SELECT Вход.[In], Вход.Курс, Вход.Задание, Вход.Ресурсопотребность,
Вход.Непр_Прер
FROM (Вход INNER JOIN Доступные ON (Вход.Задание =
Доступные.Min_Задание) AND (Вход.Курс = Доступные.Курс)) LEFT JOIN
хвост_Сум ON (Доступные.Min_Задание = хвост_Сум.Задание) AND
(Доступные.Курс = хвост_Сум.Курс)
WHERE (((Вход.Выбрана)=False))
ORDER BY хвост_Сум.Sum_Объем DESC;
```

«Большие непрерываемые» (строится аналогично «Большие»)

```
SELECT Вход.[In], Вход.Курс, Вход.Задание, Вход.Ресурсопотребность,
Вход.Непр_Прер
FROM Вход INNER JOIN Доступные ON (Вход.Задание =
Доступные.Min_Задание) AND (Вход.Курс = Доступные.Курс)
WHERE (((Вход.Выбрана)=False))
ORDER BY Вход.Непр_Прер DESC , Вход.Ресурсопотребность DESC;
```

«Большая очередь» (строится аналогично «Большие потребности»)

```
SELECT Вход.[In], Вход.Курс, Вход.Задание, Вход.Ресурсопотребность,
Вход.Непр_Прер
FROM (Вход INNER JOIN Доступные ON (Вход.Задание =
Доступные.Min_Задание) AND (Вход.Курс = Доступные.Курс)) LEFT JOIN
хвост_Сум ON (Доступные.Min_Задание = хвост_Сум.Задание) AND
(Доступные.Курс = хвост_Сум.Курс)
WHERE (((Вход.Выбрана)=False))
ORDER BY хвост_Сум.Count_След DESC;
```

где **«Доступные»**

```
SELECT Вход.Курс, Min(Вход.Задание) AS Min_Задание
FROM Вход
GROUP BY Вход.Курс;
```

«хвост Сум»

```
SELECT хвост.Курс, хвост.Задание, Count(хвост.След) AS Count_След,
Sum(хвост.Объем) AS Sum_Объем
```

FROM хвост
GROUP BY хвост.Курс, хвост.Задание;

«хвост»

SELECT Вход.Курс, Вход.Задание, Вход.Ресурсопотребность, Вход.Непр_Прер,
Вход_1.Задание AS След, Вход_1.Ресурсопотребность AS Объем
