



Д.П. Олишевский, Б.Ю. Сербиновский

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ
ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ
ЦЕНТРОМ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южный федеральный университет»**

Д.П. Олишевский, Б.Ю. Сербиновский

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ
ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ
ЦЕНТРОМ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Ростов-на-Дону

2009

УДК 658.5:004.9
ББК У 65:32.9686
О 54

Рецензенты:

Доктор физико-математических наук, профессор *И.А. Наталуха*

Доктор экономических наук, профессор *Е.Н. Ефимов*

Олишевский Д.П.

О 54 Моделирование и анализ организации и управления центром коллективного пользования / Д.П. Олишевский, Б.Ю. Сербиновский; Юж. федеральный ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009. – 135 с.

ISBN 978-5-88998-974-5

В монографии исследуется проблема организации научно-исследовательских работ и управления центром коллективного пользования уникальным исследовательским оборудованием с применением методов экономико-математического моделирования и анализа.

Книга предназначена для преподавателей, аспирантов и студентов, изучающих проблемы организации и управления научными исследованиями, а также специалистов-практиков сферы образования.

УДК 658.5:004.9
ББК У 65:32.9686

ISBN 978-5-88998-974-5

© Олишевский Д.П.,
Сербиновский Б.Ю.,
Южный федеральный
университет, 2009

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ КОМПЛЕКСОМ	8
1.1 Специфика и проблемы оказания наукоемких услуг научно-исследовательским комплексом	8
1.2 Методы моделирования и анализа организации процессов оказания наукоемких услуг	18
1.3 Концептуальная модель организации и управления Центром коллективного пользования при оказании наукоемких услуг	27
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ В ЦЕНТРЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЮЖНОГО КОРПОРАТИВНОГО УНИВЕРСИТЕТА	48
2.1 Модельное представление производственной структуры Центра коллективного пользования и системы организации оказания наукоемких услуг	48
2.2 Разработка модели управления загрузкой научного оборудования с применением теории массового обслуживания	56
2.3 Разработка имитационной модели и исследование процессов обслуживания однородных заявок	70
3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ ЦЕНТРОМ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	85
3.1 Разработка алгоритма, имитационное моделирование и управление потоками заявок с разными приоритетами.	85
3.2 Результаты имитационного моделирования и их использование в управлении производством наукоемких услуг Центром коллективного пользования Южного корпоративного университета	96
3.3 Анализ эффективности применения комплекса моделей в управлении Центром коллективного пользования Южного корпоративного университета	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
ЛИТЕРАТУРА	112
ПРИЛОЖЕНИЯ	126

ВВЕДЕНИЕ

Одной из ключевых проблем любого хозяйствующего субъекта является эффективное использование основных фондов. Задача эффективного использования оборудования в полной мере стоит и перед предприятиями научно-исследовательского профиля. Сегодня перед научно-исследовательским комплексом РФ существует проблема оснащенности научным оборудованием, связанная, как с недостаточным финансированием науки за последние десятилетия, так и с физическим и моральным износом имеющегося научного оборудования.

Создание центров коллективного пользования (ЦКП) является наиболее эффективным путем обеспечения научных исследований современным дорогостоящим аналитическим оборудованием. Их успешное функционирование и развитие основывается на ориентации на потребителей наукоемких услуг. Однако остается открытым вопрос повышения эффективности работы ЦКП и поэтому одной из стратегически важных задач является обеспечение максимальной загрузки оборудования, в том числе для оказания наукоемких услуг, которые могут обеспечить коммерческий эффект.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью разработки комплексного подхода и моделей, позволяющих совершенствовать организацию научно-исследовательских работ (НИР) и управление мощностями научно-исследовательских комплексов на основе алгоритмов имитационного моделирования функционирования ЦКП и теории массового обслуживания. В научно-исследовательском аспекте актуальность данной проблемы подтверждается целью Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2012 годы», которая обозначена как развитие научно-технологического потенциала для реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Основой повыше-

ния научно-технологического потенциала служит развитие инновационной инфраструктуры и конкретно сети ЦКП научным оборудованием.

В настоящее время уделяется значительное внимание вопросам функционирования научно-исследовательских комплексов в форме ЦКП научным оборудованием. Эта проблематика рассматривается в работах ученых и специалистов-практиков – А.А. Балдина, З.И. Зеликовского, М.М. Клузмана, С.А. Кунгурцева, Ф.Н. Лисецкого, А.Е. Панича, А.А. Праницкого, С.В. Ратнера, В.П. Свечкарева, Б.Ю. Сербиновского, З.А. Темердашева, А.И. Шелгунова, Г.В. Шепелева, Ю.П. Фомичева и других.

В современных условиях основным методом сравнения различных вариантов ответственных решений при управлении техническими, экономическими, организационными и другими сложными системами служит математическое моделирование, в частности, одно из важнейших его направлений – имитационное моделирование. Несомненным достоинством имитационного моделирования является возможность получения результатов в тех случаях, когда аналитические методы моделирования не дают адекватных результатов.

Тем не менее, вопросу управления научными мощностями ЦКП различного типа, не было уделено должного внимания, поэтому в данной работе проводится разработка и создание эффективной организации управления оказанием услуг ЦКП.

Проблемы анализа и имитационного моделирования предметной области и оценки качества функционирования систем массового обслуживания рассмотрены в работах С.А. Аристова, Г. Буча, Н.В. Белотелова, Ю.Н. Бродского, Б.В. Гнеденко, А. Джекобсона, Н.К. Джейсуола, А.А. Емельянова, Ю.Г. Карпова, Н. Б. Кобелева, Н. Н. Лычкиной, Ю.Н. Павловского, Т.Л. Саати, В.В. Федосеева, Р. Шеннона и других.

Объектом исследования выступают ЦКП научным оборудованием, особое внимание уделено ЦКП научным оборудованием «Высокие технологии» Южного корпоративного университета.

Предмет исследования – социально-экономические отношения, возникающие в ЦКП в процессе организации НИР, информационные и экономические процессы, связанные с управлением выполнения заявок на использование научного оборудования.

Целью исследования является моделирование и анализ организации и управления оказанием наукоемких услуг ЦКП, направленные на повышение эффективности использования научных мощностей.

В ходе исследования использовались труды ведущих отечественных и зарубежных авторов, посвященные проектированию и моделированию поведения экономических субъектов и систем массового обслуживания, вопросам управления системами массового обслуживания, методам имитационного моделирования и анализа предметной области, материалы научных конференций и публикации в периодической печати.

В качестве инструментария исследования выступили наблюдение, эксперимент, системный анализ, методы теории массового обслуживания и теории вероятностей, унифицированный язык моделирования UML и имитационное моделирование, а также современное программное обеспечение общего и специального назначения: Microsoft Office, AnyLogic5, Java.

Эмпирической базой исследования послужили результаты анализа деятельности ЦКП научным оборудованием, в том числе ЦКП «Высокие технологии» Южного корпоративного университета, а также данные, собранные в результате проведения экспериментов с использованием разработанной имитационной модели.

Основные теоретические результаты работы представлены в виде комплексного подхода к совершенствованию организации и управления оказанием наукоемких услуг и концептуальной модели ЦКП, включающей систему правил обслуживания заявок.

В ходе исследования были апробированы разработанные имитационная модель ЦКП и алгоритм системы управления на ее основе, позволяющего осу-

ществлять оперативный анализ и оптимальное управление распределенной системой массового обслуживания в различных областях.

Авторы выражает глубокую благодарность декану факультета высоких технологий Южного федерального университета, профессору, доктору технических наук А.Е. Паничу, профессору, доктору технических наук В.А. Петракову и профессору, кандидату технических наук В.П. Свечкареву за оказанную помощь при проведении настоящего исследования, а также профессору, доктору физико-математических наук И.А. Наталухе и профессору доктору экономических наук Е.Н. Ефимову за ценные рекомендации и замечания, которые были учтены при доработке текста монографии.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ КОМПЛЕКСОМ

1.1 Специфика и проблемы оказания наукоемких услуг научно-исследовательским комплексом

Предварительные результаты исследования предметной области определили необходимость разработки комплексного подхода к совершенствованию организации и управления оказанием наукоемких услуг. Поэтому в первую очередь был проведен анализ существующей системы научно-исследовательских организаций РФ, а также особенности и проблемы их функционирования.

Специфика научно-исследовательской деятельности, состоящая в необходимости использования дорогостоящего оборудования, обуславливает необходимость анализа проблемы обеспечения научных исследований современным аналитическим оборудованием и повышения эффективности его использования, а также выявления существующих путей решения данной проблемы, таких, как создание центров коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием. Бурный рост количества новых и усиление уже существующих ЦКП по всей стране происходили с середины 90-х годов сначала при поддержке РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), а с 2002 г. – Федеральных целевых программ [89, 90].

Наукоемкие услуги – услуги, предъявляющие высокие требования к квалификации персонала; услуги с высокими абсолютными затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Система организации научных исследований и оказания таких услуг, существующая в России, основана на четырех видах организаций:

- научно-исследовательские институты Академий наук, проводящие фундаментальные поисковые исследования;

- отраслевые, ведомственные научно-исследовательские институты и различные конструкторские бюро, специализирующиеся на прикладных исследованиях и опытно-конструкторских работах;

- подразделения высших учебных заведений, где тип научных исследований определяется статусом и специализацией ВУЗа (университеты – фундаментальные исследования, остальные – как правило, прикладные);

- частные предприятия научно-исследовательского и научно-производственного профиля.

В научных организациях существует проблема старения парка научного оборудования, существенного отставания базы исследовательского и аналитического оборудования от современного уровня развития технологий. Оборудование, а вместе с ним и проводимые исследования не вполне отвечают современным требованиям науки. Вместе с тем, остро стоит проблема высококвалифицированных кадров, способных работать на научном оборудовании и оказывать наукоемкие услуги. Вследствие кадровой проблемы возникают трудности с эффективным использованием имеющегося оборудования.

Достижению качественно нового уровня научных исследований и разработок способствует использование современной экспериментальной базы, в основе которой – многофункциональные исследовательские комплексы, позволяющие существенно расширить возможности экспериментальных исследований и интенсифицировать процесс их проведения. Повышение эффективности использования исследовательских комплексов уникального научного оборудования должно обеспечиваться за счет их высокой загрузки, что успешно осуществляется в ЦКП научным оборудованием [96]. Использование теории институциональной экономики позволяет найти эффективные решения проблемы использования уникального и дорогостоящего научного оборудования.

В данной работе мы будем придерживаться следующего определения ЦКП, основанного на приведенного в работе Национального информационно-аналитического центра по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем [97].

ЦКП научным оборудованием – это форма организации научной деятельности (как правило, на базе высших учебных или научно-исследовательских организаций), обеспечивающая режим коллективного пользования дорогостоящим научно-исследовательским и технологическим оборудованием структурными подразделениями базовой организации, а также сторонними пользователями.

История ЦКП в России началась за несколько лет до появления официального названия. В начале 60-х годов XX века В.А. Коптюг и Н.Н. Воронцов сформировали группу оптической спектроскопии, масс-спектрометрии и ядерного магнитного резонанса, оснащенную новейшим оборудованием, которая и послужила прототипом первого ЦКП. В.А. Коптюг всячески поддерживал инициативы разработки новых приборов в стране и компьютеризацию спектральных исследований. Понимая, что при современном динамичном развитии техники, компьютеров, научных приборов каждому институту не по силам иметь сложное научное оборудование, В.А. Коптюг уже в середине 70-х годов инициировал создание ЦКП [97].

С начала 80-х годов идея создания ЦКП в системе Минвуза РСФСР была особенно популярна, так как возможности обеспечить все вузы необходимым оборудованием и специалистами при общем экономическом спаде в стране становились все более ограниченными. Опыт создания ЦКП имел как положительные, так и отрицательные стороны. К положительным результатам можно отнести то, что была проведена инвентаризация оборудования и выявлены коллективы, способные обслуживать научные исследования высокого уровня. Отрицательный эффект заключался в том, что в погоне за количеством пострадало качество. Бюджетных средств для обеспечения качества было недостаточно, плохое управление не позволило ЦКП стать самокупаемыми, использовать имеющиеся технические и кадровые возможности для создания инновационной продукции и услуг. Сама идея создания и функционирования ЦКП была практически обесценена [86].

С 1994 г. РФФИ на регулярной основе начал проводить конкурсы на создание ЦКП уникальными приборами и оборудованием. По грантам РФФИ было создано 89 ЦКП, которые хорошо зарекомендовали себя в научном сообществе [100]. Работа этих центров преимущественно ориентирована на обеспечение исследований, выполняемых по грантам РФФИ. Использование ЦКП снижает затраты, связанные с закупкой и обслуживанием дорогостоящих прецизионных приборов, разработкой новых методик проведения измерений и экспериментов. Руководство РФФИ считает, что поддержка ЦКП является наиболее действенным путем обеспечения научных исследований современным аналитическим оборудованием. Это подтверждается опытом организации подобных центров в системе Российской Академии наук (РАН), где работа по формированию сети ЦКП началась в 80-е годы прошлого столетия [1; 71; 81; 82; 98; 99]. Начиная с 2005 г., поддержка развития ЦКП осуществляется в рамках реализации программного мероприятия «Содействие развитию сети центров коллективного пользования научным оборудованием» ФЦНТП [89]. Формирование сети ЦКП Роснаука осуществляла с учетом уже действующих ЦКП и распределения научно-технического потенциала по регионам страны как при вузах [40; 67; 86; 96], так и в системе РАН [98; 99]. Созданная Роснаукой в 2005 – 2006 гг. сеть из 56 ЦКП послужила основой для формирования региональных узловых элементов национальной сети ЦКП [29]. С 2007 г. поддержка ЦКП осуществляется в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) на 2007 – 2012 гг. Учитывая, что в конкурсах 2007 – 2009 гг. участвовали уже действующие ЦКП, общее число центров в сети составило 75. Данные, характеризующие объемы финансирования ЦКП по годам и число организаций-победителей конкурсов ФЦП за период 2003 – 2010 гг. (данные за 2010 г. включают только финансирование по государственным контрактам, заключенным на период 2009 – 2010 гг.) представлены на рисунке 1 [30, 91].

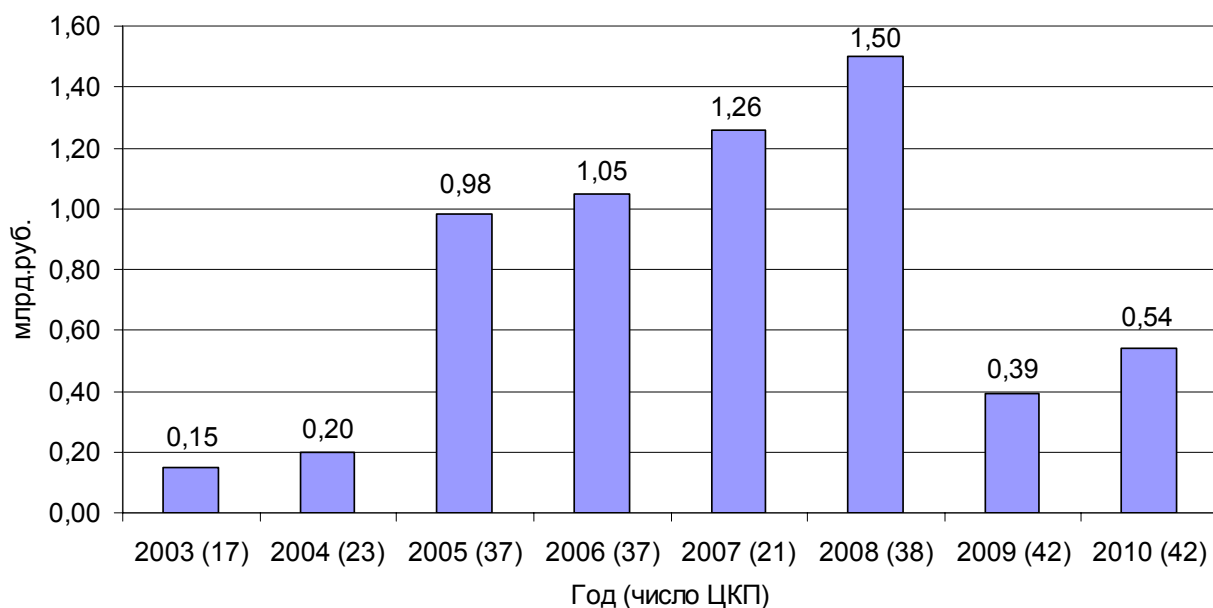


Рис. 1. Объемы финансирования и число поддержанных ЦКП в 2003-2010 гг.

Распределение 75 ЦКП национальной сети по ведомственной подчиненности и федеральным округам Российской Федерации приведены на рисунках 2 и 3 [30].



Рис. 2. Распределение ЦКП по ведомственной подчиненности, %

Приведенные данные показывают, что по количеству организаций, представляющих ЦКП, по-прежнему доминируют организации РАН и Рособразования. Следует отметить, что в 2008 г. организации Рособразования опередили

организации РАН по количеству участников и победителей конкурсов, что указывает на повышенное внимание Минобрнауки РФ на развитие ЦКП в системе высшей школы [30].

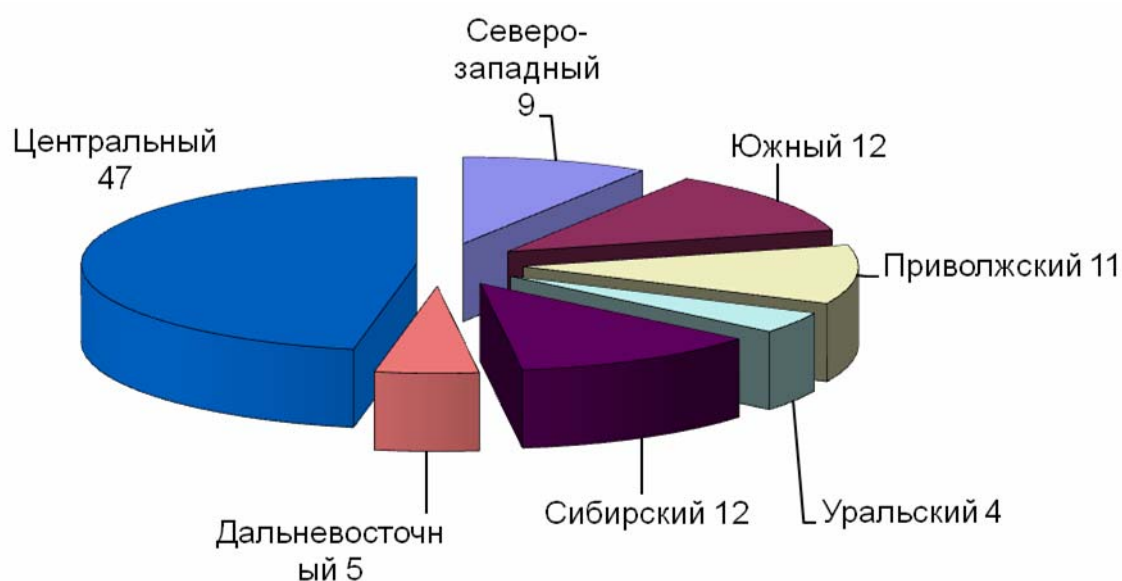


Рис. 3. Распределение ЦКП по федеральным округам, %

Таким образом, сеть ЦКП является неотъемлемой частью национальной научной и инновационной инфраструктуры. В созданной сети ЦКП аккумулировано более 2500 единиц научного оборудования общей стоимостью более 11 млрд руб., для рационального использования которого необходимо повышение уровня его загрузки путем разработки и внедрения массовых наукоемких услуг, востребованных на рынке. Важной задачей, решаемой ЦКП, является обеспечение возможности проведения исследований для широкого круга ученых и научных коллективов на современном и дорогостоящем оборудовании, что приводит к повышению эффективности использования такого оборудования. Развитие ЦКП научным оборудованием в принципе является эффективным инструментом интенсификации, повышения результативности и качества научных исследований.

Новое современное научно-исследовательское оборудование обладает большими возможностями и позволяет расширить спектр наукоемких услуг, что в свою очередь приводит увеличению количества заказов и повышению за-

грузки оборудования. За счет привлечения дополнительного финансирования из средств получаемых за оказание услуг появляются новые возможности для модернизации основных научных фондов и приобретения новейших поколений приборов. Такой цикл обеспечивается с помощью механизма работы ЦКП: концентрация оборудования и персонала, оказание услуг и замена устаревающего оборудования.

Главной задачей системы ЦКП является обслуживание заявок. При этом возникают проблемы, непосредственно связанные как с особенностями конкретного научного прибора, так и характеристиками самой заявки. Особенности научного оборудования обуславливают необходимость выполнения ряда технических требований перед проведением измерения. Например, для некоторых сканирующих микроскопов требуется подготовка проб образцов с помощью специальных обрабатывающих (шлифовальных) устройств.

Стандартные методики описаны производителем прибора в руководстве по эксплуатации, однако сотрудниками ЦКП разрабатываются, адаптируются и внедряются новые методики исследований. В каждом конкретном случае обслуживание имеет индивидуальный характер, ведь даже одну и ту же методику нельзя применить напрямую, без предварительной адаптации и настройки исследовательской или технологической установки. Для адаптации методики необходимо изменять как параметры прибора, так и условия исследования для достижения результатов, соответствующих техническому заданию заказчика.

По направлению деятельности разделяют следующие типы ЦКП [97]:

1. ЦКП научно-исследовательского профиля

Данная категория ЦКП является наиболее распространенной. Подобные центры представляют собой комплекс оборудования для осуществления работ научно-исследовательских организаций, принадлежащий головной организации и обеспечивающий режим коллективного пользования прецизионным дорогостоящим научным и технологическим оборудованием как структурными подразделениями головной организации, так и сторонними пользователями. В последнем случае доступ к оборудованию осуществляется на договорной основе

за соответствующую плату или за счет каких-либо грантов. Центр имеет формально закрепленную структуру, его кадровый состав формируется из административного и обслуживающего персонала.

2. ЦКП, осуществляющие подготовку кадров

Образование – это одна из самых обширных и важных сфер человеческой деятельности, которая связана со всеми другими областями общественной жизни. Способность системы образования удовлетворять потребности личности и общества в высококачественных образовательных услугах определяет перспективы экономического и духовного развития страны. При этом большое значение в подготовке специалистов, научных и научно-педагогических кадров имеют научные исследования, проводимые в системе образования. Быстрое обновление знаний, интеграция научных дисциплин, возникновение новых областей знаний на стыке наук принципиально изменили цели высшего образования и требования к молодым специалистам. Поэтому ЦКП данного профиля призваны изменить структуру и содержание образовательного процесса, обеспечить его соответствие национальным целям перехода страны к рыночной, высокотехнологичной и конкурентоспособной экономике.

3. ЦКП производственного профиля

Данные ЦКП создаются для обеспечения малых предприятий современным производственным оборудованием. Они по своей сути перекликаются с инновационно-промышленными комплексами и технопарками. В западных странах такой подход широко распространен, однако в нашей стране практически не используется.

Например, ЦКП Южного корпоративного университета «Высокие технологии» (ЦКП ЮКУ «ВТ») объединяет все три направления деятельности – в перечне его оборудования имеется научно-исследовательское, обучающее и технологическое оборудование. В частности, технологическое оборудование, расположенное на территории НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ используется малыми предприятиями локального технопарка.

По составу ЦКП также классифицируют на:

- ЦКП состоящие из одной лаборатории, в которой сосредоточено все оборудование, предназначенное для коллективного доступа;
- ЦКП с несколькими лабораториями распределенного типа – центр создается одной научно-исследовательской организацией из нескольких лабораторий;
- ЦКП с несколькими лабораториями ассоциативного типа – центр создается научно-исследовательским комплексом, каждая организация ассоциации передает в коллективное пользование лаборатории научного оборудования, которые территориально находятся на значительном удалении друг от друга.

ЦКП ЮКУ «ВТ» относится к центрам ассоциативного типа, со значительным удалением кластеров научного оборудования (Ростов-на-Дону, Таганрог, Новочеркасск). В ЦКП такого типа возникают задачи управления услугами и создания системы перераспределения заявок и составления цепочки услуг для комплексных заявок.

В концептуальный подход и систему правил, регулирующих отношения организаций и ЦКП закладываются следующие теоретические положения:

Как показали результаты исследования, ЦКП позволяет уменьшить следующие издержки в сфере научных исследований:

- *издержки измерения.* Любой продукт или услуга, как оплаченная выгода, не отделимая от своего источника – это комплекс характеристик. В акте обмена неизбежно учитываются лишь некоторые из них, причем точность их оценки (измерения) бывает чрезвычайно приблизительной. Сюда относятся затраты на соответствующую измерительную технику, на проведение собственно измерения, на осуществление мер, имеющих целью обезопасить стороны от ошибок измерения и, наконец, потери от этих ошибок. Издержки измерения растут с повышением требований к точности. Коллективное использование высокоточного аналитического и измерительного оборудования уменьшает издержки измерения для конечного пользователя услуг ЦКП в части затрат на дорогостоящую приборную базу;

- *издержки поиска информации.* Перед тем, как будет совершена сделка

или заключен контракт, нужно располагать информацией о том, где можно найти потенциальных покупателей и продавцов соответствующих наукоемких услуг, каковы сложившиеся на данный момент цены. У организаций, оказывающих наукоемкие услуги издержки такого рода складываются из затрат времени и ресурсов, необходимых для поиска клиентов, а также из потерь, связанных с неполнотой и несовершенством информации. ЦКП создает и поддерживает информационную среду взаимодействия научных организаций и потенциальных пользователей наукоемких услуг, которая позволяет заказчикам быстрее находить необходимые услуги, а поставщикам услуг – меньше тратить времени на поиск заказов, так как ЦКП ведет поиск клиентов и направляет их в подразделения научного оборудования;

– *издержки ведения переговоров.* Рынок требует отвлечения значительных средств на проведение переговоров об условиях обмена, на заключение и оформление контрактов. Основной инструмент экономии такого рода затрат – стандартный (типовой) договор на оказание услуг ЦКП.

Не смотря на большое количество функционирующих ЦКП, глубокие комплексные исследования в отношении технологий управления ЦКП не проводились. Известные модели организации функционирования ЦКП не носят универсального характера, так как деятельность каждого из них в решающей степени зависит от концентрации пользователей и взаимосвязей с ними, от характера пользователей, научной среды. Не существует опубликованных результатов научных исследований, которые бы описывали, каким образом лучше построить структуру организации оказания наукоемких услуг, как лучше управлять потоками заявок и их обслуживанием. Поэтому создание и деятельность каждого ЦКП должна сопровождаться выработкой собственной, индивидуальной программы развития, в основе которой лежит соответствующая концепция, учитывающая специфику задач и условий функционирования данного центра.

Решение проблемы построения оптимальной структуры ЦКП и системы управления оказанием наукоемких услуг, повышения эффективности использования дорогостоящего оборудования должно быть основано на комплексном

подходе, учитывающем как особенности научно-исследовательской организации, так и характеристики современного аналитического оборудования и режимы обслуживания заявок на его использование.

Формирование такого подхода проведено с привлечением теории институциональной экономики: для построения модели функционирования ЦКП необходимо сформулировать систему правил, с помощью которых управляется такой сложный объект, как ЦКП. Модель управления загрузкой научного оборудования ЦКП, основанная на определенном классе задач теории массового обслуживания (см. 2.2), и правила институциональной экономики для ЦКП (сформулированы в 1.3) совместно формализуются в имитационной модели (см. 2.3). Имитационное моделирование ассоциации научных организаций корпоративного университета, управляемой ЦКП, позволит преодолеть калькуляционный барьер институциональной экономики и рассчитать критерии качества функционирования ЦКП, что невозможно сделать другими способами.

Таким образом, комплексный подход к организации и управлению оказанием наукоемких услуг послужит средством решения проблемы повышения эффективности функционирования ЦКП.

1.2 Методы моделирования и анализа организации процессов оказания наукоемких услуг

Существует несколько видов моделирования, которые укладываются в следующую общую классификацию [9].

Физическое моделирование представляет собой изучение системы посредством анализа макета, воспроизведенного исходя из соотношения подобия оригиналу, вытекающего из схожести физических явлений. Однако не для любого объекта или процесса можно построить физический аналог. Например, нельзя построить аналог экономической системы, поэтому модели физического типа имеют ограниченную область применения [13].

Математическое моделирование основано на математическом описании различных явлений, процессов и систем. В математической модели собрана совокупность знаний, представлений и гипотез об исследуемом объекте, выраженная средствами математики и логики [105].

Концептуальное моделирование описывает системы с помощью естественных или искусственных языков или с помощью специальных знаков, символов, операций над ними [42].

Структурно-функциональное моделирование отображает объект исследования в виде схем, блок-схем, графиков, диаграмм, таблиц, рисунков со специальными правилами их объединения и преобразования.

Имитационное моделирование, при котором логико-математическая модель исследуемой системы представляет собой алгоритм функционирования системы, чаще всего реализуемый с помощью компьютерной программы [42]. Особенность имитационного моделирования в том, что в нем используются практически все из перечисленных видов моделирования или их отдельные приемы.

«Имитационное моделирование – это процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы» [104, с. 12]. Имитационное моделирование является универсальным методом и эффективно применяется при управлении экономическими и организационными системами. Исходя из этого, целесообразно применить данный метод для решения задач по анализу организации ЦКП и повышению эффективности его функционирования.

В настоящее время большинство имитаторов реализованы с помощью ЭВМ, но существуют имитаторы на основе гидродинамических, механических и электронных систем.

При компьютерном имитационном моделировании в зависимости от сложности модели, цели моделирования, степени неопределенности характеристик

модели могут использоваться различные по характеру способы проведения исследований (экспериментов) – методы исследования. Так, при аналитическом исследовании применяются методы теорий возмущений, анализа чувствительности, устойчивости и т.п. При физическом или натурном моделировании применяется экспериментальный метод исследования.

К часто применяемым и перспективным методам компьютерного экспериментирования относят расчетный, статистический, имитационный и самоорганизующийся методы исследований [42].

Расчетное моделирование применяется при исследовании математических моделей и сводится к их машинной реализации при различных числовых исходных данных. Результаты расчетов выдаются в графической или табличной формах.

Под *статистическим моделированием* понимается машинное воспроизведение функционирования вероятностных моделей либо исследование детерминированных процессов, заданных в виде математических моделей с логическими элементами с помощью статистических испытаний на ЭВМ (метод Монте-Карло) [26; 31]. Особенностью статистического моделирования является случайное задание исходных данных с известными законами распределения и, как следствие, вероятностное оценивание характеристик исследуемых процессоров [12]. Статистическое моделирование является эффективным методом исследования слабоорганизованных систем с несложной логикой функционирования.

Для исследования сложных логических и логико-математических моделей с неточным заданием исходных данных (заданным законом распределения, оценочными характеристиками) применяется имитационное моделирование. Имитационное моделирование используется в задачах исследования сложных логико-математических моделей в результате проведения экспериментов на модели. Поэтому в имитационном моделировании важную роль играет не только проведение, но и планирование экспериментов.

При имитационном моделировании изучаемая динамическая система заменяется имитатором, с которым проводятся эксперименты с целью получения информации об изучаемой системе.

Имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью:

- описать поведение системы;
- построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;
- использовать эти теории и гипотезы для предсказания будущего поведения системы, т.е. тех воздействий, которые могут быть вызваны изменениями в системе или изменениями способов ее функционирования.

Различные аспекты применения имитационного моделирования приводятся в работах С. А. Аристова, Ю. Г. Карпова, Н. Б. Кобелева, В. Кельтона, А. Лоу, Н. Н. Лычкиной, Р. Шеннона [5; 28; 31; 36; 42; 104].

В классической монографии Р.Шеннона [104], посвященной имитационному моделированию, приводится классификация основных типов имитационных моделей. Указываются следующие типовые группы моделей:

- статические и динамические;
- детерминированные и стохастические;
- дискретные и непрерывные;
- натурные, аналоговые и символические.

Известны разные классификации задач, решаемых в имитационном моделировании. В соответствии с одной из классификаций, приведенной в работе Ю. Г. Карпова [28, с. 19], эта область насчитывает четыре основных направления, которые представлены на рисунке 4 вместе с соответствующими им уровнями абстракции.

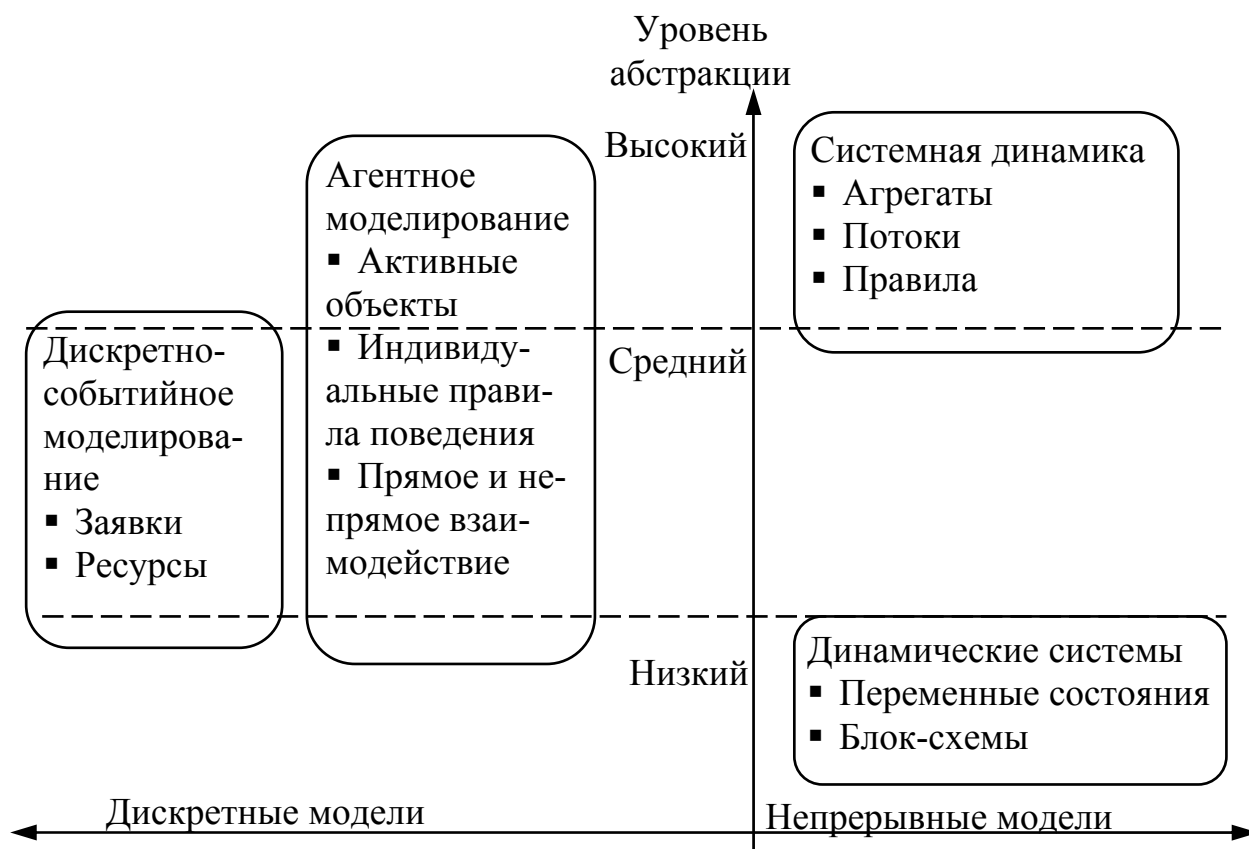


Рис. 4. Уровни абстракции подходов имитационного моделирования

Моделирование *динамических систем* направлено на исследование сложных объектов, поведение которых описывается системами алгебро-дифференциальных уравнений. Подходом к моделированию таких объектов в середине XX в. была сборка блок-схем из решающих блоков аналоговых компьютеров. Такой подход и сейчас является основным в моделировании динамических систем, но решающие блоки являются не аппаратными, а программными. Он реализован, например, в инструментальной среде Simulink [28].

В другой области, называемой *дискретно-событийным моделированием*, идея моделирования систем с дискретными событиями, в которых потоки пассивных заявок обрабатываются активными приборами, была сформулирована в 1961 г. и реализована в среде моделирования GPSS, которая с некоторыми модификациями до сих пор применяется для имитационного моделирования [20; 31]. В ЦКП поступает поток заявок, которые обслуживаются на научном оборудовании, т.е. он является системой массового обслуживания и полностью ук-

ладывается в парадигму дискретно-событийного моделирования. В рамках данного подхода наиболее эффективно находятся такие характеристики качества обслуживания заявок, как количество отклоненных заявок, средняя длина очереди и среднее время ожидания заявок.

В 1958 г. Джей Форрестер предложил подход имитационного моделирования *системная динамика* – «исследование информационных обратных связей в промышленной деятельности с целью показать, как организационная структура, усиления в политиках и задержки в принятии решений и действиях взаимодействуют, влияя на успешность предприятия». В рамках системной динамики разрабатываются не только технические, но и социальные, урбанистические, экологические системы. Процессы, происходящие в реальном мире, в системной динамике представляются в терминах накопителей, например, материальных объектов, знаний, людей, денег, потоков между этими накопителями, и информации, которая определяет величину этих потоков. Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и событий и предполагает «агрегатный» взгляд на процессы, концентрируясь на политиках, этими процессами управляющих [28].

Под названием *агентное моделирование* проходит большое количество исследований и разработок в различных областях знания, например, в искусственном интеллекте, теории сложных систем, теории игр и т.д. Отличие агентных моделей состоит в значительной децентрализации, в них нет такого места, где централизованно определялось бы поведение системы в целом. Вместо этого определено поведение объектов на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как совместный результат деятельности многих агентов, каждый из которых следует своим собственным правилам, живет в общей среде и взаимодействует со средой и с другими агентами [11].

Для каждого из вышеуказанных подходов разработаны и развиваются свои языки моделирования и реализующие их инструментальные средства, упрощающие разработку моделей и их анализ. Концепции и парадигмы подходов имитационного моделирования (кроме агентного моделирования) появились и

были зафиксированы в инструментальных пакетах моделирования в 60-80-х годах XX в. и с тех пор не менялись. Таким образом, кроме подхода, необходимо выбрать инструмент имитационного моделирования, соответствующий задаче разработки модели ЦКП в рамках дискретно-событийного моделирования.

Для моделирования в рамках системной динамики существует всего четыре инструмента, тогда как дискретно-событийное моделирование поддерживается десятками различных инструментов. Существует множество «диалектов» дискретно-событийного моделирования, созданных под конкретные задачи. В мире динамических систем доминирует MATLAB Simulink, а коммерческие инструменты для агентного моделирования появились на рынке только в последнее десятилетие.

Принципы теории массового обслуживания, используемой для выбора постановки задачи и математического анализа функционирования ЦКП, положены в основу многих языков моделирования. Существует более 500 языков имитационного моделирования, но ни один из них не претендует на универсальность и этим объясняется их большое количество. Подробная классификация языков имитационного моделирования приведена в работе Е. Киндлера [34]. Так, GPSS, GASP, SIMSCRIPT нацелены на построение дискретных моделей, в них входят специальные средства для описания динамического поведения систем [28]. Моделирование дискретных процессов на GPSS использует представления из области теории вероятности и математической статистики [20].

Практически все присутствующие на рынке инструменты имитационного моделирования разработаны для поддержки одного определенного подхода (см. табл.1). В этом смысле AnyLogic выгодно отличается от остальных программных продуктов полной поддержкой всех современных подходов имитационного моделирования.

Инструменты имитационного моделирования

Подходы ИМ	Системная динамика	Дискретно-событийное моделирование	Агентное моделирование	Динамические системы
Программные продукты ИМ	VenSim™ PowerSim™ iThink™ ModelMaker™ Dynamo™	Arena™ Extend™ SimProcess™ AutoMod™ Promodel™	Swarm RePast	MatLab™ LabView™ VisSim™ Easy5™
	AnyLogic™			

Пакет программного обеспечения AnyLogic5 [28] – отечественный профессиональный инструмент имитационного моделирования нового поколения, который существенно упрощает разработку моделей и их анализ. Среди основных достоинств данного программного продукта, важных для решения стоящей задачи, отметим следующие:

- инструмент AnyLogic основан на объектно-ориентированной концепции. Объектно-ориентированный подход к представлению сложных систем является лучшим на сегодняшний день методом управления сложностью информации, эта концепция позволяет простым и естественным образом организовать и представить структуру сложной системы;

- графическая среда моделирования AnyLogic поддерживает проектирование и разработку модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа – от анализа чувствительности до оптимизации параметров модели относительно некоторого критерия;

- язык моделирования AnyLogic интерпретирует создаваемые графически классы активных объектов в классы языка программирования Java, что позволяет использовать все преимущества объектно-ориентированного моделирования: наследование, полиморфизм и т.д.;

- визуальное представление моделируемой системы позволяет создавать модели с элементами анимации и управления, что упрощает понимание между

аналитиком и заказчиком модели, делая последнего соучастником процесса постановки эксперимента, без необходимости углубленного понимания сути зависимостей и процессов, протекающих в модели системы и переработки самой модели.

Вышеназванные преимущества пакета программного обеспечения AnyLogic по сравнению с другими программными продуктами, реализующими концепции имитационного моделирования, определили его выбор для реализации имитационной модели ЦКП.

Базовые средства AnyLogic для построения моделей дискретно-событийных систем могут быть использованы в широком диапазоне совершенно разных приложений имитационного моделирования. «Существует область приложений дискретно-событийного моделирования, в которой единая элегантная парадигма позволяет применить фактически одну и ту же методологию к решению множества важных практических проблем. Эта область – массовое обслуживание» [28, с. 110]. Как уже было сформулировано ранее, ЦКП представляет собой систему массового обслуживания. Следовательно, в связи со спецификой реализации процессов внутри самой системы, наиболее подходящим методом моделирования данной системы является представление ее в виде динамической дискретно-событийной модели со средним уровнем абстракции.

Результаты проведенного анализа методов и инструментария моделирования позволяют сделать вывод, что для реализации имитационной модели структуры горизонтальной интеграции научных организаций, объединенных в корпоративный университет и совместно обслуживающих поток заявок на научно-исследовательские услуги с использованием наукоемкого оборудования, с управляющим звеном в форме некоммерческого партнерства – ЦКП, целесообразно использовать дискретно-событийный метод моделирования, реализованный с помощью программного инструмента AnyLogic 5.

1.3 Концептуальная модель организации и управления Центром коллективного пользования при оказании наукоемких услуг

ЦКП Южного корпоративного университета (ЮКУ) «Высокие технологии» создан на базе организаций – участников ЮКУ: Ростовского государственного университета, Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ) и Южно-Российского государственного технического университета (ЮРГТУ) – вузов, в которых в основном сосредоточены исследования в области нанотехнологий. Базу ЦКП составили научные лаборатории РГУ, ЮРГТУ и Региональный межведомственный центр коллективного пользования (РМЦКП) «Нанотехнологии» ТРТУ. Таким образом, центр представляет собой распределенную сеть лабораторий, объединенных в три территориальных кластера в Ростове-на-Дону, Таганроге и Новочеркасске.

Создание ЦКП осуществлялось под руководством проф. А.Е. Панича и было связано с выполнением работ по теме: (РИ-25.0/001/062) «Научно-методическое, организационное и материально-техническое обеспечение развития Центра коллективного пользования Южного корпоративного университета «Высокие технологии» научным оборудованием для проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по приоритетным направлениям Программы», в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002-2006 годы.

Особенностью вузов-партнеров ЮКУ является весьма широкий спектр выполняемых их научными коллективами фундаментальных исследований в области физики, химии, биологии, материаловедения, твердотельной электроники и нанотехнологий, а также решаемых ими научно-технических задач прикладного характера. Главная задача межвузовского ЦКП «Высокие технологии» – обеспечить фундаментальные и прикладные НИР, выполняемые в вузах-участниках центра, достаточно полным набором современных инструментов для экспериментальных исследований. С решением этой задачи должна быть в

значительной мере снята ставшая хронической проблема существенного отставания материальной и методической базы научных исследований в вузах региона и преодолена негативная тенденция старения парка научного оборудования. В соответствии с этими обстоятельствами при создании ЦКП и был определен выбор оборудования для широкого научного использования. Однако сама эксплуатация современного аналитического оборудования требует создания специализированных групп обслуживания отдельных аналитических приборов и их комплексов. Это обусловит достаточную специализацию и непрерывный рост квалификации пользователей. Тем не менее, в этом заключается еще одно преимущество ЦКП – концентрация не только техники, но и специалистов, в совершенстве владеющих этой техникой, способных выполнять любые задачи данного профиля. Важное значение для ЦКП «Высокие технологии» имеет формирование собственных долгосрочных программ исследований с учетом заявок заинтересованных организаций.

Большое разнообразие исследовательских задач обуславливает многообразный по составу аналитических приборов исследовательский комплекс ЦКП ЮКУ. Учитывая это обстоятельство, а также территориальную общность вузов-партнеров при организации и в работе ЦКП было решено придерживаться принципа «распределенного центра коллективного пользования» с равной доступностью компонентов для всех партнеров. Доступность приборов лабораториям и отдельным исследователям в рамках ЮКУ регламентируется Положением о ЦКП ЮКУ и общими организационно-методическими основами взаимодействия партнеров. В перспективе ЦКП должен стать одной из главных опорных точек в ЮФО по обеспечению поисковых исследований, комплексных разработок, реализации значимых инновационных проектов и способствовать повышению интереса молодых специалистов к науке.

Сложившаяся тематика исследований вузов-партнеров ЮКУ, наличие признанных научных школ и ведущих специалистов по направлениям отражены на рисунке 5 [96].



Рис.5. Основные направления исследований в рамках специализации ЦКП ЮКУ

Прочные научно-образовательные связи, установленные участниками ЮКУ с другими вузами и научными учреждениями ЮФО, способствуют обслуживанию Центром не только самого ЮКУ, но и исследовательских групп, распределенных в других организациях округа, прежде всего в городах Ставрополе, Краснодаре, Волгограде, Нальчике, Махачкале, Владикавказе. Развитию этой линии работы ЦКП объективно окажет содействие как общий подъем научно-исследовательской деятельности в вузах, так и развитая транспортная инфраструктура округа.

Для проведения на современном уровне как проблемно-ориентированных поисковых исследований фундаментального характера, так и прикладных разработок в рамках основных направлений научной деятельности ЦКП – нано-

электроники и нанотехнологий – необходимо наличие высокотехнологичного оборудования, которое позволяет в реальном масштабе времени одновременно проводить визуализацию, прецизионную модификацию и определение параметров и характеристик (в том числе и спектроскопическими методами) объектов, размеры которых изменяются в процессе обработки и исследования от единиц до десятков нанометров.

Обеспечение малых научных учреждений и лабораторий таким современным научным и аналитическим оборудованием невозможно потому, что относительно небольшие объемы их исследований и разработок не позволяют эффективно использовать современное оборудование. При стоимости современной научно-исследовательской установки в несколько сотен тысяч долларов США ее покупку и эффективную эксплуатацию может позволить себе только достаточно крупное научно-исследовательское учреждение. Как следствие, подавляющее большинство малых учреждений не имеет доступа к наиболее современному научному оборудованию, а значит, и к современным методикам исследований, что не может положительно сказаться на результатах научных разработок.

Высокая стоимость комплекса оборудования для одного метода синтеза нанопорошков в научной лаборатории по разработке новых материалов НКТБ «Пьезоприбор» Южного федерального университета обязывает максимально эффективно использовать оборудование не только в этой области исследований, но и в смежных областях научных работ. Особенно это относится к уникальному оборудованию, под которым понимаются действующие установки и стенды с рекордными (мировыми) параметрами, а также оборудование, занимающее свое уникальное место по совокупности параметров, результаты исследований на которых соответствуют приоритетным направлениям науки и техники. Перечень уникального научного оборудования (см. приложение 1) имеющегося в ЦКП ЮКУ «Высокие технологии» представлен в каталоге [29, с. 78–79]. Эффективно использовать и полностью загрузить такое оборудование научными исследованиями и разработками одной лаборатории практически не-

возможно. Логичным выходом из данной ситуации является предоставление услуг сторонним пользователям и коллективное использование на возмездной основе, что позволит наиболее полно использовать временной ресурс всего оборудования и повысить его коэффициент использования и фондоотдачу.

Таким образом, основу функционирования ЦКП составляет режим коллективного пользования дорогостоящим приборным, техническим и технологическим оборудованием участниками ЦКП, а также сторонними пользователями. Поэтому в функциональные обязанности начальника ЦКП входит утверждение графиков выполнения совместных работ, осуществление оперативного руководства научно-организационной, административной и финансовой деятельностью ЦКП и организация эффективной эксплуатации научного оборудования при взаимодействии структурных подразделений научного оборудования ЦКП в рамках совместных проектов. Офис проектов и услуг принимает заявки на проведение исследований, формирует портфель проектов ЦКП, организует выполнение научно-исследовательских работ, осуществляет учет и распределение приборного времени, направляет развитие структуры услуг при коллективном, конвейерном и других видах использования научного оборудования [66].

Концептуальный аспект построения модели функционирования ЦКП состоит в том, что столь сложный объект может управляться с использованием специально разработанной системы правил, которая формализуется и используется в модели.

Функционирование ЦКП ЮКУ нацелено прежде всего на удовлетворение потребностей научных и учебно-научных подразделений вузов-партнеров в выполнении той части экспериментальных исследований и образовательных услуг, которые обеспечиваются применением дорогостоящего и уникального аналитического оборудования.

При комплексном характере исследований на аналитическом оборудовании ЦКП существенно возрастает ценность получаемых результатов и значительно интенсифицируются исследовательские работы. Комплексность результатов не только обеспечивает уверенность в их достоверности, но и обусловли-

вает появление дополнительных возможностей в их интерпретации и теоретическом моделировании, обеспечивает удобство использования результатов за счет различных согласованных визуализированных образов. Особую ценность такое сочетание возможностей дает при составлении и реализации программы использования ЦКП в учебных целях для студентов соответствующих направлений и специальностей.

Следует отметить, что принцип комплексности реализуется не только за счет взаимодополняющего оборудования и соответствующих исследовательских методик, сосредоточенных в одном подразделении ЦКП. Взаимное дополнение вполне эффективно и в том случае, если оно обеспечено распределением взаимодополняющих элементов комплекса по различным подразделениям с учетом кадрового приоритета.

Комплексность подразумевает наличие в системе ЦКП не только аналитического оборудования, но и оборудования, обеспечивающего препарирование исследуемых образцов, а также технологического оборудования для получения исследуемых объектов (кристаллов, структур, наноматериалов, биологических объектов и т.п.), что предполагает расширение взаимодействия партнеров за рамки простейшей схемы «сдал объект – получил протокол измерений». Эта не вполне очевидная мысль может быть наглядно пояснена следующим примером из реальной исследовательской практики. Для экспериментальной проверки моделей массопереноса в условиях термомиграции микрополостей в кристаллах необходимо знать не только элементный состав и распределение примесей в перекристаллизованном материале, но и пространственное распределение атомарных потоков сублимирующей поверхности. Определение элементного состава – это задача для электронной зондовой микроскопии при одновременном рентгеновском микроанализе материала, т. е. чисто исследовательская процедура с применением лишь аналитического оборудования по отношению к уже имеющемуся, предоставленному заказчиком исследования объекту-образцу. Однако вопрос о характере пространственного распределения атомарных потоков может быть прояснен лишь постановкой специального разового

эксперимента с использованием технологического ростового оборудования – сверхвысоковакуумной установки с соответствующим термоузлом. Такое оборудование, являясь стандартным, тем не менее, весьма дорого, его эксплуатация требует достаточно высокой квалификации, им не располагает большинство материаловедческих лабораторий. Поэтому взаимодействие, направленное на удовлетворение потребностей в приборной аналитике, должно опираться и на принципиальную возможность организовать разовые заказные сопутствующие эксперименты.

При тематическом планировании деятельности ЦКП ЮКУ естественно в первую очередь принимать во внимание развиваемые вузами-партнерами научные направления. ЦКП ЮКУ – не закрытая система, поэтому в ее деятельности необходимо учитывать не только потребности самой этой системы, но и потребности высокотехнологичных отраслей промышленности региона. В ЮФО достаточно многочисленны предприятия, стремящиеся выйти на передовые рубежи в своем техническом и технологическом оснащении, инвестирующие не только в закупку готовых технологий, но и проводящие собственные разработки и самостоятельно решающие возникающие проблемы научно-технического характера (перечень основных заказчиков ЦКП ЮКУ приведен в приложении 2). Участие ЦКП ЮКУ в решении и такого рода проблем на основе компенсации заказчиками затрат центра совершенно необходимо, поскольку оно соответствует общим интересам ЮФО, и способствует методическому развитию самого ЦКП. Оно не может рассматриваться как коммерческая деятельность, поскольку ясно, что сами эти проблемы носят локальный характер и не могут являться основой некой программы получения прибыли.

Участие ЦКП в решении проблем технического развития промышленных предприятий следует рассматривать не только с точки зрения развития высокотехнологичных отраслей индустрии ЮФО, но и как своеобразный элемент мониторинга, направленного в конечном итоге на формирование общей структуры взаимосвязей региональной науки и производства.

В деятельности ЦКП ЮКУ учтена образовательная роль вузов-партнеров ЮКУ как ведущих вузов ЮФО и, соответственно, подразделений ЦКП, распределенных по этим вузам. Роль подразделений ЦКП в образовательной деятельности не следует упускать из вида хотя бы потому, что развитие кадрового потенциала ЦКП определенно связано с этой их ролью. Именно в ЮКУ сосредоточены учебные специальности, важной составляющей развития которых станет появившаяся возможность не только продемонстрировать новейшее аналитическое оборудование, но и возможность привлечения лучших студентов и аспирантов к работе на нем, к реальному освоению соответствующих методик. Структура и характер деятельности ЦКП, отображены на схеме (рис. 6).



Рис. 6. Структура деятельности ЦКП ЮКУ

ЦКП, как и любые другие формы организации научно-исследовательской деятельности, следует рассматривать с позиции институциональной экономики как институты, т.е. как совокупность, состоящую из правила или нескольких правил и внешнего механизма принуждения индивидов к исполнению этого правила [27, с. 23]. Любой институт – экономический, социальный, культурный – есть, по определению Д. Норта [52], правило игры в обществе. Деятельность людей, подобно броуновскому движению, носит абсолютно свободный характер. В общем случае институты выполняют следующие функции [38]:

1. Регулирование поведения экономических агентов таким образом, чтобы они не причиняли друг другу ущерба или чтобы этот ущерб чем-то компенсировался.

2. Минимизация усилий, которые экономические агенты тратят на то, чтобы найти друг друга и договориться между собой. Институт призван облегчить как поиск нужных людей, товаров, ценностей, так и возможность людей договориться друг с другом.

3. Организация процесса передачи информации, или обучение.

Институты образуют структуру для обмена, которая (наряду с применяемыми технологиями) определяет издержки осуществления трансакций – отчуждения и присвоения прав собственности и прав свободы, принятых в обществе [27, с. 54] и издержки трансформации [52].

Трансакционные издержки, представляющие собой ценность ресурсов, затрачиваемых на осуществление трансакций [27, с. 61], отражают содержание всего комплекса институтов (формальных и неформальных), которые образуют экономическую систему или, в более общем плане, общество в целом. Эта общая институциональная структура в конечном счете определяет издержки трансакций на уровне индивидуальных контрактов.

На основе теории институциональной экономики необходимо сформулировать систему правил обслуживания заявок института ЦКП и с использованием языка UML, а также результатов анализа особенностей оказания наукоемких

услуг построить концептуальную модель организации и управления ЦКП при оказании наукоемких услуг.

При анализе требований с целью постановки задачи имитационного моделирования в программной среде AnyLogic5 [28] минимально необходимым и достаточным условием является составление трех диаграмм: прецедентов, классов и деятельности, представляющих статический, динамический и функциональный аспекты системы.

Для построения такой концептуальной модели, под которой понимается логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы [42], ЦКП целесообразно использовать язык визуализации, специфицирования, конструирования и документирования сложных систем UML [14; 75].

В данной концептуальной модели рассматривается обслуживание однородных заявок на дорогостоящем оборудовании, т.е. производство всеми кластерами однотипных наукоемких услуг с помощью оборудования нанотехнологий, которое имеет каждый кластер ЦКП.

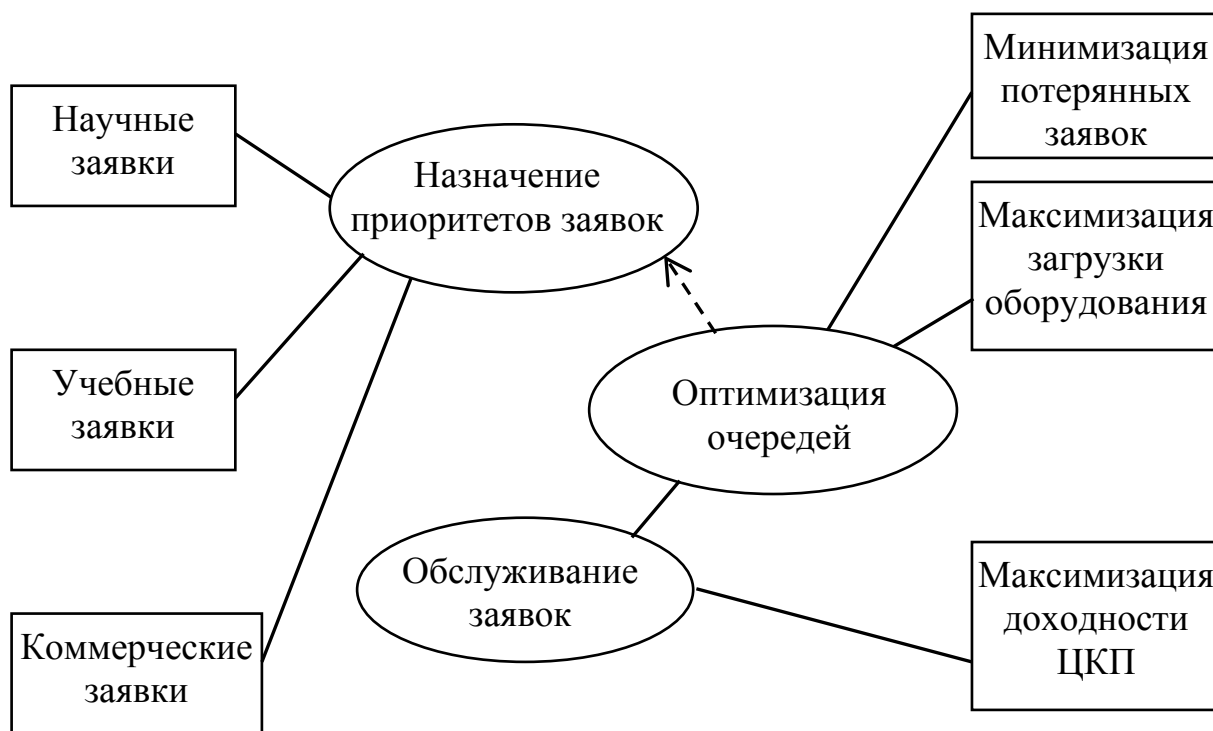


Рис. 7. Диаграмма прецедентов ЦКП

Разработанная диаграмма прецедентов (рис. 7) применяется для моделирования аспектов поведения системы и имеет большое значение для визуализации, специфицирования и документирования поведения ЦКП. Под прецедентом понимается описание множества последовательностей действий (включая варианты), выполняемых системой для того, чтобы актер мог получить определенный результат. Диаграммой прецедентов, называется диаграмма, на которой показана совокупность прецедентов и актеров, а также отношения между ними [14]. Диаграмма облегчает понимание системы, представляя взгляд извне на то, как данные элементы могут быть использованы в соответствующем контексте. Кроме того, такая диаграмма важна для понимания внутреннего устройства ЦКП как сложной системы. При этом прецедент описывает, что делает система, но не определяет, каким образом она это делает. Актер представляет собой логически связанное множество ролей, которые играют пользователи прецедентов во время взаимодействия с ними [14], в нашем случае актерами являются задачи и требования к системе ЦКП.

Внешними требованиями к функционированию ЦКП выступают три типа заявок – научные, учебные и коммерческие, и критерии функционирования – минимизация потерянных заявок, максимизация загрузки оборудования и максимизация доходности ЦКП.

В модели целесообразно использовать следующие формализованные дефиниции:

- *Заявка* – это выражение намерений получить определенные наукоемкие услуги ЦКП. Обычно заявка оформляется письменно и направляется заинтересованной стороной в офис проектов и услуг ЦКП. В содержании заявки указывается: требуемое оборудование и методика исследования, длительность измерения, количество измерений, а также время актуальности, требования заказчика к срочности исполнения заказа и готовность к дополнительному финансированию проведения работ по заявке – ценовой приоритет, сведения о том, в рамках какой программы выполняются исследования. На основе этих сведений дирекция принимает решение о приоритете данной заявки.

– *Методика выполнения измерений* – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов измерений.

– *Время актуальности* – определяемый заказчиком период времени, в течение которого заявка должна быть обслужена.

Согласование в процессе функционирования ЦКП разнородных типов заявок и предъявляемых критериев функционирования осуществляется с помощью прецедентов «Назначение приоритетов заявок», «Оптимизация очередей» и «Обслуживание заявок», причем два первых связаны отношением зависимости.

Структура реализующей системы ЦКП может быть описана диаграммой классов, представленной на рисунке 8. Класс – это описание совокупности объектов с общими атрибутами, операциями, отношениями и семантикой. Диаграммой классов называют диаграмму, на которой показано множество классов, интерфейсов, коопераций и отношений между ними [14].

