

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Остыловская Оксана Анатольевна

**ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ  
ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА» В ПРОЦЕССЕ  
ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания  
(математика)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата педагогических наук

Научный руководитель  
доктор педагогических наук, профессор  
Шершнева Виктория Анатольевна

Красноярск – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Теоретическое обоснование формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.....	20
1.1. Научно-исследовательская компетентность как необходимое условие профессиональной научно-исследовательской деятельности в области прикладной информатики.....	20
1.2. Структурно-содержательная модель научно-исследовательской компетентности будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике.....	38
1.3. Методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.....	57
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1.....	79
ГЛАВА 2. Методика формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».....	81
2.1. Особенности содержательного компонента методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».....	81
2.2. Междисциплинарный адаптивный модуль как средство реализации методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».....	97
2.3. Измерение и оценка научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.....	127

2.4. Описание и результаты опытно-экспериментальной работы по реализации методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».....	140
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2.....	156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	159
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	161
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	179
Приложение А. Рабочая программа учебного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации».....	179
Приложение Б. Комплекс учебных «задач-конструкторов».....	204
Приложение В. Опросник «Дифференциальный тип рефлексии».....	213
Приложение Г. Опросник «Шкалы академической мотивации».....	215
Приложение Д. Входное тестирование.....	217
Приложение Е. Экспертный лист.....	219
Приложение Ж. Статистическая обработка данных опытно-экспериментальной работы .....	220
Приложение И. Акт о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы .....	229

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В условиях развития инновационной экономики России востребованы интеллектуальные виды профессиональной деятельности, связанные с внедрением наукоемких технологий. Так, научно-исследовательская деятельность по разработке и внедрению наукоемких информационных технологий (ИТ), является одним из приоритетов государственной политики. В утвержденной Президентом РФ в 2016 г. «Стратегии научно-технологического развития РФ» отмечается необходимость выявления и подготовки талантливой молодежи, способной к профессиональной деятельности в области наукоемких технологий; при этом значительная роль отводится российской системе высшего образования. Применение ИТ в различных прикладных областях призваны обеспечить, в частности, выпускники направления подготовки бакалавров 09.03.03 «Прикладная информатика».

В Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) научно-исследовательская деятельность определена как один из видов профессиональной деятельности бакалавра и магистра. Выпускник бакалавриата по данному направлению подготовки должен осуществлять профессиональную научно-исследовательскую деятельность в рамках задач, предусмотренных стандартом (применение системного подхода к информатизации и автоматизации решения прикладных задач, к построению информационных систем на основе современных информационно-коммуникационных технологий и математических методов), а так же при обучении в магистратуре выполнять научно-исследовательскую работу в формате магистерской диссертации.

Однако, как показывает опыт работы с магистрантами, для большинства из них эта работа оказывается весьма затруднительной из-за *неготовности к научно-исследовательской работе*. В связи с этим актуальна проблема формирования у выпускников бакалавриата научно-исследовательской компетентности, необходимой для осуществления

научно-исследовательской деятельности в профессиональной сфере, а ее формирование рационально осуществлять в контексте преемственности образовательных программ бакалавриата и магистратуры. Эта проблема является важной и ее необходимо рассматривать не только в «пункте назначения» (профессиональная деятельность), но и в «пункте следования» (бакалавриат-магистратура).

Анализ работ В.И. Журавлева, В.В. Краевского, В.С. Леднева, А.М. Новикова, Д.А. Новикова и др., посвященных феномену научно-исследовательской деятельности, показал, что она невозможна без овладения соответствующими математическими методами. В этом контексте научно-исследовательская компетентность (НИК), понимаемая как готовность применять математические методы в научных исследованиях и разработках, отражает требования ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика» в области профессиональной научно-исследовательской деятельности. Понятно, что результативное формирование НИК в обучении математике происходит в процессе организованной научно-исследовательской деятельности студентов.

В научной литературе рассматриваются психолого-педагогические вопросы формирования научно-исследовательской деятельности студентов (И.А. Зимняя, И.Я. Лернер, В.В. Балашов, А.И. Момот и др.); некоторые аспекты научно-исследовательской работы студентов бакалавриата (В.А. Анисимова, С.С. Акимов, В.Б. Данилевская, М.Э. Жуковская, А.М. Митяева, С.И. Осипова и др.). Вопросам формирования научно-исследовательской деятельности студентов различных направлений подготовки в процессе обучения математике посвящены работы М.В. Литвинцевой, Н.А. Лозовой, Л.В. Шкериной и др. В рамках реализации идей компетентностного подхода рассматриваются научно-исследовательская компетентность как педагогическая категория (М.И. Колдина, Ю.А. Комарова, В.К. Тагиров и др.), вопросам формирования математической компетентности студентов различных направлений

подготовки посвящены исследования М.М. Манушкиной, О.В. Чирковой, В.А. Шершневой и др. При несомненной значимости работ перечисленных выше авторов следует отметить, что методика формирования научно-исследовательской компетентности в процессе обучения математике будущих бакалавров по направлению подготовки «Прикладная информатика» не являлась проблемой отдельного исследования. Отметим также, что при разработке такой методики важно учитывать феномен "бипрофессиональности" направления подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»: выпускники должны овладеть не только информатикой и информационными технологиями, но и соответствующей прикладной областью профессиональной деятельности (М.М. Манушкина, В.А. Шершнева и др.).

Сказанное выше позволяет выделить ряд **противоречий**:

- *на социально-педагогическом уровне*: между потребностью рынка труда в высококвалифицированных ИТ-кадрах, обладающих научно-исследовательской компетентностью для создания и внедрения наукоемких технологий на основе использования математических методов и недостаточной ориентированностью системы образования по направлению подготовки «Прикладная информатика» на удовлетворение этой потребности;

- *на научно-педагогическом уровне*: между разработанными теоретическими положениями о научно-исследовательской деятельности студентов и слабым использованием потенциала математических дисциплин для формирования их научно-исследовательской компетентности;

- *на научно-методическом уровне*: между существующими возможностями обучения математике в формировании научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров и отсутствием соответствующего методического обеспечения этого обучения.

Необходимость разрешения указанных противоречий обусловила **проблему исследования**, состоящую в определении содержания, средств,

методов и условий формирования научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике, позволяющую успешно осуществлять профессиональную научно-исследовательскую деятельность, предусмотренную ФГОС ВО.

Недостаточная разработанность обозначенной проблемы на теоретическом уровне, востребованность ее практического решения, обусловленная объективными требованиями к выпускнику, определили тему исследования: **«Формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике».**

**Цель исследования:** разработать методику формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.

**Объект исследования:** процесс обучения математике будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».

**Предмет исследования:** формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.

**Гипотеза исследования:** формирование научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике будет результативным, если использовать специальную методику при разработке которой:

– проанализированы требования ФГОС ВО в области профессиональной научно-исследовательской деятельности выпускников бакалавриата и магистратуры направления подготовки «Прикладная информатика»;

– выявлена сущность и выделены структурные компоненты НИК, определены принципы формирования НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике;

– построена методическая модель формирования НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике;

– обоснован и создан междисциплинарный адаптивный модуль, включающий комплекс специально разработанных учебных задач, как средство формирования НИК студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика».

Для достижения цели исследования в соответствии с его предметом и гипотезой были поставлены и решены следующие задачи:

1. Описать междисциплинарный контекст профессиональной научно-исследовательской деятельности выпускников бакалавриата и магистратуры направления подготовки «Прикладная информатика» в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

2. Конкретизировать понятие «научно-исследовательская компетентность студента бакалавриата, формируемая в процессе обучения математике»; разработать структурно-содержательную модель НИК, определить принципы формирования НИК.

3. Разработать методическую модель формирования НИК студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике.

4. Обосновать и разработать междисциплинарный адаптивный модуль, способствующий освоению математических методов научного исследования в прикладной области, включающий комплекс специально разработанных учебных задач как средство формирования НИК в процессе обучения математике студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика».



5. Разработать и апробировать методику формирования НИК студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике.

**Методологической основой исследования являются:**

- *системный подход* (Б. Г. Ананьев, Н. Винер, В. Ф. Ломов, К.Н. Лунгу, А.М. Новиков, В.Н. Садовский и др.), позволивший рассматривать научно-исследовательскую компетентность будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» как целостностную структуру взаимосвязанных компонентов, процесс ее формирования представить как подсистему в системе обучения математике в вузе;

- *деятельностный подход* (А. С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, Д.Б. Эльконин, Л.М. Фридман и др.), ориентирующий на использование активных методов обучения для формирования составляющих научно-исследовательской компетентности студентов;

- *компетентностный подход* (В.И. Байденко, И.А. Зимняя, С.И. Осипова, Ю.Г. Татур, А.В. Хуторской, В.А. Шершнева, Л.В. Шкерина и др.), определяющий цели и результаты математической подготовки студентов в области научно-исследовательской деятельности;

- *контекстный подход* (А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова) на основе которого проведен анализ учебной математической деятельности студентов направления подготовки «Прикладная информатика», выделен ее междисциплинарный «контекст»;

- *лично-ориентированный подход* (А.Г. Асмолов, Н.В. Гафурова, А.С. Границкая, С.И. Осипова, В.И. Слободчиков, И.С. Якиманская и др.), определяющий студента как субъекта учебной математической деятельности, в результате которой он приобретает научно-исследовательскую компетентность;

- *задачный подход* (П.К. Анохин, Г.А. Балл, Дж Кемени, Ф.С. Робертс, Д. Пойа, Л.М. Фридман и др.) определяющий учебную задачу как единицу

учебной деятельности и обосновывающий целесообразность специально разработанного комплекса учебных задач как средства формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров прикладной информатики;

**Теоретическую основу исследования составили:**

фундаментальные работы, посвященные *феномену исследовательской и научно-исследовательской деятельности* (В.И. Журавлев, В.В. Краевский, В.С. Леднев, А.М. Новиков, Д.А. Новиков); труды, раскрывающие сущность *профессиональной направленности обучения математике студентов в вузе* (Е.А. Василевская, О.Г. Ларионова, Н.В. Носков, С.И. Осипова, Л.В. Шкерина, В.А. Шершнева и др); *формирования научно-исследовательской деятельности студентов* ( В.А. Анисимова, И.А. Зимняя, А.М. Митяева, А.И. Момот, М.И. Колдина и др.); *содержания и методов обучения* (В.В. Краевский, Л.Д. Кудрявцев, В.С. Леднев, М.И. Махмутов, М.Н. Скаткин и др.); *модульного обучения* (И. Прокопенко, Дж. Рассел, М.А. Чошанов, П. Юцявичен и др.); *проблемного обучения* (И.Я. Лернер, А.М. Матюшкин, В. Оконь и др.); *теории междисциплинарных связей в вузе* (В.А. Далингер, В.А. Шершнева); научные работы, позволившие определить предметное поле *междисциплинарной интеграции математики и ИТ* (М.П. Лапчик, О.Г. Смолянинова, Н.И. Пак, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер и др.); освещающие методические аспекты *профессиональной подготовки в области информатики и ее приложений* (Ю. Л. Костюк, М.М. Манушкина, В.А. Сухомлин, Ю.Ф. Тельнов, В.В. Тихомиров, О.Г. Смолянинова, и др.); *мотивации и рефлексии учебной деятельности* (Т.О. Гордеева, Д.А. Леонтьев, О.А.Сычев, Е.Н. Осин).

Для проверки выдвинутой гипотезы и решения поставленных задач использовались следующие **методы исследования:** *теоретические* (анализ психолого-педагогической, научно-методической и учебно-математической литературы по проблеме исследования; анализ ФГОС ВО, нормативных документов по модернизации научно-исследовательской деятельности в

России); метод *моделирования*; *эмпирические* (анкетирование, наблюдение, опрос, тестирование, экспертная оценка и самооценка); *статистические* (критерий Смирнова, критерий однородности хи-квадрат, Z-критерий).

Экспериментальная база исследования: ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (СФУ). В эксперименте участвовали студенты 1 и 2 курсов бакалавриата, обучающиеся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» по профилю 09.03.03.19 «Прикладная информатика в социальных коммуникациях», студенты 1 и 2 курсов специалитета «Прикладная информатика в психологии» (до 2011 г.), магистранты 1 курса, преподаватели кафедр современных образовательных технологий, прикладной математики и компьютерной безопасности СФУ.