FROM Вход INNER JOIN Вход AS Вход_1 ON Вход.Курс = Вход_1.Курс
WHERE (((Вход_1.Задание)>[Вход].[Задание]));

5. Пример результатов формирования временной организации информационного процесса дистанционного обучения

Out	Режим	Реализация	Порядок	Прер	Непр	Объем	Непр_Прер	Сеанс	Канал	Сколько
600	S	1	2	100	300	512	2	1	1	300
600	S	1	2	100	300	512	0	1	1	68
600	S	1	2	100	300	512	1	1	1	65
600	S	1	2	100	300	512	0	1	1	17
600	S	1	2	100	300	512	2	2	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	2	1	76
600	S	1	2	100	300	512	2	3	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	3	1	82
600	S	1	2	100	300	512	1	4	1	78
600	S	1	2	100	300	512	2	4	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	5	1	9
600	S	1	2	100	300	512	2	5	1	300
600	S	1	2	100	300	512	2	6	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	6	1	36
600	S	1	2	100	300	512	2	7	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	7	1	45
600	S	1	2	100	300	512	2	8	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	8	1	94
600	S	1	2	100	300	512	2	9	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	9	1	86
600	S	1	2	100	300	512	2	10	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	10	1	50
600	S	1	2	100	300	512	2	11	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	11	1	12
600	S	1	2	100	300	512	1	12	1	47
600	S	1	2	100	300	512	2	12	1	300
600	S	1	2	100	300	512	2	13	1	300
600	S	1	2	100	300	512	1	13	1	61

Приложение F

Результаты динамической организации курсов ДО в образовательной сети
(7 курсов по 9 работ)

Базовое значение прерываемых работ 100