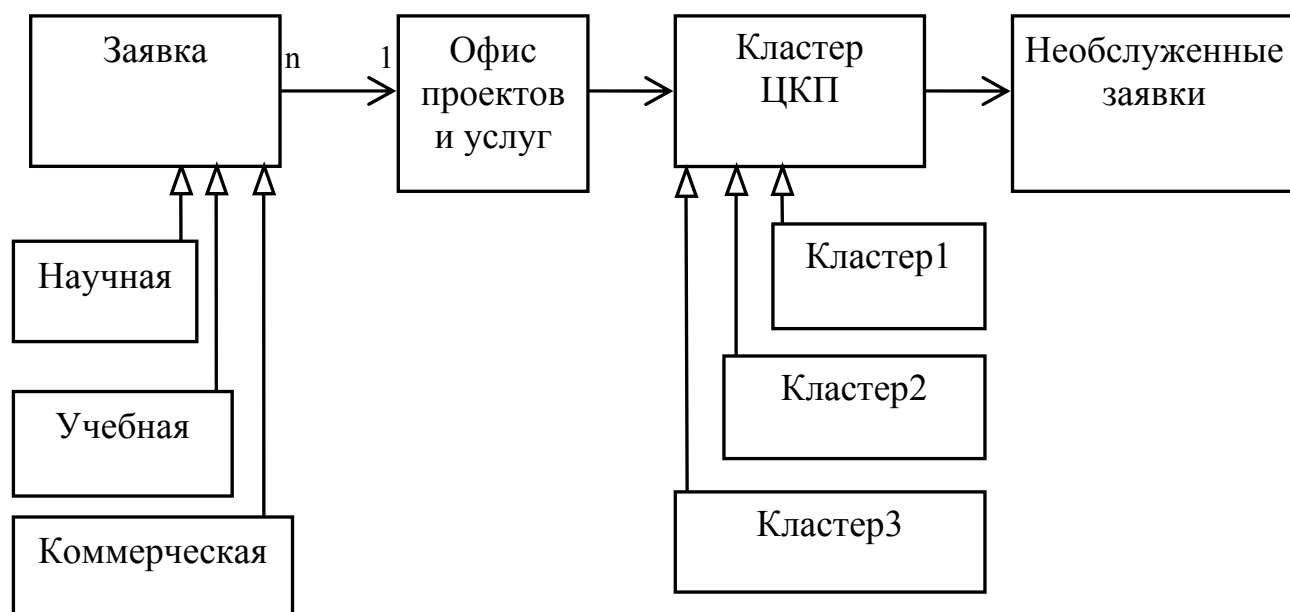


Рис. 8. Диаграмма классов ЦКП

Разработанная диаграмма классов [54] используется для моделирования статического вида системы ЦКП с точки зрения проектирования имитационной модели. На диаграмме (рис.8) показывается множество классов и отношений

между ними, с точки зрения процессов и структурного моделирования выделены наиболее важные классы ЦКП.

В соответствии с общим содержанием заявок класс «Заявка» имеет следующие атрибуты: методика исследования, длительность обслуживания, количество измерений (требование к повторяемости измерений), время актуальности, внесистемный приоритет заявки, ценовой приоритет, общий внутрисистемный приоритет.

Класс «Заявка» имеет три дочерних класса заявок [54]:

- *учебные* заявки от кафедр и факультетов вузов-участников ЦКП на использование оборудования в учебном процессе, а также для исследования при выполнении выпускных работ студентами. Такие заявки представляют собой однообразные работы и характеризуются малыми объемами и сроками исследования, время актуальности – среднее (порядка двух недель). Учебные заявки – самые «предсказуемые» из всех заявок обслуживаемых центром, так как учебные работы проводятся в заранее установленные расписанием сроки по стандартным методикам с хорошо отработанными параметрами. Элемент неизвестности вносит аккуратность обучающихся в подготовке и проведении измерений, от которой зависит количество повторений лабораторной работы;

- *научные* – работы аспирантов, исследования фундаментального и прикладного характера НИИ и факультетов вузов-партнеров или собственные исследования ЦКП (в том числе и научные исследования на договорной основе). Заявки такого типа связаны с выполнением научно-исследовательских работ по грантам различных федеральных фондов и программ. Научные заявки требуют продолжительного использования оборудования, имеют большой объем и длительное время актуальности. На первоначальном этапе исследований существует неопределенность при выборе режима исследования: ученый не всегда знает какого рода и в каком объеме потребуются проводить измерения. С этим связана большая длительность обслуживания научных заявок и большой объем проводимых работ;

– *коммерческие* – заявки на услуги, предоставляемые ЦКП сторонним организациям на договорной основе. Прежде всего это одноразовые заказы на проведение измерений на аналитическом оборудовании центра и выполнение работ по договорам с предприятиями пищевой, фармацевтической и перерабатывающей промышленности. Коммерческие заявки имеют среднюю продолжительность обслуживания и малый объем, однако это самые «нетерпеливые» заявки с коротким временем актуальности (порядка нескольких дней). При этом заказчики будут требовать максимально точные и полные результаты исследования.

Характеристика заявок по типам:

- научные – характеризуются длительным временем обслуживания, длительным временем актуальности заявки, большим числом повторов измерений;
- коммерческие – имеют среднее время обслуживания, короткое время актуальности заявки, нет повторов измерений.
- учебные – характеризуются коротким временем обслуживания, средним временем актуальности заявки, средним числом повторов измерений.

Класс «Офис проектов и услуг» представляет собой описание офиса проектов и услуг ЦКП – подразделения ЦКП, осуществляющего управление реализацией наукоемких проектов. Класс имеет одну операцию «Назначение приоритетов заявок», которая применяется для расстановки внутрисистемных приоритетов заявок. Внесистемный приоритет перед всеми остальными заявками получают заявки по исследованиям в рамках контрактов Федеральных целевых программ. Целесообразно в управлении заявками использовать внутрисистемный приоритет, который, в отличие от внесистемного, назначается офисом проектов и услуг по результатам анализа трех атрибутов заявки: внесистемного приоритета, времени актуальности заявки и ценового приоритета.

После рассмотрения возможности удовлетворения заявки, в оговоренные временем актуальности сроки, офис проектов и услуг направляет пользова-

тельно предложения для заключения договора на выполнение научно-исследовательских работ.

В соответствии с вышеизложенной классификацией заявок, поступающих в офис проектов и услуг ЦКП, можно условно отнести пользователей ЦКП к трем категориям.

Первая группа пользователей представляет собой подразделения, лаборатории, научные коллективы и отдельных исследователей вуза, к которым относится соответствующий кластер ЦКП. Например, в кластер ЦКП в ЮРГТУ обслуживает исследователей кафедры физики, химико-технологического, механического, горно-геологического факультетов и др. на постоянной основе.

Вторую группу пользователей образуют внешние организации, с которыми установлены долгосрочные связи на основе соглашений и договоров и научные интересы которых как пользователей ЦКП вполне определены. К этой категории относятся, например, научные организации – исполнители контрактов в рамках федеральной целевой научно-технической программы и вузы – партнеры по ЮКУ.

Расширение и совершенствование сферы и спектра услуг ЦКП предоставляемых пользователям, образующим эти две категории, будет осуществляться прежде всего за счет увеличения числа исследовательских методик, явным образом отвечающих их известным научным интересам.

Третью группу пользователей образуют внешние заказчики с непредсказуемым характером исследовательских задач, чьи научные интересы не могут быть отражены в планах развития, но могут быть удовлетворены на основе осмысления конкретной задачи и, возможно, дополнительной методической работы по подготовке исследования.

Класс «Кластер ЦКП» представляет территориальную подсистему подразделений научного оборудования, осуществляющую обслуживание поступающих заявок. Например, ЦКП ЮКУ в соответствии с Положением имеет структурные подразделения научного оборудования в ЮРГТУ (НПИ) (г. Новочеркасск), в ТТИ ЮФУ (ТРТУ) (г. Таганрог) и сеть лабораторий в ЮФУ (РГУ)

– лаборатории НКТБ «Пьезоприбор» и ФВТ, НИИ МиПМ, НИИ физики, НИИ ФОХ, факультета физики и факультета химии. Таким, образом, ЦКП имеет территориальные подсистемы – кластеры, состоящие из сети лабораторий в Ростове-на-Дону, Таганроге и Новочеркасске. В общем виде на диаграмме классов показывается декомпозиция наследований данного класса на соответствующие кластеры, каждый из которых имеет свою научную специализацию и собственный перечень оказываемых услуг, трансформирующийся в модельные характеристики кластера.

Научные услуги ЦКП ориентированы прежде всего на исследования материалов, используемых в сфере высоких технологий по приоритетным направлениям развития науки и техники. Услуги имеют широкий ассортимент – это исследования и измерения в области полупроводниковых, сегнетоэлектрических, порошковых, антифрикционных, электротехнических материалов и материалов, используемые в нанотехнологиях.

Несмотря на сравнительно узкую специализацию каждого кластера ЦКП, все они работают в области нанотехнологий. Исследования в данной области невозможны без оборудования некоторых типов, например, сканирующих зондовых микроскопов. В соответствии с этим все оборудование ЦКП условно делится на два вида:

- дорогостоящее оборудование, которое имеет каждый кластер;
- уникальное и дорогостоящее оборудование, которое находится в кластерах ЦКП в соответствии со специализацией. Под уникальным подразумевается оборудование с рекордными (мировыми) параметрами, приборы, имеющие мировые аналоги, но занимающие в этой серии свое уникальное место по совокупности параметров и дорогостоящее оборудование стоимостью более 3 млн. руб., что соответствует положениям Федеральной целевой научно-технической программы. Например в лаборатории ЦКП, размещенной на территории НИИ физической и органической химии ЮФУ, находится спектрометр FluoTime 200 (производства фирмы «PicoQuant GmbH», Германия) – в России

таких приборов три; в филиале ЦКП в ЮРГТУ установлен растровый электронный микроскоп Quanta 200 стоимостью 9,5 млн. руб.

Из диаграммы классов вытекает содержание разработанной динамической диаграммы деятельности, которая графически представляется в виде графа, имеющего вершины и ребра (рис. 9).

Диаграмма деятельности – это один из пяти видов диаграмм, применяемых в UML для моделирования динамических аспектов поведения системы. По существу, диаграмма деятельности – это блок-схема, которая показывает, как переходит поток управления от одной деятельности к другой.

Анализируя диаграмму классов, можно сделать вывод, что функционирование центра в основном связано с деятельностью ОПУ ЦКП и территориальных кластеров. В ОПУ происходит два основных процесса: распределение заявки по филиалам – в нашем случае для равномерной загрузки научного оборудования, и определение внутрисистемного приоритета поступившей заявки.

При распределении заявок параллельно выполняются два потока управления, в одном из которых определяется требующаяся методика обслуживания (измерения), а в другом – происходит определение количества измерений, необходимых для качественного обслуживания заявки. После завершения распределения, поток управления переходит для выполнения анализа атрибутов и установки внутрисистемного приоритета заявки.

Как показали результаты исследования, при определении внутрисистемного приоритета P заявки целесообразно учитывать следующие атрибуты экземпляра класса «заявка»:

- внесистемный приоритет заявки P_1^i – преимуществом при выборе требований для обслуживания из очереди обладают заявки по работам, выполняемым в рамках контрактов ФЦНТП, неприоритетными являются все остальные заявки;
- время актуальности заявки t_a – установленная заказчиком срочность выполнения заявки;

– ценовой приоритет – увеличение цены обслуживания заявки ΔC для сокращения времени ожидания выполнения исследований.

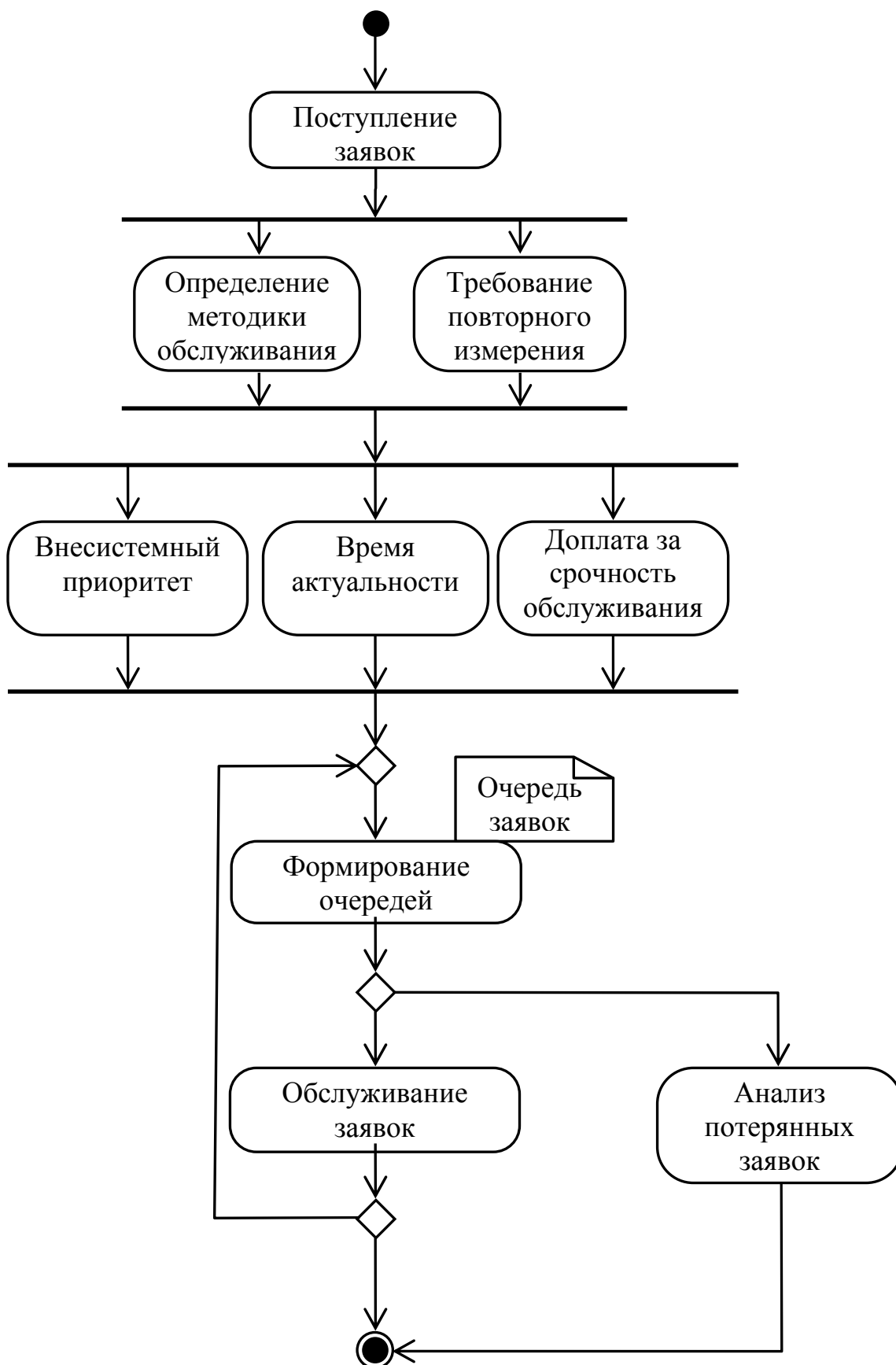


Рис. 9. Диаграмма деятельности ЦКП

Затем поток управления переходит к объекту класса «Кластер» в котором происходит обслуживание заявки. Из входящего в кластер ЦКП потока заявок формируется упорядоченная приоритетная очередь с прямой дисциплиной обслуживания, при которой заявки обслуживаются в порядке поступления в очередь. Выбор заявки для обслуживания из очереди происходит в соответствии с ее относительным внутрисистемным приоритетом P , назначенным заявке в офисе проектов и услуг ЦКП. В очереди действует ограничение по длительности ожидания обслуживания: если оно превысит время актуальности t_a , то заявка покидает систему необслуженной. Потерянные заявки анализируются и проходят статистическую обработку.

Обслуживание заявки происходит на научном оборудовании по требуемой методике измерений, затем заявка проходит проверку на потребность в повторном исследовании. Если необходимо повторное измерение, то заявка возвращается в очередь для ожидания повторного обслуживания. В противном случае обслуженная заявка проходит статистический учет и покидает систему ЦКП.

Исходя из условий оказания наукоемких услуг, можно сформулировать основные *правила* института ЦКП.

Правило 1. Количество проводимых измерений по каждой услуге зависит от цели проводимого исследования и не всегда определяется заказчиком.

Для заказчика важен конечный результат, поэтому зачастую изначально неизвестно необходимое количество измерений. Например, сначала требуется общее исследование образца для выявления наиболее важных областей, которые затем исследуются с большим разрешением или в уточненных условиях. Затем может понадобиться следующая итерация углубления исследований и т.д. Из сказанного следует, что в одной услуге время одного измерения не всегда будет постоянным и не всегда будет с каждой итерацией увеличиваться; в некоторых заявках после первого измерения отпадает необходимость контроля части параметров образца, и время последующих измерений уменьшится. В ряде случаев, когда количество измерений определено заранее (например, при

контроле качества и наборе статистики качества материалов и образцов, при проведении учебных лабораторных работ), существенное влияние на количество измерений оказывает подготовка и квалификация пользователей. Не вызывает сомнений тот факт, что при слабой подготовке и низкой квалификации студентов или аспирантов придется проводить дополнительные измерения из-за полученных недостоверных результатов. Это касается оборудования, на котором может работать непосредственно пользователь под присмотром работников ЦКП.

Правило 2. На уникальном оборудовании могут проводить исследования только высококвалифицированные специалисты центра. Заказчик может участвовать в проведениях измерений при условии подтверждения собственной квалификации в данной области.

Правило 3. Время актуальности играет решающую роль в дисциплине ожидания обслуживания.

Исследования, как правило, проводятся в рамках проектов или работ, имеющих четкие сроки. Перед проведением измерения в ЦКП заказчиком проводится подготовительная работа: изготовление образца, предварительные «черновые измерения». По своей сути время актуальности является окончательным периодом, охватывающим ожидание обслуживания и весь комплекс работ по исследованиям образца.

Описанные выше диаграммы характеризуют различные аспекты центра. Вместе они образуют модель объекта исследования, представляющую собой в максимально обобщенном виде функционирование ЦКП в режиме массового обслуживания и позволяющую перейти к формализации задач исследования в виде имитационных моделей в программной среде AnyLogic5.

Резюмируя изложенное, следует отметить, что в результате проведенного исследования на основе анализа специфики и проблем оказания наукоемких услуг научными организациями была сформулирована система правил обслуживания заявок на использование оборудования ЦКП. Результаты выполненного анализа методов моделирования позволили определить методику имитационно-

го моделирования процессов оказания услуг организациями корпоративного университета.

Разработана концептуальная модель организации и управления оказанием наукоемких услуг, учитывающая особенности функционирования ассоциации научных организаций, управляемой ЦКП, включающая:

- систему правил, подлежащих математической формализации и используемых в модели анализа функционирования ЦКП;
- кластерную структуру объектов управления;
- формализованные классы заявок, использованные при построении диаграммы прецедентов ЦКП;
- формализованный процесс обслуживания заявок, представленный как диаграмма деятельности ЦКП;
- формализованную структуру деятельности ЦКП ЮКУ «Высокие технологии».

На втором этапе исследования необходимо проанализировать структуру центра и дополнить систему правил обслуживания заявок для отражения в ней особенностей функционирования ЦКП ЮКУ «Высокие технологии». Затем следует сформулировать класс задач управления загрузкой научного оборудования на основе теории массового обслуживания, который будет соответствовать корпоративному университету с координирующим звеном в форме ЦКП, выявить критерии эффективности и качества обслуживания, предъявляемые к системам массового обслуживания данного класса и проанализировать возможность нахождения этих характеристик аналитическим методом.

Далее необходимо на основе концептуальной модели и с помощью выбранного инструмента моделирования AnyLogic5 разработать имитационную модель, позволяющую найти значения характеристик эффективности и качества обслуживания заявок. Следующим шагом будет проведение экспериментов с моделью для установления ее адекватности реальной системе.

ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ В ЦЕНТРЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЮЖНОГО КОРПОРАТИВНОГО УНИВЕРСИТЕТА

2.1 Модельное представление производственной структуры Центра коллективного пользования и системы организации оказания наукоемких услуг

ЦКП ЮКУ «Высокие технологии» является звеном корпоративной инфраструктуры, обеспечивающей многоуровневую системную интеграцию секторов академической и прикладной науки с высшей школой с целью интенсификации научных исследований и образования. Взаимодействие подразделений организаций, участвующих в его функционировании, реализуется за счет дополнительно созданных структурных элементов – лабораторий и филиалов, резидентно располагаемых в организациях-участниках, и путем функционирования в единой информационной инфраструктуре обеспечивающих эффективность процессов обучения и научных исследований. ЦКП призван удовлетворять настоящие потребности пользователей наукоемких услуг, особенно в областях, находящихся «на стыке» различных наук, в специалистах новой формации, отличающихся глубоким изучением наукоемких технологий, отличной теоретической подготовкой, широким применением информационных технологий и целенаправленной отраслевой специализацией.

На рисунке 10 представлена разработанная диаграмма целевого взаимодействия кластеров ЦКП. Следует отметить, что построение диаграммы прецедентов – важный промежуточный вопрос исследования, который подвергался анализу при организации ЦКП [66, с. 16 – 21].



Рис.10. Диаграмма целевого взаимодействия кластеров ЦКП

Для управления разработанными научно-образовательными, исследовательскими и инновационными процессами реализующими механизмы и модели интеграции научной и образовательной деятельности, создан Офис проектов и услуг и базисные структурные элементы ЦКП: резидентные лаборатории и филиалы в научных, конструкторских и производственных структурах университетов и региона, которые объединены в отраслевые кластеры Центра (рис.11).

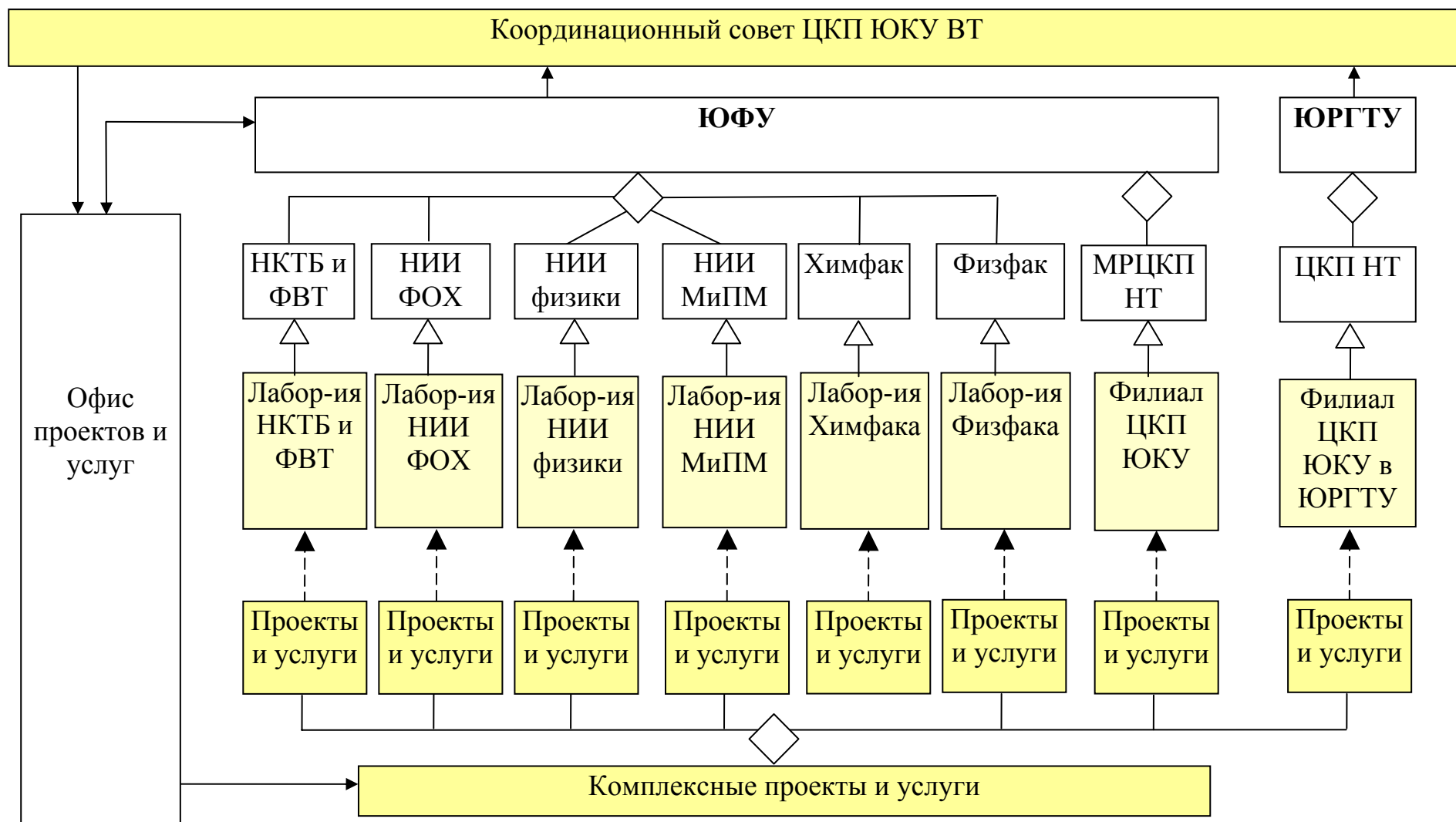


Рис.11. Организационная структура ЦКП

Существенными особенностями организации ЦКП ЮКУ «Высокие технологии» являются [96]:

1) распределение компонентов ЦКП по кластерам в независимых организациях: в вузах – партнерах по корпоративному университету и их подразделениях (филиалах, институтах);

2) территориальная рассредоточенность компонентов ЦКП по его кластерам в Ростове, Таганроге, Новочеркасске, Волгодонске;

3) наличие множества исследователей и исследовательских групп с характерным для вузовской науки тематическим разнообразием;

4) интеграционный аспект, связанный с участием в кооперации структурного подразделения РАН – Южного Центра РАН и с приоритетами учредителей ЦКП в сфере образовательной деятельности, в том числе с развитием новых ресурсо- и наукоемких направлений высшего профессионального образования (нанотехнологии, наноматериалы и др.); из-за известной ограниченности средств материально-техническая база таких образовательных направлений и специальностей не может быть выстроена вне деятельности ЦКП.

Структура центра и органов управления согласованы и нацелены на реализацию наукоемких проектов и динамичное развитие системы услуг ЦКП в рамках совместных проектов, в т.ч. с Южным научным центром РАН (см. рис. 12).

В реализации большинства проектов и услуг будут участвовать различные лаборатории, имеющие разные значимые функции в проекте. Поэтому предлагается гибридная организационная структура управления проектами, которая будет изменяться в зависимости от характера оказываемой услуги.

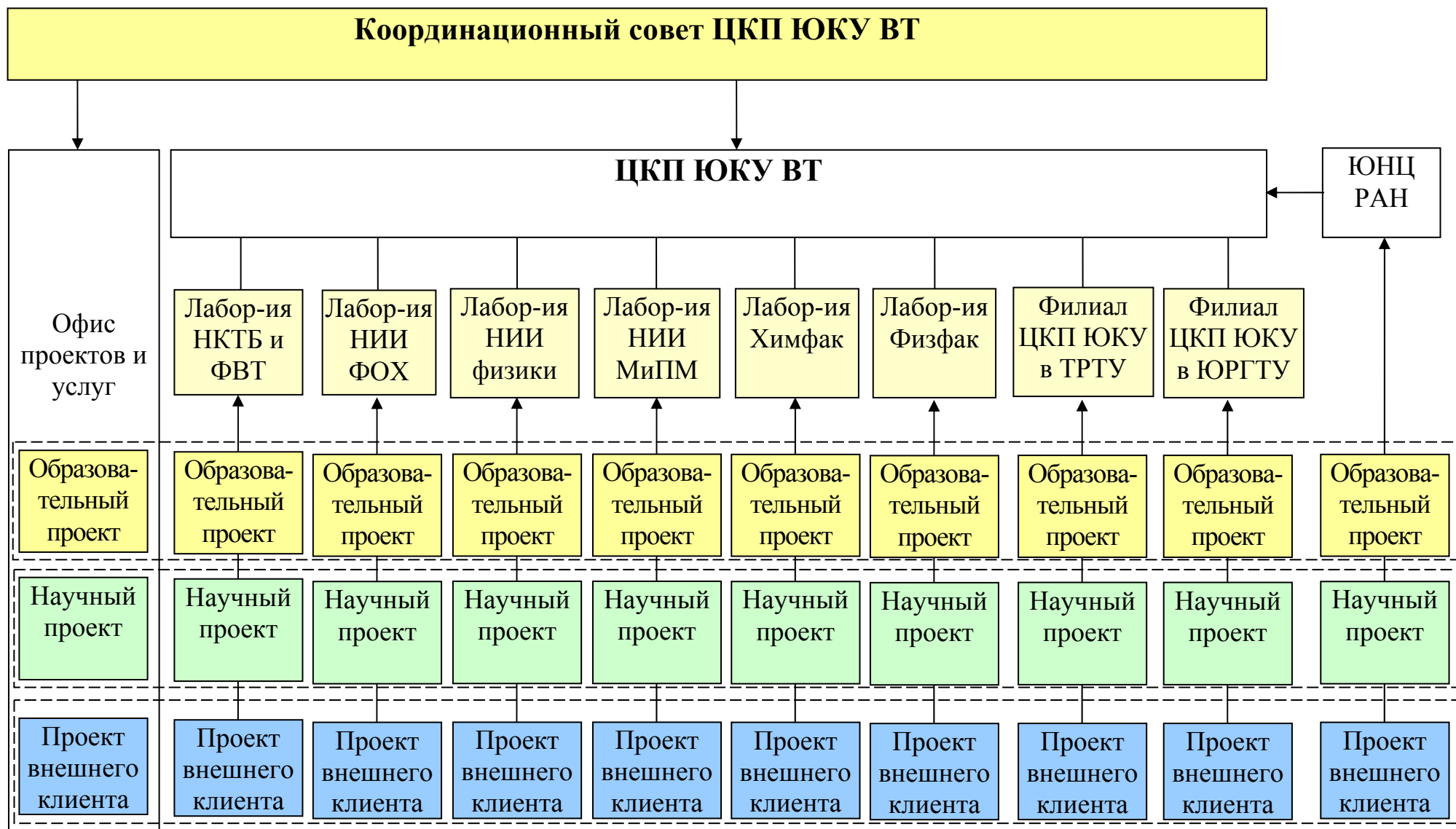


Рис.12. Схема проектной организации в режиме формирования совместных проектов

ЦКП объединяет современное научно-исследовательское и технологическое оборудование вузов-партнеров ЮКУ на основании долгосрочного договора о совместной деятельности в рамках ЦКП. Участники центра выделяют часть времени оборудования, находящегося на их балансе, в коллективное пользование. Оптимальное соотношение приборного времени для собственных исследований и времени, выделяемого для коллективного пользования, можно вывести исследовательским путем. Однако чаще всего это соотношение определяется административным путем – решением руководящего органа ЦКП. Таким образом, координационным советом были установлены два дополнительных правила функционирования ЦКП «Высокие технологии».

Правило 4. Участники ЦКП обязаны выделять не менее a процентов приборного времени в коллективное пользование. Это соотношение, как правило, закреплено в положении ЦКП. Например, в соответствии с положением ЦКП ЮКУ «ВТ» участники обязаны выделять не менее 50 % приборного времени для коллективного пользования.