**Личный вклад соискателя** заключается в формулировании проблемы исследования, выдвижении научной идеи, анализе и степени разработанности проблемы в научно-педагогической литературе, в выявлении теоретико-методологических предпосылок исследования, разработке структурно-содержательной модели НИК студентов бакалавриата и методической модели ее формирования в обучении математике; в проектировании и разработке специального комплекса «задач-конструкторов», а также создании междисциплинарного адаптивного модуля, проведении опытно-экспериментальной работы.

**Этапы исследования.** Первый этап, поисково-теоретический (2007-2009 гг.) - учение психолого-педагогической, научно-методической и учебно-математической литературы по теме исследования, анализ государственных нормативных документов, уточнение понятия научно-исследовательской компетентности; выделение объекта, предмета, цели и задач исследования, выдвижение рабочей гипотезы.

Второй этап, опытно-экспериментальный (2010-2015 гг.) - разработка структурно-содержательной модели НИК студентов бакалавриата прикладной информатики и методической модели ее формирования, проектирование, разработка, апробация и внедрение в учебный процесс

междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации», методического обеспечения к нему, включающего комплекс учебных междисциплинарных «задач-конструкторов», методического пособия «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» и одноименного электронного курса.

Третий этап, обобщающий (2016-2017 гг.) - обобщение и систематизация результатов исследования, формулирование выводов, оформление диссертации.

**Научная новизна** проведенного исследования состоит в том, что:

– уточнено понятие НИК студента бакалавриата прикладной информатики, формируемой в процессе обучения математике, как интегративного динамического качества личности, характеризующегося освоенностью совокупности научно-исследовательских компетенций, представляющих собой проекцию предусмотренного ФГОС ВО профессионального вида деятельности на предметную область математики, и проявляющегося в готовности применить математические методы в научных исследованиях и разработках в области приложения ИТ;

– выделена и охарактеризована совокупность научно-исследовательских компетенций, соответствующих фазам научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной), осваиваемых в процессе математической подготовки; разработана структурно-содержательная модель НИК бакалавра прикладной информатики; определены индикаторы: критерии (когнитивный, мотивационный, праксиологический и рефлексивно-оценочный), а также уровни (низкий, достаточный, высокий) ее сформированности;

– обоснована и разработана методическая модель формирования НИК в обучении математике, структурно представляющая системное единство целевого, концептуального, содержательно-технологического и оценочно-результативного блоков, направленная на положительную динамику уровня

сформированности НИК; в основу методической модели положены дидактические принципы фундаментальности, преемственности, адаптивности, междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации;

– разработан комплекс междисциплинарных учебных «задач-конструкторов», обладающих потенциалом трансформации, при которой вариация условий задачи приводит к качественно иному результату; процесс решения «задач-конструкторов» отражает логику основных фаз научного исследования и способствует освоению информационно-математических методов научного исследования прикладной области; разработаны критерии отбора «задач-конструкторов» (соответствия содержанию профилю обучения, междисциплинарности, научной значимости, учета индивидуальных возможностей студентов, связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой, использования электронной образовательной среды вуза);

– предложена и обоснована методика формирования НИК будущего бакалавра прикладной информатики в процессе обучения математике на основе междисциплинарного адаптивного модуля, включающего комплекс «задач-конструкторов».

**Теоретическая значимость** результатов диссертационного исследования состоит в обогащении теории и методики обучения математике в вузе положениями о формировании НИК студентов:

– раскрыта сущность понятия междисциплинарной учебной «задачи-конструктора», обладающей потенциалом трансформации, при которой вариация условий задачи приводит к качественно иному результату; доказано, что такие задачи в обучении математике способствуют формированию НИК студентов бакалавриата прикладной информатики;

– изучены связи между использованием в процессе обучения математике разработанного междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое

моделирование процессов социальной коммуникации» и динамикой уровня сформированности НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»;

– раскрыто существенное противоречие между необходимостью в НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» и отсутствием теоретически обоснованной методики ее формирования в процессе обучения математике в вузе, что нашло свое отражение в диссертации за счет разработки методической модели формирования НИК;

– проведена модернизация процесса формирования НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике на основе разработанной модели на базе ФГАОУ ВО СФУ;

**Значение полученных соискателем результатов для практики** подтверждается тем, что:

– разработаны и внедрены в практику профессиональной подготовки студентов: 1) методика формирования НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике на основе междисциплинарного адаптивного модуля, включающего комплекс «задач-конструкторов»; 2) методические материалы, способствующие формированию НИК студентов процессе обучения математике: рабочая программа междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации», учебно-методическое пособие «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» и одноименный электронный учебный курс, размещенный в системе LMS Moodle, комплекс учебных «задач-конструкторов»;

– создан диагностический комплекс для измерения и оценивания уровня сформированности НИК в процессе обучения математике будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»;

– определены пределы и перспективы использования практических результатов исследования в процессе формирования НИК студентов, осваивающих образовательные программы в соответствии с ФГОС ВО направления 09.03.03 «Прикладная информатика» и для других направлений подготовки.

**Достоверность результатов исследования** определяется тем, что:

– для опытно-экспериментальной работы показана воспроизводимость результатов измерений - отсутствие существенных различий между измерениями в разных группах студентов;

– теория построена на основе системного, компетентностного, личностно-ориентированного, контекстного и задачного подходов, с опорой на разработки в области теории междисциплинарной интеграции, учебных задач и модульного обучения;

– идея базируется на анализе государственных нормативно-правовых документов в области образования (ФГОС ВО, Концепции федеральной целевой программы развития образования на 2016-2020 годы и др.), в области развития отечественного научно-технологического комплекса и ИТ (Указ Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», Концепция федеральной целевой программы по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы и др.); на обобщении опыта исследователей в области подготовки высококвалифицированных специалистов, готовых к решению профессиональных задач;

– использованы современные методики сбора и статистической обработки экспериментальных данных об уровне сформированности НИК в процессе обучения математике будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»;

– установлено качественное соответствие авторских результатов с результатами исследований Н.А. Лозовой, О.В. Берсеновой и др.

**Апробация работы и внедрение результатов исследования** осуществлялись проведением опытно-экспериментальной работы, внедрением результатов исследования в педагогическую практику, обсуждением материалов исследования на городском научно-методическом семинаре при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» (2014-2017 гг.), на заседаниях кафедры современных образовательных технологий ФГАОУ ВО СФУ. Основные идеи и результаты исследования докладывались или опубликованы в материалах конференций различного уровня. Всероссийские научно-практические конференции: «Современные технологии математического образования в школе и вузе» (Стерлитамак, 2007 г.), «Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития», «Повышение качества высшего профессионального образования» (Красноярск, 2008), «Интеграционные процессы в профессиональном образовании: проблемы, поиски, решения» (Кемерово, 2008), «Формирование готовности учащихся к профессиональной деятельности в системе школа-вуз» (Красноярск, 2011). Международные научные и научно-практические конференции: «Новые образовательные технологии в школе и вузе: математика, физика, информатика» (Стерлитамак, 2008), «Актуальные вопросы современной психологии и педагогики» (Липецк, 2010 г.), «Результаты научных исследований» (Екатеринбург, 2015), «Информатизация образования и методика электронного обучения» (Красноярск, 2016), «Научный форум: Педагогика и психология» (Москва, 2017), «Роль науки в развитии общества» (Пермь, 2017), «Научные исследования и современное образование» (Чебоксары, 2017).

По результатам исследования автором опубликовано 25 научных работ, в том числе 5 публикаций в журналах, включенных в перечень ВАК Министерства образования и науки РФ.



**Положения, выносимые на защиту:**

1. НИК будущих бакалавров прикладной информатики, формируемая в процессе обучения математике - это интегративное динамическое качество личности, проявляющееся в готовности использовать математические методы в научных исследованиях и разработках по внедрению информационных технологий в прикладных областях. Структурно-содержательная модель НИК бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» включает когнитивный, праксиологический, мотивационный и оценочно-результативный компоненты научно-исследовательских компетенций, осваиваемых в процессе математической подготовки, соответствующих фазам научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной).

2. Методическая модель формирования НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике, структурно представляющая системное единство целевого, концептуального, содержательно-технологического и оценочно-результативного блоков, направлена на положительную динамику уровня ее формирования, если:

– *целевой блок* ориентирует требования ФГОС ВО к результатам обучения по программам бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» и отражает специфику научно-исследовательской деятельности в области прикладной информатики как профессионального вида деятельности;

– *концептуальный блок* опирается на методологические основания в виде системного, деятельностного, компетентностного, контекстного, личностно-ориентированного, задачного подходов; дидактические принципы: фундаментальности, преемственности, адаптивности, междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации; соответствует критериям отбора содержания учебного материала: соответствия содержания профилю

обучения, междисциплинарности, научной значимости, учета индивидуальных возможностей студентов, связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой, использования электронной образовательной среды вуза;

– *содержательно-технологический* блок включает соответствующие средства, формы и методы обучения;

– *оценочно-результативный* блок определяет индикаторы сформированности НИК студента бакалавриата прикладной информатики в процессе обучения математике: уровни (низкий, достаточный, высокий) в соответствии с ее структурой по критериям (когнитивному, праксиологическому, мотивационному и рефлексивно-оценочному).

3. Комплекс «задач-конструкторов», процесс решения которых отражает логику фаз научного исследования, направлен на формирование НИК. «Задача-конструктор» представляет собой специально разработанную учебную междисциплинарную задачу, обладающую потенциалом трансформации при которой вариация условий задачи приводит качественно иному результату. Комплекс «задач-конструкторов», отвечающий разработанным критериям отбора (соответствия содержания профилю обучения, междисциплинарности, научной значимости, учета индивидуальных возможностей студентов, связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой, использования электронной образовательной среды вуза), направлен на освоение математических методов научного исследования прикладной области и является средством формирования НИК студента.

4. Методика формирования НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике результативна, если ее компоненты соответствуют разработанной методической модели:

1) *целевой* - отражает направленность целей математической подготовки на освоение научно-исследовательских компетенций;

2) *содержательный* - включает основной (базовая математическая подготовка) и вариативный курс математики (междисциплинарный адаптивный модуль, позволяющий студенту соотносить свои возможности и потребности с уровнем сложности учебного материала), включающий комплекс учебных «задач-конструкторов» по информационно-математическому моделированию процессов прикладной области;

3) *процессуально-технологический* - совокупность средств, форм и методов, ориентированных на формирование готовности применения информационно-математических методов в научных исследованиях и разработках в области приложения ИТ.

4) *оценочный* - составляют диагностические материалы, подобранные с учетом специфики формируемого качества - научно-исследовательской компетентности, обеспечивающие информацией о динамике ее формирования через разработанные индикаторы (критерии и уровни).

**Структура диссертации:** диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, библиографического списка, включающего 167 источников, 8 приложений. Текст диссертации содержит 23 таблицы и 18 рисунков.

**ГЛАВА 1.**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**  
**ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ**  
**КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ**  
**ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА» В ПРОЦЕССЕ**  
**ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

**1.1. Научно-исследовательская компетентность как необходимое условие профессиональной научно-исследовательской деятельности в области прикладной информатики**

В настоящее время в вузах России образовательный процесс осуществляется по Федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования (ФГОС ВО), утвержденными в 2015 году. Методологической основой проектирования стандартов стал компетентностный подход, психолого-педагогическую основу которого в отечественной науке составляют работы Б.Г. Ананьева, В.И. Байденко, В.А. Болотова, А.А. Вербицкого, И.А. Зимней, А.К. Марковой, Л.М. Митиной, Ю.Г. Татура, А.В. Хуторского, В.Д. Шадрикова и др.