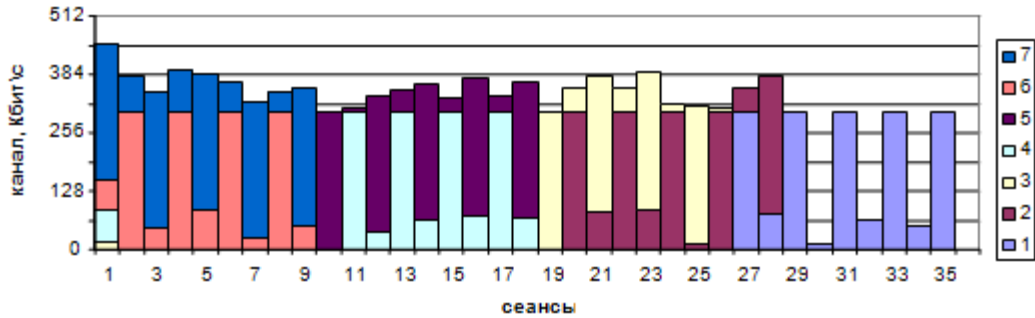


Рис.F1. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Большие вперед» (пропускная способность 512 Кбит\с)

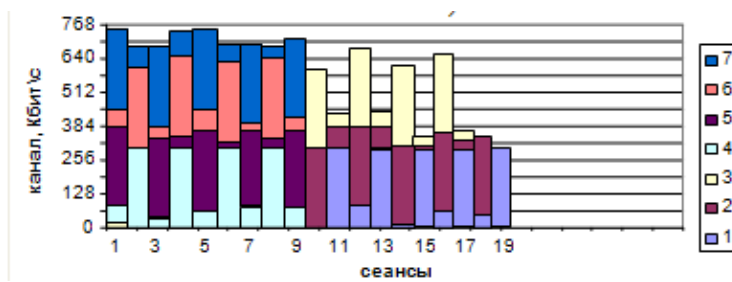


Рис.F2. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Большие вперед» (пропускная способность 768 Кбит\с)

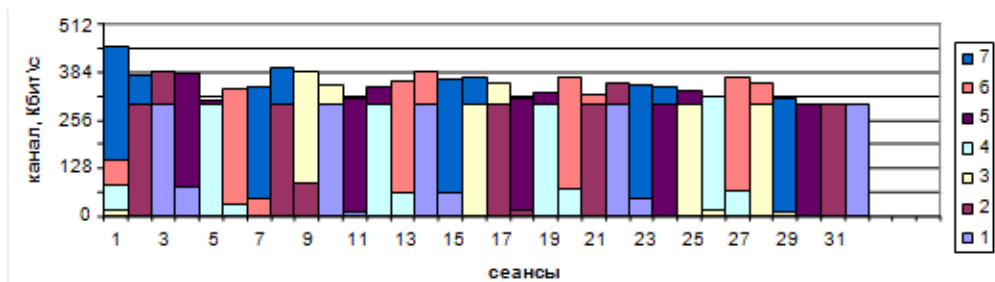


Рис.F3. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Вперед с более весомым продолжением» (пропускная способность 512 Кбит\с)

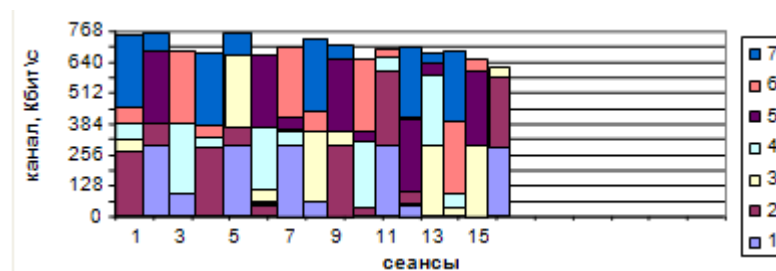


Рис.F4. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Вперед с более весомым продолжением» (пропускная способность 768 Кбит\с)

Базовое значение прерываемых работ 400

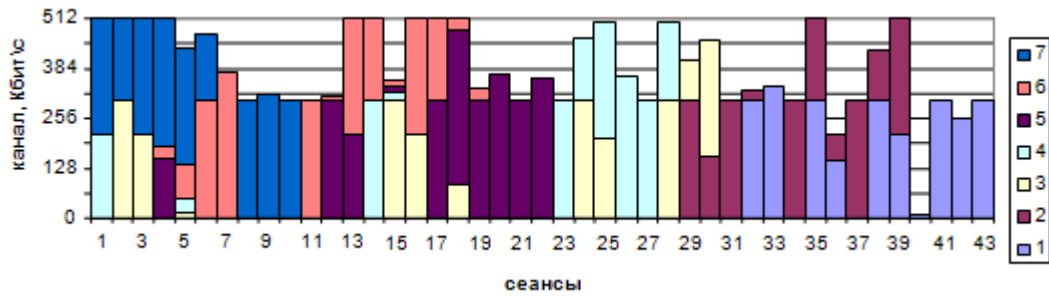


Рис.Ф5. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Большие вперед» (пропускная способность 512 Кбит\с)

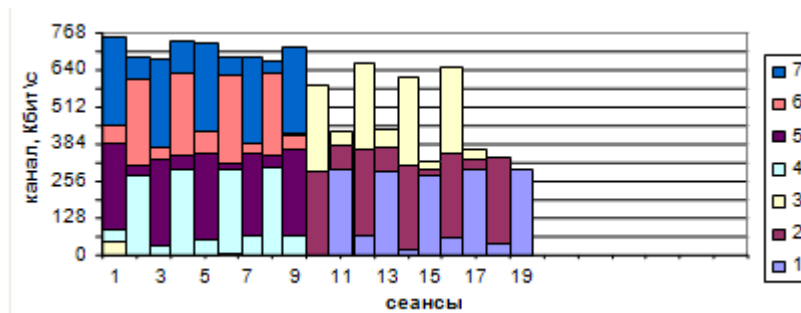


Рис.Ф6. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Большие вперед» (пропускная способность 768 Кбит\с)

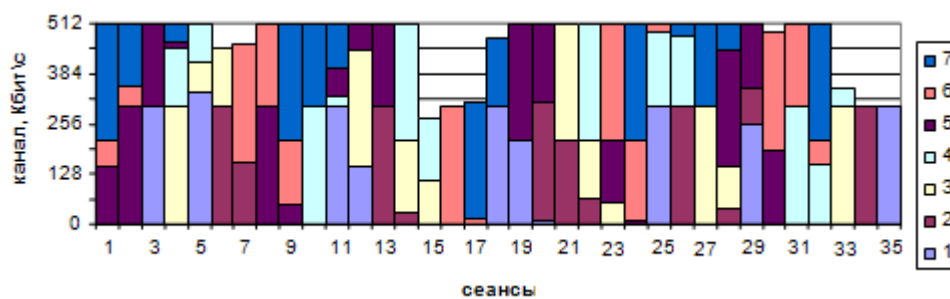


Рис.Ф7. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Вперед с более весомым продолжением» (пропускная способность 512 Кбит\с)

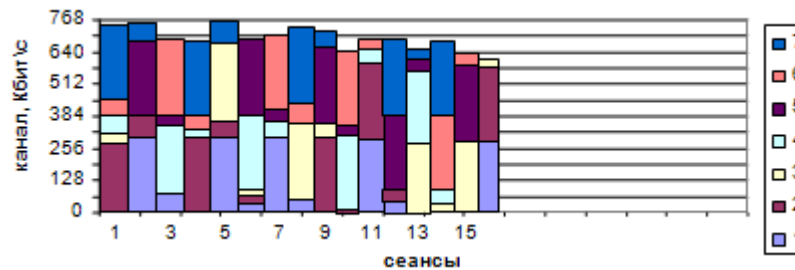


Рис.Ф8. Организация загрузки канала связи , построенная по правилу «Вперед с более весомым продолжением» (пропускная способность 768 Кбит\с)

Приложение G

1. Диаграммы «Продолжительности расписания информационного процесса ДО», состоящего из 7 курсов

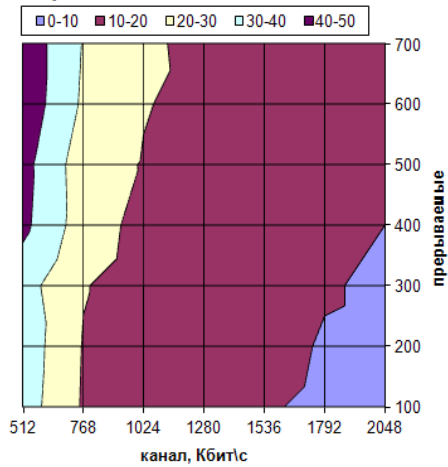