Правило 5. Ресурсы приборного времени определяются Координационным советом ЦКП каждые полгода как совокупное время использования оборудования за вычетом периодов обслуживания и ремонта оборудования организацией, на балансе которой оно находится.

Научное оборудование, находящееся в ЦКП, можно разделить в зависимости от его направления на два вида:

- технологическое, которое предназначено для получения наноструктур;
- исследовательское, предназначенное для исследования свойств нанообъектов и уже полученных наноструктур.

В последнее время появилась тенденция совмещения этих двух направлений, что является одной из особенностей указанного оборудования. Другой характерной особенностью научного оборудования является большое количество методик, реализуемых каждой единицей оборудования.

К ЦКП предъявляются как внешние, так и внутренние требования, выраженные в виде заявок на обслуживание. К внутренним требованиям относятся

научные и учебные заявки структурных подразделений вузов ЮКУ, к внешним – научные и коммерческие заявки от организаций ЮФО.

Заявки целесообразно классифицировать по виду требующегося научного оборудования на:

- простые заявки на дорогостоящее, но не уникальное оборудование, имеющееся во всех филиалах ЦКП;
- заявки на уникальное оборудование, которое есть только в одном каком-либо филиале центра;
- комплексные заявки, требующие цепочку услуг на различном научном оборудовании (до трех единиц).

Исследования на оборудовании ЦКП являются оптимальными, потому что они проводятся при минимизации трудозатрат и расходных материалов и использовании оригинальных собственных методик исследований. Это достигается с помощью рационального выбора типа оборудования и конкретных исследовательских методик.

Процесс обслуживания заказчика, включает следующие этапы:

- 1) постановка задачи исследований заказчиком в форме технического задания, предоставление им необходимой информации сотрудникам ЦКП о способе получения материала (без разглашения технических деталей и особенностей запатентованных технологий и ноу-хау), прогнозируемых свойствах с указанием целей и ожидаемых результатов;
- 2) выбор исследовательского оборудования;
- 3) тестирование образца на предмет соответствия требованиям оборудования;
- 4) подготовка образца к исследованиям;
- 5) определение режимов работы оборудования и конкретной исследовательской методики (или серии методик);
- 6) получение предварительных результатов;
- 7) оптимизация режима исследования и получение конечных результатов;

8) интерпретация полученных данных совместно с заинтересованной стороной;

9) выдача заказчику отчета о проведенных исследованиях, включающего:
а) информацию о типе используемого оборудования и режимах исследования;
б) иллюстративную информацию (изображения топографии, локальных свойств материала и т.п.); в) описание и интерпретация полученных результатов.

Одна и та же заявка может быть обслужена на разном оборудовании, но в силу их разной производительности изменится время ее обслуживания. При этом исследование может проводиться по стандартным методикам или разработанным индивидуально для данной заявки – в этом случае длительность выполнения заявки будет существенно выше, чем в первом случае. Для адаптации методики необходимо изменять как параметры прибора, так и условия исследования для достижения результатов, соответствующих техническому заданию заказчика. Многообразие заявок, обслуживаемых ЦКП, настолько велико, что можно говорить об уникальности каждой заявки. В таблице 2 приведены параметры заявки, сочетание которых описывает ее индивидуальный характер.

Таблица 2

Матрица параметров заявок

Заявка		1	2	3	...	...	N
Тип заявки*		У	Н	К	...	...	1...n
Оборудование		1	5	8, 4, 3	...	...	...
Методика исследования	№	1	12	24, 17, 10	...	...	1...k
	стандартная	+		+	...	...	...
	собственная		+		...	...	...
Участие заказчика в исследовании		+	+	–	...	...	...
Комплексность		–	–	+	...	...	...
Повторяемость		–	+	–	...	...	...
Принадлежность к ФЦНТП		–	+	–	...	...	...
Срочность, дней		14	21	10	...	...	...
Обработка результатов исследования		–	–	+	...	...	...

* У – учебная, Н – научная, К – коммерческая заявки.

Методики, прошедшие успешную апробацию и реально использующиеся в процессе функционирования ЦКП ЮКУ приведены в приложении 3.

Как указывалось ранее, каждый научный прибор может быть использован для проведения исследований по нескольким различным методикам и вполне естественно, что в большинстве случаев он не может мгновенно переключиться с одной методики исследования на другую. Для такого переключения требуется подготовительно-заключительное время, которое в общей модели системы массового обслуживания будет учитываться во времени обслуживания заявки.

2.2 Разработка модели управления загрузкой научного оборудования с применением теории массового обслуживания

Исследование ЦКП связано с определением (классификацией) решаемой задачи управления загрузкой научного оборудования как задачи (класса задач) теории массового обслуживания с учетом описанных выше особенностей его функционирования, ограничений, накладываемых средой целеобразования, условиями и организацией внешних взаимодействий. Для этого следует выделить и проанализировать наиболее близкие классы постановок задач исследования систем обработки очередей, решаемых в рамках теории массового обслуживания и на их основе формализовать описание нового класса задач управления загрузкой научного оборудования, учитывающего все особенности и ограничения деятельности ЦКП.

Принципы классификации систем массового обслуживания изложены в трудах российских и зарубежных ученых: Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Г.И. Ивченко, А.Л. Лифшица, Э.А. Мальц, Н.К. Джейсуола, К. Клейнрока, Д. Кенинга, Д. Штойяна [18; 22; 24; 33; 35; 41]. Как показано выше, ЦКП имеет сложную организационную структуру. Рассматривая центр в различных аспектах, можно отнести его к разным системам массового обслуживания.

Для каждой системы массового обслуживания основными составными характеристиками, определяющими особенности ее функционирования, являются характер входящего потока, а также дисциплина ожидания и обслуживания.

Вид и параметры закона распределения входящего потока определяются характером процессов, протекающих в моделируемом объекте [41, с. 10]. По мнению Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Г.И. Ивченко, Т.Л. Саати, Д. Кенинга, Д. Штойяна, К. Клейнкрока [18; 24; 33; 35; 73], для составления системы моделей достаточно использовать следующие распределения входящего потока:

- показательное (экспоненциальное);
- Эрланга k -го порядка;
- нормальное;
- равномерное.

Поток Пуассона (с экспоненциальным распределением) не только подтверждается статистически при наблюдении многих реальных потоков, но и появляется в качестве предельного объекта во многих вероятностных схемах [18, с. 18]. Под потоком Пуассона понимается поток, обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия, т.е. вероятностные характеристики которого не зависят от сдвига по времени, в каждый момент времени может поступать не более одной заявки, при этом заявки поступают независимо друг от друга [10, с. 7]. В модели системы массового обслуживания простейший поток (Пуассона) нами принят в качестве входящего потока заявок с вероятностью поступления за время t ровно k заявок, равной

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} e^{-\lambda \cdot t},$$

где λ – интенсивность входящего потока.

Однако, как справедливо замечает Н.Б. Кобелев, при имитационном моделировании сложных экономических объектов применение потока Пуассона приводит к ошибочному представлению о качестве функционирования объекта и использование его в чистом виде неприемлемо [36, с. 239]. Исходя из этого, при имитационном моделировании необходимо вводить корректирующую по-

правку входящего потока в зависимости от времени года, которая позволит учитывать сезонные колебания потока заявок.

Целесообразно воспользоваться классификацией по дисциплине ожидания. Оказывается, что наиболее объективно отражает функционирование ЦКП класс систем массового обслуживания с ограничением по длительности ожидания. В исследуемой системе управления таким ограничением является время актуальности, поскольку в системах массового обслуживания с ограничением по длительности ожидания заявка покидает систему, если длительность ожидания превышает время актуальности.

По характеру выбора требований для обслуживания из очереди модель можно отнести к системам массового обслуживания с упорядоченной очередью с прямой дисциплиной обслуживания FIFO (First In First Out). Заявки, поступающие в ЦКП имеют разные приоритеты. Преимущественными (приоритетными) считаются заявки по работам, выполняемым в рамках контрактов Федеральной целевой научно-технической программы, неприоритетными – все остальные заявки. С этой точки зрения центр считается системой массового обслуживания с приоритетами без прерывания (системы с относительными приоритетами): если в момент прихода заявки, имеющей больший приоритет, происходит обслуживание заявки, имеющей меньший приоритет, то обслуживание последней не прерывается, а продолжается до конца и лишь после этого пришедшая «старшая» заявка поступает в канал.

ЦКП управляет мощностями научных организаций, объединенных в три территориальных кластера, в каждом из которых есть равнозначное оборудование, с помощью которого оказываются одинаковые услуги. Следовательно, в таком аспекте деятельности наиболее эффективно его рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания.

2.2.1 Выбор и описание модели массового обслуживания

Модель территориально распределенного ЦКП разработана на основе известных, хорошо проработанных систем массового обслуживания: системы с ограниченным временем ожидания и системы с приоритетным обслуживанием [18]. Рассмотрим постановки задачи вышеназванных систем.

Постановка задачи системы с ограниченным временем ожидания: в системе имеются s эквивалентных приборов. На эти приборы поступает простейший поток требований, параметр которого равен λ . Длительность обслуживания представляет собой случайную величину с одним и тем же распределением вероятностей $B(x) = 1 - e^{-\mu x}$, где μ – параметр распределения. Каждое требование, поступившее в систему обслуживания, остается в ней и либо начинает обслуживаться сразу, если имеется хотя бы один свободный от обслуживания прибор, либо остается ожидать своей очереди на обслуживание. Но при этом ожидание ограничено определенным временем τ (назовем его временем актуальности). Если требование за время τ со времени его поступления не начало обслуживаться, то оно теряется.

Показательное распределение времени обслуживания является лишь грубым приближением к реальному обслуживанию заявок на оборудовании ЦКП. К тому же в данной постановке задачи рассматривается только один тип заявок и не учитываются приоритеты обслуживаемых заявок, что указывает на необходимость рассмотрения следующего класса задач теории массового обслуживания.

Постановка задачи системы с приоритетным обслуживанием: в системе имеются s эквивалентных приборов. В систему поступают два типа требований, первый тип с приоритетом над требованиями второго типа. Требования первого и второго типов образуют независимые простейшие потоки с параметрами λ_1 и λ_2 , соответственно. Каждое требование, поступившее в систему обслуживания, остается в ней и либо начинает обслуживаться сразу, если имеется хотя бы

один свободный от обслуживания прибор, либо становится в очередь на обслуживание.

В данном классе задач рассматривается обслуживание с ожиданием, при котором заявки становятся в очередь с учетом приоритетов и ожидают обслуживания, но не рассматривается возможность потери заявки из очереди. При этом более приоритетная заявка вытесняет с прибора менее приоритетную, которая теряется, оставшись необслуженной. В этой части класс задач не соответствует действительному обслуживанию заявок, поэтому необходимо сформулировать класс задач, учитывающий свойства ЦКП.

Рассмотрим авторскую постановку задачи системы массового обслуживания, интегрирующую свойства указанных систем, которая в общепринятой классификации, предложенной Д. Кендаллом, имеет кодировку $M/G/d$.

В систему, состоящую из d однородных приборов (эквивалентных между собой), поступают два типа требований: первый тип при этом имеет приоритет над требованиями второго типа. Требования первого и второго типов образуют независимые простейшие потоки с параметрами λ_1 и λ_2 соответственно. Длительность обслуживания представляет собой случайную величину с одним и тем же нормальным распределением вероятностей $N(m, \sigma)$. В момент поступления новой заявки управляющее устройство (в этой роли выступает офис проектов и услуг) может поставить ее в очередь в соответствии с ее приоритетом. Если все приборы заняты, то поступившее требование первого типа не прерывает уже начатых обслуживаний, но становится впереди всех требований более низкого ранга (позади других требований первого типа, находящихся в очереди) или направляется на один из свободных приборов. По окончании обслуживания, если очередь не пуста, управляющее устройство размещает следующую заявку из очереди на свободном приборе. При этом ожидание заявки ограничено определенным временем актуальности t_a . Если требование за время t_a со времени его поступления не начало обслуживаться, то оно теряется. Предполагается также невозможность передачи обслуживаемой заявки с одного прибора на другой.

Таким образом, сформулирован класс задач управления загрузкой научного оборудования с учетом ограничений по длительности ожидания, по характеру выбора заявок для обслуживания как с упорядоченной приоритетной очередью и прямой дисциплиной обслуживания с относительным приоритетом.

В зависимости от целей исследования критериями эффективности и качества функционирования системы массового обслуживания могут служить такие характеристики, как производительность экономической системы, среднее количество заявок в системе или средняя длина очереди, среднее время пребывания заявок в системе или среднее время ожидания, вероятность потерь, коэффициент загрузки системы или среднее время простоя оборудования и т.п.

При аналитическом решении задач массового обслуживания обычно из-за громоздкости систем уравнений рассматривают системы массового обслуживания с одной-двумя особенностями. Учитывать многие особенности системы одновременно позволяет лишь метод статистического (имитационного) моделирования [24, с. 56–57]. Существуют примеры, когда сложная система исследуется методом имитационного моделирования, тогда как для изучения аналитическими методами она оказывается недоступной [13]. Дополнительно метод имитационного моделирования позволяет изучать переходные процессы в системе массового обслуживания, возникающие при изменениях распределения моментов поступления заявок и параметров системы. Стационарный режим деятельности системы массового обслуживания устанавливается после значительного количества имитационных реализаций, а начальные реализации могут существенно отличаться от установившихся. Аналитический метод расчета параметров систем массового обслуживания позволяет получить величины параметров только для установившихся значений, и в этом еще одно преимущество имитационного моделирования перед аналитическими расчетами. В связи с невозможностью изучения переходных процессов аналитическим методом расчета, система ЦКП исследуется с помощью имитационного моделирования. Вышеописанная постановка задачи взята за основу имитационной модели. Ниже будет рассмотрен кластер ЦКП в виде одноканальной системы массового об-

служивания с относительным приоритетом одного типа требований над другим; входящие потоки требований приняты простейшими, а время обслуживания, как показали результаты исследования, подчиняется нормальному распределению. Система $M/G/1$ хорошо описана, например, в работах Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Н. К. Джейсуола, К. Клейнрока, Д. Кенинга, Д. Штойяна [33; 35; 22; 18; 17]. Затем мы перейдем к таким интересующим нас оценкам качества функционирования системы $M/G/d$, как среднее стационарное время ожидания, вероятность занятости d приборов и средняя стационарная длина очереди.

2.2.2 Модель обработки заявок на использование уникального научного оборудования на основе теории массового обслуживания

На один обслуживающий прибор из независимых источников поступают требования ν ($\nu \geq 2$) типов. Требования, поступающие из i -го источника ($1 \leq i \leq \nu$), называются требованиями i -го класса и поступают в соответствии с пуассоновским потоком с интенсивностью λ_i . Длительности обслуживания требований i -го класса ($1 \leq i \leq \nu$) являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами с плотностью $S_i(x)$. При наличии в очереди требований i -го и j -го классов ($i < j$) требование i -го класса поступит на обслуживание раньше требования j -го класса, даже если последнее появилось раньше. Это правило справедливо для всех внесистемных приоритетных дисциплин. Внутри каждого класса – прямой порядок обслуживания.

В модели $M/G/1$ (интенсивности потоков требований λ_1 и λ_2 соответственно, функция распределения длительности обслуживания $B(t)$ с математическим ожиданием m_B) только длительность обслуживания имеет неэкспоненциальное распределение, следовательно процесс с приоритетами – немарковский. Существует два метода для изучения таких процессов [22]:

– *метод вложенных цепей Маркова (метод Кендалла, см.[33])* – немарковский процесс рассматривается в тех точках, в которых имеет место марков-

ское свойство, т.е. в его основе лежит выделение из исходного процесса с непрерывным временем вложенной цепи Маркова с дискретным временем;

– *метод введения дополнительных переменных* – состоит в восполнении недостающей информации путем введения дополнительных переменных для описания состояния системы (впервые предложен Д. Коксом в работе [111]).

Процесс обслуживания заявок (будем считать его исходным процессом) рассмотрим поочередно на следующих стадиях:

- в периоде занятости;
- в периоде незанятости научного оборудования.

Процесс на периоде занятости исследуем с помощью дополнительных переменных, а затем получим характеристики исходного процесса из характеристик процессов в периодах занятости и незанятости.

Математически, в общем виде структуру модели можно представить в виде зависимости:

$$E_q = F(f^i(m, x, t), b^i(t), c_i(t))$$

где f – плотности вероятностей, относящиеся к моментам времени, когда обслуживается неприоритетное требование; b^i – когда обслуживается приоритетное требование; c_i – цикл обслуживания неприоритетного требования; m – длина очереди требований; x – длительность обслуживания требований; F – функциональная зависимость между параметрами, которая определяет величину E_q .

Единое изучение внесистемных приоритетных дисциплин стало возможным благодаря введению понятия цикла обслуживания. *Цикл обслуживания требования* определяется как период времени, который начинается в момент, когда требование поступает на обслуживание, и заканчивается в тот момент, когда прибор освобождается для обслуживания следующего требования этого же класса. Если в течение интервала обслуживания не поступит требование более высокого приоритета, то цикл обслуживания, очевидно, будет равен времени обслуживания. Для процесса с двумя классами приоритетов требования первого класса можно условно назвать приоритетными, а второго – неприоритетными.

Процесс в цикле обслуживания очереди с приоритетом

Для модели с двумя классами приоритетов процесс в цикле обслуживания начинается в момент поступления на прибор неприоритетного требования ($t=0$) и заканчивается, когда обслуживающий прибор готов принять следующее неприоритетное требование. В течение цикла обслуживания рассматривается обслуживание только одного неприоритетного требования, и поэтому число неприоритетных требований равно либо 1, либо 0. Цикл обслуживания можно разбить на две фазы: на первой фазе, обозначаемой через I_2 , рассматриваемое неприоритетное требование находится в системе, на второй фазе, обозначаемой через L_2 , это требование после завершения обслуживания покидает систему и обслуживаются приоритетные требования.

На рисунке 13 изображен цикл обслуживания для относительной приоритетной дисциплины. В точке B завершается обслуживание неприоритетного требования, а в точке B' заканчивается цикл обслуживания. Пунктирной линией соответствует обслуживание приоритетного требования.

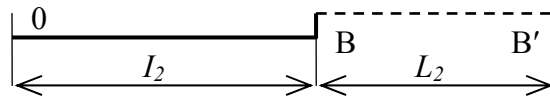


Рис. 13. Цикл обслуживания

Пусть c_2 – цикл обслуживания неприоритетного требования. Обозначим случайные переменные в цикле обслуживания или его фазах I_2 и L_2 теми же символами, что и для основных процессов, но с верхними индексами c , I и L , например m^c , m^I и m^L . Кроме того, введем величину z – время, в течение которого обслуживалось неприоритетное требование. В цикле обслуживания имеются как приоритетные, так и неприоритетные требования. Случайные величины относящиеся к приоритетным требованиям, обозначим нижним индексом 1, а к неприоритетным – нижним индексом 2. Таким образом, m_1^I будем обозначать длину приоритетной очереди на фазе I_2 , а z_2^I – время, в течение которого обслуживалось вытесненное неприоритетное требование на фазе I_2 . Величины

$m_1^c(t), m_1^I(t), m_1^L(t)$ представляют собой число приоритетных требований в системе в момент t на всем цикле обслуживания, на фазе I и на фазе L соответственно, $m_2^L(t) = 0, m_2^I(t) = 0$, а величина $m_2^c(t)$ принимает следующее значение:

$$m_2^c(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \in I_2 \\ 0 & \text{при } t \in L_2 \end{cases}.$$

Плотности вероятностей, связанные с состоянием процесса в цикле обслуживания в момент времени t определяются следующим образом:

$$f^I(m_1, x_2, t) dx_2 = P[m_1^I(t) = m_1, x_2 < z_2^I < x_2 + dx_2]; \quad (1)$$

$$g^I(m_1, x_1, x_2, t) dx_1 dx_2 = P[m_1^I(t) = m_1, x_1 < z_1^I < x_1 + dx_1, x_2 < \tilde{z}_2^I < x_2 + dx_2]; \quad (2)$$

$$g^L(m_1, x_1, t) dx_1 = P[m_1^L(t) = m_1, x_1 < z_1^L < x_1 + dx_1] \quad (3)$$

$$c_2(t) dt = P[t < c_2 < t + dt], \quad (4)$$

где f – плотности вероятностей, относящиеся к моментам времени, когда обслуживается неприоритетное требование, g – когда обслуживается приоритетное требование. Эти вероятности являются совместными, например, $f^I(m_1, x_2, t) dx_2$ есть вероятность того, что в момент t система находится в состоянии (m_1, x) , $x \in (x_2, x_2 + dx_2)$ и обслуживается неприоритетное требование [22, с. 67–69].

Процесс в цикле обслуживания очереди с относительным приоритетом

Рассматриваемый процесс начинается в момент $t=0$ поступлением неприоритетного требования на обслуживание. В силу относительного приоритета приоритетные требования, поступившие за время обслуживания неприоритетного требования, ждут, пока последнее не обслужится. Момент окончания процесса совпадает с первым моментом освобождения прибора от приоритетных требований, которые поступили за время обслуживания неприоритетного требования и впоследствии. Данный процесс полностью определяется плотностями $f^I(m_1, x_2, t)$ и $g^L(m_1, x_1, t)$. Его можно представлять как процесс на начальном периоде занятости для модели с бесконечным источником, с начальным интер-

валом разгрузки, равным времени обслуживания неприоритетного требования. В случае бесконечного источника приоритетных требований имеем [22, с. 143]:

$$\bar{f}^I(m_1, x_2, s) = \frac{(\lambda_1 x_2)^{m_1}}{m_1!} \exp \left[-(\lambda_1 + s)x_2 - \int_0^{x_2} \eta_2(u) du \right], \quad (5)$$

где s, u – комплексные переменные, $\eta(u)$ – условная вероятность того, что момент окончания обслуживания лежит в интервале $(x, x+\Delta)$.

$$g^L(m_1, x_1, s) = \bar{p}^{S_2}(m_1, x_1, s), \quad (6)$$

$$\bar{c}_2(s) = \bar{b}^{S_2}(s) = \bar{S}[\lambda_1 \{1 - b_1(s)\} + s], \quad (7)$$

где $\bar{S}$ – преобразование Лапласа плотности вероятности распределения длительности обслуживания, так что среднее значение длительности цикла обслуживания:

$$E(c_2) = \frac{v_2}{1 - \rho_1}, \quad (8)$$

$$E(c_2^2) = \frac{E(S_2^2)}{(1 - \rho_1)^2} + v_2 \frac{\lambda_1 E(S_1^2)}{(1 - \rho_1)^3}, \quad (9)$$

где v – средняя длительность обслуживания, а величина ρ называется нагрузкой системы. Тогда преобразование Лапласа совместной вероятности того, что в момент времени t период занятости i -го типа продолжается и в системе находятся m требований:

$$\bar{P}^c(\alpha_1, \alpha_2, s) = \alpha_2 \frac{1 - \bar{S}_2[s + \lambda_1(1 - \alpha_1)]}{s + \lambda_1(1 - \alpha_1)} + \frac{\bar{S}_2[s + \lambda_1(1 - \alpha_1)] - \bar{S}_2[s + \lambda_1 \{1 - \bar{b}_1(s)\}]}{1 - (1/\alpha_1) \bar{S}_1[s + \lambda_1(1 - \alpha_1)]}. \quad (10)$$

Период занятости

Плотность распределения длительности периода занятости находится по следующей формуле [22, с. 107]:

$$\bar{\gamma}_2(s) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \lambda_1} \bar{B}_2(s) + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 + \lambda_1} \bar{b}_1[\lambda_2 \{1 - \bar{B}_2(s)\} + s], \quad (11)$$

где λ_1, λ_2 – интенсивности потоков требований разных типов; s – комплексная переменная; $\bar{B}_2(s)$ – преобразование Лапласа плотности распределения периода занятости неприоритетной очереди; $\bar{b}_1$ – преобразование Лапласа плотно-

сти распределения периодов занятости для случаев, когда в систему поступают только приоритетные требования.

Совместное распределение длин очередей

Преобразование Лапласа производящей функции зависящего от времени совместного распределения длин очередей имеет вид

$$\bar{\Pi}(\alpha_1, \alpha_2, s) = \bar{e}^{(2)}(s) \left\{ 1 + (\lambda_1^* + \lambda_2^*) \frac{1}{\alpha_2} \bar{G}(\alpha_2, s) \bar{\Pi}^c[\alpha_1, \alpha_2, s + \lambda_2(1 - \alpha_2)] + \lambda_1^* \bar{\Pi}[\alpha_1, s + \lambda_2(1 - \alpha_2)] \right\}, \quad (12)$$

$$\text{где } \frac{1}{\alpha_2} \bar{G}(\alpha_2, s) = \frac{\lambda_2[\alpha_2 - \bar{B}_2(s)] + \lambda_2^*[\bar{b}_1\{\lambda_2(1 - \alpha_2) + s\} - \bar{b}_1\{\lambda_2(1 - \bar{B}_2(s)) + s\}]}{(\lambda_2 + \lambda_1^*)[\alpha_2 - \bar{c}_2\{\lambda_2(1 - \alpha_2) + s\}]}, \quad (13)$$

$\bar{G}(\alpha_2, s)$ – преобразование Лапласа плотности вероятности того, что в момент времени t неприоритетное требование поступает на обслуживание при $m_2 = I$ неприоритетных требований в очереди для процесса с двумя классами приоритетов; $\bar{e}$ – преобразование Лапласа вероятности того, что система свободна.

$$\bar{\Pi}^c(\alpha_1, \alpha_2, s) = \sum \sum \alpha_1^{m_1} \alpha_2^{m_2} \bar{p}^c(m_1, m_2, s) = \alpha_2 \bar{\Pi}^I(\alpha_1, s) + \bar{\Pi}^L(\alpha_1, s), \quad (14)$$

где $\bar{\Pi}^I(\alpha_1, s)$ и $\bar{\Pi}^L(\alpha_1, s)$ – преобразования Лапласа функций $p^I(m_1, t)$ и $p^L(m_1, t)$ соответственно, т.е.

$$\bar{\Pi}^I(\alpha_1, s) = \sum_{m_1=0} \alpha_1^{m_1} \bar{p}^I(m_1, s) \text{ и } \bar{\Pi}^L(\alpha_1, s) = \sum_{m_1=1} \alpha_1^{m_1} \bar{p}^L(m_1, s). \quad (15)$$

Подставляя (10) в (12), получаем

$$\begin{aligned} \bar{\Pi}(\alpha_1, \alpha_2, s) = & \bar{e}^{(2)}(s) \times \left[1 + \frac{\lambda_2[\alpha_1 - \bar{B}_2(s)] + \lambda_1[\bar{b}_1\{\alpha_2(1 - \alpha_2) + s\} - \bar{b}_1\{\lambda_2(\bar{B}_2(s)) + s\}]}{\alpha_1 - \bar{c}_2[\lambda_2(1 - \alpha_2) + s]} \right] \times \\ & \times \left\{ \alpha_2 \frac{1 - \bar{S}_2[\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s]}{\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s} + \right. \\ & \left. + \frac{\bar{S}_2[\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s] - \bar{c}[\lambda_2(1 - \alpha_2) + s]}{1 - (1/\alpha_1)\bar{S}[\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s]} k(\alpha_1, \alpha_2, s) \right\} + \\ & + \lambda_1 \frac{\alpha_1 - \bar{b}\{s + \lambda_2(1 - \alpha_2)\}}{1 - (1/\alpha_1)\bar{S}\{\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s\}} k(\alpha_1, \alpha_2, s), \end{aligned} \quad (16)$$

где $k(\alpha_1, \alpha_2, s) = \frac{1 - \bar{S}_2[\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s]}{\lambda_1(1 - \alpha_1) + \lambda_2(1 - \alpha_2) + s}$ – преобразование Лапласа плотности вероятности того, что в момент времени t приоритетное требование поступает в систему и застаёт очередь на обслуживание из m_1 приоритетных требований. [22, с. 145].

Интервал разгрузки обслуживающего прибора

Плотность распределения интервала загрузки для процесса на начальном периоде занятости имеет вид:

$$\bar{w}^\Omega(\theta, s) = \frac{\bar{\Omega}[s + \lambda\{1 - \bar{b}(s)\}] - \bar{\Omega}(\theta)}{\theta - s - \lambda\{1 - \bar{S}(\theta)\}}, \quad (17)$$

где $\bar{\Omega}$ – преобразование Лапласа плотности распределения начального интервала разгрузки, θ – комплексная переменная.

Для определения интервала разгрузки прибора, занятого обслуживанием приоритетных требований, необходимо найти $\bar{w}_1^c(\theta, s)$ – преобразование Лапласа плотности распределения длительности рассматриваемого интервала разгрузки на цикле обслуживания. Заметим, что искомая плотность равна плотности распределения интервала разгрузки на начальном периоде занятости при начальном интервале разгрузки, равном длительности обслуживания приоритетного требования. Из (17) получаем

$$\bar{w}_1^c(\theta, s) = \frac{\bar{S}_2(\theta) - \bar{b}_1(s)}{s - \theta + \lambda_1\{1 - \bar{S}_1(\theta)\}}. \quad (18)$$

Для исходного процесса плотность распределения интервала разгрузки обслуживающего прибора от приоритетных требований определяется как

$$\bar{W}_1(\theta, s) = \bar{e}^{(2)}(s) \left\{ [1 + \lambda_1^* \bar{w}_1(\theta, s)] + (\lambda_1^* + \lambda_2^*) \cdot \bar{G}(1, s) \cdot \bar{w}_1^c(\theta, s) \right\}. \quad (19)$$

Плотность распределения интервала разгрузки обслуживающего прибора:

$$\bar{w}(\theta, s) = \frac{\theta \bar{e}(s) - 1}{\theta - s - \lambda[1 - \bar{S}(\theta)]}. \quad (20)$$

Подставляя (18) в (19) и используя (20), находим

$$\bar{W}_1(\theta, s) = \frac{\bar{e}^{(2)}(s)}{\bar{e}_1(s)} \left[\frac{\theta \bar{e}_1(s) - 1}{\theta - s - \lambda_1[1 - \bar{S}_1(\theta)]} \right] + \frac{[\bar{e}^{(2)}(s) - \bar{e}_1(s)] \cdot [\bar{S}_2(\theta) - \bar{b}_1(s)]}{\bar{e}_1(s)[1 - \bar{c}_2(s)] \cdot (\theta - s - \lambda_1[1 - \bar{S}_1(\theta)])} \quad (21)$$

В стационарном случае

$$\bar{W}_1(\theta) = \frac{(1 - \rho_1 - \rho_2)\theta + \lambda_2[1 - \bar{S}_2(\theta)]}{\theta - \lambda_1[1 - \bar{S}_1(\theta)]}. \quad (22)$$

Таким образом, моменты имеют вид

$$E(W_1) = \frac{\lambda_1 E(S_1^2) + \lambda_2 E(S_2^2)}{2(1 - \rho_1)}; \quad (23)$$

$$E(W_1^2) = \frac{\lambda_1 E(S_1^3) + \lambda_2 E(S_2^3)}{3(1 - \rho_1)} + \lambda_1 E(S_1^2) \frac{[\lambda_1 E(S_1^2) + \lambda_2 E(S_2^2)]}{2(1 - \rho_1)^2} \quad (24)$$

Интервал разгрузки прибора, занятого обслуживанием неприоритетного требования, тот же, что и при абсолютном приоритете с дообслуживанием, так как плотности распределений длительности цикла обслуживания одинаковы для обеих дисциплин. Поэтому соответствующее стационарное распределение задается формулой

$$\bar{W}_2(\theta) = \frac{e^{(2)}[\theta + \lambda_1\{1 - \bar{b}_1(\theta)\}]}{\theta - \lambda_2 + \lambda_2 \bar{S}_2[\lambda_1\{1 - \bar{b}_1(\theta)\} + \theta]}. \quad (25).$$

Момент для плотности распределения времени ожидания неприоритетного требования имеет вид

$$E(W_2) = \frac{\lambda_1 E(S_1^2) + \lambda_2 E(S_2^2)}{2(1 - \rho_1)(1 - \rho_1 - \rho_2)}. \quad (26).$$

Время пребывания на приборе неприоритетного требования при относительном приоритете другое и равно времени его обслуживания, а не длительности цикла обслуживания. Таким образом, из (26) получаем формулу для среднего времени пребывания в системе ЦКП неприоритетного требования

$$E(\hat{D}_2) = \nu_2 + \frac{\lambda_1 E(S_1^2) + \lambda_2 E(S_2^2)}{2(1 - \rho_1)(1 - \rho_1 - \rho_2)}. \quad (27)$$

Полученные формулы справедливы для одноканальной системы обслуживания. Как показали результаты настоящего исследования, некоторые аналитические оценки, описанные в работе Кенинга и Штойана [33], можно использовать для моделирования и анализа многоканальной системы массового обслуживания типа $M/G/d$ отражающей суть управления ЦКП.