Цели и задачи компетентностного подхода в образовании раскрываются через содержание категорий «компетентность»/«компетенция». В нормативных документах отсутствует однозначное толкование этих понятий, и, как справедливо отмечают И.А. Зимняя, Н.Ю. Ботвинева и др., это создает определенные трудности для однозначного их толкования. Анализ научной литературы и диссертационных работ по вопросам компетентностного подхода в системе высшего образования позволил сделать вывод о существовании множества определений для этих понятий. Вместе с тем в последние годы многие авторы придерживаются точек зрения И.А. Зимней, Ю.Г. Татура, А.В. Хуторского и др., которые разделяют компетенцию и компетентность как объективное и субъективное. Компетенция задается извне

(нормативными документами, требованиями работодателя) и понимается как комплекс необходимых знаний, умений и навыков, личностных качеств (мотивационных, волевых и др.), опыта практической деятельности в предметной области. Компетентность это способность применить компетенции в профессиональной деятельности. Например, Ю.Г. Татур определяет компетентность как качество человека, завершившего образование определенной ступени, выражающее способность на его основе к успешной деятельности. Эта характеристика личности, позволяет ей (дает право) решать, выносить суждения в определенной области [125]. В вопросах трактовки понятий компетентности и компетенции А.В. Хуторской придерживается точки зрения о том, что компетенция задается извне, а компетентность есть качество личности, которое формируется в процессе обучения и развивается в профессиональной деятельности [146]. В нашем исследовании в определении понятий «компетентность» и «компетенция» мы разделяем точку зрения упомянутых выше ученых.

Таким образом, компетентностный подход в системе высшего образования акцентирует внимание на результатах образования и ставит цель достижение определенного результата (компетентности) через приобретение компетенций. С этих позиций в научной литературе рассматривается *научно-исследовательская компетентность* как педагогическая категория (М.И. Цымбал, О.А. Гордиенко [148], М.И. Колдина [54], Ю.А. Комарова [55], Л.Г. Хисамиева [144], С.А. Рябкин [113] и др.).

Опираясь на определение М.И. Колдиной, что научно-исследовательская компетентность - это готовность применять методы научного исследования в решении профессиональных задач, будем трактовать научно-исследовательскую компетентность бакалавра прикладной информатики как качество личности, характеризующееся освоенностью ряда соответствующих компетенций, которые требуют научные исследования и разработки, и проявляющееся в готовности применять научные методы в областях приложения ИТ. Следуя Л.В. Шкериной, будем понимать

готовность студента к тому или иному виду деятельности как совокупность ранее приобретенных установок, знаний, умений и навыков, необходимых для реализации данной деятельности [159].

Итак, научно-исследовательская компетентность, в первую очередь, является необходимым условием такой профессиональной деятельности, в которой специалисту необходимо применять научные методы исследования. Рассмотрим специфику научно-исследовательской деятельности в структуре профессиональной деятельности в области ИТ.

#### *ИТ-профессии.*

В настоящее время профессиональные кадры в области информатики, информационных технологий являются одними из наиболее востребованных на рынке труда. Система подготовки таких кадров в России развивается на протяжении последних 60-70 лет. В Советском Союзе, первые учебные курсы по программированию появились в университетах еще в первой половине 50-х годов прошлого века. В настоящее время в России наблюдается большой спрос на ИТ, который, увеличиваясь, ставит проблему кадрового дефицита [109]. В связи с этим в проекте Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы одним из ключевых направлений по повышению конкурентоспособности российской отрасли информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) обозначена подготовка квалифицированных кадров в сфере ИКТ [131].

В настоящее время термин «специалист в области ИКТ» перестал быть единым понятием, поскольку подразумевает массу разнообразных профессий, основывающихся на приложениях ИТ в тех или иных отраслях экономики или общественных институтов [65]. Условно в ИТ-сфере можно выделить две группы специалистов. К первой группе относятся специалисты, создающие техническое, математическое и программное обеспечение информационных систем и технологий. Техническое обеспечение - это комплекс технических средств, предназначенных для работы ИС, к ним относятся: компьютеры; устройства сбора, накопления, обработки, передачи

и вывода информации; устройства передачи данных и линий связи; оргтехника и устройства автоматического съема информации и др. К этой группе относятся специалисты по разработке, техническому обслуживанию, ремонту и настройке компьютеров, периферийных устройств и автоматизированных систем; специалисты по системам телекоммуникаций. Математическое и программное обеспечение - это совокупность математических методов, моделей, алгоритмов и программ для реализации целей и задач ИКТ, а также нормального функционирования комплекса технических средств. К средствам математического обеспечения относятся: средства моделирования процессов управления; типовые задачи управления; методы математического программирования, математической статистики, теории массового обслуживания и др. В состав программного обеспечения входят общесистемные и специальные программные продукты, а также техническая документация. В эту группу специалистов входят, например, системные, прикладные программисты; разработчики приложений; администраторы и аналитики баз данных; ИТ-архитекторы; сетевые администраторы и др.

Вторую группу составляют специалисты, чья деятельность находится на стыке двух областей: информационной и прикладной (феномен «бипрофессиональности»). К ним относятся специалисты по информационному, правовому и организационному обеспечению ИТ. Информационное обеспечение - это система классификации и кодирования информации и схемы информационных потоков. С ним в большей степени связаны специалисты по информационным ресурсам, специалисты по информационному аудиту и совместимости данных, менеджеры по ИТ-активам. Организационное обеспечение - это совокупность методов и средств, регламентирующих взаимодействие работников с техническими средствами и между собой в процессе разработки и эксплуатации ИКТ. Правовое обеспечение - совокупность правовых норм, определяющих создание, юридический статус и функционирование ИКТ,

регламентирующих порядок получения, преобразования и использования информации. В этих сферах находят свое применение ИТ-консультанты, менеджеры проектов, информатики-аналитики, менеджеры по рискам и безопасности ИКТ.

Структура ИС как совокупности обеспечивающих подсистем представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Структура ИС

Итак, сфера ИТ одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей экономики. Информационные технологии и телекоммуникации стали частью современных систем во всех ее отраслях, в сферах государственного управления, обороны, безопасности и правопорядка. Процессы информатизации охватывают практически все сферы жизнедеятельности - экономическую, социальную, юридическую, культурную, образование и др., в которых информатика преобразуется в прикладное направление, основанное на особенностях использования в них ИТ.

Рассмотрев структуру профессиональной деятельности в области ИТ и определив в ней место прикладной информатики, обратимся к тому ресурсу, который и обеспечивает собственно приток новых ИТ-технологий в различные сферы жизнедеятельности. Таковым являются научные исследования и разработки, именно они позволяют внедрять и использовать в



этих прикладных направлениях наукоемкие ИТ, поэтому потребность в научных кадрах, способных создавать их неуклонно растет. Потребность обуславливается еще тем, что в области ИТ имеет место сжатие инновационного цикла, т.е. сокращение времени между получением новых знаний и созданием технологий, а так же размывание дисциплинарных границ в научных исследованиях и разработках. Эта особенность современного мира должна найти отражение и в подготовке кадров для этой деятельности - студенту для успешной будущей карьеры в научной области необходимо иметь возможность достаточно глубоко освоить научно-исследовательские методы уже в бакалавриате.

Обратимся теперь к особенностям научно-исследовательской деятельности в структуре профессиональной деятельности в области ИТ, и охарактеризуем особенности подготовки к ней студентов бакалавриата. Понятию деятельности в философии, психологии, педагогике и дидактике дано определение, описана ее структура, предложены различные классификации видов деятельности. В психолого-педагогической науке положение о ведущей роли деятельности в развитии человека исследовали Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн и др.

Исследовательская деятельность в широком понимании - это деятельность, которая реализует познавательные и интеллектуальные потребности личности, продуцирует новое знание. Научно-исследовательская деятельность всегда являлась объектом пристального изучения и рассмотрения (В.И. Журавлев, Н.И. Загузов, И.А. Зимняя, В.В. Краевский, В.С. Леднев, А.М. Новиков, Д.А. Новиков и многие другие), а в рамках реализации идей компетентного подхода появилось много публикаций, посвященных различным аспектам организации научно-исследовательской работы студентов, в частности уровня бакалавриата (В.А. Анисимова, С.С. Акимов, В.Б. Данилевская, Т.П. Дьячек, М.Э. Жуковская, В.С. Лазарев, В.В. Лаптев, А.М. Митяева, С.А. Пиявский, Н.Н. Ставринова и др.). Например, И.А. Зимняя в статье «Исследовательская

деятельность как объект освоения в высшем профессиональном образовании (уровень бакалавра)» выделяет несколько видов исследовательской деятельности: учебно-исследовательскую, исследовательскую, научно-исследовательскую деятельность студента бакалавриата и магистратуры; а так же собственно научную деятельность магистра, кандидата и доктора наук [47]. Такая дифференциация содержания понятия позволила автору выделить цели и соответственно результаты НИР для уровня бакалавра и магистра.

Здесь отметим, что научно-исследовательская работа студента, являясь объектом изучения, по-разному трактуется в научной литературе и зачастую является синонимом к научно-исследовательской деятельности. На наш взгляд было бы удобнее не смешивать эти понятия, поскольку деятельность студента в выполнении научного исследования носит все-таки учебный характер. Далее будет дано обоснование этой точки зрения.

Будем исходить из общенаучного определения научно-исследовательской деятельности, данного в энциклопедической словарной статье, а так же Федерального закона N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016). Согласно Большой Советской Энциклопедии, научное исследование - это процесс выработки *новых* научных знаний [15], а Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» определяет научно-исследовательскую деятельность как вид профессиональной деятельности, в частности в нем сказано, что это «деятельность, направленная на получение и применение *новых знаний*, к которым относятся: а) *фундаментальные научные исследования*, т.е. экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды; б) *прикладные научные исследования* - исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач» [138].

Результат научно-исследовательской деятельности ИТ-специалиста проявляется в объективно новом знании, в наукоемких ИТ-технологиях, в то время как другие виды профессиональной деятельности, такие как производственно-технологическая, организационно-управленческая, аналитическая и др. используют готовые и экспериментально проверенные разработки. Таким образом, существует принципиальное отличие научно-исследовательской от остальных видов профессиональной деятельности, и подготовке к ней должно уделяться особое внимание на всех ступенях высшего образования, начиная с бакалавриата.

Специфика научно-исследовательской деятельности предполагает определенные процедуры, такие как постановка проблемы, выделение объекта исследования, проведение эксперимента, создание и исследование модели, интерпретация результатов и др. В этом контексте в научно-исследовательской деятельности мы различаем *профессиональный и учебный* уровни, поскольку эта деятельность у научного работника и студента имеет не только разные цели, но результаты. Другими словами, понятие «исследовательская деятельность» мы рассматриваем как родовое по отношению к ее видам в уровневой структуре от студента до специалиста.

Как справедливо отмечает В.С. Елагина, «исследовательская деятельность студентов отличается от научно-исследовательской деятельности ученого, занимающегося научным исследованием. Исследовательскую деятельность следует рассматривать как особый вид интеллектуально-творческой деятельности, проявлениями которой являются поисковая активность и исследовательское поведение студента» [36]. Уровень профессиональной исследовательской деятельности направлен на получение новых научных знаний, т.е. является *научно-исследовательской деятельностью (НИД)*. В процессе обучения исследовательская деятельность имеет главной целью образовательный результат, она направлена на формирование навыков выполнения процедур научного исследования, на овладение методами научного исследования, на развитие у студентов

исследовательского типа мышления, а значит, является *учебно-исследовательской деятельностью (УИД)*. Главной целью такой деятельности является формирование готовности выпускника к научно-исследовательской деятельности. В частности, существуют приемы и навыки, упрощающие и облегчающие проведение научных исследований, без владения которыми поступательное движение исследователя замедляется, а сам исследователь может запутаться в черновой, технической работе. К организационным формам УИД относятся, в том числе, выполнение студентами работ, в которых предусмотрено использование методов научного исследования, причем эта работа может быть встроенной в учебный процесс (лабораторные работы, курсовые и дипломные работы), т.е. обязательной, а так же быть выполненной по желанию студента (участие в студенческих научных конференциях, вовлеченность в научные разработки кафедры, участие в студенческих научных кружках). Такую работу студента, понимаемую и как процесс и как результат, традиционно называют *научно-исследовательской работой студента (НИРС)*. На наш взгляд такая формулировка в отношении действий студента бакалавриата по освоению методов НИД является более уместной, поскольку выполнение студенческой работы (используя научные методы) еще не требует того профессионального уровня и объективно нового научного результата, которые присущи в осуществлении НИД выпускником бакалавриата.

Следует отметить, что понятие НИРС появилось в отечественной педагогике несколько десятилетий назад. История высшей школы нашей страны содержит достаточный опыт привлечения студентов к научно-исследовательской работе, который к началу 90-х XX в. сформировался в комплексный подход к ее организации [10]. К этому времени положительно зарекомендовали себя такие организационные формы как учебно-исследовательская работа студентов (УИРС) и научно-исследовательская работа студентов (НИРС). Разница между этими видами работ, как было отмечено выше, состоит в том, что УИРС встроена в учебный процесс и

является обязательной, а НИРС выполняется по желанию студента. Вслед за коллективом авторов НИИВО под руководством А.Т. Момот, мы считаем, что выполнение студентом УИРС и/или НИРС является подготовительным этапом к НИД, как к виду профессиональной деятельности [83].