Рис. G1. Продолжительность (сеансы), 1 метод

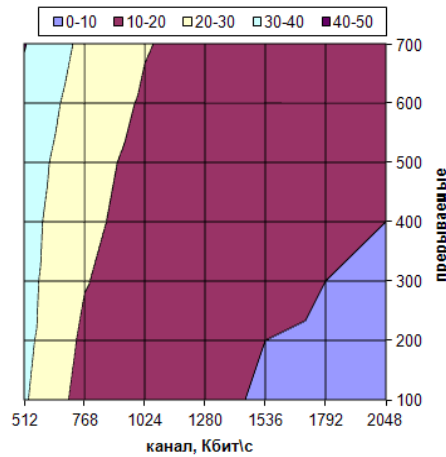


Рис. G2. Продолжительность (сеансы), 2 метод

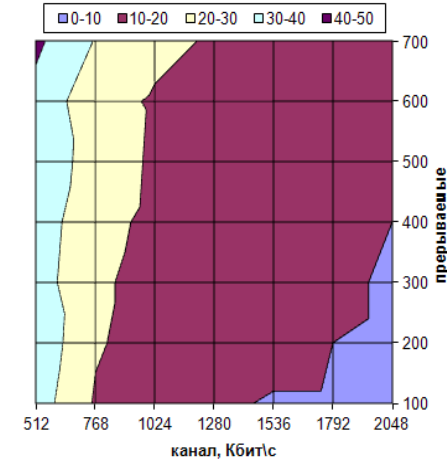


Рис. G3. Продолжительность (сеансы), 3 метод

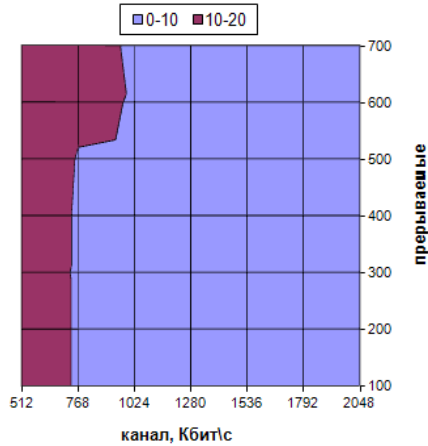


Рис. G4. Продолжительность (сеансы) на 3 МК, 1 метод

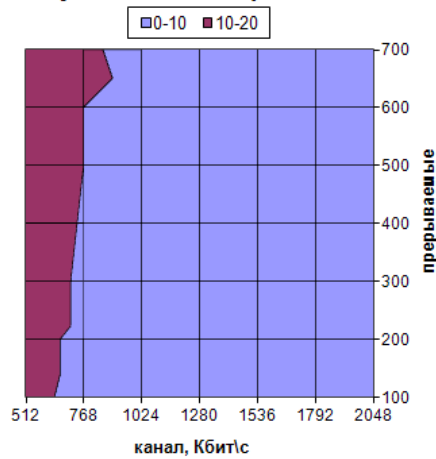


Рис. G5. Продолжительность (сеансы) на 3 МК, 2 метод

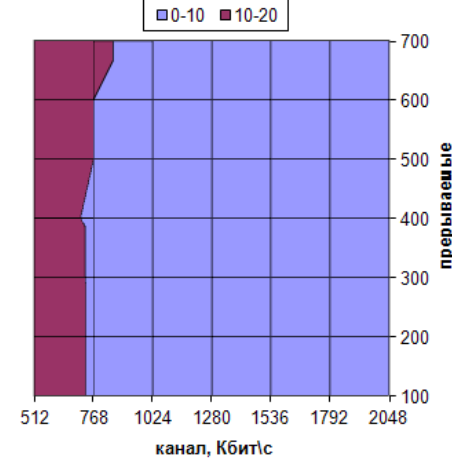


Рис. G6. Продолжительность (сеансы) на 3 МК, 3 метод

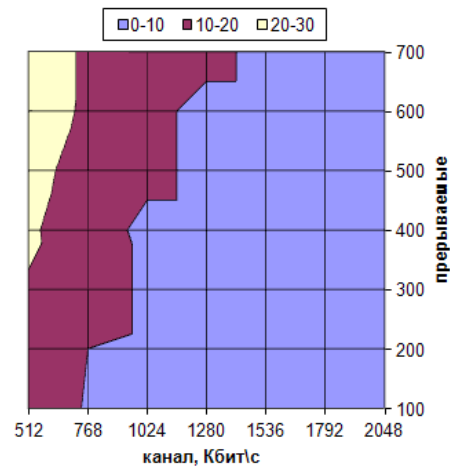


Рис. G7. Продолжительность (сеансы) на 2 МК, 1 метод

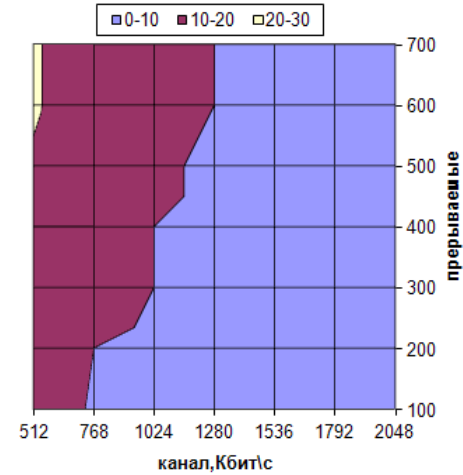


Рис. G8. Продолжительность (сеансы) на 2 МК, 2 метод

2. Диаграммы «Продолжительности расписания информационного процесса ДО», с увеличением числа курсов

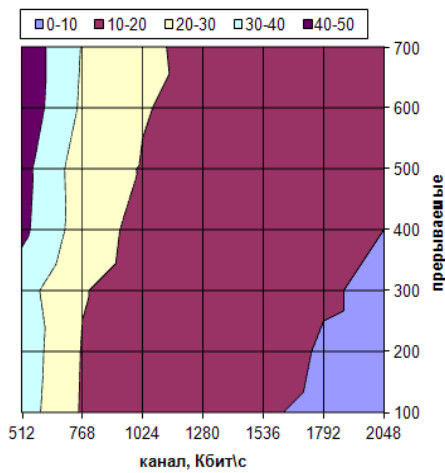


Рис. G9. Продолжительность (сеансы), 1 метод 7 курсов

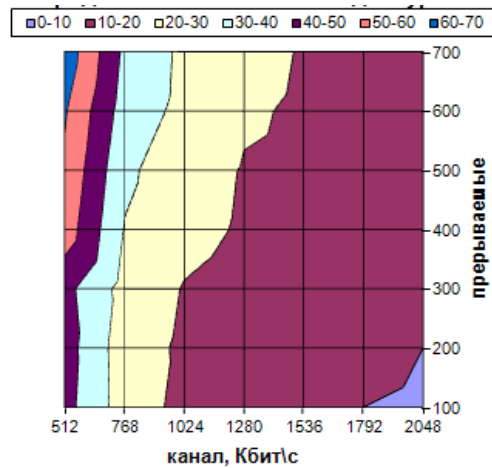


Рис. G10. Продолжительность (сеансы), 1 метод 9 курсов

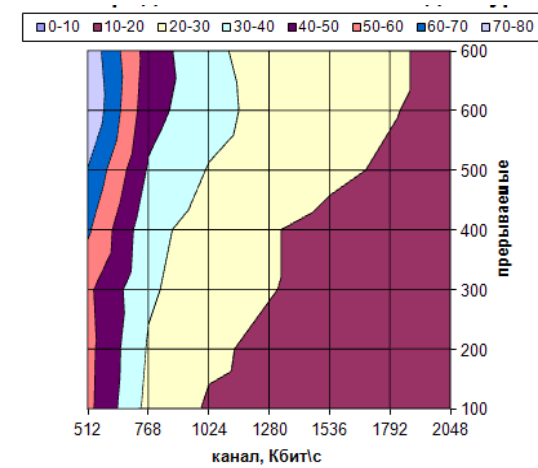


Рис. G11. Продолжительность (сеансы), 1 метод 11 курсов

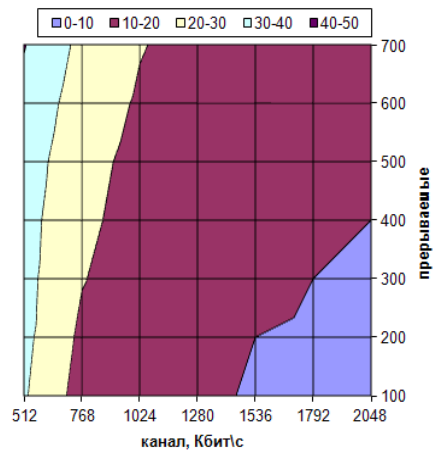


Рис. G12. Продолжительность (сеансы), 2 метод 7 курсов

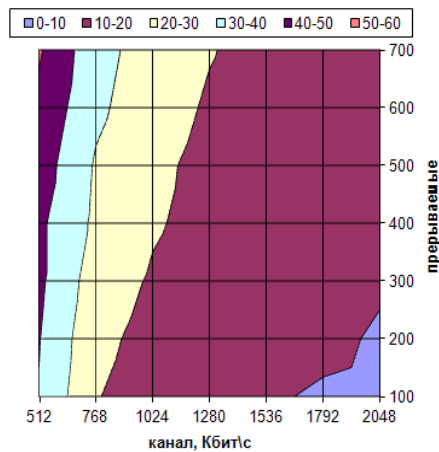


Рис. G13. Продолжительность (сеансы), 2 метод 9 курсов

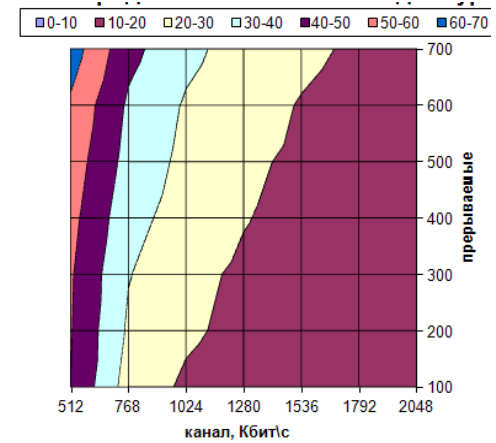


Рис. G14. Продолжительность (сеансы), 2 метод 11 курсов

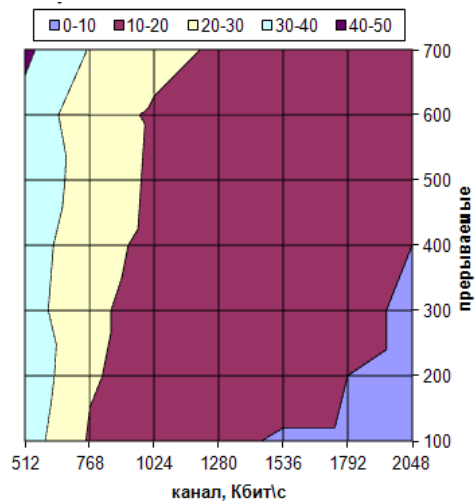


Рис. G15. Продолжительность (сеансы), 3 метод 7 курсов

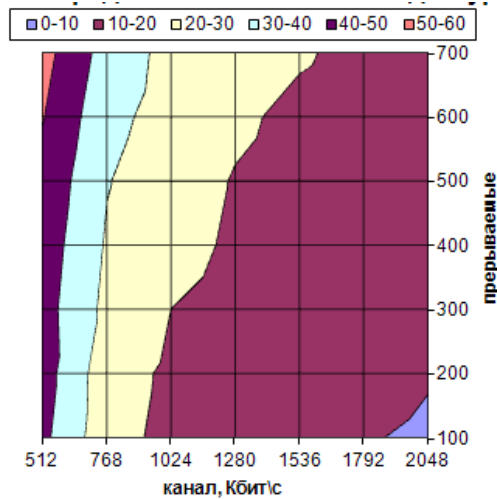