Среднее стационарное время ожидания m_w для системы $M/G/d$ удовлетворяет неравенству

$$m_w \leq \frac{m_B^2 + \sigma_B^2}{2s - 2\lambda m_b}.$$

Стационарная вероятность p_w того, что поступившее требование должно ожидать, удовлетворяет неравенству

$$p_w \geq \sum_{k=s}^{\infty} \frac{\rho^k}{k!} e^{-\rho},$$

так как p_w равна вероятности того, что в системе находится $s, s+1, \dots$ требований. Для малых ρ неравенство достаточно точно [33, с. 105–106].

Описанная модель кластера как системы массового обслуживания, включающая два типа заявок, поступающих в систему, характер их поступления, и учитывающая ограничения накладываемых дисциплинами ожидания и обслуживания, временем актуальности заявок, позволила выявить критерии качества функционирования ЦКП в режиме массового обслуживания. Иначе говоря, рассматривается качество управления распределением заявок по обслуживающим приборам по следующим параметрам:

- количество обслуженных и потерянных заявок;
- средняя длина очереди к прибору;
- среднее время ожидания заявки в очереди.

При этом качество проведения исследований и измерений по заявкам в данной модели принято одинаковым, независимо от типа заявки и обслуживающего прибора.

2.3 Разработка имитационной модели и исследование процессов обслуживания однородных заявок

Изучение процессов обслуживания однородных заявок в новом классе задач управления загрузкой научного оборудования, переходных процессов в системе ЦКП целесообразно проводить с помощью имитационной модели, раз-

работанной на основе описанной ранее системы массового обслуживания, учитывающей правила и особенности работы ЦКП, указанные ранее (см.1.3).

2.3.1 Этапы имитационного моделирования

Имитационное моделирование состоит из двух больших этапов: создания модели ЦКП и анализа функционирования построенной модели с целью принятия решений и выработки практических рекомендаций для увеличения эффективности работы ЦКП. Данные этапы подразделяются на ряд подэтапов, которые будут рассмотрены ниже.

Моделированию в любой его форме должна предшествовать формулировка цели. Определим ее, исходя из общей цели данного исследования, как анализ зависимости качества обслуживания заявок от характеристик входящих потоков заявок и параметров самих заявок.

На следующем этапе в зависимости от цели моделирования проводится выбор процессов в реальной системе, требующих отражения в модели, и выделение процессов, от которых можно абстрагироваться. Данный этап можно охарактеризовать как создание концептуальной (содержательной) модели. На нем происходит *структуризация* модели, т. е. выделение отдельных подсистем, определение элементарных компонентов модели и их связей на каждом уровне иерархии.

В общем виде структуру имитационной модели можно представить в виде зависимости

$$E_s = f(x_i, y_j),$$

где E_s – некоторый количественный показатель эффективности системы в плане достижения цели ее существования T , результат действия системы; $x_i \in X, i = \overline{1, k_x}$ – управляемые переменные системы, которыми мы можем управлять; $y_j \in Y, j = \overline{1, k_y}$ – переменные и параметры, которыми мы управлять не можем; f – функциональная зависимость между x_i и y_j , которая определяет величину E .

В имитационном моделировании структура модели отражает структуру реального объекта моделирования на некотором уровне абстракции, а связи между компонентами модели являются отражением реальных связей. Элементы системы, их связи, параметры и переменные, а также их соотношения и законы их изменения выражаются средствами AnyLogic 5, т. е. в этой среде определяются переменные и параметры модели, процедуры вычисления изменения переменных и характеристик модели во времени. Под *элементом* понимается некоторый объект, обладающий рядом важных свойств и реализующий в системе определенный закон функционирования F^S , внутренняя структура которого не рассматривается. В структурной модели ЦКП можно выделить следующие категории элементов:

- объекты-генераторы заявок;
- объекты, осуществляющие обработку, распределение и перенаправление поступающих заявок;
- объекты, реализующие постановку в очередь поступающих заявок;
- объекты, осуществляющие обслуживание заявок;
- объекты, осуществляющие вывод обслуженных или не обслуженных заявок из системы.

Затем построенная модель должна быть *проверена* с точки зрения корректности ее реализации.

Следующий этап — это *калибровка или идентификация* модели, т. е. сбор данных и проведение измерений тех характеристик в реальной системе, которые должны быть введены в модель в виде значений параметров и распределений случайных величин. Далее необходимо выполнить *проверку правильности* модели, которая состоит в том, что выход модели проверяется на нескольких тестовых режимах, в которых характеристики поведения реальной системы уже известны.

Последним этапом работы с моделью является *компьютерный эксперимент*. В простейшем случае компьютерный эксперимент — это выполнение модели при различных значениях ее существенных параметров (факторов) и на-

блюдение ее поведения с регистрацией характеристик поведения. Этот вид использования модели называется прогнозом, или экспериментом типа "что будет, если ...".

Эксперимент состоит из четырех взаимосвязанных элементов: исследователь (I), объект изучения – система (S), модель функционирования которой должен построить исследователь, модель (MS) и внешняя среда (S_0). Схема взаимоотношения участников эксперимента приведена на рис. 14 [45].

Компьютерное моделирование позволяет не только получить прогноз, но и определить, какие управляющие воздействия на систему приведут к благоприятному развитию событий. Более сложные эксперименты позволяют выполнить анализ чувствительности модели, оценку рисков различных вариантов управляющих решений, а также оптимизацию для определения параметров и условий рационального функционирования модели [28].

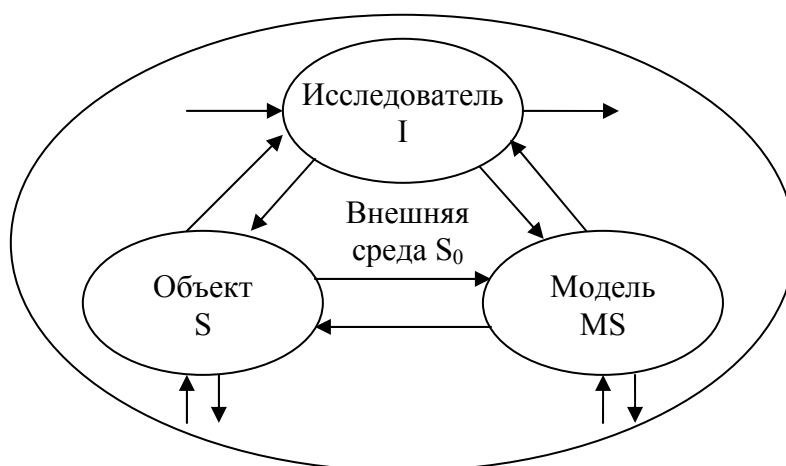


Рис.14. Схема взаимоотношений участников эксперимента

2.3.2 Структурная схема модели, описание атрибутов, алгоритм модели, диаграмма деятельности

Проведенный в гл. 1 анализ функционирования ЦКП выявил основную задачу центра – обеспечение эффективного использования дорогостоящего оборудования. Такая задача может быть решена с помощью максимальной загрузки всего перечня оборудования во времени. Постановка задачи моделируемой

системы: ЦКП научным оборудованием представляет собой распределенную сеть лабораторий, находящихся на значительном расстоянии друг от друга. Каждый территориальный кластер имеет достаточно узкую научную (отраслевую) направленность, во всех кластерах имеется по несколько единиц равнозначного научного оборудования, которому необходимо обеспечить максимальную загрузку по времени.

Поток заявок поступает в офис проектов и услуг ЦКП, который равномерно размещает их в кластерах центра в соответствии с запрашиваемым оборудованием. Потоки заявок $P_k^i(t)$ приняты простейшими, с экспоненциальным распределением с параметром λ . Однако, как уже указывалось ранее, применение потока Пуассона в чистом виде в качестве входящего при исследовании ЦКП неэффективно. Для приведения простейшего потока к реальному входящему потоку заявок ЦКП вводится сезонная поправка интенсивности потока γ_c . Таким образом, значение откорректированных потоков имеет вид

$$P_k^{i_{кор}}(t) = Y[P_k^i(t), \gamma_c].$$

Каждый кластер ЦКП руководствуется внесистемной приоритетной дисциплиной с относительным приоритетом при обслуживании заявок по исследованиям в рамках контрактов федеральных целевых программ перед всеми остальными заявками. Каждая заявка содержит в себе номер (наименование) требуемого научного оборудования и номер методики исследования, время обслуживания и время актуальности.

Для данной системы массового обслуживания необходимо разработать имитационную модель, позволяющую найти следующие критерии эффективности функционирования:

- количество обслуженных $N_{об}$ и потерянных N_n заявок и процентное их соотношение, количество всего заявок в системе N ;
- коэффициент использования оборудования $K_{исп}$ по кластерам;
- средние длины очередей $M(t)$ к приборам;
- максимальные длины очередей M_1^{max} , M_2^{max} ;

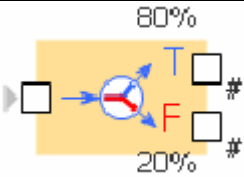
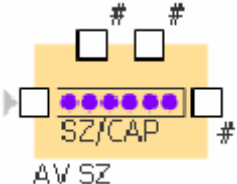
- среднее время ожидания в очереди обслуженной $\bar{T}_{o.з.}$ и потерянной $\bar{T}_{п.з.}$ заявок в системе ЦКП;
- объем выручки B .

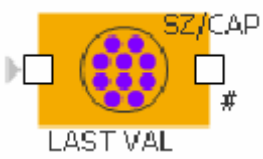
2.3.3 Реализация имитационной модели:

Программный продукт AnyLogic5 имеет несколько стандартных библиотек для ускорения процесса создания имитационной модели. Одной из таких библиотек, предназначенной для разработки дискретно-событийных систем различной направленности, является библиотека Enterprise Library. Ниже в таблице 3 приведен список использованных для создания имитационной модели ЦКП объектов этой библиотеки с краткими пояснениями.

Таблица 3

Использованные объекты для создания имитационной модели

Значок	Имя и описание	Использование в модели
	Source. Генерирует заявки класса Call	Моделирует входящий поток заявок в систему с экспоненциальным распределением величины интервала времени между поступлением заявок
	Sink. Удаляет заявки из системы	Используется для вывода заявок из системы. Реализует подсчет количества обслуженных и потерянных заявок.
	SelectOutput. В зависимости от заданного условия пересылает заявку на один из выходных портов	Моделирует процесс распределения заявок по филиалам ЦКП
	Queue Имитация очереди заявок	Применяется для имитации приоритетной очереди заявок филиала с дисциплиной обслуживания FIFO (прямой порядок обслуживания)

Значок	Имя и описание	Использование в модели
	Задерживает заявки на заданный промежуток времени	Моделирует обслуживающий научный прибор
	dataTime Набор данных	Набор данных, хранящий значения времени обслуживания заявок
	waitTime Набор данных	Набор данных, хранящий значения времени ожидания заявок в очереди
	waitTimeLost Набор данных	Набор данных, хранящий значения времени ожидания в очереди потерянных заявок
	myTable Табличная функция	Функция задает сезонные изменения интенсивности потока заявок

С использованием приведенных элементов была построена корневая структура модели системы, которая включает в себя подсистемы – экземпляры класса *Branch* (кластеры ЦКП), приведенная на рисунке 15.

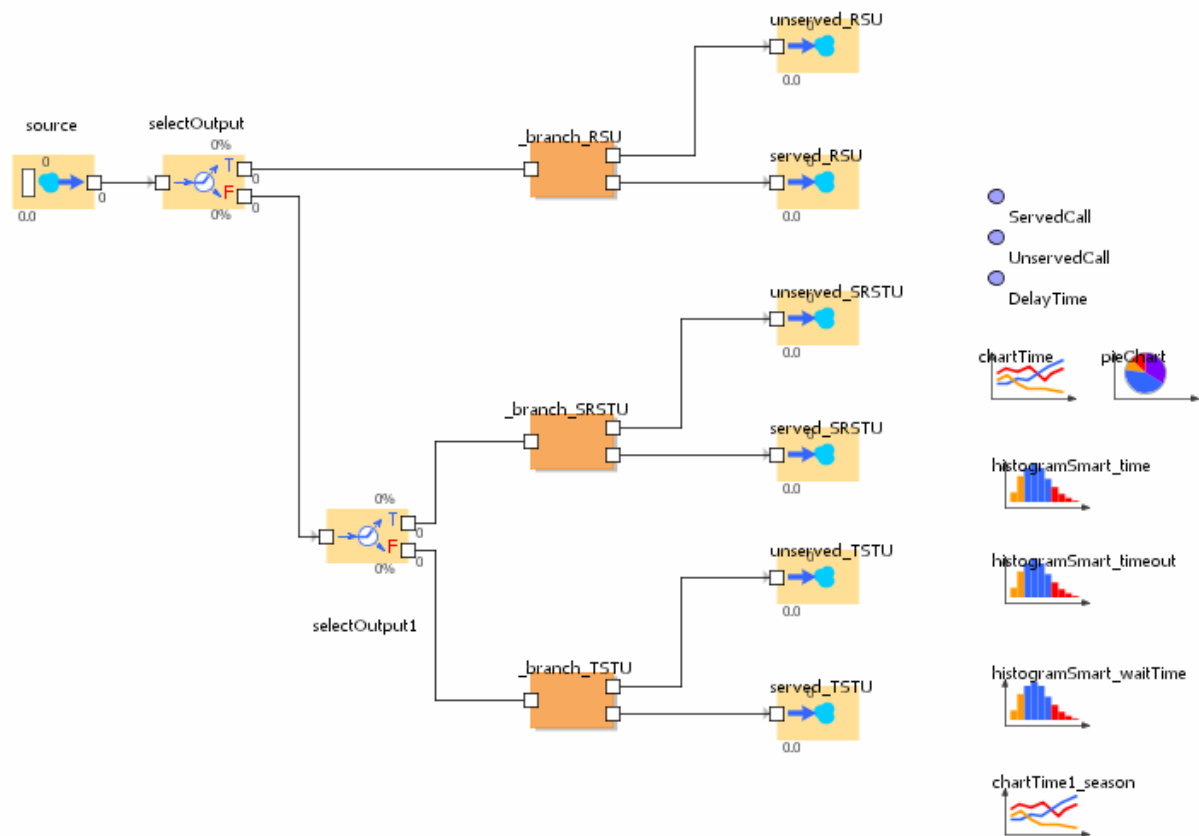


Рис. 15. Древовидная структурная схема корневого объекта модели

В модели приняты следующие обозначения: *_branch_RSU* – кластер ЦКП в Ростове-на-Дону, *_branch_SRSTU* – в Новочеркасске, *_branch_TSTU* – в Таганроге; *servedCall* – количество обслуженных заявок, *unservedCall* – количество потерянных заявок.

Заявки имитируются объектами класса *Call*, унаследованного от стандартного библиотечного класса *Entity*. Объекты этого класса перемещаются от одного объекта-хранителя (источник заявок, очередь, обслуживающий прибор, потоки обслуженных и необслуженных заявок) к другому. Каждая заявка на обслуживание имеет 10 параметров, которые однозначно описывают ее тип и содержание (рис.16). Описание всех параметров заявки приведено в приложении 4.

Тип	Имя	По умолчанию
integer	method	
integer	reiteration	
real	time	
integer	equip	
boolean	federal	
real	timeout	
integer	cycle	
real	waitTime	0
real	serviceTime	0

Рис. 16. Параметры заявки

Параметр *timeout* – время актуальности заявки, является ограничителем по времени ожидания обслуживания и реализует дисциплину ожидания заявок с ограничением по длительности ожидания; он задается случайной величиной с нормальным характером распределения. Параметр *priority* определяет относи-

тельный приоритет конкретной заявки при выборе требований из очереди для обслуживания. В модели реализовано три вида приоритетов:

1. $priority = 0$ – неприоритетные заявки, к которым относятся услуги сторонним организациям, собственные исследования и учебные задачи;
2. $priority = 1$ – приоритетная заявка (исследования в рамках ФЦП);
3. $priority > 1$ – приоритетная заявка (ценовой приоритет).

В первых двух случаях параметр генерируется по закону распределения Бернулли, в третьем – параметр увеличивается при отправке заявки в очередь для ожидания повторного измерения, таким образом, он связан с параметром *reiteration*. Параметр заявки *reiteration* – требование к количеству повторений измерений, устанавливается с помощью равномерного закона распределения и зависит от вида заявки.

Параметр *time* напрямую определяет время обслуживания заявки на научном оборудовании и задается СВ с нормальным распределением.

2.3.4 Характеристики объектов модели

1. Объект *Source* реализует «входной поток» модели. Данный объект генерирует заявки на обслуживание (объекты подкласса *Call*) и вводит их в систему ЦКП. Интенсивность потока заявок задается параметром экспоненциального распределения λ , который принимает значения от нуля до единицы в соответствии с табличной функцией *myTable*.

2. Функция *myTable* реализует сезонную коррекцию входящего потока, изменяя его интенсивность. В модели функция задается в табличном виде, а ее график представлен на рисунке 17.

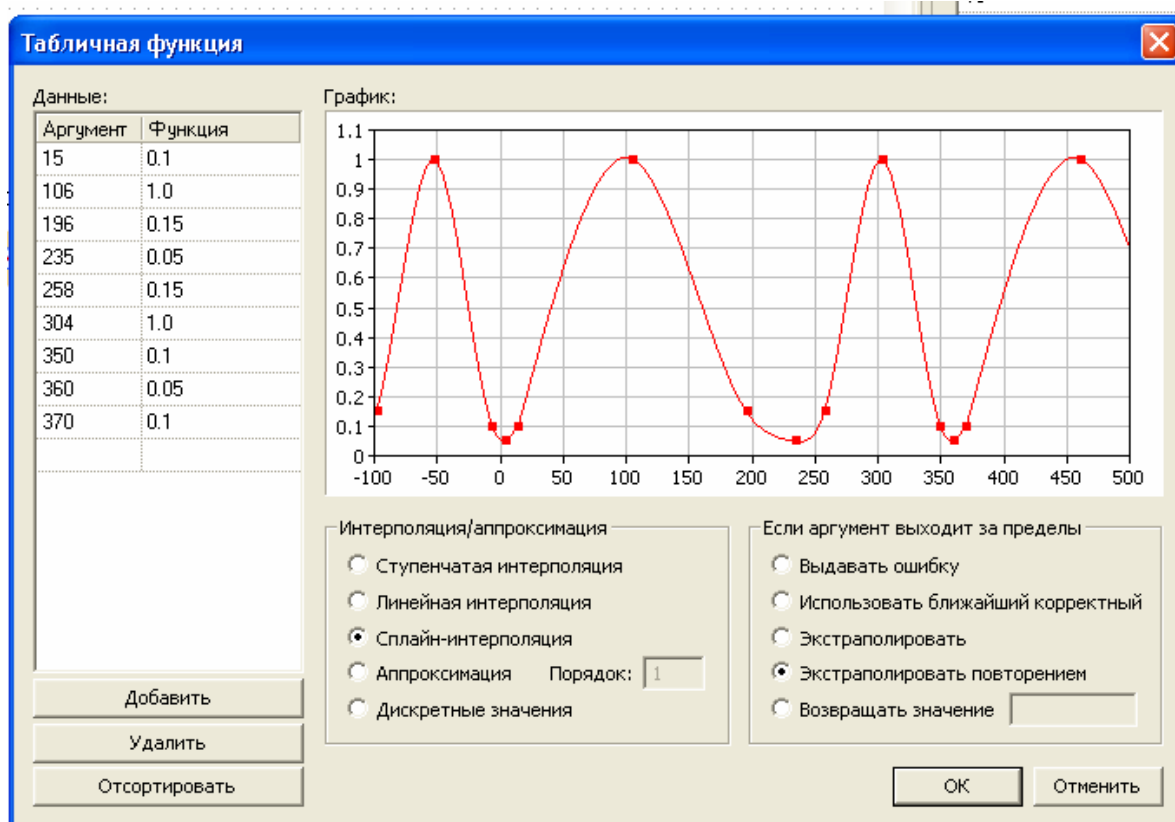


Рис. 17. График табличной функции *myTable*

3. Объекты *SelectOutput*

В совокупности блоки *selectOutput* и *selectOutput1* имитируют функции Офиса проектов и услуг ЦКП, равномерно распределяя поток заявок для загрузки равнозначного научного оборудования каждого из трех кластеров ЦКП. Поток заявок поступает на блок *selectOutput*, которые принимает их и передает с вероятностью $p_1=0,4$ на объект *_branch_RSU* либо на блок *selectOutput1*. Блок *selectOutput1* распределяет заявки с равной вероятностью $p_2=0,5$ между объектами *_branch_SRSTU* и *_branch_TSTU*.

4. Объекты *Branch*

Структура класса *Branch* является модельным представлением кластера ЦКП (рис. 18) и содержит следующие блоки:

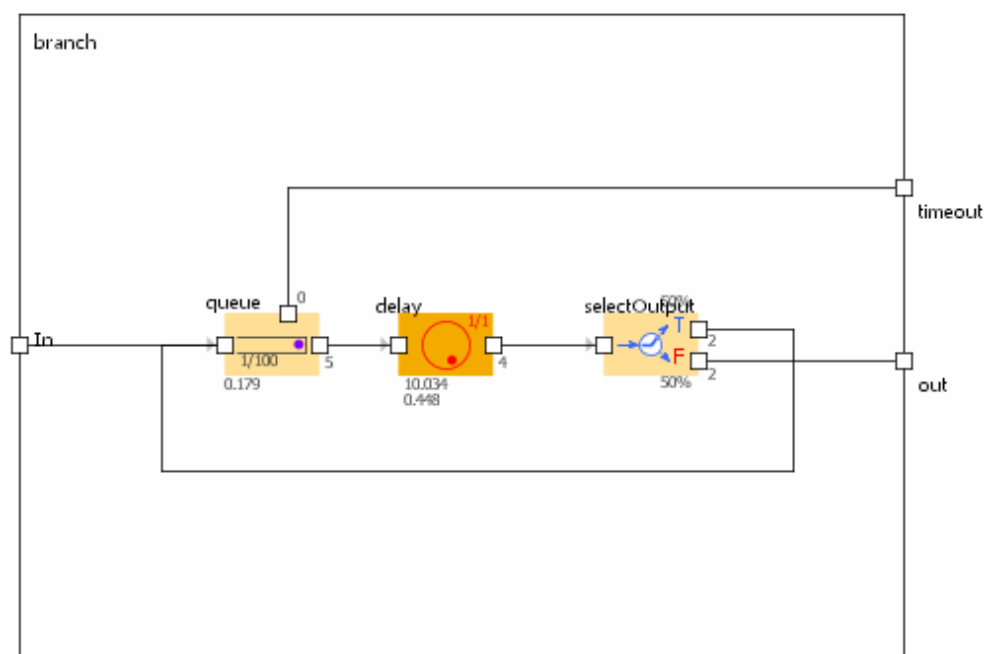


Рис. 18. Структура модели территориального кластера ЦКП

4.1. Объект *queue* – моделирует очередь с количеством мест для ожидания l_i , в данной модели $l_i=100$, выбор требований из очереди производится в соответствии с прямой дисциплиной обслуживания FIFO. В очереди реализуется процедура относительных приоритетов, заявки помещаются в очередь в соответствии со значением своих параметров *priority*. Заявка с большим приоритетом помещается перед заявкой с меньшим приоритетом, но не прерывает обслуживания менее приоритетной заявки. В очереди проверяется время нахождения заявки на обслуживании. Если оно превысит время актуальности, установленное параметром *timeout*, то такая заявка покидает очередь не обслуженной через порт *timeout* объекта *branch*.

4.2. Объект *delay* – задерживает заявки на время, заданное параметром *time* заявки, имитируя тем самым обслуживание научным оборудованием филиала.

4.3. Объект *selectOutput* – отправляет заявку на повторное измерение согласно требованиям заявки к повторяемости измерений (параметр *reiteration*), при условии $reiteration=1$ заявка считается полностью обслуженной и покидает филиал.

5. Объект *Sink* реализует конечную точку потока заявок, автоматически подсчитывает выходящие из системы заявки и высчитывает среднюю интенсивность выходного потока.

5.1. *Served_RSU*; *served_SRSTU*; *served_TSTU* – потоки обслуженных заявок, объекты удаляют поступающую к ним заявку и увеличивают значение переменной *ServedCall*, которая хранит количество обслуженных заявок.

5.2. *Unserved_RSU*; *unserved_SRSTU*; *unserved_TSTU* – потоки необслуженных заявок, объекты удаляют поступающую к ним заявку и увеличивают значение переменной *UnservedCall*, которая хранит количество потерянных заявок вследствие истечения времени актуальности.

6. Блок сбора статистической информации

Блок построен на стандартных средствах среды имитационного моделирования AnyLogic5, позволяющих собирать статистику функционирования модели ЦКП. Статистика сохраняется в объектах-хранителях заявок имитационной модели и наборах данных и вычисляется с помощью встроенных методов объектов (табл. 4).

Таблица 4

Статистические методы объектов модели

Объект	Метод	Описание
Sink	getCount()	Возвращает число прошедших через ЦКП заявок
	getAvgInterarrivalTime()	Возвращает среднее значение интервала поступления заявок.
	getAverageRate()	Возвращает среднюю интенсивность выходящего потока заявок.
Queue	queue.getStatsSize().mean()	Возвращает среднее значение размера очереди филиала ЦКП
Delay	getStatsUtilization().mean()	Возвращает средний коэффициент использования научного оборудования
waitTime	mean()	Возвращает среднее время ожидания заявок в очереди на обслуживание
waitTimeLost	mean()	Возвращает среднее время ожидания потерянных заявок в очереди на обслуживание

Список показателей качества обслуживания заявок получен в результате анализа классов СМО и расширен для более полного анализа состояния системы.

С помощью вышеуказанных методов объектов модели на основе собранных статистических данных в реальном времени вычисляются следующие показатели качества обслуживания заявок:

- средняя длина очереди к приборам $M(t)$ (по кластерам);
- среднее время ожидания в очереди обслуженной $T_{о.з.}$ и потерянной $T_{н.з.}$ заявки в системе ЦКП (по кластерам);
- коэффициент использования научного прибора $K_{исп}$:

$$K_{исп} = \frac{T_{раб}}{\Phi_{эф}},$$

где: $T_{раб}$ – время работы оборудования, $\Phi_{эф}$ – годовой эффективный фонд времени работы единицы оборудования.

- количество заявок в системе N ;
- количество обслуженных $N_{об}$ и необслуженных N_n заявок и их процентное соотношение;
- объем выручки B , т.руб.

2.3.5 Средства визуализации результатов экспериментов

В модели создана анимация, которая наглядно отображает статистику работы модели и все вышеназванные показатели качества обслуживания заявок, а также гистограммы распределения времени обслуживания, актуальности и ожидания заявок (рис. 19).



Рис. 19. Анимация модели

Цель проведения экспериментов состоит в том, чтобы определить требуемые характеристики системы путем варьирования ее входных потоков. В этом состоит суть имитационного моделирования: эксперименты не требуют изменения параметров реальной системы и осуществляются относительно независимо от нее. Это позволяет в режиме реального времени проанализировать огромное множество всевозможных сценариев работы модели и оценить наиболее эффективные из них, зафиксировав при этом соответствующие значения параметров.

Как уже отмечалось, основной целью данного этапа исследования является изучение возможности повышения эффективности функционирования ЦКП при обслуживании потока однородных заявок посредством выявления опти-

мальных или близких к оптимальным режимов использования дорогостоящего аналитического оборудования.

В связи с этим задача проведения имитационных экспериментов формулируется следующим образом: при максимальной загрузке научного оборудования, установить режимы работы системы посредством критериев эффективности ее функционирования при обслуживании общего и частных потоков (только одного типа) заявок.

Таким образом, на основе теории массового обслуживания предложен класс задач управления загрузкой научного оборудования, учитывающий условия и правила функционирования ассоциации научных организаций в форме корпоративного университета с координирующим звеном, позволяющий определить критерии эффективности функционирования ЦКП и перейти к формализации задачи имитационного моделирования.

Разработана имитационная модель ЦКП на основе класса задач управления загрузкой научного оборудования теории массового обслуживания. Модель учитывает приоритет заявок одного типа над другим, сезонное колебание входящего потока заявок и позволяет управлять входящим потоком заявок и правилами их обслуживания и анализировать функционирование структуры горизонтальной интеграции научных организаций с управляющим звеном в форме некоммерческого партнерства при поступлении потоков заявок разных видов.

Дальнейшее исследование ЦКП связано с проведением экспериментов без управления очередью заявок на разработанной имитационной модели. При этом для повышения эффективности функционирования и управления оказанием наукоемких услуг необходимо разработать алгоритм выбора значений приоритетов заявок в очереди. Далее данный алгоритм следует встроить в модель и провести ряд экспериментов для сравнения эффективности управления приоритетами заявок.

ГЛАВА 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ НАУКОЕМКИХ УСЛУГ ЦЕНТРОМ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

3.1 Разработка алгоритма, имитационное моделирование и управление потоками заявок с разными приоритетами

С моделью был проведен ряд экспериментов. Результаты некоторых из них приведены ниже.

1. В систему поступают только научные заявки. Вероятность возникновения приоритетной заявки принята равной 0,25. Научные заявки характеризуют длительным временем обслуживания, длительным временем актуальности заявки, большим числом повторов измерений.