Рассмотрим цели подготовки студента бакалавриата к НИД. Мы выделяем следующие:

- 1) воспроизводство научного потенциала, отвечающее потребностям инновационной экономики;
- 2) реализация идеи преемственности между бакалавриатом и магистратурой;
- 3) индивидуализация образовательных траекторий с учетом личностных свойств, интересов и потребностей студента.

Раскроем подробнее каждую из них.

*1). Воспроизводство научного потенциала, отвечающее потребностям инновационной экономики.* Сегодня научно-исследовательская деятельность, связанная с разработкой и внедрением наукоемких ИТ-технологий, является одним из приоритетов государственной политики. Это подтверждается рядом директивных документов, среди которых:

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р) [122].

2. Концепция федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2014-2020 годы (распоряжение Правительства РФ от 2 мая 2013 г. № 736-р) [57].

3. Концепция развития научно-исследовательской и инновационной деятельности в учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации на период до 2015 года (Письмо Минобрнауки РФ от 22.02.2011 № 13-91 г.) [58].

4. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации" [132].

5. Федеральный закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О науке и государственной научно-технической политике" (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.06.2016) [138].

6. Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 № 646 "Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации» [133].

В ряде перечисленных документах указывается, что обеспечение кадровым ресурсом организации, занимающиеся научной, научно-технической и инновационной деятельностью, является одной из первоочередных задач для решения национальных интересов в области науки. В то же время, например, в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отмечается существование проблемы доминирования старшей возрастной группы в структуре научных кадров, что неблагоприятно для научно-технологического развития страны. В этом контексте подготовка студентов к профессиональной деятельности, связанной с наукоемкими технологиями, *отвечает потребностям рынка труда.*

2) *Реализация идеи преемственности между бакалавриатом и магистратурой.* Цели подготовки студентов к НИД, начиная с бакалавриата, не исчерпываются лишь внешними требованиями и вызовами современности. Они определяются так же внутренними потребностями современной российской системы высшего образования с уровнями бакалавриата и магистратуры, в которой поступление и дальнейшее обучение в магистратуре рассматривается как канал воспроизводство научного потенциала [56].

Переход российской системы высшего образования на модель «бакалавриат - магистратура» сегодня является свершившимся фактом.

Нельзя не признать, что появление программ разных уровней (бакалавриата и магистратуры) породило множество проблем и вопросов не только у работодателей, но и в преподавательском сообществе, у студентов и абитуриентов вузов. Анализ научной литературы позволил выделить два основных круга проблем двухуровневой системы:

- первый круг - вопросы, связанные с готовностью рынка труда дифференцировать применение профессионалов степени «бакалавр» и «магистр» [56, 26];
- второй круг - многочисленные организационно-методические вопросы подготовки бакалавров и магистров, такие как:
  - цели и задачи разных ступеней образования [84, 37, 142];
  - преемственность в системе «бакалавр - магистр» в условиях разного базового образования, полученного студентами в бакалавриате, и др.[85, 34, 53, 106, 111].

Проведенный анализ научной литературы и опыт показывает, что процесс перехода от бакалавриата к магистратуре для большинства студентов оказывается чрезвычайно затруднительным именно по причине неготовности их к научно-исследовательской работе, которая является основным видом деятельности студента в магистратуре, ведь двухлетний процесс работы над магистерской диссертацией, по сути, является научно-исследовательским. Подавляющее большинство преподавателей, работающих с магистрантами, выделяют эту проблему как наиболее актуальную в учебном процессе.

В современной российской системе образования бакалавриат и магистратура рассматриваются в качестве самостоятельных образовательных уровней высшего образования. Модель обучения «бакалавр - магистр» должна обеспечивать повышение квалификационного уровня студента через углубление академической и профильной подготовки в вузе. Этот процесс реализуется поэтапным освоением сначала базовой образовательной

программы (уровень бакалавра), затем углубленной профессионально-научной программы (уровень магистра). В результате полного цикла двухуровневой системы выпускник должен получить как фундаментальную, так и профессиональную подготовку к видам деятельности, определенным ФГОС ВО для выпускников ИТ-направлений.

Качество профессиональной подготовки в системе «бакалавриат - магистратура» напрямую зависит от наличия преемственности в образовательном процессе, обеспечивающей его непрерывность. Принцип преемственности в системе непрерывного образования означает, что выпускник на «выходе» из одной образовательной программы обладает необходимыми компетенциями для освоения последующей [93]. Взаимодополняемость и взаимозависимость уровней профессиональной подготовки обеспечивают целостность образовательного процесса.

Рассмотрим ФГОС ВО для направления подготовки «Прикладная информатика» степеней бакалавра (09.03.03) и магистра (09.04.03) с точки зрения развития профессиональной деятельности, закрепленной этими стандартами. Отметим, что общими для обеих ступеней являются объекты и виды профессиональной деятельности, к которым готовят будущих бакалавров и магистров [134, 135]. Отличаются в стандартах области и задачи профессиональной деятельности выпускников разных ступеней. Так, область профессиональной деятельности бакалавра имеет практико-ориентированный, технологический характер, а область профессиональной деятельности магистра - научно-исследовательский и управленческий, что соответствует целям каждой из ступеней высшего профессионального образования. Как следствие, задачи профессиональной деятельности бакалавра носят скорее локальный характер, более ориентированы на исполнение уже заданных параметров. Наиболее четко эту разницу можно увидеть в задачах *научно-исследовательской деятельности*.

У бакалавра их две:



- применение системного подхода к информатизации и автоматизации решения прикладных задач;
- подготовка обзоров, аннотаций, составление рефератов, научных докладов, публикаций по научно-исследовательской работе в области прикладной информатики.

У магистра в профессиональной научно-исследовательской деятельности выделено 10 задач:

- исследование прикладных и информационных процессов;
- использование и разработка методов формализации и алгоритмизации информационных процессов;
- анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники;
- исследование перспективных направлений прикладной информатики;
- анализ и развитие методов управления информационными ресурсами; оценка экономической эффективности информационных процессов, ИС, а также проектных рисков;
- исследование и применение перспективных методик информационного консалтинга, информационного маркетинга;
- анализ и разработка методик управления информационными сервисами;
- анализ и разработка методик управления проектами автоматизации и информатизации;
- исследование сферы применения функциональных и технологических стандартов в области создания ИС предприятий и организаций;
- подготовка публикаций по тематике научно-исследовательских работ.

Из перечисленных списков видно, что степень вовлеченности в научно-исследовательскую деятельность выпускников *существенно* возрастает при переходе на последующую ступень.

Выпускник бакалавриата может осуществлять научно-исследовательскую деятельность в рамках задач, предусмотренных ФГОС ВО, либо продолжить обучение в магистратуре для продолжения научной карьеры. Одним из основных факторов преемственности, на наш взгляд, является формирование готовности бакалавра направления «Прикладная информатика» к *научно-исследовательской деятельности*, соответствующей области подготовки (экономика, психология, социальные коммуникации, педагогика, юриспруденция и др.). Для этого на «выходе» он должен обладать следующими компетенциями:

- анализировать задачи и процессы в своей предметной области с применением методов системного анализа и математического моделирования (ОПК-2);
- использовать основные естественнонаучные законы в профессиональной деятельности (ОПК-3);
- применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач (ПК-23).

Таким образом, задачами бакалавриата, как полноценной ступени высшего образования, является формирование базовых основ профессиональной научно-исследовательской культуры, однако акцент в научной подготовке перенесен именно на уровень магистратуры. Задача магистратуры - подготовка специалистов, способных к решению наиболее сложных профессиональных задач, поэтому ее программа включает углубленную научно-исследовательскую подготовку, предполагает обязательное проведение научно-исследовательской практики. Соответственно, *уровень бакалавриата, как самостоятельный образовательный уровень требует своей, определенной подготовки в области научно-исследовательской деятельности, которая, в соответствии с ФГОС ВО, заключается в участии бакалавра в практических, теоретических, технологических и др. разработках.*

2. *Учет индивидуальных возможностей.* Другой важной для системы высшего образования задачей, поставленной в утвержденной Правительством РФ в 2014 г. «Концепции федеральной целевой программы развития образования на 2016 – 2020 годы», является необходимость учета личностных свойств, интересов и потребностей студента [59]. Соотнесем с этой задачей вопрос подготовки студентов бакалавриата к НИД.

Согласно упомянутой выше Концепции, перед вузами ставится задача создания и внедрения образовательных инноваций, модернизации образовательных программ на всех уровнях. Вузам необходимо внедрять новые вариативные образовательные программы на основе индивидуализации образовательных траекторий с учетом личностных свойств, интересов и потребностей студентов. В настоящее время индивидуализация образовательной траектории уже имеет место в системе подготовки бакалавров и магистров, в том числе, группы направлений подготовки 09.00.00 Информатика и вычислительная техника (ИВТ), воплощая идею «образования через всю жизнь». Действительно, по окончании ее первой ступени у выпускника есть выбор: начать профессиональную карьеру в ИТ-сфере по своему направлению с дипломом бакалавра или продолжать обучение в магистратуре. При этом обучение в магистратуре можно отсрочить, а магистерскую степень получить уже по другому направлению ИТ-подготовки.

Магистратура по ИТ-направлениям должна готовить высокопрофессиональных специалистов, способных разрабатывать и внедрять новые ИТ. При таком подходе становится актуальной проблема подготовки в бакалавриате *достойных кандидатов* в магистратуру, и здесь особенно важно обратить внимание на студентов, нацеленных на научную работу, стимулировать и ориентировать их на поступление в магистратуру [34].

Образовательные инновации в индивидуализации обучения должны быть направлены, в том числе, на выявление студентов, наиболее способных

к научно-исследовательской деятельности в области наукоемких технологий, степень вовлеченности в которую, как было показано выше, повышается на каждой последующей ступени образования. Готовность к этому виду деятельности индивидуальна, так как является личностной характеристикой и зависит, в том числе, от опыта применения методов научного исследования. Очевидно, что выпускники бакалавриата, поступающие в магистратуру должны, помимо высокой мотивации, в достаточной степени обладать этим опытом. Для этого в образовательные программы бакалавриата нужно включать курсы, позволяющие углубленно осваивать методы научного исследования. Такая подготовка станет «мостом» в магистратуру, т.е. будет способствовать реализации идеи преемственности в двухуровневой системе образования.

Можно выделить две категории студентов, для которых такая подготовка будет особенно актуальна: первая - студенты, изначально нацеленные на продолжение обучения в магистратуре (и в аспирантуре); вторая – студенты, не определившиеся с поступлением в магистратуру, но имеющие способности к научной деятельности. Таким студентам необходимо дать возможность реализации своих познавательных потребностей, связанных с научно-исследовательской деятельностью. Целесообразность такого подхода обусловлена следующими главными причинами: *во-первых*, мотивированные на поступление в магистратуру студенты будут иметь возможность определять свою образовательную траекторию; *во-вторых*, если выпускник решит вернуться в вуз в качестве магистранта, то будет наиболее подготовленным к обучению на второй ступени, а значит, в перспективе больше преуспеет в научно-исследовательской деятельности; *в-третьих*, научно-исследовательская деятельность является одним из видов профессиональной деятельности бакалавра ИТ-сферы, в которой выпускник, возможно, найдет себе применение по окончании вуза.

Таким образом, можно констатировать, что есть основания для введения в образовательные программы бакалавров ИТ-направлений вариативных элементов, обеспечивающих углубленную подготовку к научно-исследовательской деятельности. Возможность будущему бакалавру получить такую подготовку можно принять как необходимый фактор в индивидуализации образовательных траекторий с учетом личностных свойств, интересов и потребностей студента. Кроме того, в этой подготовке реализуется идея преемственности между образовательными уровнями бакалавриата и магистратуры, что благоприятно скажется и на воспроизводстве научных кадров для ИТ-индустрии.

Итак, в данном параграфе:

1. Определена научно-исследовательская компетентность бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», как личностная характеристика, необходимая для осуществления профессиональной научно-исследовательской деятельности.