Рис. G16. Продолжительность (сеансы), 3 метод 9 курсов

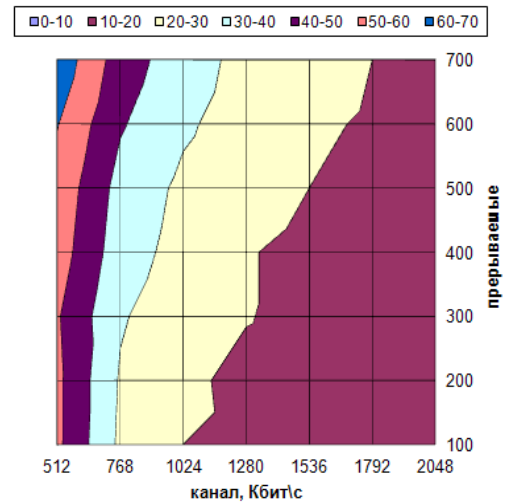


Рис. G17. Продолжительность (сеансы), 3 метод 11 курсов

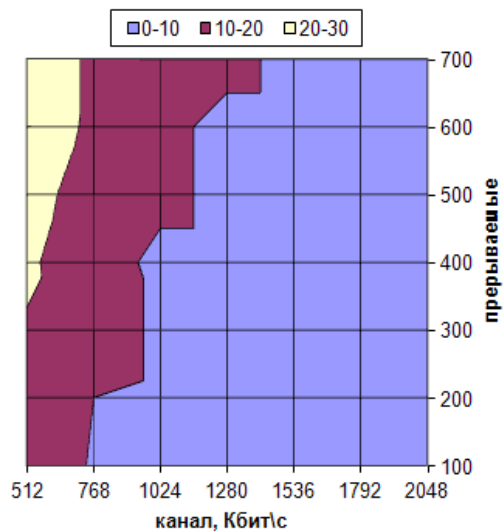


Рис. G18. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 1 метод 7 курсов

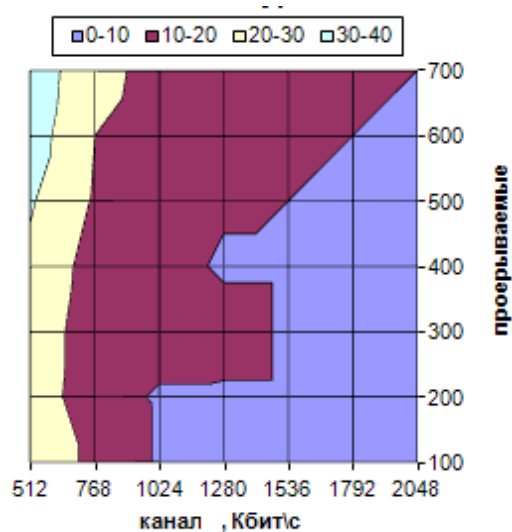


Рис. G19. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 1 метод 9 курсов

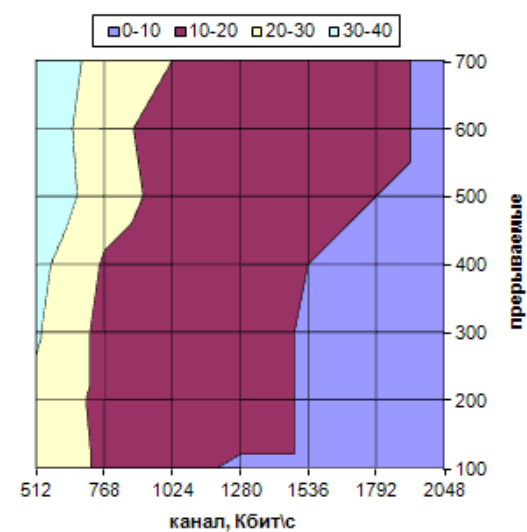


Рис. G20. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 1 метод 11 курсов

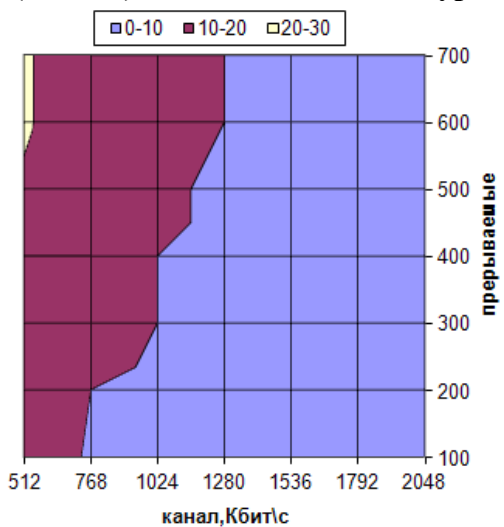


Рис. G21. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 2 метод 7 курсов

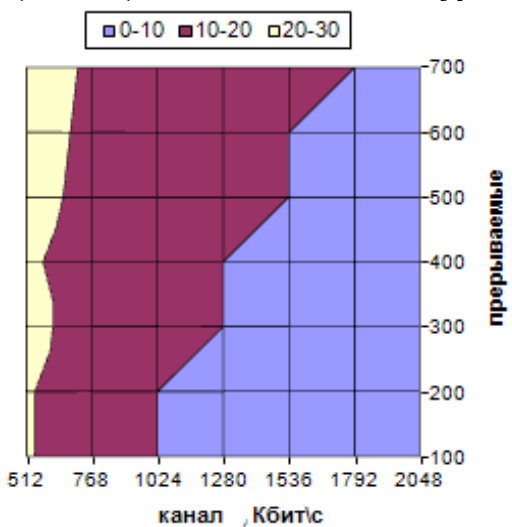


Рис. G22. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 2 метод 9 курсов

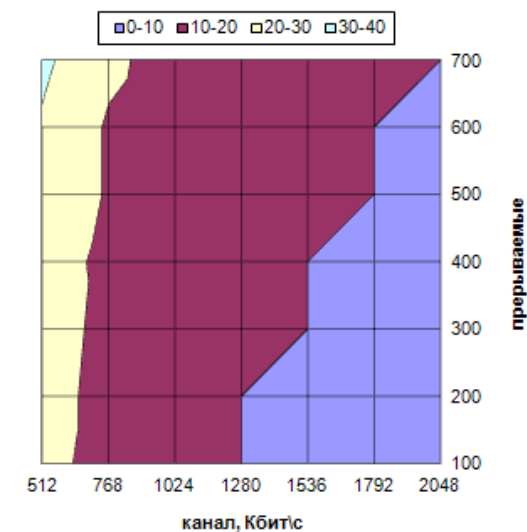


Рис. G23. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 2 метод 11 курсов

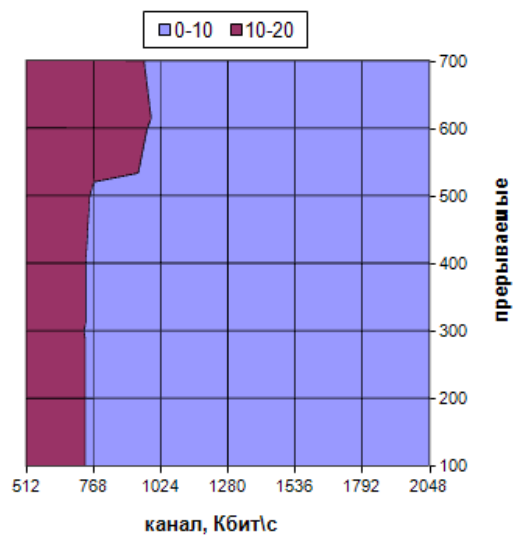


Рис. G24. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 1 метод 7 курсов

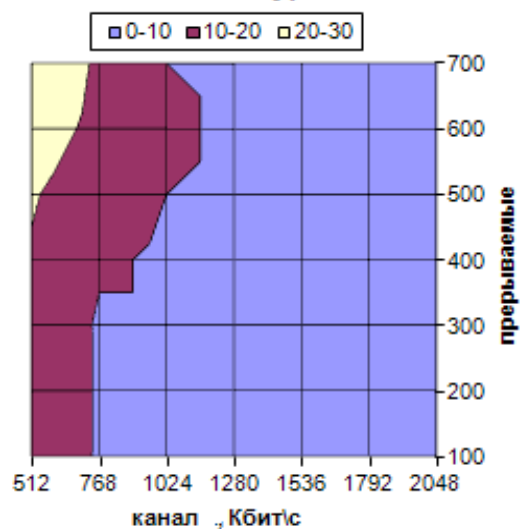


Рис. G25. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 1 метод 9 курсов

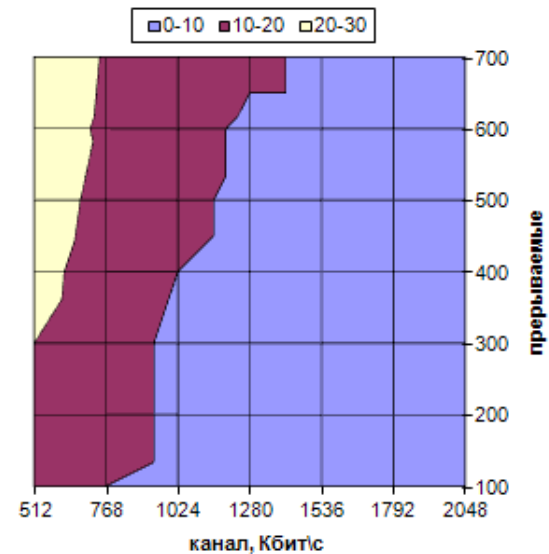


Рис. G26. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 1 метод 11 курсов

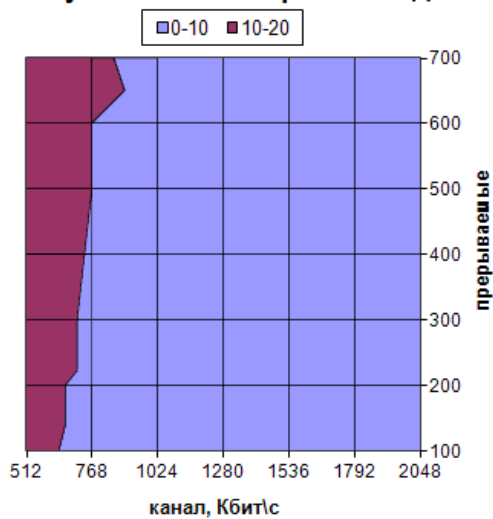


Рис. G27. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 2 метод 7 курсов

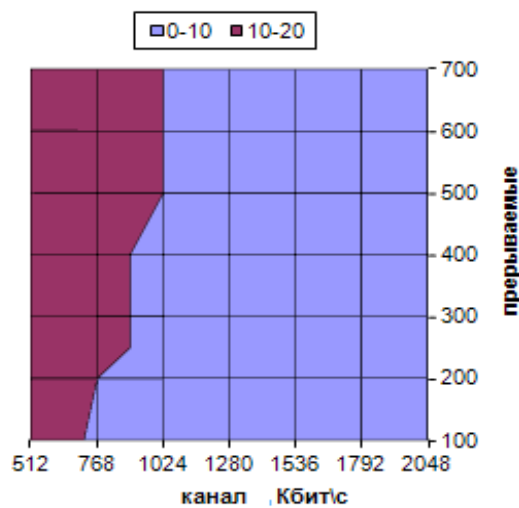


Рис. G28. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 2 метод 9 курсов