2. В систему поступают только учебные заявки. Приоритетных заявок быть не может, вероятность равна нулю. Их характеризует короткое время обслуживания, среднее время актуальности заявки, среднее число повторов измерений.

3. В систему поступают только коммерческие заявки. Вероятность возникновения приоритетной заявки равна нулю. Коммерческие заявки характеризуются средним временем обслуживания, коротким временем актуальности заявки, отсутствием повторов измерений.

4. Заявки разного типа поступают в случайные моменты времени в соответствии с нормальным законом распределения. Вероятность возникновения приоритетной заявки 0,25.

Во всех экспериментах требуемые методика и повторяемость измерений подчиняются равномерному закону распределения, время обслуживания и время актуальности заявки – нормальному закону распределения. Параметры законов приведены в таблице 5.

Параметры экспериментов

Параметр	Эксперимент			
	Научные заявки	Учебные заявки	Коммерческие заявки	Общий поток заявок
Priority	Вероятность возникновения приоритетной заявки $p=0,25$	Вероятность возникновения приоритетной заявки $p=0$	Вероятность возникновения приоритетной заявки $p=0$	Вероятность возникновения приоритетной заявки $p=0,25$
Time	СКО=0,2 МО=2,0	СКО=0,25 МО=1	СКО=0,5 МО=1,0	СКО=0,2 МО=2,0
Timeout	СКО=7,0 МО=10,0	СКО=3,0 МО=7,0	СКО=0,5 МО=2,0	СКО=7,0 МО=10,0
Reiteration	$\overline{1,5}$	$\overline{1,3}$	$\overline{1,3}$	$\overline{1,3}$
Method	$\overline{1,50}$			

В результате изучения функционирования имитационной модели ЦКП с заданными параметрами (табл. 5) были получены следующие результаты (табл. 6) за отрезок модельного времени, интерпретируемый как один год реального времени (365 модельных дней):

1. Всего в систему поступило 111 научных заявок. Среднее время ожидания обслуженных заявок составило 24,2 дня. Наибольшая средняя длина очереди составила 3,75 заявок в кластере RSU. Было обслужено 70 заявок, 30 заявок было утеряно из-за истечения времени актуальности заявки, 11 заявок находились в очереди на обслуживание. Коэффициент использования оборудования находится в пределах от 0,54 до 0,66.

2. Эксперимент с потоком учебных заявок был проведен с имитацией двух сессионных периодов, когда для студентов становится особенно актуальным подготовка и сдача различного рода работ, в связи с чем количество заявок на использование оборудования значительно увеличивается. В систему поступило 144 учебных заявки. Из них было обслужено 126 заявок, 17 заявок было утеряно, 1 заявка оставалась в стадии обслуживания. Среднее время ожидания обслуженных заявок составило 4,09 дня. Наибольшая средняя длина очереди составила 0,37 заявок в кластере RSU. Коэффициент использования оборудования находится в пределах от 0,31 до 0,36.

3. Всего в систему поступило 170 заявок от сторонних организаций. Среднее время ожидания обслуженных заявок составило 0,95 дня. Наибольшая средняя длина очереди составила 0,13 заявок в кластере RSU. Было обслужено 159 заявок, 11 заявок было утеряно из-за истечения времени актуальности заявки. Коэффициент использования оборудования находится в пределах от 0,20 до 0,28.

4. Всего поступило 132 учебных заявки. Из них было обслужено 97 заявок, 33 заявки (25,3%) было утеряно, 2 заявки оставались в стадии обслуживания. Среднее время ожидания обслуженных заявок составило 14,94 дня. Наибольшая средняя длина очереди составила 1,74 заявки. Коэффициент использования оборудования находится в пределах от 0,52 до 0,58.

Таблица 6.

Результаты экспериментов без назначения приоритетов заявок

Эксперимент		Поток заявок			
		научных	учебных	коммерческих	общий
Поступивших заявок	шт.	111	144	170	132
Количество обслуженных заявок	шт.	70	126	159	97
	%	68,0	88,2	93,5	74,7
Количество потерянных заявок	шт.	33	17	11	33
	%	32,0	11,8	6,5	25,3
Среднее время ожидания обслуженных заявок, дней		24,17	4,09	0,95	14,94
Среднее время ожидания потерянных заявок, дней		39,58	4,32	2,17	17,94
Коэффициент использования оборудования	Кластер1	0,66	0,36	0,28	0,52
	Кластер2	0,55	0,31	0,21	0,58
	Кластер3	0,54	0,35	0,20	0,57
Средняя длина очереди на использование оборудования	Кластер1	3,75	0,37	0,13	1,65
	Кластер2	2,39	0,33	0,06	1,74
	Кластер3	1,52	0,23	0,04	1,42

При решении задачи максимальной загрузки однородного научного оборудования ЦКП общим потоком заявок, как очевидно из экспериментов, офису проектов и услуг следует составлять годовой план работы ЦКП, в котором

нужно выделять время для обслуживания только учебных заявок в период сессии. В остальное же время график обслуживания должен включать все заявки из общего потока.

Из результатов экспериментов следует, что модель адекватна, соответствует работе ЦКП и может использоваться для исследования его функционирования. Показано, что в течение модельного года при обслуживании общего потока заявок поступает 132 заявки, значительное их количество (25,3 %) теряется из-за несоответствия времени актуальности и сроков обслуживания; при этом на конец года обслужено 97 заявок и 2 заявки все еще находятся в очереди. Данные экспериментов показывают, что для решения задачи максимальной загрузки однородного научного оборудования ЦКП следует формировать интервалы для исключительного обслуживания учебных заявок с согласованным сезонным размещением.

Анализ функционирования ЦКП с помощью экспериментов с имитационной моделью показывает, что в системе велико количество отклоненных заявок, следовательно, режим обслуживания заявок не является оптимальным.

Алгоритм назначения приоритетов

С точки зрения максимизации загрузки оборудования и увеличения доходов от оказания услуг ЦКП необходимо организовать оптимизацию очередей с помощью алгоритма назначения приоритетов. Поступающие заявки оцениваются и им назначаются приоритеты, в зависимости от которых формируются очереди на обслуживание кластеров ЦКП.

Приоритет P_i i -й заявки в системе ЦКП определяется в ОПУ как:

$$P_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot P_i ,$$

где P_1 – внесистемный приоритет заявки;

P_2 – временной приоритет заявки;

P_3 – ценовой приоритет заявки;

α_i – весовые коэффициенты соответствующих приоритетов.

Найдем весовые коэффициенты следующим образом: имея заданное множество приоритетов $P = \{P_1, P_2, P_3\}$, составим вектор $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$ соответствующих весовых коэффициентов для каждого приоритета, с неотрицательными вещественными компонентами α_i , такими, что

$$\sum_{i=1} \alpha_i = 1.$$

Для нахождения данного вектора применим метод Саати [94, с. 126]. Построим треугольную матрицу попарных сравнений Q с размерностью $m=3$:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ 0 & 1 & \alpha_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где $\alpha_{ij} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}$ – коэффициент превосходства i -го объекта p_i над j -м объектом

p_j из множества P .

Коэффициенты α_{ij} выбираются из транзитивной шкалы:

слабое превосходство = 2;

сильное превосходство = 4;

очень сильное превосходство = 8;

абсолютное превосходство = 16.

Предположим, что приоритет заявки P_1 имеет сильное превосходство над приоритетами P_2 и P_3 , а приоритет P_2 имеет слабое превосходство над P_3 .

Таким образом, матрица попарных сравнений приоритетов имеет вид

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 4 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Согласно методу Саати, по треугольной матрице Q строится следующая полнозаполненная матрица:

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & 1 & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & 1 \end{bmatrix},$$

где $\alpha_{ji} = \frac{1}{\alpha_{ij}}$.

Искомый вектор $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$ является собственным вектором матрицы

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 4 \\ 1/4 & 1 & 2 \\ 1/4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

и может быть найден как решение системы уравнений:

$$\bar{Q} \cdot \alpha = \lambda_{\max} \cdot \alpha, \text{ или}$$

$$\alpha \cdot (\bar{Q} - \lambda_{\max} \cdot E) = 0, \quad (28)$$

где $\alpha \neq 0$, а $E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ – единичная матрица.

Находим собственное число, решая уравнение $|\bar{Q} - \lambda \cdot E| = 0$.

$$\left| \begin{pmatrix} 1-\lambda & 4 & 4 \\ 1/4 & 1-\lambda & 2 \\ 1/4 & 1/2 & 1-\lambda \end{pmatrix} \right| \rightarrow 3 \cdot \lambda^2 - \lambda^3 + \frac{1}{2}.$$

Решая уравнение $3 \cdot \lambda^2 - \lambda^3 + \frac{1}{2} = 0$, получаем максимальный вещественный

корень $\lambda = \left(2^{\frac{1}{3}} + \frac{4^{\frac{1}{3}}}{2} + 1 \right).$

Находим собственный вектор, решая систему $\alpha \cdot (\bar{Q} - \lambda_{\max} \cdot E) = 0$.

$$\bar{Q} - \lambda \cdot E = \begin{bmatrix} -2^{\frac{1}{3}} - \frac{4^{\frac{1}{3}}}{2} & 4 & 4 \\ 1/4 & -2^{\frac{1}{3}} - \frac{4^{\frac{1}{3}}}{2} & 2 \\ 1/4 & 1/2 & -2^{\frac{1}{3}} - \frac{4^{\frac{1}{3}}}{2} \end{bmatrix} \square$$

$$\alpha_1 - 2\alpha_2;$$

$$2\alpha_3 + \left(2^{\frac{1}{3}} + \frac{4^{\frac{1}{3}}}{2}\right)\alpha_2;$$

$$\square \begin{bmatrix} -\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + \frac{1}{2}\right) & 4 + 2\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right) & 0 \\ \frac{1}{4} & -\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right) & 2 \\ \frac{1}{2} + \left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right) \cdot \frac{1}{4} & 1 - \left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right)^2 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} -\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + \frac{1}{2}\right) & \left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{4}{\sqrt[3]{2}} & 0 \\ \frac{1}{4} & -\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right) & 2 \\ \left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + 2\right) \cdot \frac{1}{4} & -\left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + 2\right) \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{2}} & 0 \end{bmatrix} \square \begin{bmatrix} 1 & -\frac{4}{\sqrt[3]{2}} & 0 \\ \frac{1}{8} & -\frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt[3]{2} + \frac{1}{\sqrt[3]{2}}\right) & 2 \\ \frac{1}{4} & -\frac{1}{\sqrt[3]{2}} & 0 \end{bmatrix} \square$$

$$\square \begin{bmatrix} \alpha_2 - \frac{1}{8}\alpha_2 \\ \alpha_3 - \frac{1}{4}\alpha_1 \end{bmatrix} \square \begin{bmatrix} 1 & -\frac{4}{\sqrt[3]{2}} & 0 \\ 0 & -\frac{\sqrt[3]{2}}{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Таким образом, система (28) равносильна

$$\alpha_1 = \frac{4}{\sqrt[3]{2}} \alpha_2$$

$$\alpha_3 = \frac{\sqrt[3]{2}}{2} \alpha_2$$

Пусть $\alpha_2 = 1$, тогда собственный вектор $\alpha = \left\{ 2 \cdot 2^{\frac{2}{3}}, 1, \frac{2^{\frac{1}{3}}}{2} \right\}$, а сумма весовых

коэффициентов $\gamma = \sum \alpha = \frac{2^{\frac{1}{3}}}{2} + 2 \cdot 2^{\frac{2}{3}} + 1 \neq 1$. Изменим длину вектора, умножив его на константу:

$$\alpha \cdot \frac{1}{\gamma} = \begin{pmatrix} \frac{4 \cdot 2^{\frac{1}{3}}}{4 \cdot 2^{\frac{1}{3}} + 4^{\frac{1}{3}} + 1} \\ \frac{1}{\frac{2^{\frac{1}{3}}}{2} + 2 \cdot 2^{\frac{1}{3}} + 1} \\ \frac{1}{4 \cdot 2^{\frac{1}{3}} + 4^{\frac{1}{3}} + 1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,66 \\ 0,21 \\ 0,13 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, приоритет P_i i -й заявки в системе ЦКП определяется в ОПУ как:

$$P_i = 0,66P_1 + 0,21P_2 + 0,13P_3.$$

Внесистемный приоритет P_1 определяется принадлежностью работ заявки к контрактам по ФЦНТП, такие заявки являются приоритетными по сравнению со всеми остальными: $P_1 = 1$. Для неприоритетных заявок $P_1 = 0$.

Временной приоритет заявки P_2 зависит от времени актуальности заявки t_a – чем оно меньше, тем выше приоритет. Зависимость временного приоритета от времени актуальности определенная на основе экспериментов с имитационной моделью представлена на рисунке 20.

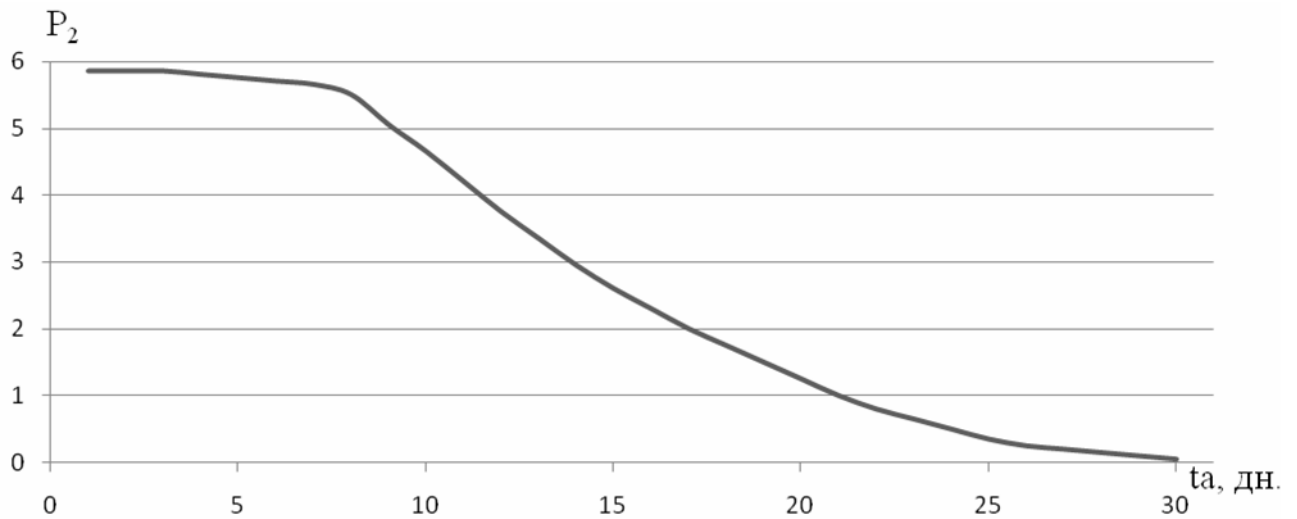


Рис. 20. График зависимости временного приоритета от времени актуальности

Ценовой приоритет P_3 заявки зависит от коэффициента увеличения цены выполнения заявки K_u для ускорения обслуживания заявки. Зависимость ценового приоритета от коэффициента увеличения цены построенная по результатам экспериментов с имитационной моделью приведена на рисунке 21.

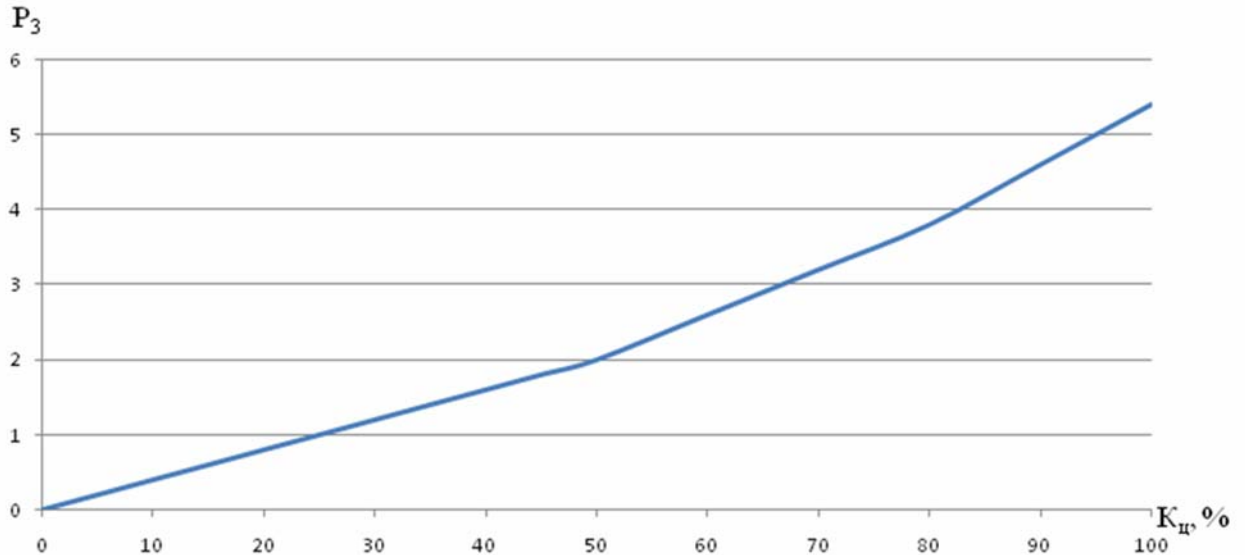


Рис. 21. График зависимости ценового приоритета от коэффициента увеличения цены

Кроме того, очевидным шагом для оптимизации обслуживания является управление размещением заявок на основе сравнения текущих очередей к обо-

рудованию – заявка направляется в кластер с наименьшей очередью на момент ее поступления.

Таким образом, в имитационную модель были добавлены:

- функция, реализующая алгоритм и выполняющая расстановку приоритетов P_i , которая задействуется в блоке генерации заявок и после определения параметров заявки на их основе вычисляет внутренний приоритет по правилам системы (в соответствии с рис. 20 и 21);

- функция, реализующая алгоритм распределения заявок в ОПУ, сравнивающий длины очередей на обслуживание в кластерах ЦКП на момент поступления заявки в систему и отправляющий ее в очередь с наименьшей длиной.

На имитационной модели, включающей алгоритм назначения приоритетов заявкам, был проведен ряд экспериментов с теми же значениями параметров (табл. 5), которые использовались в серии экспериментов на модели без управления приоритетами.

Результаты экспериментов приведены в табл. 7

Таблица 7.

Результаты экспериментов с назначением приоритетов заявок

Показатель			Поток заявок			
			научных	учебных	коммерческих	общий
Количество обслуженных заявок	шт.		82	167	167	95
	%		71,4	89,8	87,5	87,2
Количество потерянных заявок	шт.		33	19	24	14
	%		28,6	10,2	12,5	12,8
Среднее время ожидания обслуженных заявок, дней			22,36	3,56	0,94	11,42
Среднее время ожидания потерянных заявок, дней			47,92	4,58	2,22	29,76
Коэффициент использования оборудования	Кластер1		0,76	0,42	0,32	0,68
	Кластер2		0,65	0,39	0,19	0,41
	Кластер3		0,66	0,47	0,22	0,44
Средняя длина очереди на использование оборудования	Кластер1		4,74	0,40	0,21	2,23
	Кластер2		1,46	0,27	0,05	0,21
	Кластер3		2,62	0,36	0,06	1,13

Внедрение алгоритма назначения заявок приоритетов дает снижение количества потерянных заявок при обслуживании общего потока в процентном соотношении почти в 2 раза – с 25,3 % до 12,8 %. Сравнение результатов моделирования позволяет сделать вывод, что учет внесистемного приоритета, срочности и ценового приоритета при назначении внутрисистемных приоритетов помогает найти баланс между максимизацией загрузки научного оборудования, минимизацией потерянных заявок и увеличением доходности функционирования ЦКП.

На следующем этапе исследования необходимо определить экономический эффект с помощью критериев успешности функционирования ЦКП. Такими критериями служат:

1. Фондоотдача ΦO основных фондов ЦКП – дорогостоящего научного оборудования.

$$\Phi O = \frac{B}{O\Phi_{cp.g.}},$$

где B – выручка от оказания услуг ЦКП, $O\Phi_{cp.g.}$ – среднегодовая стоимость основных фондов.

2. Производительность труда $ПТ$

$$ПТ = \frac{B}{Ч},$$

где B – выручка от оказания услуг ЦКП, $Ч$ – затраты труда, чел-ч.

3. Эффект от управления $\mathcal{E}_{упр}$

$$\mathcal{E}_{упр} = \frac{B_{нз}}{B},$$

где B – выручка от оказания услуг ЦКП, $B_{нз}$ – упущенный доход (суммарная цена потерянных заявок).

Таким образом, предложен алгоритм назначения приоритетов для управления потоками заявок и описаны экономические критерии для определения эффективности управления ЦКП.

3.2 Результаты имитационного моделирования и их использование в управлении производством наукоемких услуг Центром коллективного пользования Южного корпоративного университета

Результаты экспериментов, приведенные в предыдущем параграфе, отражают общий процесс функционирования ЦКП. Однако с помощью разработанной имитационной модели можно проводить расчет показателей работы в более широком спектре задач. Параметры, заложенные в основу модели, позволяют воспроизводить различные ситуации обслуживания потока заявок, при помощи формирования наборов входных данных. Таким образом, на основе разработанной имитационной модели целесообразно построить систему управления (СУ) ЦКП при обслуживании заявок.

ЦКП относится к объектам управления, статические и динамические характеристики которых изменяются в широких пределах заранее непредвиденным образом. В связи с этим СУ данного объекта будет работать в условиях недостаточности априорной информации о характеристиках управляемого процесса. Для обеспечения заданного качества управления при разработке СУ, функционирование которых происходит в условиях неопределенности, применяются принцип адаптации. В процессе взаимодействия с объектом необходимо решать две задачи: изучать объект при его функционировании с целью получения недостающей информации и управлять им. При этом управляющие воздействия служат как средством изучения объекта, так и средством его управления. Такое управление, называемое дуальным управлением, было предложено и развито А.А. Фельдбаумом [92]. Из наиболее известных и хорошо изученных классов адаптивных систем следует отметить беспоисковые адаптивные системы управления, широко применяемые, например, в системах автоматического и автоматизированного управления. На их основе разработан авторский алгоритм беспоисковой адаптивной СУ с эталонной моделью, осуществляющей совмещенный синтез управления. Для данной СУ характерна подстройка параметров ЦКП под параметры эталонной модели. При этом эталонная модель представ-

ляет собой не только динамическое звено, но и является перестраиваемой. Как уже отмечалось ранее, ОПУ является управляющим органом ЦКП, и СУ естественным образом реализуется в его рамках. Алгоритм СУ представлен на рисунке 22, где:

– $X < N, N_{об}, N_n, M_i(t), T_{о.з.}, T_{н.з.}, K_{исп}, B >$ – множество состояния системы ЦКП, $X_m < N^m, N_{об}^m, N_n^m, M_i^m(t), T_{о.з.}^m, T_{н.з.}^m, K_{исп}^m, B^m >$ – множество состояния модели, где N – количество заявок в системе, $N_{об}$ – количество обслуженных заявок, N_n – количество потерянных заявок, $M_i(t)$ – средняя длина очереди к прибору, $T_{о.з.}$ – среднее время ожидания в очереди обслуженной заявки, $T_{н.з.}$ – среднее время ожидания в очереди потерянной $T_{н.з.}$ заявки, $K_{исп}$ – коэффициент использования научного прибора, B – объем выручки; обозначения с индексом m относятся к выходным данным модели;

– $F < C, I, t_a >$ – множество параметров обслуживания заявок, где: C – ценовая надбавка заявки, I – требование к повторяемости исследований; t_a – время актуальности заявки.

– $Q < \lambda, \gamma_c, A >$ – множество параметров потока заявок, где: λ – интенсивность пуассоновского потока, γ_c – сезонная поправка интенсивности потока, A – вероятность появления заявки с внешним приоритетом,

– $R < P_i^*, C^*, I^*, t_a^* >$ – множество изменений параметров обслуживания и приоритетов заявок,

– $P < P_i >$ – множество приоритетов заявок.

Планирование в ОПУ протекает в виде двух параллельных процессов:

– моделирование обслуживания по текущим данным входного потока $Q < >$ и получение параметров субоптимального состояния системы $X_m < >$;

– распределение заявок по филиалам и назначение приоритетов, формирование очередей в кластерах ЦКП.

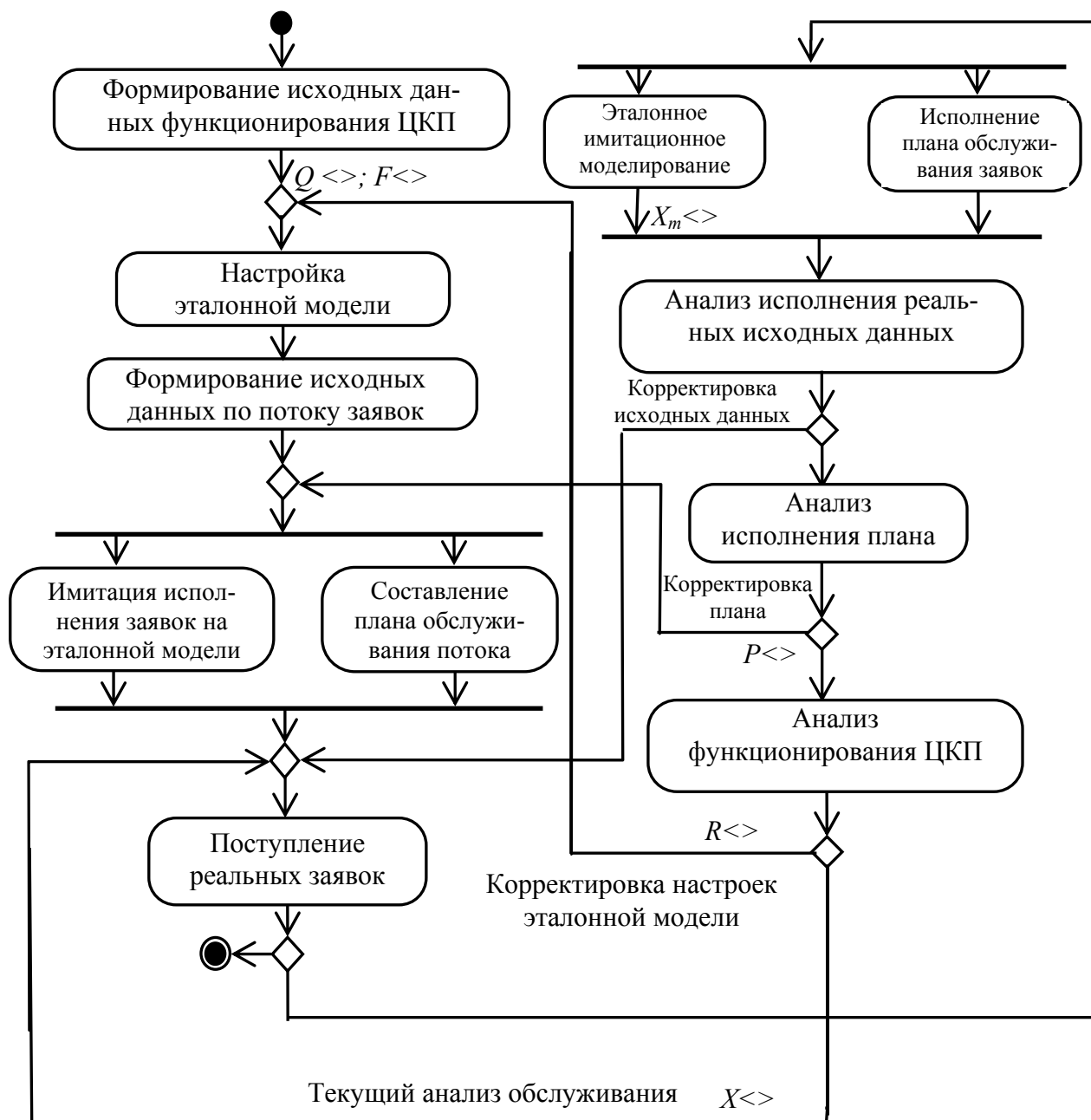


Рис. 22. Алгоритм СУ ЦКП

Текущее управление в ОПУ протекает в виде сравнения в реальном времени значений критериев управления в ЦКП со значениями, полученными в ходе имитационного моделирования. По результатам сравнения осуществляются управляющие воздействия с помощью изменения приоритетов заявок и параметров обслуживания $R<>$. На рисунке 23 представлена диаграмма деятельности ОПУ с дорожками ответственности исполнителей в процессе реализации алгоритма СУ.