2. Проведен анализ нормативных документов с точки зрения особенностей научно-исследовательской деятельности как профессионального вида деятельности, и зафиксировано принципиальное отличие научно-исследовательской деятельности от других видов профессиональной деятельности в области приложения ИТ, заключающееся в том, что ее результатом становятся новые ИТ-технологии, разработанные на основе научных исследований и разработок, которые позволяют внедрять и использовать их в прикладных областях.

3. Проанализирована структура рынка труда ИТ-профессий и охарактеризовано в нем место специалистов в области прикладной информатики.

4. Обосновано, что образовательный уровень бакалавриата направления «Прикладная информатика» требует своей определенной подготовки к профессиональной научно-исследовательской деятельности.

## **1.2. Структурно-содержательная модель научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике**

В этом параграфе будет уточнено понятие научно-исследовательской компетентности студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике, выявлена ее сущность и разработана структурно-содержательная модель.

Задача подготовки студента бакалавриата к НИД должна быть поставлена, в том числе, в обучении отдельным научным дисциплинам, поскольку освоение каждой из них вносит определенный вклад в формирование НИД. Возникает вопрос, как в процессе обучения математике подготовить выпускника бакалавриата к этому виду деятельности?

Поскольку мы ведем речь об освоении студентом математических методов научного исследования, то для определения понятия «научно-исследовательская компетентность в обучении математике» будем опираться так же на педагогическую сущность математической компетентности. В терминах компетентностного подхода формирование математической компетентности является целью обучения математике в вузе. Поставленная сегодня перед высшей школой задача подготовки выпускников к проведению научных исследований, в контексте обучения математике означает, что при формировании математической компетентности необходимо выделить такую ее составляющую, которая обеспечивает способность применять математику в профессиональной научно-исследовательской деятельности.

В настоящее время известен ряд исследований, посвященных формированию математической компетентности студентов различных направлений подготовки: инженерных, экономических, педагогических, это работы М.С. Аммосовой [1], Т.Л. Анисовой [3], Е.Ю. Беляниной [13], Д.А. Картежникова [50], М.М. Манушкиной [74], О.В. Чирковой [151],

В.А. Шершневой [155] и др. В целом она определяется, как готовность применять математические методы в профессиональной деятельности. Исследователи сходятся во мнении, что математическая компетентность есть приобретенное в процессе обучения математике качество личности, основанное на знаниях, умениях, опыте их использования в самостоятельной учебной деятельности, готовности к их применению в профессиональной деятельности. Дидактическим ядром математической компетентности является совокупность знаний, умений и навыков по математике вместе со способностью и готовностью выпускника применять их в профессиональной деятельности. Анализ научных работ, посвященных формированию математической компетентности в высшей школе, показал, что авторы выделяют и некоторые виды математической компетентности. Например, В.А. Шершнева, О.А. Валиханова, К.В. Сафонов, исследуя информационно-математическую компетентность, обозначают в ней три уровня: предметный, формируемый в обучении информатике, междисциплинарный - в обучении математике и другим естественнонаучным и профессиональным дисциплинам, а так же профессиональный уровень, формируемый на основе первых двух в обучении специальным дисциплинам. [157]. О.В. Головина, определяя историко-математическую компетентность учителя математики, как культуру мышления, основанную на историко-математических знаниях, выделяет в ней два уровня. [30].

При всей значимости перечисленных научных работ для решения задач реализации требований ФГОС ВО, в которых математическая компетентность рассматривается, в большинстве случаев, как личностная характеристика, связанная со способностью применения математических знаний в профессиональной деятельности, заметим, что вопросы формирования математической компетентности в отдельных видах профессиональной деятельности выпускников в них не рассматривались. Вместе с тем понятие «профессиональная деятельность» достаточно широкое, и не случайно в ФГОС ВО перечисляются эти виды для каждого

направления подготовки бакалавра. Так, для направления 09.03.03 Прикладная информатика это проектная, производственно-технологическая, организационно-управленческая, аналитическая и *научно-исследовательская* виды деятельности [134]. Там же в Стандарте указывается, что в подготовке бакалавра *необходимо ориентироваться на конкретные виды профессиональной деятельности.*

В связи с этим мы предлагаем рассмотреть математическую компетентность с точки зрения видов профессиональной деятельности, в частности научно-исследовательской деятельности. Для этого определим понятие научно-исследовательской компетентности (НИК) бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике, как необходимого качества личности для этого вида профессиональной деятельности.

В определении математической компетентности выпускника вуза, данном в докторской диссертации В.А. Шершневой [155], она (компетентность) характеризуется как проекция предусмотренных ФГОС математических знаний, умений и навыков, а также общекультурных и профессиональных компетенций, на предметную область математики. Следуя этой логике, будем понимать проекцию предусмотренных ФГОС ВО ряда общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для осуществления научно-исследовательской деятельности, на предметную область математики, как *совокупность научно-исследовательских компетенций* бакалавра прикладной информатики, осваиваемых в процессе обучения математике.

*Научно-исследовательская компетентность (НИК) будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» - это интегративное динамическое качество личности, характеризующееся освоенностью совокупности научно-исследовательских компетенций, и проявляющееся в готовности применить математические методы в научных исследованиях и разработках в области приложения ИТ.*



Для описания структуры НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» необходимо, прежде всего, выделить состав научно-исследовательских компетенций.

Как известно, целью обучения является его предполагаемый результат, в этом смысле формирование научно-исследовательских умений бакалавра является необходимым результатом образования. В докторской диссертации А.М. Митяевой «Компетентностная модель многоуровневого высшего образования: на материале формирования учебно-исследовательской компетентности бакалавров и магистров» утверждается, что, поскольку бакалавриат призван обеспечить «овладение общекультурным компонентом профессионального образования (ключевыми компетенциями), а также ...готовность к решению профессиональных задач на уровне требований современной профессиональной среды (базовыми компетенциями)», «основным средством формирования этих компетенций выступает адекватная уровню бакалавриата модель учебно-исследовательской деятельности» [82]. Вопрос о том, каким должен быть состав научно-исследовательских умений выпускника бакалавриата продолжает оставаться предметом обсуждения - исследователей интересует проблема, чему и как учить студента в области научных исследований.

Среди вопросов исследовательской и научно-исследовательской деятельности студентов в научной литературе рассматриваются такие, как организация НИР студентов младших курсов (В. Пегашкин, Т. Гаврилова, К. Корнисик [100], Н.А. Лозовая [70]), методика выполнения выпускной квалификационной работы студента бакалавриата (М.И. Ахмадеева [9], В.М. Васильев [19], А.В. Никонов, В.Н Цыганенко [91], А.Н. Цепляев [147]), методическая система обучения бакалавра основам научных исследований (С.С. Акимов [5], Т.М. Бостанджиева [18], А.М. Митяева [82], П.И.Чернецов, И.В Шадчин [149]), формирование научно-исследовательской компетентности бакалавров (В.С. Елагина [36], С.В. Нужнова [97],

М.И. Колдина [54], Е.В. Старченко [121], С.А. Рябинкин [113], Г.М. Семенова [115]) и др.

Представляет интерес работа [38], в которой проведен детальный анализ методических рекомендаций и учебно-методических работ вузов, а так же исследовательских работ, который позволил выявить автору общие «требования», т.е. желаемые результаты обучения студента исследовательской деятельности в форме предполагаемых действий, которыми он должен овладеть. Результатом стал следующий список действий:

- выбирает методы исследования;
- осуществляет поиск и анализ литературы;
- систематизирует литературу;
- резюмирует результаты исследования (составляет аннотации, рефераты);
- ставит задачи прикладного характера;
- определяет план и программу исследования;
- обобщает результаты исследования;
- информационно (программно) обеспечивает методику исследования;
- может провести самостоятельное исследование (под руководством научного руководителя);
- представляет публично результаты работы.

Сравним этот список с профессиональными научно-исследовательскими компетенциями бакалавра направления «Прикладная информатика», сформулированными на основе текста ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика»:

- способность применить методы математического моделирования к задачам и процессам прикладной области (ОПК-2);
- способность готовить обзор научной литературы, обзор электронных ресурсов (ОПК-4);

- способность составить обзор, аннотацию, реферат в области прикладной информатики (ОПК-1);
- способность применить методы системного анализа в формализации решения прикладных задач (ПК-23);
- способность применить математические методы к построению ИС на основе современных ИКТ (ОПК-3);
- способность участвовать в научных исследованиях в области прикладной информатики (ПК-24).

Приведенное сравнение научно-исследовательских компетенций бакалавра прикладной информатики и желаемых результатов обучения студента научно-исследовательской деятельности, которыми он должен овладеть, показывает, что и те и другие относятся как к содержанию НИР («способность применить математические методы к построению ИС на основе современных ИКТ» - «информационно обеспечивает методику исследования»), так и к форме («способность подготовить научный доклад по результатам исследования в области прикладной информатики» - «резюмирует результаты исследования, составляет аннотации, рефераты»). Вместе с тем, требования ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика» носят более конкретный характер, указывая разработчикам образовательных программ, в частности, на необходимость формирования таких составляющих математической компетентности, которые позволяют выпускнику применять *математическое* (информационно-математическое) *моделирование* процессов и явлений области приложения ИТ, *как метод научного исследования*. Заметим, что областью приложения ИТ для выпускников направления подготовки «Прикладная информатика», согласно ФГОС ВО является экономическая, социально-психологическая, культурная и др. «нетехнические» области, в которых применение математического моделирования имеет свои особенности..

Под математическим моделированием понимается процесс установления соответствия реальному объекту некоторого математического объекта (математической модели) и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этих задач. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения [51].

Вместе с тем, применение методов математического моделирования в междисциплинарных исследованиях позволяет по-новому взглянуть на некоторые научные проблемы. Профессор ИПМ РАН Н.А. Митин, описывая новые модели математической психологии, раскрывает сущность так называемого «мягкого моделирования», которое позволяет с иной точки зрения (отличной от ранее принятой в этих науках) подойти к исследованиям в психологии и социологии [80]. Для развития этого направления в науке создано Международное общество теории хаоса в психологии и науках о жизни, которое регулярно проводит международные конференции и издает журнал «Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences» [164, 167].

Задачи моделирования социальных и психологических явлений в рамках синергетической парадигмы рассматриваются в работах [116, 81]. Основные идеи синергетики, среди которых системность, нелинейность, самоорганизация и др. могут применяться к социальным и психологическим структурам. Известен ряд работ, в которых изучались задачи моделирования информационных процессов в теоретико-игровой постановке (например, [63, 150, 86]). В работах И.Н.Трофимовой, Н.А. Митина, А.Б. Потапова, Г.Г. Малинецкого методом математического моделирования описываются информационные потоки в социальных средах, их структура и влияние на саму среду и элементы среды [130, 80, 81]. Особенно актуальным этот класс моделей может оказаться для анализа процессов взаимодействия людей через

Интернет, перспективы развития которого огромны как в информационном, так и в социальном смысле.

Однако, несмотря на существующие направления в развитии математического моделирования, анализ литературы позволяет отметить, что подавляющее большинство исследователей в области общественных, гуманитарных наук не применяют методов математического моделирования, даже тогда, когда это возможно и целесообразно, просто потому, что они не владеют языком математики на достаточном уровне. Это же касается и исследований «на стыке» наук, таких, например, как информатика и психология. В таких междисциплинарных областях хотя и используются оба профессиональных языка – язык информатики и психологии - тем не менее возможности математического моделирования еще не получили широкого распространения [104, 165].

Математическое моделирование относится к знаковому типу моделирования (существует еще предметное). При знаковом моделировании моделями служат схемы, чертежи, формулы и т.п. Моделирование всегда применяется вместе с другими методами исследования, особенно тесно оно связано с экспериментом. Изучение какого-либо явления на его модели есть особый вид эксперимента – модельный эксперимент, отличающийся от обычного эксперимента тем, что в процессе познания включается «промежуточное звено» - модель, являющаяся одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющего оригинал. Модельный эксперимент в психологии, как правило, осуществляется с применением ИКТ.

Способность применять математическое моделирование в научно-исследовательской деятельности подразумевает обладание комплексом *научно-исследовательских компетенций*, которые связаны с процедурами и логикой научного исследования.

В работе «Методология научного исследования» авторы А.М. Новиков и Д.А.Новиков [92] выделяют три основных фазы научного исследования:

- фаза проектирования;
- технологическая фаза;
- рефлексивная фаза.