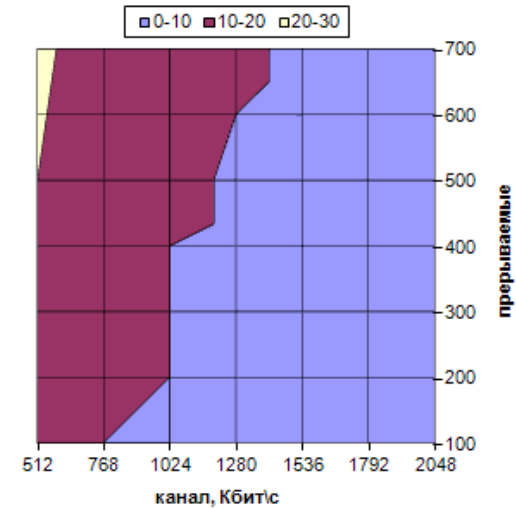


Рис. G29. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 2 метод 11 курсов

3. Диаграммы изменения «Простоев в связи с реализацией информационного процесса ДО»

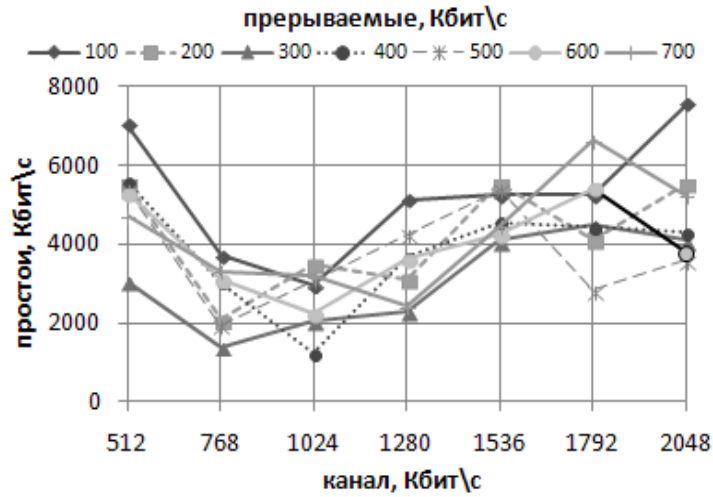


Рис. G30. Объем простоев 7 курсов 1 метод

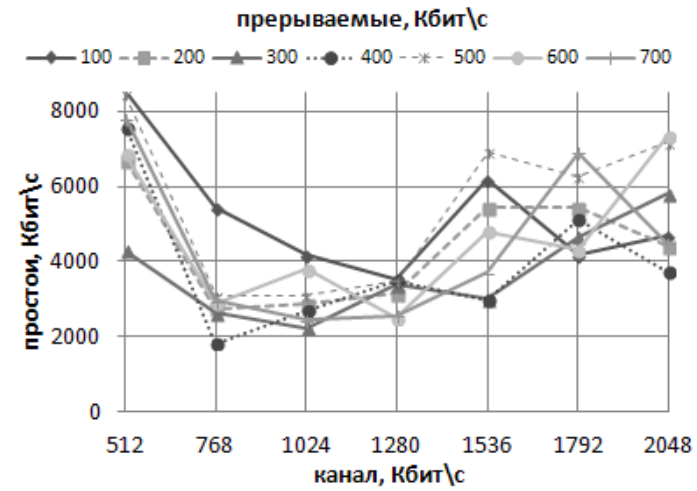


Рис. G31. Объем простоев 9 курсов 1 метод

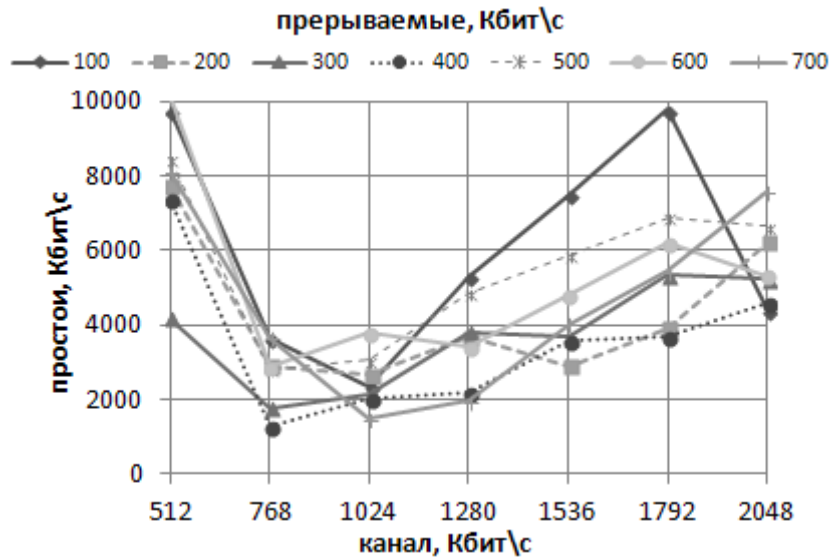


Рис. G32. Объем простоев 11 курсов 1 метод

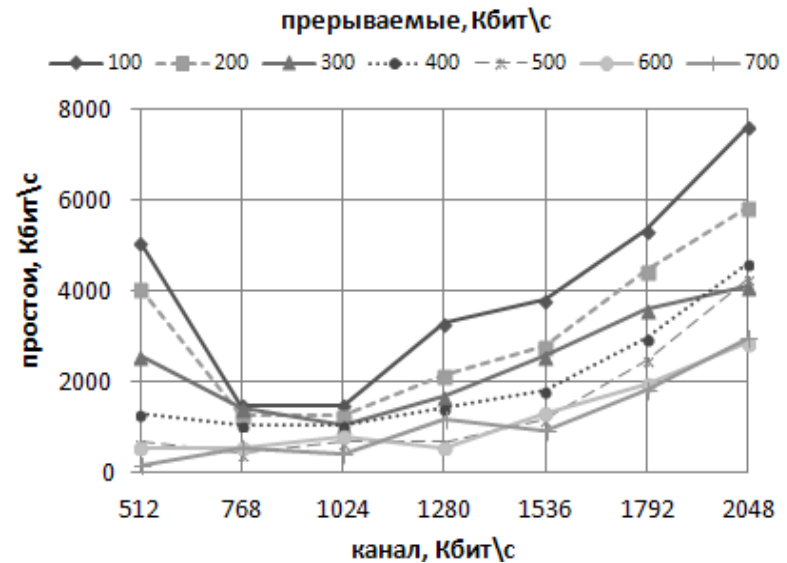


Рис. G33. Объем простоев 7 курсов 2 метод

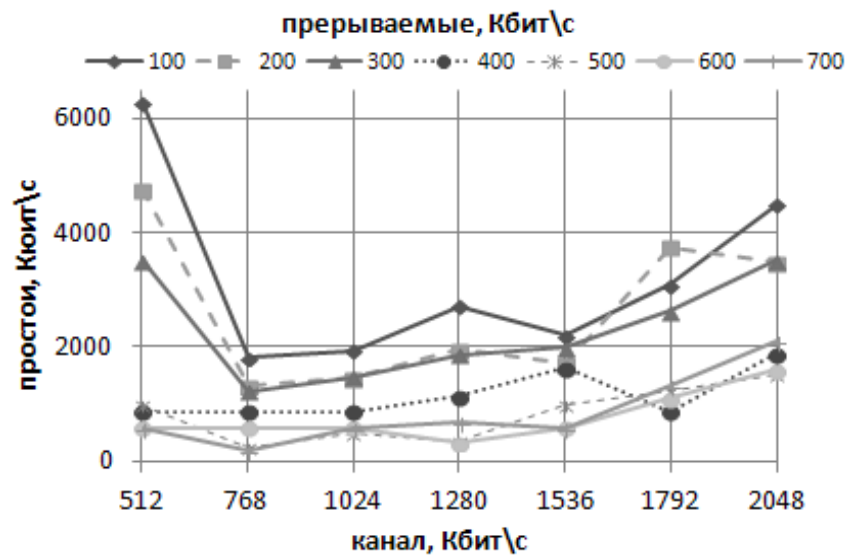


Рис. G34. Объем простоев 9 курсов 2 метод

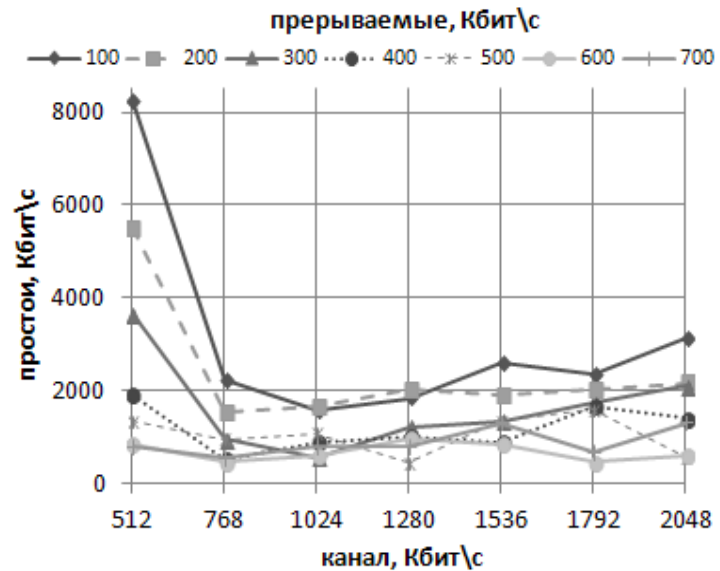


Рис. G35. Объем простоев 11 курсов 2 метод прерываемые, Кбит/с

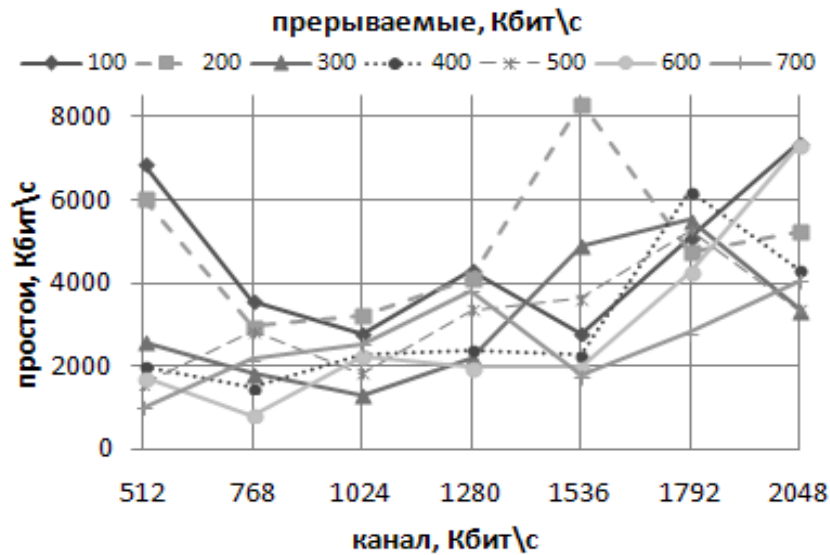


Рис. G36. Объем простоев 7 курсов 3 метод

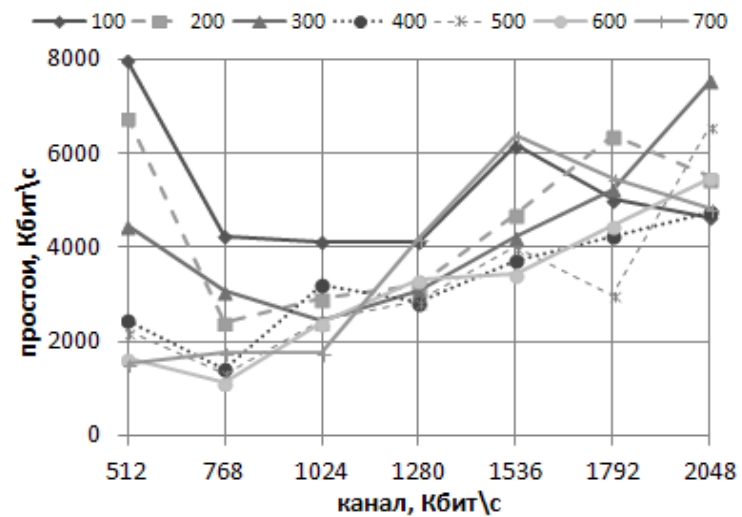


Рис. G37. Объем простоев 9 курсов 3 метод

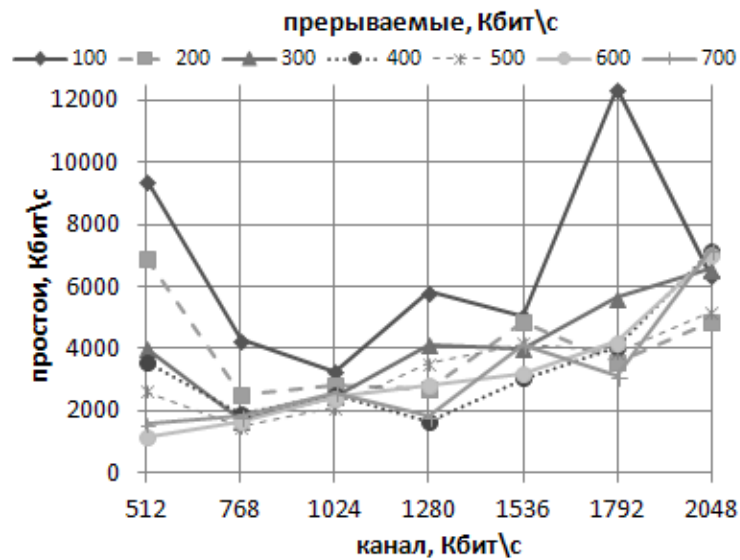


Рис. G38. Объем простоев 11 курсов 3 метод

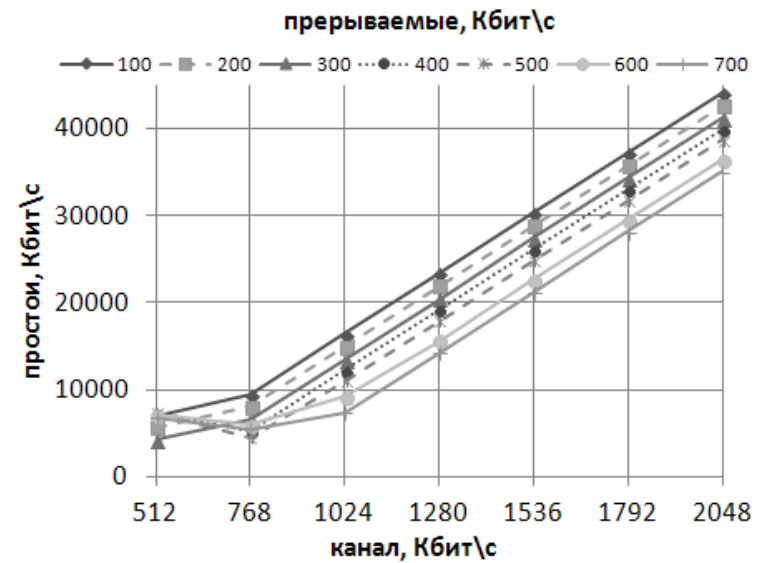


Рис. G39. Объем простоев на 3 МК 7курсов 1 метод

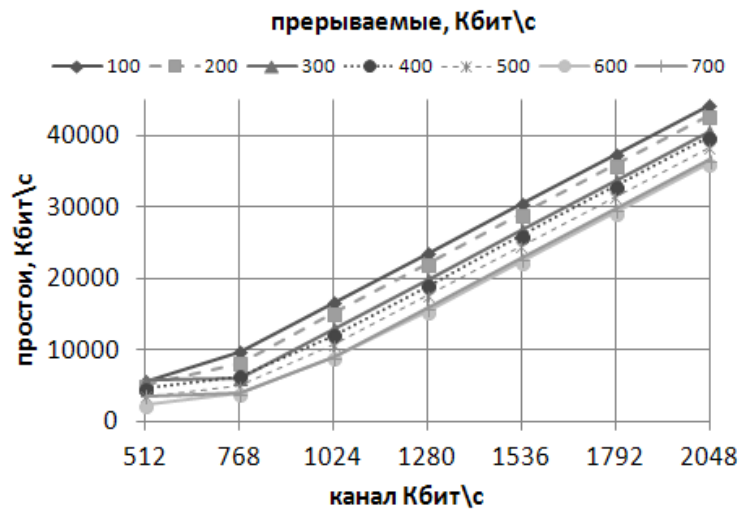


Рис. G40. Объем простоев на 3 МК 7курсов 2 метод

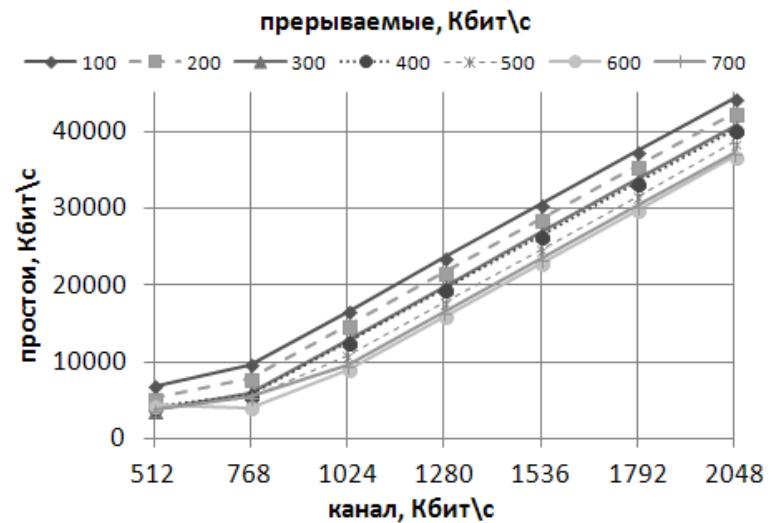


Рис. G41. Объем простоев на 3 МК 7курсов 3 метод

4. Изменение состава курсов: 2 метод, «Вперед с большим продолжением»

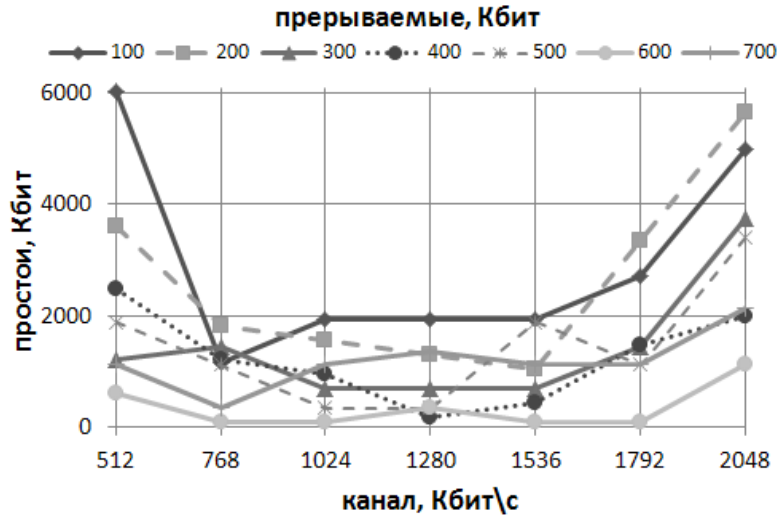


Рис. G42. Объем простоев 4(по 5)+5(по 9) 2 метод

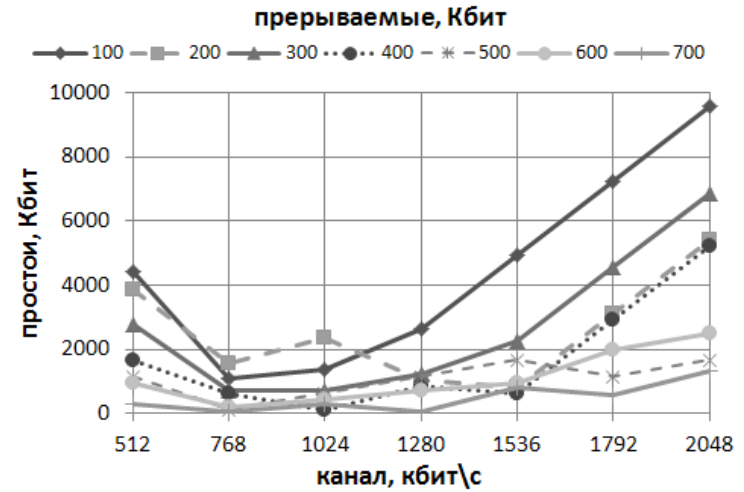


Рис. G43. Объем простоев 6(по 5)+3(по 9) 2 метод