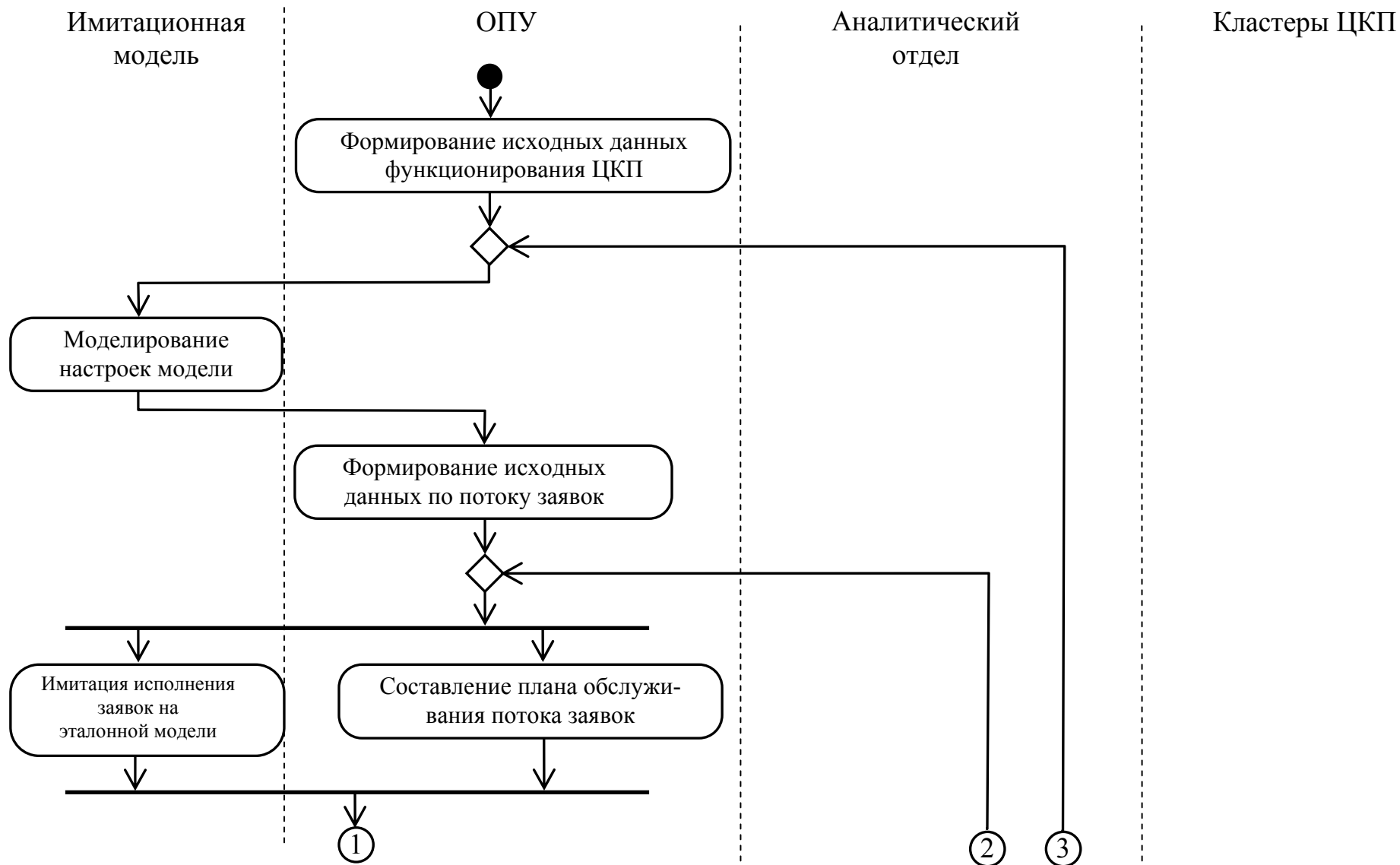


Рис. 23. Диаграмма деятельности ОПУ с дорожками ответственности исполнителей

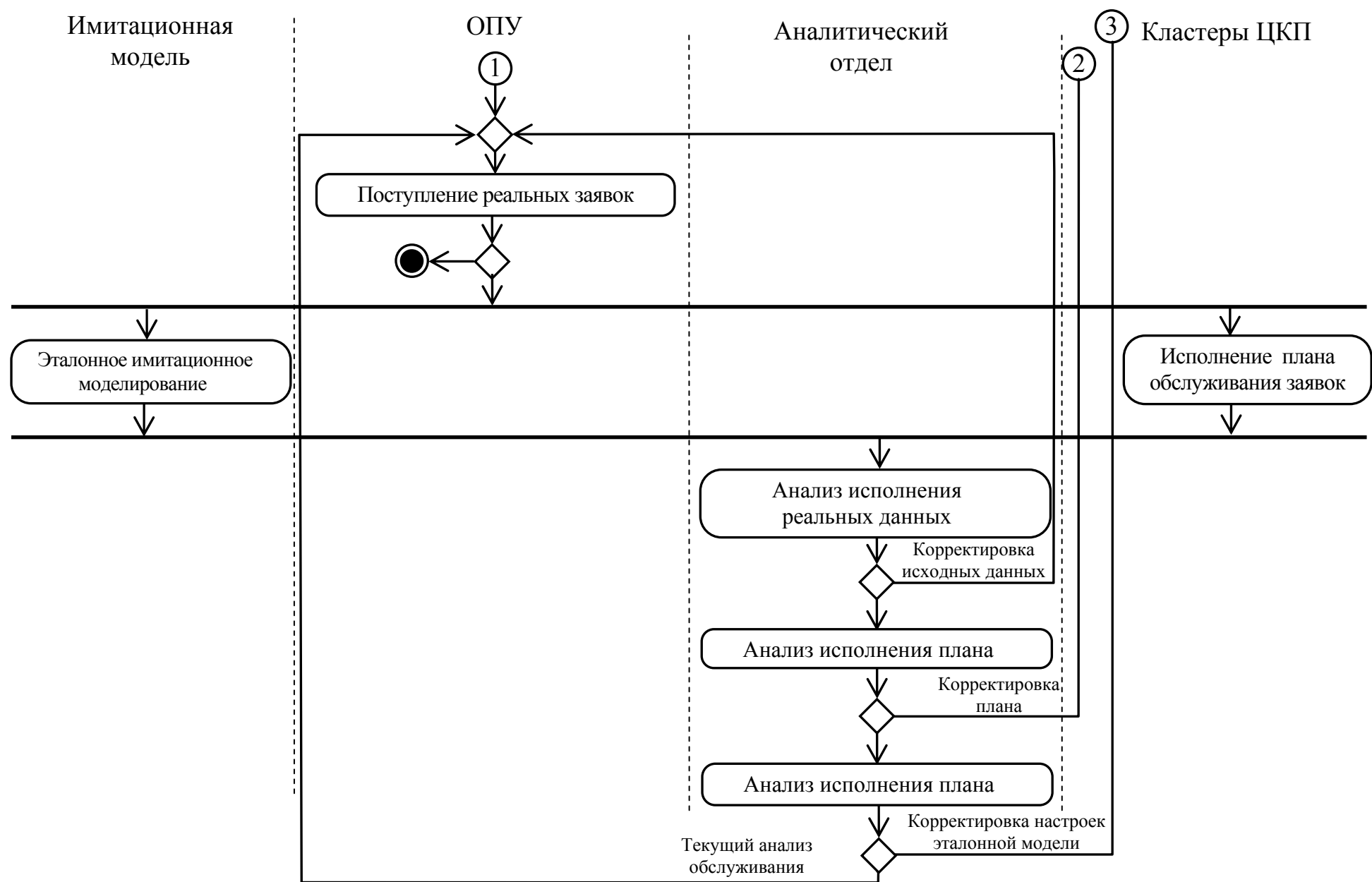


Рис. 23. Диаграмма деятельности ОПУ с дорожками ответственности исполнителей (окончание)

Во время функционирования ЦКП при обслуживании заявок возможно возникновение множества различных проблемных ситуаций, которые способна решить СУ с эталонной имитационной моделью в составе ОПУ.

СУ выполняет следующие основные функции:

1. Стратегическое и тактическое планирование: разработка годовых и квартальных планов выполнения заявок.
2. Оперативная адаптация модели под меняющиеся условия реального потока поступающих заявок для уточнения прогнозов моделирования.
3. Анализ исполнения планов обслуживания заявок, сравнение с результатами моделирования на эталонной модели и их корректирование: назначение приоритетов заявок в потоке для беспрепятственного их прохождения через систему ЦКП с наименьшими потерями и максимальной эффективностью.

Рассмотрим следующие типичные частные случаи и действия в соответствии с вышеописанным алгоритмом СУ ЦКП:

1. При резком внеплановом увеличении количества заявок (изменяется $Q_{<>}$) снижаются значения показателей множества критериев обслуживания. Аналитический отдел ОПУ ЦКП должен непрерывно проводить мониторинг потока заявок, и при выявлении изменения состава потока в сторону увеличения требований одного типа, принимать меры по регулированию очередей и условий обслуживания для минимизации числа отклоненных заявок.

Такие ситуации возникают с сезонной периодичностью, так как одним из основных направлений деятельности ЦКП научным оборудованием «Высокие технологии» (и в частности, его лабораторий на базе НКТБ «Пьезоприбор») является привлечение не только докторантов и аспирантов, но и студентов старших курсов и магистрантов к работе на современном научном оборудовании при выполнении курсовых проектов, магистерских диссертаций и научных студенческих работ по профильным направлениям. Студенты могут получить доступ к уникальному научному оборудованию наравне со всеми остальными заинтересованными сторонами. ОПУ ЦКП распределяет все заявки по требуемым

приборам таким образом, чтобы обслужить максимальное количество заявок при минимальном числе отклоненных, однако из-за большого сезонного наплыва учебных работ возникает угроза увеличения числа отклоненных заявок.

В соответствии с алгоритмом СУ ЦКП было произведено два эксперимента с различным входным потоком заявок, результаты которых приведены на рисунках 24 – 26. В случайные моменты времени в соответствии с нормальным законом распределения поступает общий поток заявок, включающий в себя все три типа заявок. Вероятность возникновения приоритетной заявки 0,25.

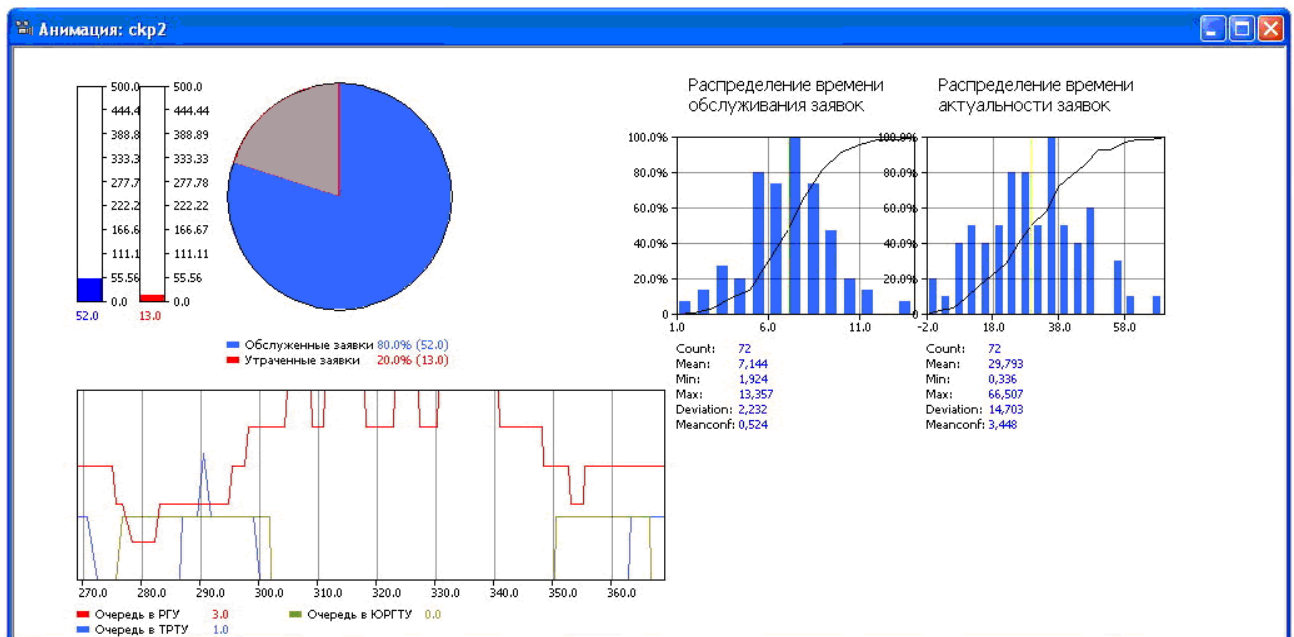


Рис. 24. Статистика работы модели ЦКП (эксперимент 1)

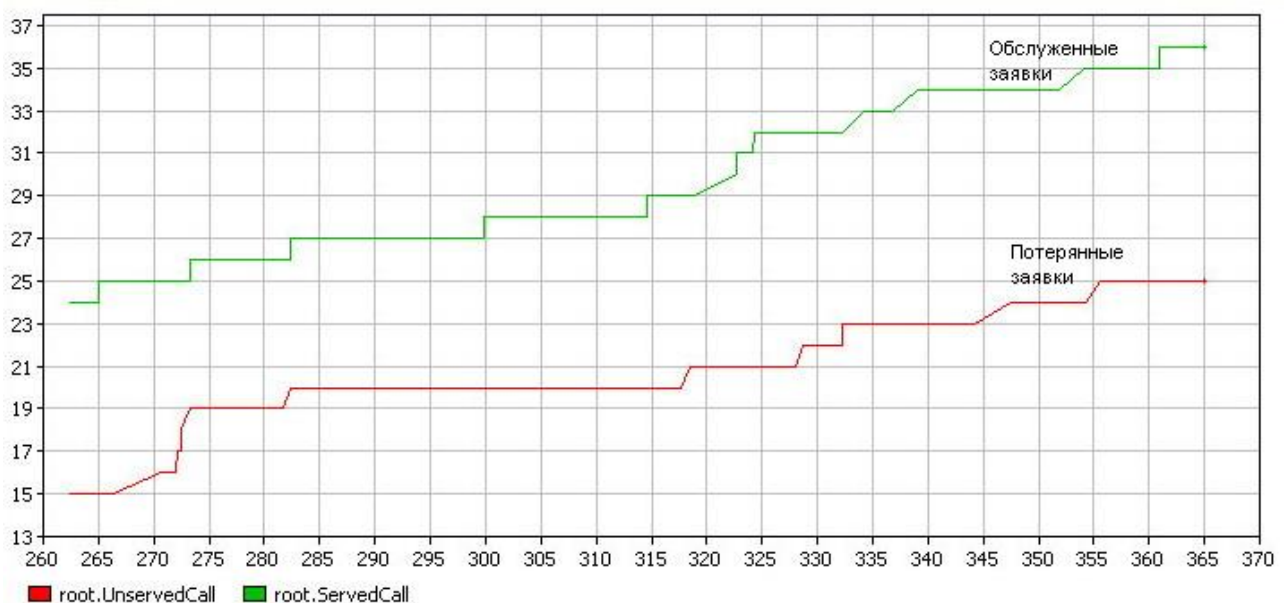


Рис. 25. Временная диаграмма обслуживания (эксперимент 1)

В первом эксперименте у 20% заявок время ожидания в очереди превышает время актуальности, вследствие чего они теряются. Следует отметить, что в силу особенностей психологии человека и организации программы семестрового обучения основной пик студенческих заявок на использование оборудования приходится на последнюю треть каждого семестра и предсессионный период. Большое количество учебных заявок создает очереди ко всем видам оборудования и определяет трудности в обслуживании всех заявок в этот период.

В ОПУ поступает аналогичный объем заявок, но только одного типа – учебных. Приоритетных заявок быть не может, вероятность их возникновения равна нулю.

Во втором эксперименте весь поток однородных учебных заявок равномерно обслуживается без потерь, что наглядно показано на временной диаграмме обслуживания эксперимента (рис. 26).

В результате проведенных с моделью ЦКП экспериментов можно сделать вывод, что целесообразно выделять учебные заявки из общего потока и отводить им в годовом плане работ два отдельных периода, совпадающими с окончанием семестров обучения, на это время не планировать выполнение научных и коммерческих заявок на данном оборудовании. Это позволит более эффективно проводить учебную работу и исключит отклонение большого количества заявок, тем самым повысится эффективность работы ЦКП в целом [63].

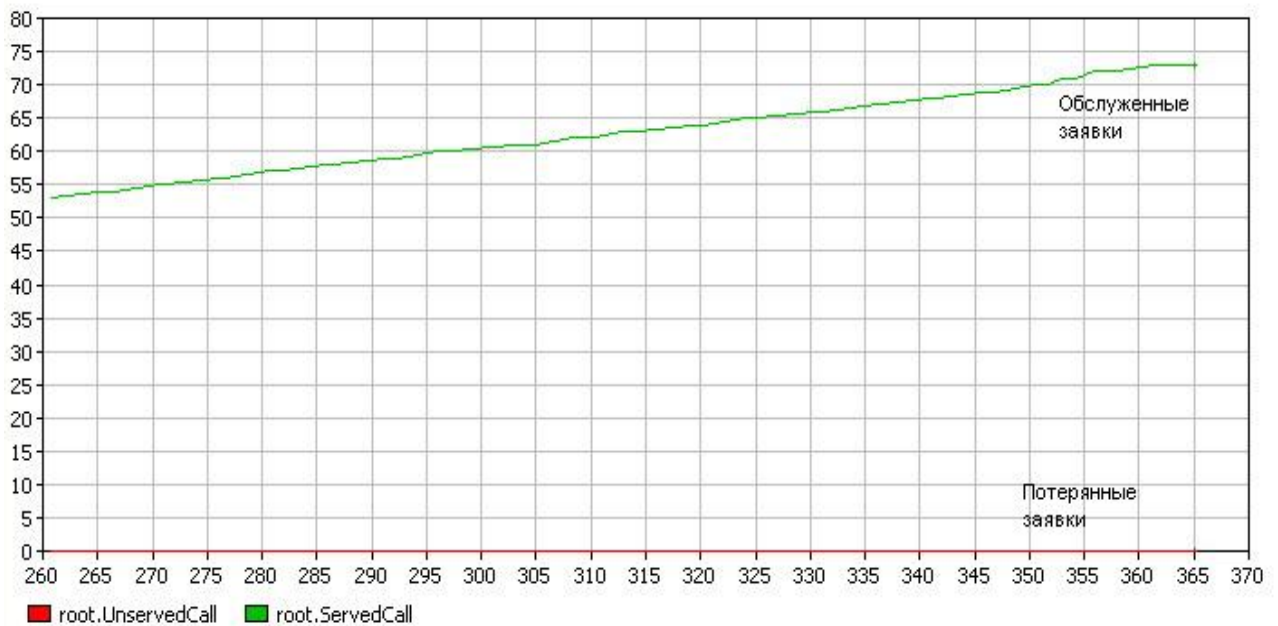


Рис. 26. Временная диаграмма обслуживания (эксперимент 2)

2. При непредвиденной задержке (сбое) обслуживания увеличиваются значения параметров обслуживания $F_{<>}$, что при неизменном множестве исходных параметров потока и заявок Q приводит к падению эффективности работы ЦКП.

В таких случаях ОПУ должен откорректировать планы обслуживания заявок, перераспределив заявки по кластерам. Для этого аналитическому отделу ОПУ необходимо проанализировать изменения входящего потока, провести эксперименты на эталонной модели. При этом может понадобиться изменение условий обслуживания конкретных заявок, например, по согласованию с заказчиком уменьшение количества измерений или увеличение времени актуальности части заявок.

Таким образом, с помощью предложенной СУ ЦКП при обслуживании потока заявок различных типов ОПУ может оперативно реагировать на изменяющиеся условия обслуживания заявок, расставлять приоритеты и очередность обслуживания.

3.3 Анализ эффективности применения комплекса моделей в управлении Центром коллективного пользования Южного корпоративного университета

Анализ эффективности применения моделей выполнен на примере управления заявками, предусматривающими использование сканирующих микроскопов. Была оценена эффективность методики и системы управления, применяемых в ОПУ ЦКП, с помощью критериев успешности управления определенных в первом параграфе данной главы.

За расчетный год в данной группе основных фондов не было ввода и выбытия оборудования, поэтому среднегодовая стоимость основных фондов равна их восстановительной стоимости (табл.8.).

Таблица 8

Стоимость сканирующих микроскопов по состоянию на 1 января 2009г.

Сканирующие микроскопы	Год ввода в эксплуатацию	Кол-во, шт.	Восстановительная стоимость, тыс. руб.
Solver HV	2005	1	5 412,570
Solver PRO-M	2005	1	3 933,816
«УМКА»	2006	3	919,916
Итого			10 266,302

Для определения экономических показателей в первую очередь необходимо рассчитать себестоимость работы оборудования и цену с нормой прибыли в 15%.

Годовые затраты на использование оборудования определены следующим образом (в таблице 9 приведены показатели и формулы для их расчета).

Формулы расчета показателей для себестоимости

Показатель	Расчетная формула	Принятые обозначения
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования	$F_{\text{год.эф.}} = F_{\text{год.ном.}} \cdot k_{\text{исп}}$	$F_{\text{год.ном.}}$ – номинальный годовой фонд работы оборудования, $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования
Годовые амортизационные отчисления	$AO = a \cdot C_{\text{об}}$	a – норма амортизации установленная для данного вида оборудования, $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования
Годовые затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием	$\mathcal{E} = N_y \cdot F_{\text{год.эф.}} \cdot C_{\mathcal{E}} \cdot k_{\text{им}}$	N_y – установленная мощность оборудования, кВт, $C_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию, руб./ кВт·ч, $k_{\text{им}}$ – коэффициент использования оборудования по мощности

Проведены расчеты показателей по всем единицам оборудования – сканирующим микроскопам Solver PRO-M, Solver HV и «УМКА». В себестоимость включена оплата труда в размере 8000 руб. в месяц для одного человека. Затраты по статьям приведены в таблице 10.

Годовая себестоимость работы оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, руб.		
	Solver PRO-M	Solver HV	«УМКА»
Оплата труда	96 000,00	96 000,00	96 000,00
Начисления на фонд оплаты труда (единый социальный налог)	25 152,00	25 152,00	25 152,00
Приобретение предметов снабжения и расходных материалов	60 000,00	55 000,00	10 000,00
Амортизация оборудования	983 454,12	773 224,29	61 274,40
Оплата коммунальных услуг (электроэнергия)	6 240,64	8 112,83	3 432,35
Накладные расходы	117 084,68	95 748,91	19 585,88
Итого себестоимость	1 287 931,44	1 053 238,03	215 444,63

Себестоимость одного часа работы C_q составляет

$$C_q = \frac{C_{год}}{F_{год.эф.}},$$

где: $C_{год}$ – годовая себестоимость работы оборудования.

Для Solver PRO-M: $C_q^1 = \frac{1287931,44}{1592} = 809,00$ руб.

Для Solver HV: $C_q^2 = \frac{1053238,03}{1592} = 661,58$ руб.

Для «УМКА»: $C_q^3 = \frac{215444,63}{1592} = 135,33$ руб.

Анализ структуры себестоимости часа работы дорогостоящего научного оборудования (рис. 27) показывает, что основную долю (около 75%) занимают амортизационные отчисления, для менее дорогого оборудования на первый план выходит оплата труда персонала (около 40-45%). Таким образом, становится очевидно, что простой оборудования в рабочее время означает не просто упущенные возможности, а фактически является прямым убытком для участников ЦКП. Это еще раз подтверждает актуальность управления заявками и оптими-

зации очередей для максимизации загрузки высокотехнологичного оборудования.

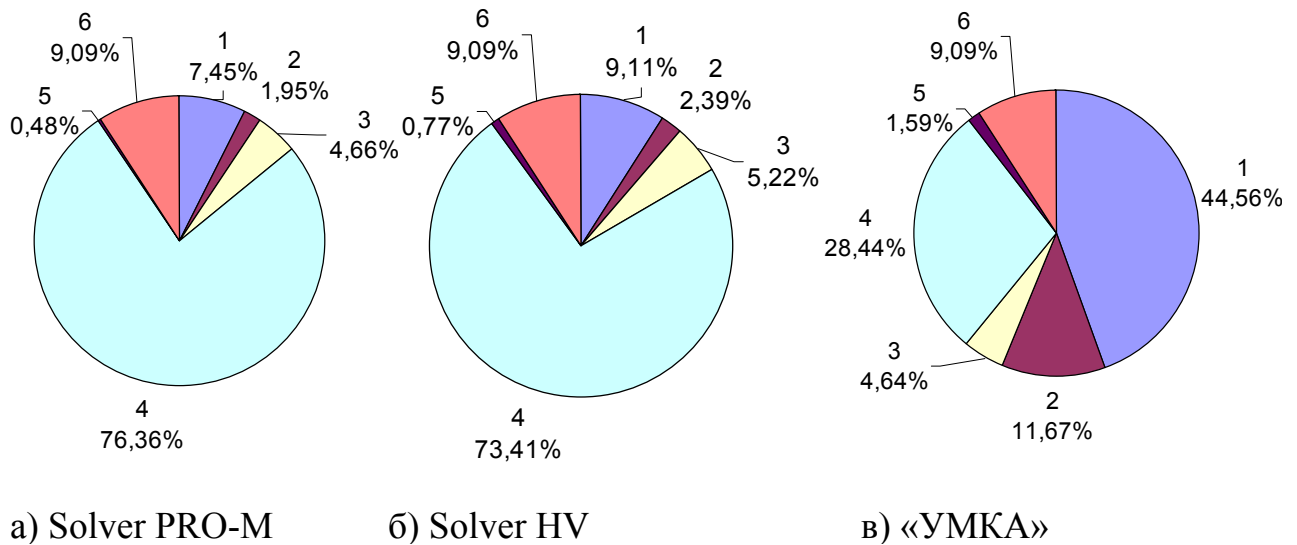


Рис. 27 Структура себестоимости часа работы, %: 1 – оплата труда, 2 – начисления на фонд оплаты труда, 3 – приобретение предметов снабжения и расходных материалов, 4 – амортизация оборудования, 5 – оплата коммунальных услуг, 6 – накладные расходы

За единицу модельного времени в имитационной модели принят рабочий день и все параметры модели выражены в днях. В связи с этим, на основе себестоимости часа работы оборудования в модели производится расчет себестоимости и цены заявки следующим образом:

1. Себестоимость выполнения заявки C_z

$$C_z = T_z \cdot C_{\text{ч}} \cdot \chi_{\text{повт}},$$

где T_z – время выполнения заявки, час., $T_z = T_{\text{обсл}} \cdot D$; $T_{\text{обсл}}$ – время обслуживания, раб. дней; $D = 8$ – продолжительность рабочего дня, час. (можно изменять в параметрах модели); $C_{\text{ч}}$ – себестоимость часа работы единицы оборудования, тыс. руб.; $\chi_{\text{повт}}$ – количество повторений измерений.

2. Цена заявки

$$\text{Ц}_z = C_z \cdot H_{\text{приб}} \cdot K_{\text{ув.ц.}}$$

где $H_{\text{приб}}$ – норма прибыли, %, принята $H_{\text{приб}} = 15\%$; $K_{\text{ув.ц.}}$ – коэффициент увеличения цены выполнения заявки.

Исходя из общей численности персонала ЦКП в 45 человек и среднегодовой стоимости основных фондов, рассчитаны вышеуказанные критерии без управления очередью заявок и с применением такового для общего потока заявок (табл. 11).

Таблица 11

Значения критериев качества функционирования ЦКП

Критерий	Ед. изм	Эксперимент без управления	Эксперимент с управлением	Динамика, %
Количество обслуженных заявок	шт.	142	157	10,5
	%	82,0	92,4	12,7
Количество потерянных заявок	шт.	31	13	41,9
	%	18,0	7,6	42,2
Объем реализованных услуг	тыс. руб	5210,168	6256,584	17,9
Объем упущенной выручки	тыс. руб	747,525	379,580	50,7
Себестоимость реализованных услуг	тыс. руб	4530,58	4959,756	109,47
Показатель прибыльности услуг	%	15,0	26,08	173,8
Рентабельность	%	6,6	12,63	191,3
Коэффициент использования	—	0,57	0,67	117,5
Фондоотдача	—	0,507	0,609	120,1
Производительность труда	тыс. руб. /чел	115,781	139,035	120,1

Как следует из приведенных данных при работе ОПУ ЦКП в соответствии с предложенной методикой и системой управления производительность труда повышается на 20,1%, а коэффициент использования оборудования – на 17,5%. Объем реализованных услуг повысился на 17,9% и достиг 6256,584 тыс.руб. При этом удалось увеличить рентабельность оказания наукоемких услуг на 91,3 %, а показатель прибыльности – на 73,8 %.

Таким образом, анализ данных подтверждает эффективность применения системы управления заявками на основе комплекса имитационных моделей ЦКП в режиме оказания наукоемких услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования предложен комплексный подход к совершенствованию организации и управления оказанием наукоемких услуг, основанный на концептуальной модели организации и управления ЦКП и управления мощностью научной организации. Этот подход отличается тем, что распределение заявок на услуги осуществляется между юридически самостоятельными научными организациями, объединенными в ассоциацию в форме корпоративного университета, управление осуществляется через управляющий и координирующий центр коллективного пользования научно-технической базой членов ассоциации.

Разработана модель структуры горизонтальной интеграции научных организаций, устанавливающая отношения между организациями, объединенными в корпоративный университет и совместно обслуживающими поток заявок на научно-исследовательские услуги с использованием наукоемкого оборудования.

С использованием теории институциональной экономики сформирована система правил обслуживания заявок, включаемая в модель структуры горизонтальной интеграции научных организаций и позволяющая гибко изменять условия функционирования модели и ЦКП.

С использованием теории массового обслуживания на основе класса задач управления загрузкой научного оборудования, разработана имитационная модель ЦКП, учитывающая приоритеты заявок, сезонное колебание входящего потока заявок, позволяющая управлять им, изменять правила обслуживания заявок, анализировать функционирование структуры горизонтальной интеграции научных организаций с управляющим звеном в форме некоммерческого партнерства при поступлении потоков заявок разных видов и управлять процессами оказания услуги.

На основе той же теории описан класс задач управления загрузкой научного оборудования, учитывающий условия и правила функционирования ассо-

циации научных организаций в форме корпоративного университета с координирующим звеном, позволяющий определить критерии качества функционирования ЦКП и математически формализовать задачу имитационного моделирования.

Предложена система формализованных условий решения задач управления загрузкой оборудования ЦКП, позволяющая построить и реализовать имитационную модель. С учетом требований унифицированного языка моделирования UML построена концептуальная модель организации и управления оказанием наукоемких услуг ЦКП, отражающая ключевые особенности управления научно-исследовательским комплексом и позволяющая реализовать имитационную модель.

Разработан алгоритм управления функционированием распределенного сетевого ЦКП, включающий эталонную имитационную модель, позволяющий сформировать субоптимальный план обслуживания заявок и осуществлять своевременную его корректировку на основе данных имитации и анализа выполнения наукоемких заявок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированные системы научных исследований коллективного пользования: Сборник науч. тр. / Науч.-произв. объединение по автоматизации управления гор. хозяйством и вычисл. работам; [Под ред. Ю. М. Черкасова]. - М.: НПО АСУ "Москва", 1985. - 107 с.
2. Аганов, А.В. ЦКП: эволюция – новые задачи, новые проблемы [Текст] / А.В. Аганов, С.И. Никитин, М.Х. Салахов // Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы всероссийской конф., г.Краснодар, 12-18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.21-27.
3. Антонов, А.В. Системный анализ [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Антонов. – М.: Высш. шк., 2004. – 454 с.
4. Анфилатов, В.С., Емельянов, А.А., Кукушкин, А.А. Системный анализ в управлении [Текст] : учеб. пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
5. Аристов, С.А. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст] : учеб. пособие / С.А. Аристов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2004. – 121 с.
6. Бабкина, О.В. Организационные и финансово-экономические аспекты функционирования центров коллективного пользования Томского государственного университета [Текст] / О.В. Бабкина, И.В. Ивонин, В.М. Кузнецов, Г.Е. Дунаевский // Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы всерос. конф., г.Краснодар, 12-18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.71-73.
7. Багриновский, К.А., Матюшок, В.М. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика) [Текст] : учеб. пособие / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок – М.: Изд-во РУДН, 1999. – 183 с.

8. Базилевич, А.И. Инновационный менеджмент предприятия: учебное пособие / А.И. Базилевич; под ред. В.Я. Горфинкеля. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 231 с.
9. Бахвалов, Л.А. Компьютерное моделирование: долгий путь к сияющим вершинам [Текст] / Л.А. Бахвалов // Компьютера. – 1997. – № 40. – С.26 – 36.
10. Беляева, С.И. Имитационное моделирование систем массового обслуживания [Текст] / С.И. Беляева. – Горький: ГПИ, 1988. – 52 с.
11. Борщев, А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Текст] / А.В. Борщев // ExponentaPro. Математика в приложениях. – 2004. – №3-4. – С.21-26.
12. Бусленко, Н.П. Метод статистического моделирования [Текст] / Н.П. Бусленко. – М.: Статистика, 1970. – 112 с.
13. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем [Текст] / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
14. Буч, Г., Рамбо, Д., Якобсон, И. Язык UML [Текст]: Руководство пользователя / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. – Изд. 2-е. – М.: ДМК ПРЕСС, 2007. – 496 с.
15. Волковинский, М.И., Кабалевский, А.Н. Анализ приоритетных очередей с учетом времени переключения [Текст] / М.И. Волковинский, А.Н. Кабалевский. – М.: Энергоиздат, 1980. – 168 с.
16. Глухов, В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента [Текст] / В.В. Глухов, М.Д. Медников, С.Б. Коробко. – СПб.: Изд-во «Лань», 2007. – 528 с.
17. Гнеденко, Б.В. Приоритетные системы обслуживания [Текст] / Б.В. Гнеденко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. – 447 с.
18. Гнеденко, Б.В., Коваленко, И.Н. Введение в теорию массового обслуживания [Текст] / Б.В. Гнеденко, И.Н.Коваленко. – М.: КомКнига, 2005. – 400 с.