Математическая составляющая в научных исследованиях весьма существенна, и мы считаем уместным в нашем исследовании определить научно-исследовательские компетенции бакалавра прикладной информатики в соответствии с перечисленными фазами научного исследования.

Ввиду того, что прикладная область информатики, определенная образовательной программой, имеет либо экономическую (профиль «Прикладная информатика в экономике»), либо социально-психологическую направленность (например, профили «Прикладная информатика в социальных коммуникациях», «Прикладная информатика в психологии»), бакалавру необходимо освоить математические модели, адекватные этой области. Однако это замечание относится скорее уже к выбору математического содержания в обучении для конкретного профиля подготовки, и оно не влияет на состав научно-исследовательских математических компетенций бакалавра направления Прикладная информатика. Далее будет предложен этот *состав*.

Рассмотрим фазы проектирования, технологическую и рефлексивную научного исследования с точки зрения использования в нем математического аппарата, и определим компетенции, необходимые для успешного осуществления каждой из них.

*Фаза проектирования научного исследования.* Первая фаза научно-исследовательской деятельности, заключается в постановке проблемы исследования, определении объекта и предмета исследования, формулировании цели, выдвижении гипотезы, определении задач и планировании исследования. Математической стороной этих действий будет представление на языке математики компонентов этой фазы. Необходимые математические знания, умения и навыки, обеспечивающие успешность

проектирования научного исследования будут связаны с процедурами выдвижения гипотезы исследования и перевода ее на математический язык, выбора целей, предмета и аппарата математического моделирования.

*Технологическая фаза.* Эта фаза реализации исследовательских методов и представления результатов. Поскольку математическое моделирование является методом научного исследования, то существует совокупность знаний, умений и навыков реализации выбранного аппарата моделирования для решения исследовательской задачи. Применяя его, в технологической фазе исследования ищется решение поставленных задач, доказывается правильность (или неправильность) выдвинутой ранее гипотезы.

*Рефлексивная фаза.* Последняя фаза заключается в оценке и самооценке результатов исследования, необходимой для накопления личного научного и методологического опыта по результатам каждой завершенной научной работы и ведущей к развитию исследований.

Термин «рефлексия» определяется «Философским энциклопедическим словарем» [140] следующим образом: «Рефлексия (лат. reflexio - обращение назад) - это:

- принцип человеческого мышления, направляющий его на осмысление и осознание собственных форм и предпосылок;
- предметное рассмотрение самого знания, критический анализ его содержания и методов познания;
- деятельность самопознания, раскрывающая внутреннее строение и специфику духовного мира человека».

Там же среди видов рефлексии выделяются:

- элементарная рефлексия, приводящая к рассмотрению и анализу знаний и поступков, к размышлению об их границах и значении;
- научная рефлексия - критика и анализ теоретического знания, проводимые на основе тех методов и приемов, которые свойственны данной области научного знания.

Применительно к фазе исследования, элементарная и научная рефлексия есть рефлексия проделанной работы, она важна и нужна как отправная точка для движения вперед, и заключается в анализе, оценке результатов, их грамотному представлению для других лиц.

В работах [43, 44, 45] показано, что в рамках личностно-деятельностного подхода действия рассматриваются в качестве морфологических единиц самой исследовательской деятельности. Опираясь на выделенные А.М. Новиковым и Д.А. Новиковым фазы в научно-исследовательской деятельности (проектирования, технологическая и рефлексивная), а так же на идеи И.А.Зимней [46] об отражающей логике научного исследования как последовательности осваиваемых студентом действий, нами сформулированы научно-исследовательские компетенции (К), осваиваемые в процессе математической подготовки бакалавра прикладной информатики: компетенции фазы проектирования (КП), компетенции технологической фазы (КТ) и компетенции рефлексивной фазы научного исследования (КР), которые суть ответа на вопрос, чему студент должен научиться, чем овладеть. Перечисленные компетенции приведены в таблице 1.

Таблица 1. Научно-исследовательские компетенции, осваиваемые в процессе математической подготовки бакалавра прикладной информатики

Фаза научного исследования	Компетенция (К)	Содержание компетенции
Проектирование (П)	КП-1	Способность выдвигать гипотезу исследования, в случае ее неподтверждения, отклонить и сформулировать новую.
	КП-2	Способность определения предмета и цели математического моделирования, выбора аппарата моделирования.
Технологическая (Т)	КТ-3	Способность применения аппарата моделирования
	КТ-4	Способность проводить компьютерный эксперимент.
	КТ-5	Способность осуществлять интерпретацию результатов моделирования на языке прикладной области.
Рефлексивная (Р)	КР-6	Способность соотносить полученные результаты исследования с целью и гипотезой исследования.
	КР-7	Способность составлять и редактировать текст по результатам проведенного исследования, подготавливая его к презентации, защите.



Рассмотрим структурно-содержательные характеристики определяющих НИК компетенций. Мы будем придерживаться уже сложившемуся на сегодняшний день представлению о четырехкомпонентной структуре компетентности: когнитивный, мотивационный, праксиологический (деятельностный) и рефлексивный компоненты (В.И. Байденко, Э.Ф. Зеер, И.А. Зимняя, А.И. Субетто, Э.Э. Сыманюк, Ю.Г. Татур, В.Д. Шадриков, А.В. Хуторской и др.).

Компоненты в НИК бакалавра прикладной информатики:

- когнитивный компонент - определяет систему математических знаний, необходимых для проведения научного исследования;
- мотивационный компонент включает личностное отношение к математическим знаниям в исследовательском процессе;
- праксиологический компонент - проявляется в действиях, присущих каждому этапу исследования;
- рефлексивно-оценочный компонент – заключается в самооценке каждого этапа исследования, а также в анализе и оценке проделанной работы.

*Компетенции фазы проектирования (КП-1, КП-2).* Когнитивный компонент КП-1 и КП-2 представляет собой совокупность знаний и понятий, математической символики которые необходимы студенту, чтобы формулировать гипотезу, формулировать предмет и цели моделирования в поставленной задаче.

Приступая к анализу поставленной (учебной) проблемы, прежде всего, необходимо выявить ее элементы: известное и неизвестное, искомое. В исследуемом объекте фиксация данных и искомого, условий и требований, их соотношение позволяет определить предмет и цели математического моделирования. В этом проявляется репрезентативная функция когнитивного компонента компетенции фазы проектирования - фиксировать, указывать предмет математического познания, определять его особенности и качества

на языке математики. Анализ условий проблемы начинается с актуализации и систематизации прежних знаний. Актуализация знаний - это не просто репродуктивный акт памяти. Актуализация именно тех знаний, которые нужны для решения данной задачи и знаний, которые могут быть приняты в расчет, т.е. соотнесение задачи и знаний [112]. Следует заметить, что прежде чем эти знания и понятия станут таковыми, т.е. произойдет процесс их интериоризации студентом, они предстают перед ним в виде учебной информации. Учебная математическая информация, получаемая студентом на лекционных, практических или лабораторных занятиях, а так же самостоятельно, может как перейти в математические знания, так и не перейти в них в зависимости от того насколько подготовлены дидактические условия для такого перехода. М.И. Махмутов указывает на связь научно-исследовательской культуры и процесса обучения так: «процесс взаимодействия преподавания и учения ориентирован на формирование научного мировоззрения учащихся, их познавательной самостоятельности, устойчивых мотивов учения и мыслительных (включая и творческих) способностей в ходе усвоения ими научных понятий и способов деятельности» [78]. Мы полагаем, что действенным средством перехода учебной информации в математические знания является решение учебных междисциплинарных задач по математическому моделированию, связующих прежние знания и новую информацию. Их решение сочетает самостоятельную учебно-исследовательскую деятельность студента и усвоенные им ранее готовые выводы науки. Подробнее о таких задачах («задачах-конструкторах») будет изложено во второй главе диссертации.

Осознание студентом значимости математического моделирования для решения задач прикладной области и осознание цели выдвижения гипотезы в процессе математического моделирования составляют содержание мотивационного компонента КП-1 и КП-2.

В процессе формулирования проблемы, важное значение имеют процедуры постановки вопросов, оценки проблемы и ее обоснование,

выявления противоречия, структурирование проблемы [92] и др., следствием которых становится выбор определенного аппарата математического моделирования. Перечисленные действия отражают суть праксиологического компонента КП-1 и КП-2: студент умеет формулировать гипотезу, формализует путь решения поставленной проблемы, определяет способ получения из данных условий определенного результата.

Что касается содержания рефлексивно-оценочного компонента КП-1 и КП-2, то оно проявляется в выстраивании логики исследования. Как отмечают А.М. Новиков и Д.А. Новиков, при анализе проблемы «необходима ее локализация – ограничение объекта изучения реально обозримыми и посильными для исследователя ... пределами с учетом наличных условий проведения исследования» [там же, с.117]. При локализации проблемы происходит упорядочивание набора вопросов в соответствии с логикой исследования. Таким образом, таким содержанием будем считать способность студента оценить логику выдвинутой гипотезы, прогнозировать результат своих действий в процессе моделирования.

*Компетенции технологической фазы исследования. КТ-3, КТ-4, КТ-5.* Эта фаза реализации исследовательских методов и представления результатов. Поскольку математическое моделирование является методом научного исследования, то существует совокупность знаний, умений и навыков осуществления выбранного аппарата моделирования для решения исследовательской задачи. Применяя его, в технологической фазе исследования ищется решение поставленных задач, доказывается правильность (или неправильность) выдвинутой ранее гипотезы. В этом смысле становится уместным провести аналогию с понятием аргументация, как это сделано в работе [145]. Согласно словарю по логике «аргументация (от лат. argumentatio – приведение аргументов) - приведение доводов, или аргументов, с намерением вызвать или усилить сочувствие другой стороны к выдвинутому положению; совокупность таких доводов» [48]. Функция математических компетенций, обеспечивающих успешность реализации

выбранного аппарата математического моделирования, носит именно аргументационный характер.

Логика дальнейшего построения математической модели определяет характеристику структурных компонентов этих компетенций. Выбранный аппарат моделирования представляет какой-либо из разделов математики (линейная алгебра, дифференциальные уравнения, статистика и др.), либо их комбинацию, кроме того, этот аппарат может быть доступен в математических пакетах (Mathcad, Maple и др.). Знания о переменных и о законах, описывающих связи между переменными, шкалах измерения, критериях оценки составляют, возможностях компьютерной среды составляют содержание *когнитивного* компонента компетенций технологической фазы.

Знание становится личностным, как подчеркивает Л.М. Фридман, лишь после того, как обучаемый «начнет им оперировать: использовать в мышлении для переработки вновь поступающей информации или для решения каких-то задач, для образования каких-то умозаключений и т.д. После этого новое личностное знание включается прочно в систему имеющихся у него знаний и становится мощным инструментом для выполнения интеллектуальных и практических действий» [141]. В данном случае оперировать знанием означает определенные умения (*праксиологический* компонент) по исследованию математической модели, к которым мы относим:

- аналитические, т.е. получение в общем (аналитическом) виде зависимости для искомых переменных в виде формул;
- численные, т.е. получение числовых результатов (при невозможности решить уравнение в общем виде), используя ИКТ;
- качественные, т.е. нахождение свойств искомых переменных, без решения в явном виде (например, по виду дифференциального уравнения сделать вывод о качественных свойствах его решения).

Термин «умение» имеет два значения:

- 1) как первоначальный уровень овладения каким-либо простым действием. В этом случае наивысший уровень овладения этим действием рассматривается как навык;
- 2) как способность осознано выполнять сложное действие с помощью ряда навыков. Например, умение решать сложные задачи не переходит в навык.

Каждому умению или навыку соответствует определенное действие, которое совершается с помощью системы операций и приемов, т.е. способов осуществления действий в определенных условиях. Различие между действием и операцией состоит в том, что действие соответствует принятой цели, а операция - условиям, в которых эта цель должна быть достигнута. Например, если студенту нужно решить задачу (это цель), то в зависимости от того, какая это задача и для чего она решается (условия) он должен применить разные способы и приемы, т.е. произвести разные операции для решения задачи. Действие, которым уже овладел учащийся и которое он использует в качестве способа или приема при выполнении других действий, становится операцией. Например, самостоятельное действие - нахождение неопределенного интеграла – при использовании его в решении дифференциальных уравнений становится операцией для решения этих уравнений.

Аналитические, численные и качественные умения исследования модели, в том числе с помощью ИКТ, умение установить соответствие между математическими результатами и реальными процессами (прикладной области) составляют суть содержания праксиологического компонента компетенций технологической фазы.