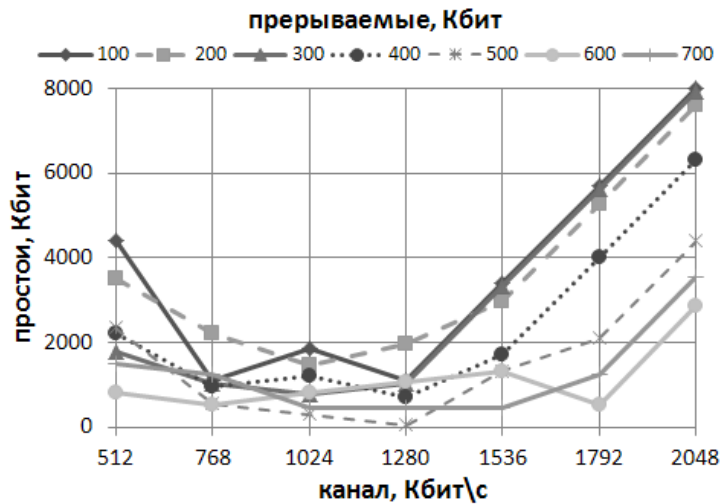


Рис. G44. Объем простоев 8(по 5)+1(по 9) 2 метод

5. Диаграммы изменения «Продолжительности и простоев», при мультиконтейнерной реализацией информационного процесса ДО, по 1-му методу «Большие вперед»

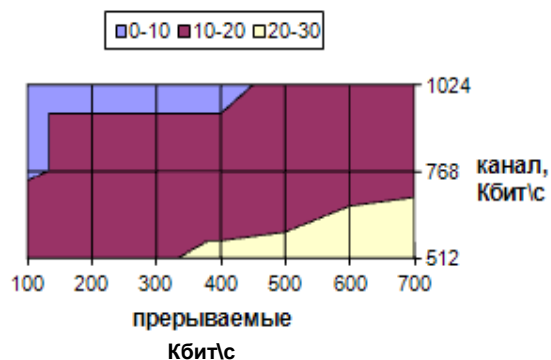


Рис. G45. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 1 метод 7 курсов

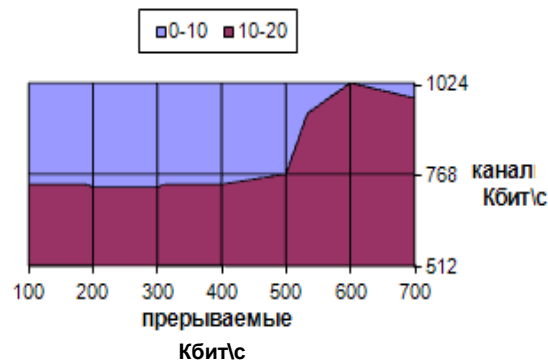


Рис. G46. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 1 метод 7 курсов

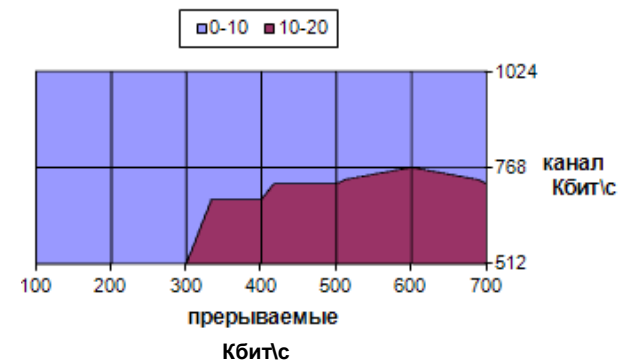


Рис. G47. Продолжительность (сеансы) на 4 МК 1 метод 7 курсов

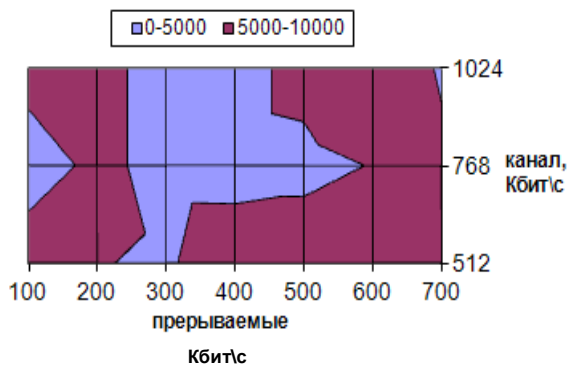


Рис. G48. Суммарные простои (Кбит/с), 2 МК

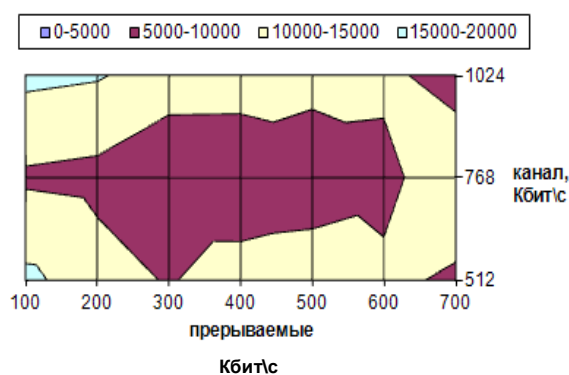


Рис. G49. Суммарные простои (Кбит/с), 3 МК

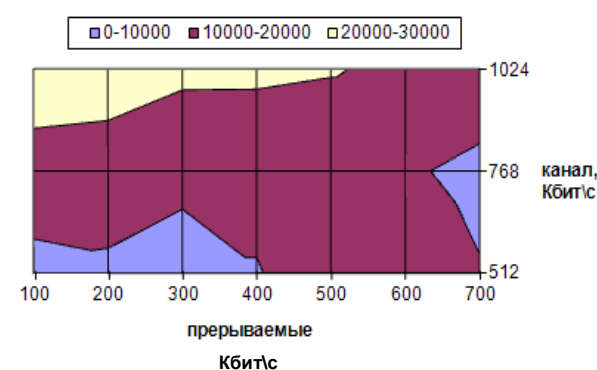


Рис. G50. Суммарные простои (Кбит/с), 4 МК

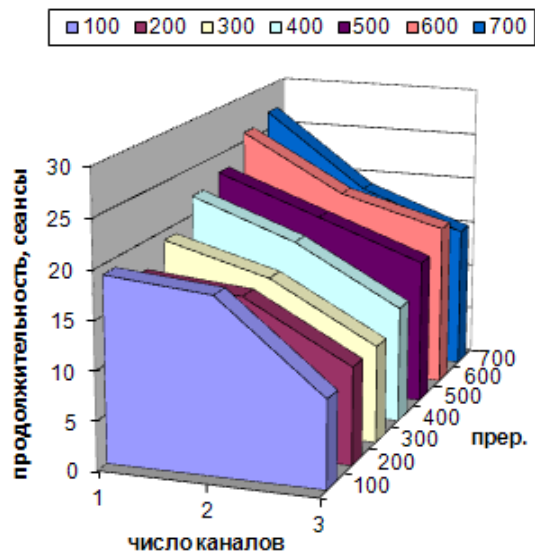


Рис. G51. 1 метод, канал 512 Кбит\с

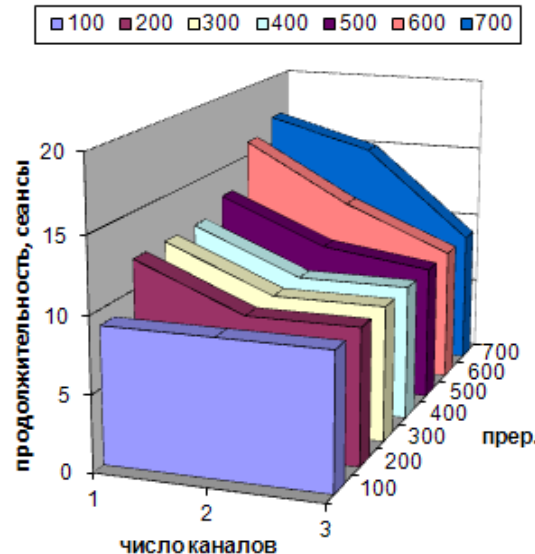


Рис. G52. 1 метод, канал 768 Кбит\с

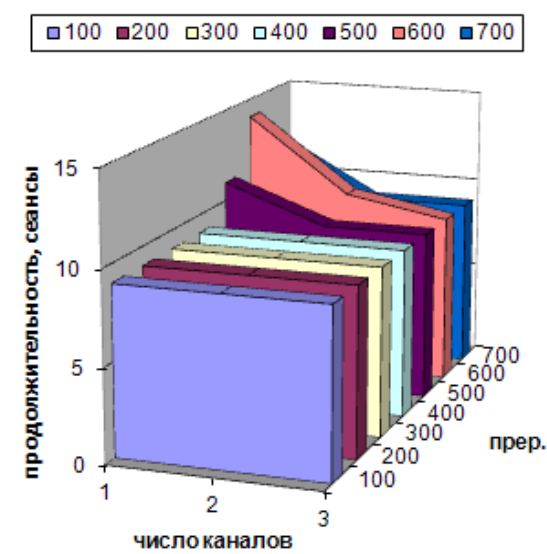


Рис. G53. 1 метод, канал 1024 Кбит\с

б. Диаграммы изменения «Продолжительности и простоев», при мультиконтейнерной реализации информационного процесса ДО, по 2-му методу «Вперед с большим продолжением»

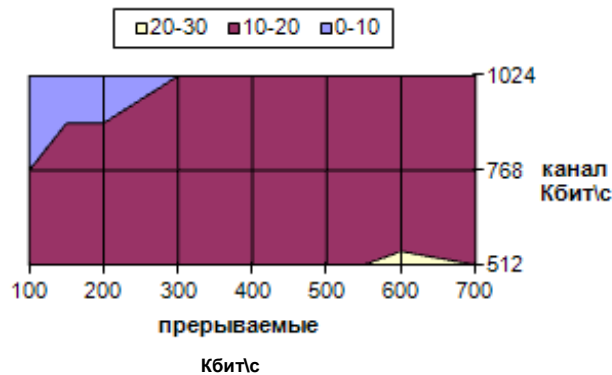


Рис. G54. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 2 метод 7 курсов

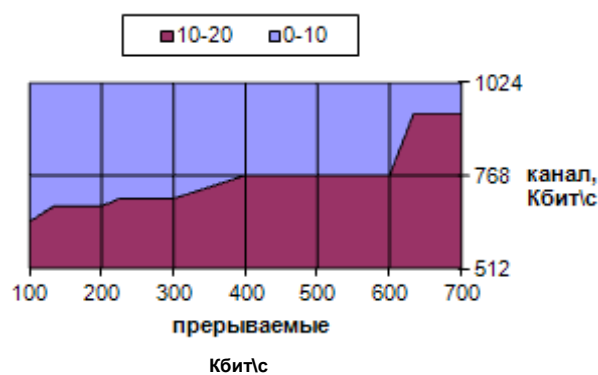


Рис. G55. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 2 метод 7 курсов

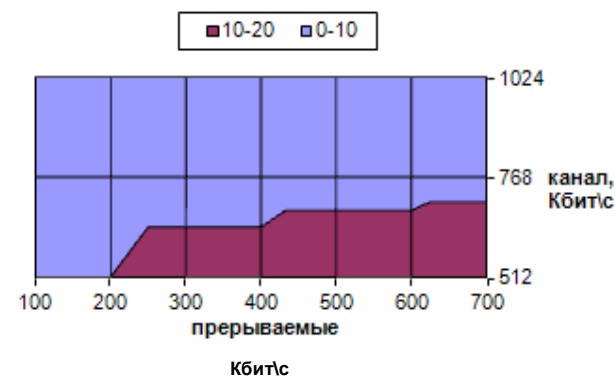