19. Горшков, А.Ф. Компьютерное моделирование менеджмента: учебник / А.Ф. Горшков, Б.В. Евтеев, В.А. Коршунов и др. // Под общ. ред. Н.П. Тихомирова. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Изд-во «Экзамен», 2007. – 622 с.
20. Девятков, В.А. Предсказание погоды. [Текст] / В.А. Девятков // Компьютера. – 2003. – № 21. – С. 34 – 41.
21. Дежина, И.Г, Грэхэм, Л. Наука в новой России: кризис, помощь, реформы [Текст]: монография / И.Г. Дежина, Л. Грэхэм. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 240 с.
22. Джейсуол, Н.К. Очереди с приоритетами [Текст] / Н.К. Джейсуол. – М.: Мир, 1973. – 279 с.
23. Зайцев, Н.Л. Экономика промышленного предприятия [Текст]: учебник / Н.Л. Зайцев. – М.: Инфра-М, 2003. – 439 с.
24. Ивченко Г.И. Теория массового обслуживания [Текст] / Г.И. Ивченко. – М.: Высшая школа, 1982. – 256 с.
25. Имитационное моделирование производственных систем [Текст] / Под. ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение, Берлин: Ферлаг Техник, 1983. – 416 с.
26. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учеб. пособие / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
27. Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория [Текст] : учебник / Под общей ред. А.А. Аузана. – М.: ИНФРА-М, 2006. - 416 с.
28. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
29. Каталог центров коллективного пользования научным оборудованием (исполнителей проектов в 2005-2006 годах Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным

направлениям развития науки и техники» на 2002-2006 годы) / Московский государственный университет инженерной экологии, Центр прикладных исследований. – М.: МГУИЭ, 2007. – 149 с.

30. Качак, В.В. Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / В.В. Качак // Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы Всерос. конф., г. Краснодар, 12-18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.9-13.

31. Кельтон, В., Лоу, А. Имитационное моделирование [Текст] / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

32. Кендалл, Д. Стохастические процессы, встречающиеся в теории очередей, и их анализ методом вложенных цепей Маркова [Текст] / Д. Кендалл // Математика. –1959. – Т.3. – №6. – С.97 – 111.

33. Кенинг, Д., Штойян, Д. Методы теории массового обслуживания [Текст] / Д. Кенинг, Д. Штойян ; пер. с нем. ; [под. ред Г.П.Климова]. – М.: Радио и связь, 1981. – 127 с.

34. Киндлер, Е. Языки моделирования [Текст] / Е. Киндлер; пер. с чешск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.

35. Клейнрок, К. Теория массового обслуживания [Текст] / К. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

36. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Текст]: учеб. пособие / Н.Б. Кобелев. – М.: Дело, 2003. – 336 с.

37. Красс, М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики [Текст] : учебное пособие / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов. – СПб.: Питер, 2006. – 496 с.

38. Кузьминов, Я.И. Курс институциональной экономики: Институты, сети, трансакционные издержки, контракты [Текст]: учебник для вузов / Я.И. Кузьминов, К.А. Бендукидзе, М.М. Юдкевич. – М.: ГУ–ВШЭ, 2006. – 442 с.

39. Литвинчев, И.С. Основы проектирования и математического моделирования вычислительных сетей и центров коллективного пользования [Текст] : учеб. пособие / И. С. Литвинчев ; Моск. физ.-техн. ин-т. – М.: МФТИ, 1987. – 87 с.
40. Лисецкий, Ф.Н., Кунгурцев, С.А. Университетский центр коллективного пользования [Текст] / Ф.Н. Лисецкий, С.А. Кунгурцев // Высшее образование в России. – 2007. – №3. – С.98-104.
41. Лифшиц, А.Л., Мальц, Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания [Текст] / А.Л. Лифшиц, Э.А. Мальц. – М.: Сов.радио, 1978. – 247 с.
42. Лычкина, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Лычкина. – М.: Академия АйТи, 2005. – 164 с.
43. Лябах, Н.Н., Бутакова, М.А. Системы массового обслуживания: развитие теории, методология моделирования и синтеза [Текст]: монография / Н.Н. Лябах, М.А. Бутакова. – Ростов н/Д: РГУПС, 2004. – 200 с.
44. Мастерских, Е.С. Итоги конкурса 2008 года по развитию сети центров коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / Е.С. Мастерских // Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы Всерос. конф., г.Краснодар, 12-18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.17-20.
45. Матусов, К.Н. Имитационное моделирование дискретных технологических систем для ситуационного управления производством функциональных устройств дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Матусов Константин Николаевич. – Воронеж, 2003. – 138 с.
46. Мишин, В.М. Исследование систем управления [Текст]: учебник. – 2-е изд. перераб. и доп. / В.М. Мишин. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 527 с.
47. Моисеенко, В.Е. Мониторинг развития сети центров коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / В.Е. Моисеенко, Д.Е. Миловзоров, С.В. Калинина, А.В. Костенко, А.П. Трубицына // Развитие сети цен-

тров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы всерос. конф., г.Краснодар, 12-18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.14 – 16.

48. Моделирование систем с использованием теории массового обслуживания [Текст] : учеб. пособие / Под. ред. Д.Н. Колесникова – СПб.: изд. СПбГПУ, 2003. – 179 с.

49. Небольсин, В.А. Центр коллективного пользования научным оборудованием как институт инновационного развития научно-технического потенциала региона (на примере ЦКП ВГТУ) [Текст] / В.А. Небольсин, А.Д. Поваляев, Тупикин В.Ф. // Развитие сети центров коллективного пользования научным оборудованием: Мат–лы Всерос. конф., г.Краснодар, 12 – 18 октября 2008 г. / Куб. гос. университет. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С.49 – 52.

50. Нейлор, Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем [Текст] / Т. Нейлор. – М.: Мир, 1975. – 500 с.

51. Новиков, Д.А., Иващенко, А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы [Текст] / Д.А. Новиков, А.А. Иващенко. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 336 с.

52. Норт, Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики [Текст] / Д. Норт ; пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. – М.: Начала, 1997. — 180 с.

53. Олишевский, Д.П. Модели обслуживания для центра коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / Д.П. Олишевский //Третья ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН: Тезисы докладов (Ростов-на-Дону, 5 – 24 апреля 2007 г.). – Ростов-н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. – С. 319 – 320.

54. Олишевский, Д.П. Моделирование управления производством наукоемких услуг центра коллективного пользования [Текст] / Д.П. Олишевский // Финансы, денежное обращение и кредит. Организация финансовых систем: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г.Новочеркасск, 1 июня 2007 г. /

Юж.-Рос. гос. техн. университет (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – С. 39 – 46.

55. Олишевский, Д.П. Моделирование системы управления очередями заявок при оказании наукоемких услуг центром коллективного пользования [Текст] / Д.П. Олишевский // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск: «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – №2. – С.165 – 170.

56. Олишевский, Д.П. О структуре услуг центра коллективного пользования научным оборудованием Южного корпоративного университета [Текст] / Д.П. Олишевский // Вторая ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН: Материалы молодежной конференции (Ростов-на-Дону, 5-26 апреля 2006 г.). – Ростов-н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. – С. 221 – 222.

57. Олишевский, Д.П., Олишевская, А.В. Проблемы развития научно-технологической базы пьезоэлектрического приборостроения [Текст] / Д.П. Олишевский, А.В. Олишевская // Инновационные процессы пьезоэлектрического приборостроения и нанотехнологий: Материалы VI междунар. науч.-тех. конф. (Анапа, 22-26 сентября 2008 г.). – Ростов н/Д: Изд-во ПИ ЮФУ, 2008. – С. 298-300.

58. Олишевский, Д.П. Оптимизация структуры услуг сетевого центра коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / Д.П. Олишевский // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2006. – №2 – С. 216.

59. Олишевский, Д.П. Центр коллективного пользования научным оборудованием и модели его функционирования [Текст] / Д.П. Олишевский // Фундаментальные и прикладные проблемы современной техники. Сб. тр.; Вып. 10. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2007. – С.69 – 77.

60. Олишевский, Д.П., Сербиновский, Б.Ю. Моделирование и управление оказанием услуг центром коллективного пользования научного оборудо-

вания [Текст] / Д.П. Олишевский, Б.Ю. Сербиновский // Инновационный потенциал бизнеса: конкурентоспособность, стратегия, реализация. Мат–лы юбилейной междунар. науч.-практ. конф., 14-15 декабря 2007 г. / Сев.-Кавк. ин-т бизнеса, инж. и информ. технологий. – Армавир: СКИБИИТ, 1-я часть, 2007. – С. 102-105.

61. Олишевский Д.П., Свечкарев, В.П. Электронный учебник «Практикум по имитационному дискретно-событийному моделированию в среде AnyLogic5» [Текст] / Д.П. Олишевский, В.П.Свечкарев // Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ: Материалы науч.-метод.конф., 26 – 29 апреля 2007 г. ; Южный фед. ун-тет. – Ростов-н/Д: Изд-во «ЦВВР», 2007. – С. 198 – 199.

62. Олишевский, Д.П., Свечкарев, В.П. Методы и структуры сетевого трансфера технологий [Текст]: учебное пособие / Д.П. Олишевский, В.П. Свечкарев. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 112 с.

63. Олишевский, Д.П., Свечкарев, В.П. Моделирование образовательной деятельности центра коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / Д.П. Олишевский, В.П. Свечкарев // Студент, специалист, профессионал ССП-07: Труды II междунар. науч.-практ. конф. ; под научной редакцией В.П. Смоленцева. – М.: Машиностроение, 2007. – 300 с. – С.247 – 252.

64. Павловский, Ю.Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / Ю.Н.Павловский, Н.В.Белотелов, Ю.Н.Бродский. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 236 с.

65. Панич, А.Е, Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П. Модели и механизмы интеграции учебно-научно-инновационно-технологических комплексов [Текст]: монография / А.Е. Панич, В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 180 с.

66. Панич, А.Е., Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П. Структура и основы функционирования центра коллективного пользования южного корпоративного университета «Высокие технологии» [Текст] / А.Е. Панич,

В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский // Наука и коммерциализация технологий. Сб. трудов междунар. науч.-тех. конф., Ростов-на-Дону 20 – 21 апреля 2006. – Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. – С. 16 – 21.

67. Панич, А.Е., Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П. Центр коллективного пользования научным оборудованием «Высокие технологии» [Текст] / А.Е. Панич, В.П.Свечкарев, Д.П. Олишевский // Инженерный вестник Дона, 2007. – № 1. – (http://ivd.sfedu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=9&Itemid=35).

68. Петухов, Г.Б., Якунин, В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем [Текст] / Г.Б. Петухов, В.И. Якунин – М.: АСТ, 2006. – 504 с.

69. Портер, М. Международная конкуренция [Текст] / М. Портер. – М.: Междунар. отношения, 1993. – 896 с.

70. Поттгофф, Г. Теория массового обслуживания [Текст] / Г. Поттгофф; пер. с нем. – М.: Транспорт, 1979. – 144 с.

71. Программное обеспечение автоматизированной системы научных исследований коллективного пользования / [Авт.-сост. А. С. Поляков и др.]. – Минск: ИТК, 1986. - 35 с.

72. Саати, Т.Л. Аналитическое планирование: Организация систем [Текст] / Т.Л. Саати; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1991. – 223 с.

73. Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения [Текст] / Т.Л. Саати; пер. с англ. Е.Г. Коваленко; под ред. И.Н. Коваленко. – изд.2-е. – М.: Сов. радио, 1971. – 520 с.

74. Свечкарев, В.П. Архитектура интегрированных систем управления высокотехнологичными производствами [Текст]: курс лекций / В.П. Свечкарев. – Ростов-н/Д: Изд-во ЮФУ, 2007. – 240 с.

75. Свечкарев, В.П. Концептуальное конструирование интегрированных технологических систем [Текст]: информационный подход / В.П.Свечкарев. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 252 с.

76. Свечкарев, В.П. Системный анализ высокотехнологичных систем [Текст]: информационный подход / В.П.Свечкарев. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2006. – 264 с.

77. Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П., Штепа, И.В. Информационно-коммуникационная среда центра коллективного пользования научным оборудованием «Высокие технологии» [Текст] / В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский, И.В. Штепа // Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ: Мат-лы науч.-метод. конф., 26 – 29 апреля 2007 г. ; Южный фед. ун-тет. – Ростов-на-Дону: Изд-во «ЦВВР», 2007. – С. 233 – 234.

78. Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П., Яловой, И.О. Имитационное моделирование дискретно-событийных процессов и систем: практикум [Электронный ресурс] / В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский, И.О. Яловой. – Южный фед. ун-тет. – Ростов-н/Д: ЮФУ, 2008.

79. Сербиновский, Б.Ю. Научно-исследовательский аутсорсинг [Текст] / Б.Ю. Сербиновский, Б.Б. Сербиновский, Т.Г. Гусенко ; Южный фед. ун-тет. – Новочеркасск: Оникс+, 2007. – 146 с.

80. Сербиновский, Б.Ю. Управление заявками при оказании наукоемких услуг научно-исследовательским комплексом [Текст] / Б.Ю. Сербиновский, Д.П. Олишевский, Т.Г. Гусенко // Известия Иркутской государственной экономической академии. – №2 – 2009. – С. 72 – 76 с.

81. Системы коллективного пользования научным оборудованием Академии наук МССР / З. И. Зеликовский, М. М. Клузман, А. А. Праницкий и др. – 2-е изд., доп. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 28 с.

82. Системы коллективного пользования научным оборудованием Академии наук МССР: Опыт создания и развития. - Кишинев: Штиинца, 1982. – 25 с.

83. Советов, Б.Я., Яковлев, С.А. Моделирование систем [Текст]: учебник для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

84. Соколинский, В.М., Разумов, В.В. Институционализм. Опыт научной школы [Текст] / В.М. Соколинский, В.В. Разумов // Школьный экономический журнал, 1999. – №4. – С.65 – 77.
85. Справочник по теории автоматического управления [Текст] / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
86. Темердашев З.А., Ратнер С.В. Некоторые предложения развития методологии и использования центров коллективного пользования [Текст] / З.А. Темердашев, С.В. Ратнер // Качество. Инновации. Образование, 2004. – № 2. – С.23 – 25.
87. Теория массового обслуживания в экономической сфере [Текст] / Л.Г. Лабскер, Л.О. Бабешко. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 319 с.
88. Титов С.В. Моделирование процессов принятия решений в сетевых системах обслуживания на основе эволюционных методов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Титов Сергей Викторович. – Воронеж, 2005.–164с.
89. Федеральная целевая научно-техническая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002-2006 годы» [Электронный ресурс]: [Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2001 г. № 605] – 2001. – (<http://2006.fcntp.ru/programm.asp>).
90. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 - 2012 годы» [Электронный ресурс]: [Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. № 613] – 2006. – (<http://fcntp.ru/page.aspx?page=25>).
91. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 - 2012 годы» [Электронный ресурс]: [Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. № 613] – 2006. – (<http://fcpir.ru>).

92. Фельдбаум, А.А. Основы теории оптимальных систем [Текст] / А.А. Фельдбаум. – М.: Наука, 1970. – 356 с.
93. Фомичев, Ю.П., Шелгунов, А.И. Нормативно-правовое регулирование и научно-методическое обеспечение функционирования и формирования сети центров коллективного пользования. Доклад на Совещании руководителей центров коллективного пользования, 01.06.2006 [Электронный ресурс]. / Ю.П. Фомичев, А.И. Шелгунов // Международный фонд технологий и инвестиций, 2006. – (www.ifti.ru).
94. Хелдман, К. Профессиональное управление проектом [Текст] / К. Хелдман ; пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2005. – 517 с.
95. Хайниш, С.В., Токарева, Н.Ю. Структура организации: от реальности до виртуальности – один шаг. Принципы организационно-структурного обеспечения инновационных процессов на предприятии [Текст] / С.В. Хайниш, Н.Ю. Токарева. – М.: Рохос, 2003. – 192 с.
96. Центр коллективного пользования научным оборудованием «Высокие технологии» Южного корпоративного университета [Текст]: монография / А.Е. Панич, В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский и др.; под ред. А.Е. Панича; – Ростов. гос. ун-т.; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.; Таганрог. гос. радиотехн. ун-т. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 112 с.
97. Центр коллективного пользования. Описание элемента инфраструктуры инновационной деятельности [Электронный ресурс]. – М.: НИАЦ МИИРИС, 2006. – (<http://www.invur.ru/index.php?page=infsupp&cat=analit&doc=niiac>).
98. Центр коллективного пользования Якутского научного центра СО РАН [Текст]: сборник / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Якут. науч. центр ; сост. А. Ю. Уржумцев ; отв. ред. А. М. Ишков. – Якутск: Изд-во СО РАН, 2004. – 55 с.
99. Центры коллективного пользования Российской академии наук [Текст] / Рос. акад. наук. – М.: Наука, 2004. – 192 с.

100. Центры коллективного пользования РФФИ [Текст] / Под ред. В.Д. Новикова. – М.: Янус-К. – 2002. – 300 с.
101. Цихан, Т.В. Кластерная теория экономического развития [Текст] / Т.В. Цихан // Теория и практика управления, 2003. – №5. – С.74 – 81.
102. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений [Текст] / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2005. – 416 с.
103. Шепелев, Г.В. Проблемы развития инновационной инфраструктуры [Электронный ресурс] / Г.В. Шепелев // Наука и инновации в регионах России. –(<http://regions.extech.ru>)
104. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст] / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
105. Шикин, Е.В., Чхартишвили, А.Г. Математические методы и модели в управлении [Текст] / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М.: Дело, 2000. – 431 с.
106. Экономика предприятия [Текст]: учеб. для вузов / И.Э. Берзинь, С.А. Пикунова, Н.Н. Савченко, С.Г. Фалько; под ред. С.Г. Фалько. – М.: Дрофа, 2003. – 368 с.
107. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; под ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 391 с.
108. April, J., Glover, F., Kelly, J., Laguna, M. Practical introduction to simulation optimization [Текст] / J. April, F. Glover, J. Kelly, M. Laguna //Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003. – 8 p.
109. April, J., Glover, F., Kelly, J., Laguna, M. The exploding domain of simulation optimization [Электронный ресурс] / J. April, F. Glover, J. Kelly, M. Laguna // OptTek Systems. – (www.opttek.com)
110. Corne, D., Dorigo, M., Glover, F. New ideas in Optimization [Текст] / D. Corne, M. Dorigo, F.Glover. – Wiley, 1999. – P. 493

111. Cox, D. The analysis of non-Markovian stochastic processes by the inclusion of supplementary variables [Текст] / D. Cox // Proc. Cambr. Phil. Soc. – 1955. – V.51. – №3. – P.433 – 441.
112. Gendreau, M. An Introduction to Tabu Search [Текст] / M. Gendreau // International series in operations research and management science, 2003. – P. 37 – 54.
113. Glover, F., Laguna, M. Tabu Search [Текст] / F. Glover, M. Laguna. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997. – 382 p.
114. Glover, F., Kochenberger, G. Handbook of Metaheuristics [Текст] / F. Glover, G. Kochenberger. – Boston, MA: Kluwer, 2003. – 570 p.
115. Glover, F., Laguna, M. Scatter Search and Path Relinking [Текст] / F. Glover, M. Laguna. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997. – 36 p.
116. Glover, F., Laguna, M. Tabu Search [Текст] / F. Glover, M. Laguna. – University of Colorado, 1999. – 18 p.
117. Glover, F., Laguna, M., Marti, R. Scatter Search [Текст] / F. Glover, M. Laguna, R. Marti. – University of Colorado, 2005. – 20 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Перечень оборудования ЦКП ЮКУ «Высокие технологии» по состоянию на 1 января 2009г

№ п.п.	Наименование единицы оборудования	Страна- производитель	Год вы- пуска	Балансовая стоимость (руб.)
1	Сканирующий зондовый микроскоп Solver PRO-M	Россия	2005	3 676 464
2	Спектрофотометр OLIS DSM 17 UV/VIS/NIR CD System	США	2005	3 813 647
3	Экцимерный лазер CL-7100	Россия	2006	3 165 844
4	Спектрометр FluoTime 200	Германия	2006	3 269 167
5	Дифрактометр ДРОН-7	Россия	2005	5 195 707
6	Сверхвысоковакуумный нанотехнологический комплекс NanoFab НТК-3	Россия	2006	11 000 000
7	Микроскоп растровый электронный Quanta 200	США	2006	9 504 760
8	Сканирующий зондовый микроскоп Solver HV	Россия	2006	5 412 570
9	Времяпролетный масс-спектрометр «Agilent LC/MSD TOF»	США	2005	14 000 000
10	Нанотехнологический комплекс «Пьезо-прибор-1»	Россия	2006	3 673 830
11	Нанотехнологический комплекс «Пьезо-прибор-2»	Россия	2006	3 974 372
12	Нанотехнологический комплекс «Пьезо-прибор-3»	Россия	2006	5 417 362
13	Технологический комплекс микроэлектронных модулей	США	2006	5 271 557
14	Комплекс атомно-силовой микроскопии	Россия	2004	5 100 000
15	Комплекс сканирующей туннельной микроскопии	Россия	2004	3 247 000
16	Установка вакуумного напыления УВН-75	Россия	1998	3 076 000
17	Установка жидкофазной эпитаксии С2130	Россия	2001	4 164 000
18	Установка магнетронного напыления	Россия	1995	3 780 000
19	Установка ионного напыления и эпитаксии	Россия	1999	3 890 000

**Перечень организаций-заказчиков исследований на научном оборудовании
ЦКП ЮКУ «Высокие технологии»**

1. Подразделения Южного федерального университета (факультеты, НИИ);
2. Подразделения Технологического института Южного федерального университета;
3. Подразделения ЮРГТУ;
4. Кубанский государственный университет (г. Краснодар);
5. Дагестанский технический университет (г. Махачкала);
6. Северо-Осетинский государственный университет (г. Владикавказ);
7. Южный научный центр РАН (г. Ростов-на-Дону);
8. Институт проблем химической физики РАН (г.Черноголовка);
9. Институт высокомолекулярных соединений РАН (г. С-Петербург);
- 10.Ставропольский государственный университет (г. Ставрополь);
11. Пятигорская государственная фармакадемия (г. Пятигорск);
12. ЗАО «Оникас-Агат» (г. Волгодонск);
13. ЗАО «Союз-Наука» (г. Цимлянск);
14. ЗАО НПО «Сатурн» (г. Краснодар);
15. ОАО «НЭВЗ» (г. Новочеркасск);
16. ООО «Системы для микроскопии и анализа» (г. Москва);
- 17.Концерн «Наноиндустрия» (г. Москва);
- 18.ООО «Международный фонд биотехнологий» (г. Москва);
- 19.Московский государственный университет печати (г. Москва);
- 20.Донской государственный технический университет (г.Ростов-на-Дону);
21. Специальная астрофизическая обсерватория РАН (Карачаево-Черкессия);
22. Фирма ВТЦ «Баспик» (г. Владикавказ);
23. ООО «Завод Кристалл» (г. Таганрог);

- 24. ОАО НКБ ВС (г. Таганрог);
- 25. НКБ «Миус» (г. Таганрог);
- 26. ООО «АйПи-Проспект» (г. Таганрог);
- 27. ООО «Импульс-К» (г. Таганрог);
- 28. ОАО «Научно-производственное предприятие космического приборостроения «КВАНТ» (г. Ростов-на-Дону);
- 29. ООО НПКФ «МЕДИКОМ МТД» (г. Таганрог);
- 30. ОАО «Таганрогский завод «ПРИБОЙ» (г. Таганрог).
- 31. Предприятия Ассоциации «Высокие технологии» (г. Ростов-на-Дону).

**Методики, аттестованные для оказания услуг
ЦКП ЮКУ «Высокие технологии»
(по состоянию на 1 декабря 2008)**

1. Методика регистрации спектров поглощения.
2. Методика регистрации спектров флуоресценции.
3. Методика исследования металлов и полупроводниковых материалов в режиме высокого вакуума на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200.
4. Методика исследования диэлектрических, биологических объектов и медико-фармакологических препаратов в режиме низкого вакуума на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200.
5. Методика исследования влажных, газящих и сложно исследуемых другими методами объектов в режиме естественной среды на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200.
6. Методика проведения рентгеновского микроанализа объектов в режиме высокого вакуума с помощью приставки рентгенодисперсионного микроанализа Genesis.
7. Методика проведения рентгеновского микроанализа объектов в режиме низкого вакуума с помощью приставки рентгенодисперсионного микроанализа Genesis.
8. Методика проведения рентгеновского микроанализа объектов в режиме естественной среды с помощью приставки рентгенодисперсионного микроанализа Genesis.
9. Методика исследования структур с наноконструкциями Si-Er методами сканирующей электронной микроскопии.
10. Методика исследования дефектов эпитаксиальных слоев Si с помощью сканирующего электронного микроскопа.

- 11.Методика определения геометрических параметров поверхности объектов с развитым микроельефом методами сканирующей электронной микроскопии.
- 12.Методика исследования микропористых объектов на сканирующем электронном микроскопе.
- 13.Контактные методики АСМ исследования топографии поверхности материалов различной природы.
- 14.Контактные методики АСМ исследования локальных свойств поверхности (адгезионные силы, латеральные силы, нанолитография).
- 15.Методика спектроскопических исследований в колебательном режиме АСМ.
- 16.Методика регистрации тока растекания с помощью АСМ Solver HV.
- 17.Методика Spreading resistance operation с помощью АСМ Solver HV.
- 18.Методика работы АСМ Solver HV в режиме MFM.
- 19.Методика работы АСМ Solver HV в режиме EFM.
- 20.Методика работы АСМ Solver HV в режиме SKM.
- 21.Методика работы АСМ Solver HV в режиме SCM.
- 22.Методика проведения электрической и магнитной нанолитографии на АСМ Solver HV.
- 23.Методика сканирования в режиме постоянного тока на СТМ Умка.
- 24.Методика сканирования в режиме постоянной высоты на СТМ Умка.
- 25.Методика сканирования в режиме V модуляции на СТМ Умка.
- 26.Методика сканирования в режиме Z модуляции на СТМ Умка.
- 27.Методика изготовления зондов для туннельной микроскопии и мониторинг состояния зондов с использованием РЭМ Quanta 200.
- 28.Методика выращивания нанозондов для сканирующих туннельных микроскопов.
- 29.Методика реактивного ВЧ-распыления тонких пленок $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$.

- 30.Методика электронно-микроскопического определения структуры и характерных размеров мелкодисперсных порошков оксида цинка.
- 31.Методика электронно-микроскопического исследования морфологии поверхности пористого кремния и измерение диаметра пор.
- 32.Методика определения элементного состава вещества внутри микропор кремния с помощью рентгеновского энергодисперсионного микроанализатора.
- 33.Методика электронно-микроскопического исследования морфологии новых композиционных материалов на основе NiF_3 , NiF_4 .
- 34.Методика электронно-зондового исследования кластерообразования наночастиц порошка оксида алюминия размером менее 100 нм.
- 35.Методика исследования карбидообразования высокотемпературных материалов с помощью рентгеновского энергодисперсионного микроанализатора.
- 36.Методика определения адгезионных свойств металлических пленок к графитовой основе.
- 37.Методика исследования переходных областей пятикомпонентных полупроводниковых гетероструктур.
- 38.Методика определения целесообразности добычи драгоценных металлов из пород халькоперита с использованием рентгеновского энергодисперсионного микроанализа.
- 39.Методика исследования флексографских печатных форм.
- 40.Методика электронно-зондового исследования состава поверхности монометаллических офсетных печатных форм.
- 41.Методика определения содержания алюминия в промышленных отходах производства с помощью энергодисперсионного микроанализа.
- 42.Методика АСМ-исследования микрорельефа поверхности сталей после проведения процесса шлифования в режиме постоянной силы.

43. Методика изготовления мембран для физического разделения ультрадисперсных материалов.
44. Методика определения толщины слоев гетероструктур пятикомпонентных полупроводниковых материалов с помощью атомно-силовой микроскопии.
45. Методика АСМ-исследования атомарных ступеней эпитаксиальных слоев кремния в режиме постоянной высоты.
46. Методика выявления дефектов тонких пленок металлов и полупроводников с использованием АСМ в режиме отображения сопротивления растекания.
47. Методика определения глубины залегания p-n – перехода в диодных структурах с использованием АСМ в режиме отображения сопротивления растекания.
48. Методика АСМ-исследования распределения плотности композитных материалов в режиме модуляции силы.
49. Методика АСМ-исследования распределения размеров частиц порошков Al_2O_3 в полуконтактном режиме.
50. Методика АСМ-исследования распределения магнитных частиц в порошках в режиме силовой спектроскопии.
51. Методика МСМ-исследования исследование доменной структуры ферромагнитных материалов на основе NdFeB.
52. Методика ЭСМ-исследования распределения напряженности электрического поля в сложных полупроводниковых структурах на основе материалов A^3B^5 .
53. Методика СЕМ-исследования распределения легирующих примесей многокомпонентных твердых растворах A^3B^5 и A^2B^6 .

Параметры заявки в модели ЦКП

Таблица 4.1

Параметры заявок, задаваемые СВ

Параметр	Описание	Закон распределения СВ параметра
priority	Приоритет заявки: 1 – заявка по исследованиям в рамках федерального контракта, 0 – услуги сторонним организациям, собственные исследования и учебные задачи	Закон Бернулли
method	Методика обслуживания	Равномерный закон
time	Время, требующееся для обслуживания заявки	Нормальный закон
timeout	Время актуальности заявки	Нормальный закон
reiteration	Требование заявки на повторимость	Равномерный закон
equip	Требующееся оборудование	Равномерный закон

Таблица 4.2

Вспомогательные параметры заявки

Параметр	Описание
federal	Указывает на принадлежность к заявкам по исследованиям в рамках федеральных контрактов, выделяя из входящего потока приоритетные заявки. Параметр принимает следующие значения в зависимости от параметра priority: True – если priority=1; False – если priority=0.
cycle	Отображает количество оставшихся измерений, требуемых заявкой
waitTime	Параметр, с помощью которого определяется время ожидания заявки и передается в блок статистики модели
serviceTime	Параметр, с помощью которого определяется время обслуживания заявки и передается в блок статистики модели

Научное издание

Олишевский Даниил Петрович

Сербиновский Борис Юрьевич

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ
ЦЕНТРОМ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка А.П. Смирновой

Подписано в печать 10.12.2009 г.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,9. Тираж 500 экз. Заказ 47-8618

Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)
Участок оперативной полиграфии ЮРГТУ (НПИ)

Адрес университета и участка оперативной полиграфии:
346428, г.Новочеркасск, ул.Просвещения, 132. Тел. (8635) 255-305