В [92] справедливо замечается, что в математическом моделировании важную роль играет творчество, интуиция при создании модели. Творчество - это создание чего-то нового в процессе практической или умственной деятельности. Когда студент овладевает каким-то математическим знанием и

делает его своим личностным, «он совершает процесс творчества, ибо раньше он не знал ничего об этом, а теперь свободно им владеет. Он тем самым создал что-то новое, но для себя. Поэтому это процесс личностного творчества» [141]. В отличие от научного творчества, когда ученый создает ранее неизвестное знание, студент открывает новое знание для себя. Осознание преимуществ информационно-математического моделирования, интерес к его результатам является содержанием мотивационного компонента компетенций технологической фазы исследования.

Анализ студентом своих действий в процессе моделирования, возможных ошибок, появляющихся в процессе моделирования, можно отнести к *рефлексивно-оценочному* компоненту компетенций технологической фазы исследования. «Ошибки моделирования» могут возникать на любом этапе решения исследовательской задачи, среди них:

- выбор неадекватного языка описания модели;
- ошибки измерения;
- вычислительные ошибки [94].

*Компетенции рефлексивной фазы исследования (КР-6, КР-7).* В учебной математической деятельности самооценка студентом завершённой работы может предполагать ответы на вопросы самому себе: какие теоретические знания потребовались в процессе работы; какие из них оказались новые, почему было недостаточно прежних знаний; на какой стадии моделирования были допущены ошибки, как можно было их избежать; что получилось хорошо, что плохо и почему и т.п. Накопление подобного опыта по результату завершения решения каждой исследовательской задачи ведет к развитию исследовательских навыков, в частности, применения метода математического моделирования. Назовем компетенцию, охватывающую способность студента к анализу своей завершённой работы – *оценочной*. Заметим, что рефлексия собственных действий предполагается в каждой фазе исследования и на каждом шаге

процесса моделирования. Оценочная компетенция нужна именно для рефлексии уже *проделанной* работы.

В таблице 2 (на стр. 56) приведена сводная матрица, элементами которой являются содержательные характеристики когнитивного, праксиологического, мотивационного и рефлексивно-оценочного компонентов НИК. Матрица представляет собой *структурно-содержательную модель НИК* бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика».

В предложенной модели освоение студентом в процессе математической подготовки совокупности научно-исследовательских компетенций, соответствующих фазам научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной) позволяет определить критерии сформированности НИК: когнитивный, праксиологический, мотивационный и рефлексивно-оценочный. Заметим, что каждая из представленных в таблице компетенций так же, в свою очередь, имеет компонентную структуру, а выделение отдельных компонентов предназначено для детального анализа компетенции и не противоречит целостности. Реализация студентом этих компетенций в обучении математике дает минимально необходимый опыт деятельности в информационно-математическом моделировании процессов прикладной области, тем самым формируя готовность применить этот метод в решении профессиональных задач научно-исследовательской деятельности.

Таблица 2. Структурно-содержательная модель научно-исследовательской компетентности будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика».

Компетенция (К)	Компоненты компетенции			
	Когнитивный	Праксиологический	Мотивационный	Рефлексивно-оценочный
КП-1	Знает математическую символику, язык выдвижения гипотезы.	Умеет формулировать гипотезу.	Осознает цель выдвижения гипотезы.	Осознает логику выдвинутой гипотезы.
КП-2	Знает предмет и цель математического моделирования в поставленной задаче.	Формализует путь решения поставленной проблемы; определяет, как, исходя из данных условий, получить определенный результат.	Осознает значимость математического моделирования для прикладной области.	Прогнозирует результат своих действий в процессе моделирования.
КТ-3	Знает математический аппарат основных разделов курса математики для исследования модели.	Владеет математическими приемами и методами исследования математической модели.	Понимает важность владения математическим аппаратом исследования математической модели.	Оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели.
КТ-4	Знает возможности математических компьютерных пакетов.	Умеет выбирать инструмент ИКТ для исследования модели.	Осознает преимущества использования ИКТ для исследования модели.	Осуществляет анализ адекватности применения ИКТ.
КТ-5	Знает особенности математич. языка для перевода его на язык предметной области.	Устанавливает соответствие между математическими результатами и процессами прикладной области.	Проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатов.	Способен оценить соответствие между математич. результатом и реальным процессом.
КР-6	Знает способы оценки полученного результата моделирования	Умеет соотнести полученный результат моделирования с целью и гипотезой исследования	Заинтересован в качестве результата исследования	Умеет выявить ошибки или недостатки моделирования
КР-7	Знает порядок и способы представления математич. результатов проведенного исследования	Владеет математической культурой оформления результатов исследования	Осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования.	Анализирует и критически оценивает составленный текст.



### **1.3. Методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике**

В параграфе разработаны дидактические принципы формирования НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике, направленные на готовность применять математические методы для проведения научных исследований и разработок в области приложения ИТ, с учетом междисциплинарного контекста профессиональной научно-исследовательской деятельности. Разработана методическая модель процесса формирования НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике, как производная от целевых требований.

Проанализированные в параграфе 1.1 требования ФГОС ВО в области профессиональной научно-исследовательской деятельности выпускников бакалавриата и магистратуры направления подготовки «Прикладная информатика» дали основания сформулировать состав научно-исследовательских компетенций, осваиваемых в обучении математике. Однако для разработки дидактических принципов формирования НИК в процессе обучения математике необходимо уточнить междисциплинарный контекст профессиональной научно-исследовательской деятельности специалиста в области прикладной информатики. С этой целью проследим особенности развития сравнительно молодого направления «Прикладная информатика» в системе подготовки ИТ-кадров в вузе.

В структуре ИТ-образования за последние пару десятков лет произошел ряд изменений, которые были призваны «навести порядок» в наборе разных ИТ-направлений, готовящих студентов к профессиональной деятельности в ИТ-индустрии. Безусловно, эти изменения повлияли на качество образования, в том числе в области подготовки к научной работе.

Рассмотрим через динамику изменений Стандартов высшего образования с 2000 года развитие направления подготовки «Прикладная информатика» системе ИТ-образования.

В период становления современных ФГОС ВО (2000-2015 гг.) произошел существенный пересмотр и переупорядочивание специальностей и направлений подготовки так или иначе связанных с ИТ. Ввиду представленной в параграфе 1.1 широты области ИТ-профессий, в научной литературе, посвященной построению соответствующей системы образования, рассматривались различные ее аспекты, например, в работах В.А.Сухомлина [124], Ю.Ф.Тельнова [126], Гиглавого А.В. [29] и др. Авторы указывали на необходимость четкого разделения направлений подготовки ИТ-специалистов, определения требований к их способностям по осуществлению деятельности в различных ИТ-областях. Основная критика отечественной системы подготовки кадров для ИТ – индустрии строилась на ее неупорядоченности, показательным признаком которой являлось несоответствие Перечня специальностей, утвержденного приказом № 4 Минобрнауки России от 12.01.05, реальным профессиям, которые существуют в индустрии информационных технологий, несоответствия системы подготовки кадров потребностям рынка по количеству и качеству подготавливаемых специалистов. До 2010 года вузы России осуществляли образовательную деятельность по следующим ИТ-специальностям [101]:

- 010401 Информационные технологии в дизайне
- 010402 Информационные технологии в медиаиндустрии
- 010501 Прикладная математика и информатика
- 010503 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем
- 031301 Теоретическая и прикладная лингвистика
- 031302 Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере
- 050202 Информатика
- 080700 Бизнес-информатика

080801	Прикладная информатика (по областям)
090101	Криптография
090102	Компьютерная безопасность
090103	Организация и технология защиты информации
090104	Комплексная защита объектов информатизации
090105	Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем
090106	Информационная безопасность телекоммуникационных систем
090107	Противодействие техническим разведкам
230101	Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
230102	Автоматизированные системы обработки информации и управления
230104	Системы автоматизированного проектирования
230201	Информационные системы и технологии
230202	Информационные технологии в образовании
230301	Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах
230401	Прикладная математика

Этот список характеризуется определенной нелогичностью Перечня специальностей – например, прикладная математика в различных комбинациях присутствует в нем два раза. В то же время в этом Перечне отсутствуют специальности, необходимые для подготовки профессионалов в области управления ИТ, таких например как менеджер информационных систем, аналитик бизнес-процессов или менеджер проектов. В работе [88] были выделены следующие проблемы в системе подготовки ИТ-кадров:

1) бессистемность существующей номенклатуры специальностей и направлений: 23 направления и 49 специальностей ИТ-профессионалов разбросаны по 15 укрупненным группам (всего - 28);

- 2) дублирование направлений и специальностей как в одной группе, так и в разных группах;
- 3) значительное пересечение по содержанию;
- 4) несвязность уровней образования;
- 5) бессистемна номенклатура, неэффективна работа по стандартам;
- 6) несоответствие Болонскому процессу;
- 7) несогласованность содержания ИТ-образования в России и ЕС, как следствие - нет мобильности студентов и преподавателей;
- 8) главная проблема: несоответствие требованиям рынка труда, интересам государства и общества

ГОС ВПО в 2000 году определял для решения различных задач применения профессионально ориентированных ИС специальность 351400 Прикладная информатика (по областям) с присвоением квалификации «информатик - (квалификация в области)» [31]. Причем, согласно коду, она относилась к междисциплинарным специальностям. Переход на двухуровневую систему в рамках Болонского процесса обусловил появление в 2004 году Временных требований к минимуму содержания и уровню подготовки бакалавров (в рамках ГОС ВПО). В этом стандарте степень (квалификация) «бакалавр прикладной информатики» уже относится к укрупненной группе направлений 520000 Гуманитарные и социально-экономические науки. В 2005 году с появлением ГОС ВПО-2 подготовку бакалавра прикладной информатики предполагалось осуществлять уже в рамках укрупненного направления 080000 Экономика и управление.

Легко видеть, что в этот период времени существовала определенная нелогичность и бессистемность в понимании места направления подготовки «Прикладная информатика» как в системе высшего образования в целом, так и в системе подготовки кадров для ИТ-индустрии в частности. Кроме того, на практике обозначилась проблема неоднозначности в понимании будущей профессиональной деятельности выпускников, как на уровне преподавателей вузов, так и на уровне студентов. Дело в том, что в вышеперечисленных

стандартах «информатик в предметной области» определяется как специалист по применению профессионально-ориентированной ИС, имеющий подготовку как в области информатики, так и в соответствующей прикладной области (психология, юриспруденция, музейное дело и др. [31]. Изначально заданные таким образом две области подготовки на практике выдают «двухголового» специалиста, практически с полным отсутствием взаимодействия между «головами». Студентов (особенно младших курсов) обучение в двух плоскостях зачастую вводит в заблуждение. В работе [158] на основании проведенного в 2012-1013 годах исследования установлено, что часть студентов направления подготовки «Прикладная информатика (в психологии)» считали, что они будут ИТ-специалистами, другие же рассматривали себя в качестве будущих психологов. Очевидно, что такое неоднозначное толкование области своей будущей профессиональной деятельности изначально предопределяет у студентов различные учебно-познавательные интересы. Кроме того, опыт вузов показал, что в зависимости от профиля вуза больший уклон в подготовке специалиста делается либо в область информатики (технические вузы), либо в предметную область (гуманитарные, экономические вузы).

Необходимость международного признания российского диплома в области ИТ выдвинула задачу уточнения образовательных программ в соответствии с едиными критериями качества образования, изложенными в таких международных документах о стандартизации ИТ - образования как Computing Curricula 2005 [162] и Career Space [163].

В Computing Curricula, признанным в качестве международного стандарта в области ИТ-образования, выделены следующие направления бакалаврской подготовки:

- инженеры вычислительных систем, способные проектировать и внедрять вычислительные системы, обеспечивающие интеграцию программных средств и вычислительных устройств (Computer Engineering),

- исследователи вычислительных систем, работающие в широких областях, связанных с теоретическими разработками, прежде всего в области программного обеспечения (Computer Science),
- специалисты информационных систем, занимающиеся анализом информационных требований и бизнес-процессов и способные специфицировать и проектировать системы, которые соответствуют организационным требованиям (Information Systems),
- специалисты информационных технологий, осуществляющие эффективное планирование, внедрение, конфигурирование и поддержку компьютерной инфраструктуры организации (Information Technology),
- инженеры программного обеспечения, выполняющие разработку и управление на всех стадиях жизненного цикла больших программных систем (Software Engineering).