Рис. G56. Продолжительность (сеансы) на 4 МК 2 метод 7 курсов

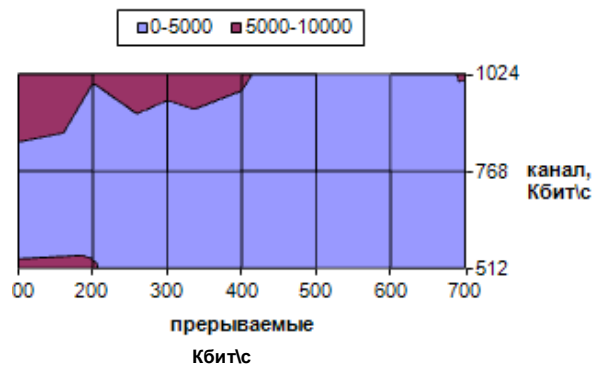


Рис. G57. Суммарные простои (Кбит\с), 2 МК

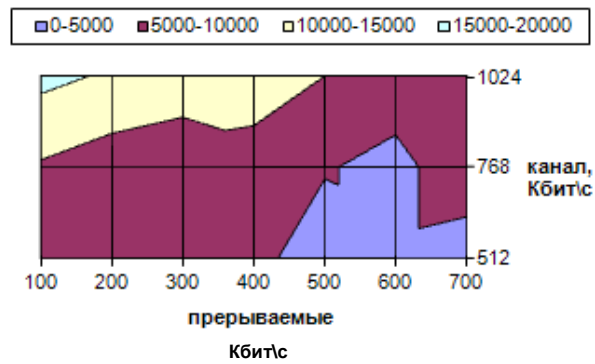


Рис. G58. Суммарные простои (Кбит\с), 3 МК

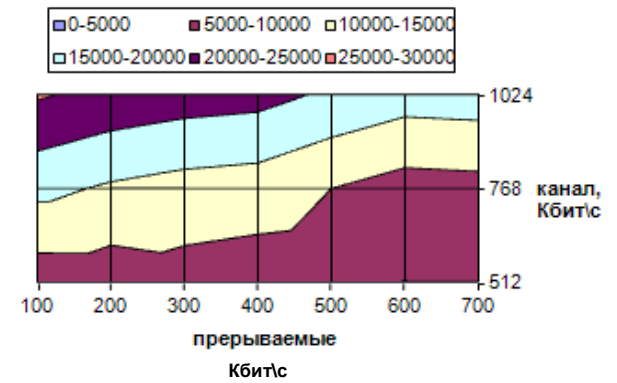


Рис. G59. Суммарные простои (Кбит\с), 4 МК

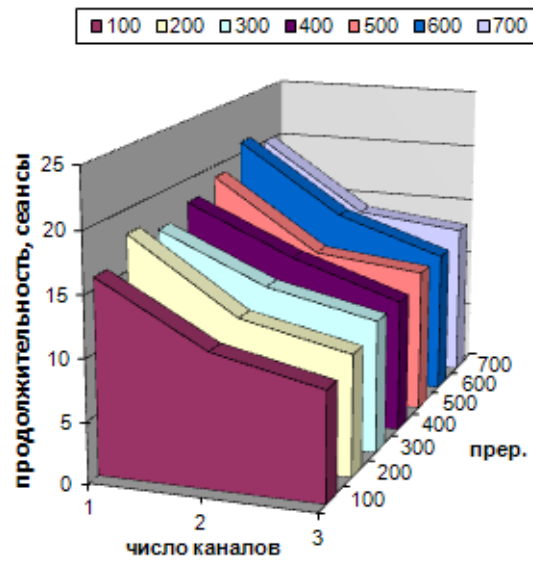


Рис. G60. 2 метод, канал 512 Кбит\с

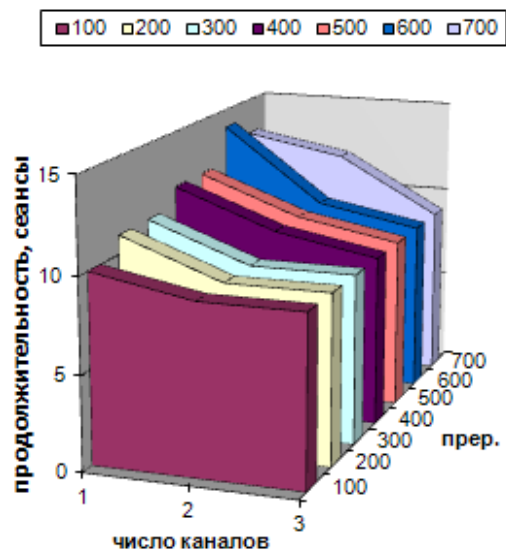


Рис. G61. 2 метод, канал 768 Кбит\с

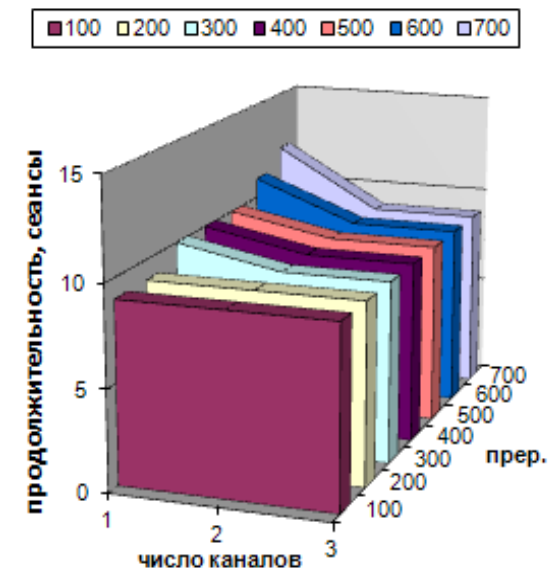


Рис. G62. 2 метод, канал 1024 Кбит\с

7. Диаграммы изменения «Продолжительности и простоев», при мультиконтейнерной реализации информационного процесса ДО, по 3-му методу «Большие непрерывные вперед»

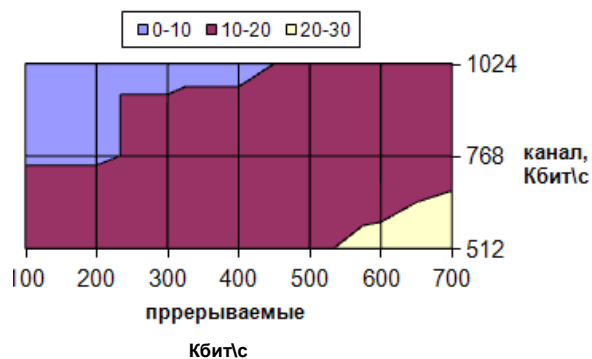


Рис. G63. Продолжительность (сеансы) на 2 МК 3 метод 7 курсов

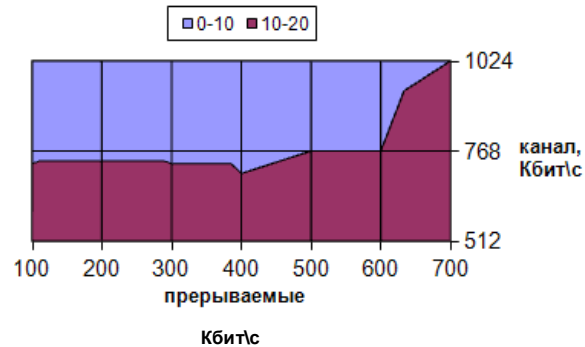


Рис. G64. Продолжительность (сеансы) на 3 МК 3 метод 7 курсов

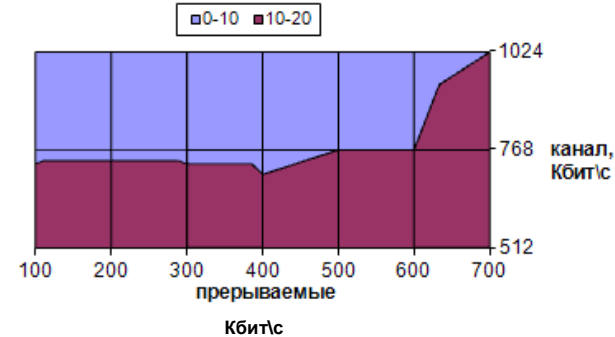


Рис. G65. Продолжительность (сеансы) на 4 МК 3 метод 7 курсов

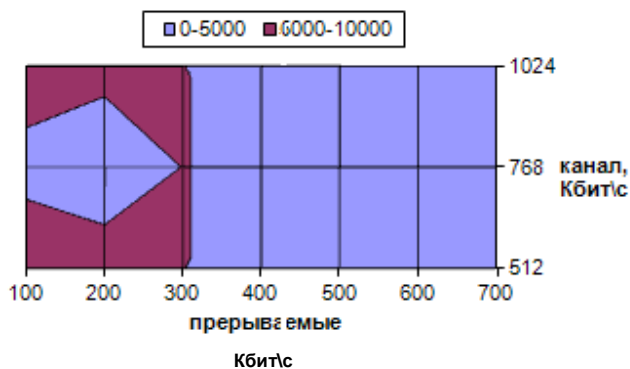


Рис. G66. Суммарные простои (Кбит\с), 2 МК

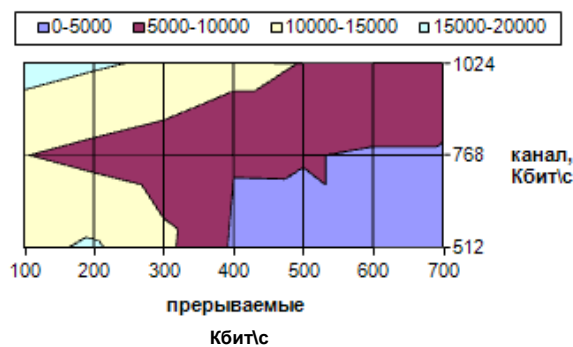


Рис. G67. Суммарные простои (Кбит\с), 3 МК

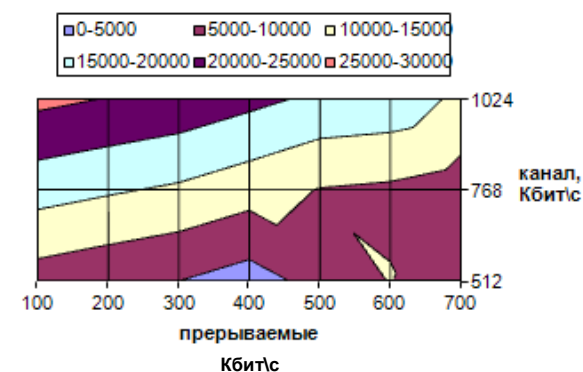


Рис. G68. Суммарные простои (Кбит\с), 4 МК

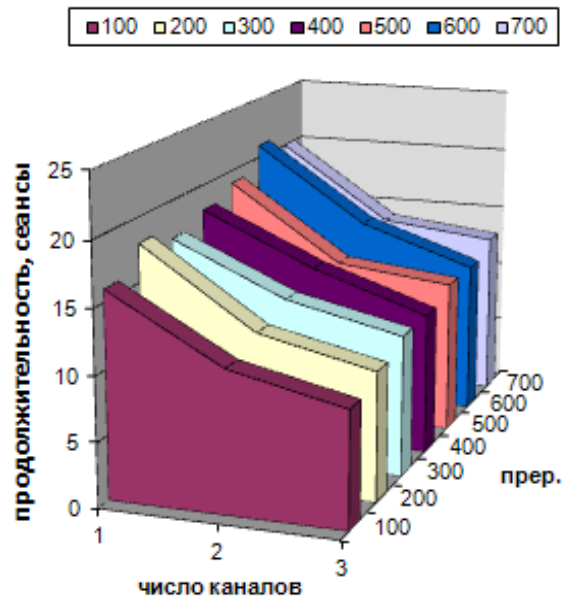


Рис. G69. 3 метод, канал 512 Кбит\с

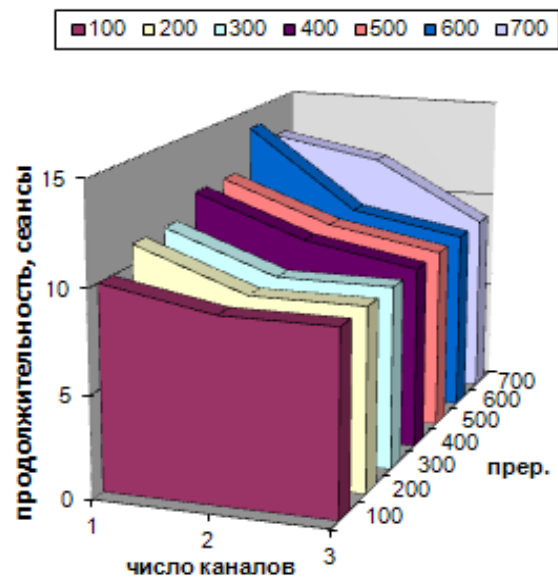


Рис. G70. 3 метод, канал 768 Кбит\с

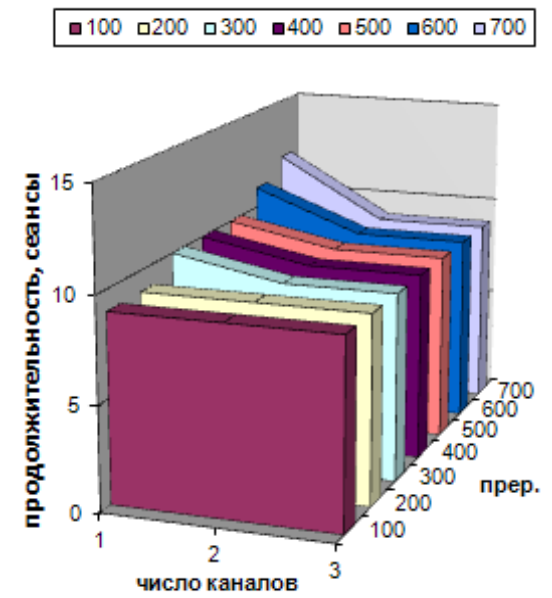


Рис. G71. 3 метод, канал 1024 Кбит\с