Результатом работы стали, в частности, Федеральные образовательные стандарты ВПО третьего поколения (ФГОС, 2009 год) по подготовке бакалавров и магистров в ИТ-области [136], а так же обновленный Перечень направлений подготовки высшего профессионального образования, в котором за образование ИТ-специалистов отвечали два укрупненных направления подготовки: 010000 Физико-математические науки и 230000 Информатика и вычислительная техника, в которое логично и вошло направление 230700 Прикладная информатика [102]. В отличие от предыдущих стандартов, основанных на знаниевой модели, ФГОС уже не предъявлял требования к выпускнику как к специалисту с подготовкой в двух областях. В виде компетенций, в том числе профессиональных, удалось сформулировать область пересечения информационной и предметной областей и, тем самым, отойти от линии «двухголовости» в подготовке кадров.

Рассмотрим различия направлений подготовки ИТ-кадров в ФГОС 2009 года с точки зрения их места на рынке труда. Направление подготовки 010000 готовит специалистов, занимающиеся теоретической информатикой, проектированием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и

созданием их математического и программного обеспечения, а 230000 - внедрением, сопровождением и эксплуатацией ИКТ, их техническим, информационным и организационным обеспечением. При этом направление 230000 четко разделяет траектории подготовки кадров для *технологического* и *организационного* обслуживания и поддержки ИКТ и средств информатизации. Это обстоятельство приблизило отечественную систему подготовки ИТ-кадров к западной системе. Так, Ю.Ф.Тельнов, сравнивая западную и отечественную номенклатуру подготовки ИТ-специалистов, обращает внимание на то, что образовательные программы по информационным системам в зарубежных университетах концентрируются либо на технологических аспектах, что соответствует программам по компьютерным информационным системам (Computer Information Systems), либо на организационных и поведенческих аспектах, что соответствует программам по управленческим информационным системам (Management Information Systems). «Такое разделение характерно и для российской практики построения образовательных программ в области информационных систем, в частности, существуют два направления подготовки специалистов: Информационные системы и Прикладная информатика (по областям)» [127].

Область профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Прикладная информатика» включает:

- системный анализ прикладной области, формализацию решения прикладных задач и процессов ИС;
- разработку требований к созданию и развитию ИС и ее компонентов;
- технико-экономическое обоснование проектных решений, разработку проектов автоматизации прикладных процессов и создания ИС в прикладных областях;
- реализацию проектных решений с использованием современных информационно-коммуникационных технологий и технологий программирования;

- внедрение проектов автоматизации решения прикладных задач и создания ИС;
- управление проектами информатизации предприятий и организаций;
- обучение и консалтинг по автоматизации решения прикладных задач и информатизации предприятий и организаций;
- обеспечение качества автоматизации решения прикладных задач и ИС предприятий и организаций.

Объектами профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Прикладная информатика» являются:

- данные, информация, знания;
- прикладные и информационные процессы;
- прикладные информационные системы [134, 136]

Приведем для сравнения перечень объектов профессиональной деятельности бакалавра направления «Информационные системы и технологии»:

- информационные процессы, технологии, системы и сети;
- их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение;
- способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях. [137].

Таким образом, в направлении подготовки «Прикладная информатика» больший акцент делается на организационный аспект построения ИС, в то время как в «Информационные системы и технологии» на инструментальный. Организационный аспект построения ИС учитывает отражение специфики прикладной области при построении информационных системах. Например, гуманитарная область требует применения специфических ИТ обработки текстовых документов: электронных архивов, информационно-поисковых систем и т.д., а экономическая область -



обработка цифровых данных, построение транзакционных и аналитических информационных систем, использование штрих-кодирования и т.д. Аналогично отличающиеся требования предъявляются к использованию ИТ, к интеграции компонентов информационных систем. [127, 166].

Именно сектор ИТ-кадров, связанный с организационными и поведенческими аспектами сопровождения, внедрения и эксплуатации информационных систем, чем с технологическими, является самым молодым в нашей стране, но в то же время востребованным на рынке. На Западе этот сектор работников достаточно давно составляет существенную часть от всей рабочей силы. В работе [60] указывается, что значительным событием в этом плане называют 1957 год. В этом году в США впервые количество так называемых «информационных работников» (у которых основная функция обработка информации) сравнялось с числом «производственников» (у которых основная функция непосредственное участие в производстве). С этого времени обозначились проблемы различных организационных и управленческих вопросов обработки информации и осознавались параллельно в различных сферах деятельности.

Анализ ФГОС направлений подготовки «Прикладная информатика» и «Информационные системы и технологии» показывает, что информатик в большей степени имеет дело с профессионально-ориентированной оболочкой, состоящей из специальных программных средств, информационного обеспечения и организационных мероприятий поддержки информационных процессов в области применения, и в меньшей степени имеет дело с ядром информационной системы. Выпускники занимаются созданием (на уровне выработки технического задания), внедрением, анализом и сопровождением профессионально-ориентированных информационных систем. Важность исследовательских качеств подтверждает анализ профессиограмм ИТ-менеджеров различных

направлений - в них включены умения формулирования и решения проблем, системного анализа, абстрагирования, формализации и др.

Необходимость повышения соответствия профессиональной подготовки выпускника потребностям рынка труда определили дальнейшее уточнение в стандартах. В ФГОС ВО (2013-2015 гг.) предполагается наличие образовательных программ для академического и прикладного бакалавриата. Основные отличительные особенности этих программ направления подготовки «Прикладная информатика» заложены в видах профессиональной деятельности выпускника. Все виды профессиональной деятельности прикладного бакалавра (проектная и производственно-технологическая) практикоориентированы, т.е. связаны с ориентацией на конкретного работодателя,. Для академического бакалавра эти виды тоже определены и расширены организационно-управленческой, аналитической и научно-исследовательской деятельностью, т.е. ориентированы на фундаментальность.

Так же отметим, что в это же период упорядочился и Перечень направлений подготовки высшего образования - бакалавриата, в котором направление «Прикладная информатика» включено в укрупненную группу 09.00.00 Информатика и вычислительная техника, и имеет код 09.03.03 [103]. Как и в предыдущем Перечне 2009 года, в эту же группу входят и другие направления подготовки, занимающиеся организационными аспектами обслуживания информационных систем («Информатика и вычислительная техника», «Информационные системы и технологии», «Программная инженерия»).

Таким образом, проследив изменения за прошедшие 16 лет в образовательных стандартах, устанавливающих требования к профессиональной подготовке кадров в области прикладной информатики, приходим к следующим выводам:

- в первые годы существования специальность «Прикладная информатика» кочевала по разным группам направлений. Вузы трактовали

ведущую область подготовки специалистов в зависимости от своей специфики (технической или гуманитарной);

- заданные в ГОС ВПО требования к знаниям, умениям и навыкам в предметной и информационной областях давали курс на подготовку специалиста, слабо понимающего, как эти области пересекаются в профессиональной деятельности;

- стандарты третьего поколения (ФГОС ВО и ФГОС 3+) упорядочивают направления ИТ-образования и встраивают в них направление подготовки «Прикладная информатика»;

- требования к выпускнику на языке компетенций формируют область пересечения прикладной и информационной составляющей в процессе образования, что позволяет ему быть готовым к видам профессиональной деятельности;

Эти выводы позволяют уточнить междисциплинарный контекст профессиональной научно-исследовательской деятельности выпускников бакалавриата и магистратуры направления подготовки «Прикладная информатика». Выпускники направления - это специалисты по информационным системам и информационным ресурсам, разработчики приложений, они способны работать как в ИТ-компаниях, осуществляющих научные исследования и разрабатывающих программные комплексы, так и в организациях, внедряющих и эксплуатирующих ИТ.

Определившись с особенностями междисциплинарного контекста профессиональной деятельности бакалавра прикладной информатики, перейдем к разработке дидактических принципов формирования его научно-исследовательской компетентности в обучении математике.

Наша цель состоит в том, чтобы построить методику обучения математике студентов прикладных ИТ-направлений, приводящую к эффективному уровню владения математическим моделированием, как методом научного исследования. Для этого необходимо ответить на два

основных вопроса: чему и как учить будущих бакалавров прикладной информатики? Сущность процесса обучения отражают дидактические принципы. Система общих дидактических принципов, сформулированная В.А. Слостениным, И.Ф. Исаевым, Е.Н. Шияновым, состоит из содержательных и процессуальных (организационно-методических) принципов [118]. Содержательные принципы отражают закономерности, определяющие отбор содержания образования (принцип научности, гражданственность и воспитывающий характер обучения). Процессуальные принципы обеспечивают организацию и методику обучения (преемственности, последовательности и систематичности обучения; единства группового и индивидуального обучения, учета возрастных особенностей обучаемых; принцип сознательности и творческой активности обучаемого; наглядности, продуктивности и надежности обучения; доступности обучения при достаточном уровне его трудности).

Модель формирования научно-исследовательской компетентности будущего бакалавра прикладной информатики строится в соответствии с описанной выше системой общих дидактических принципов, но вместе с тем имеет свои особенности. Эти особенности связаны, *во-первых*, с междисциплинарным контекстом задач профессиональной научно-исследовательской деятельности, требующими использования математического аппарата в их решении; *во-вторых*, особенности обусловлены спецификой математики как науки.

Опираясь на выводы параграфа 1.1, в котором на основе ряда нормативных документов сформулированы основные цели формирования НИК бакалавра прикладной информатики, учитывая междисциплинарный контекст его профессиональной деятельности, сформулируем основные *принципы* формирования научно-исследовательской компетентности бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика»: *фундаментальности, преемственности, адаптивности,*

*междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации.* Раскроем суть этих принципов.

1. *Принцип фундаментальности* - направленность обучения на формирование фундаментальных математических знаний, которые будут необходимы и достаточны для формирования профессиональных компетенций.

Как было отмечено ранее, область профессиональной деятельности бакалавра прикладной информатики весьма широка и многогранна. Такое их многообразие является отражением особенностей современного информационного общества. Одна из них - тенденция соединения науки и производства. В современном обществе знаний, полученных в период профессиональной подготовки, уже не может хватать на весь период трудовой активности. Значительная часть знаний, которые понадобятся специалисту через 5-10 лет, может быть уже иной. Поэтому ему необходимо уметь достаточно быстро ориентироваться в изменениях научных знаний, уметь их применять в своей профессиональной деятельности. Другая тенденция состоит в противоречии между процессами интеграции и специализации. Бакалавр прикладной информатики должен обладать знаниями как информационной, так и своей предметной области, но при этом от него требуются решения узкопрофессиональных задач. Специфика этого направления подготовки предполагает умение решать комплексные задачи, требующие синтеза знаний из разных учебных дисциплин, а он может иметь место только при фундаментальной подготовке, в том числе и математической.

Вместе с тем необходим адекватный уровень фундаментальности в обучении математике студентов-нематематиков их направлению подготовки. Будущему математику важно знать определения всех математических объектов, важно знать и понимать доказательства всех теорем, потому что это составляет неотъемлемую часть его профессиональной деятельности. Вместе с тем, если профессиональная деятельность будущего специалиста не

связана с созданием математических знаний, а лишь с их применением в нематематической области, встает вопрос об уровне строгости в обучении математике для различных направлений подготовки. Мы согласны с мнениями профессоров К.Н. Лунгу и А.Д. Мышкиса в том, что курс математики для студентов-нематематиков является неоправданно усложненным, перегруженным и неработающим материалом, и в то же время бедным по содержанию [71, 87]. В ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика» через соответствующие компетенции определены требования к усвоению математических знаний из которых видно, что уровень строгости в обучении математике должен определяться характером применения математических знаний в профессиональной деятельности. В частности, бакалавр прикладной информатики должен уметь анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования (ОПК-2), применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач (ПК-15).

2. *Принцип преемственности* - направленность обучения математике на формирование математических знаний, умений и навыков, необходимых не только в будущей профессиональной деятельности, но и в обучении в магистратуре, в том числе, в процессе научно-исследовательской деятельности студента - будущего магистра. При формулировании этого принципа мы опирались на работу В.А. Шершневой, в которой сформулирован принцип «продолженной компетентности» как «направленность на формирование базовых, инвариантных знаний, как основы способности и готовности применять их в долгосрочной перспективе, в изменяющейся профессиональной деятельности» [156, 96]. Принцип способствует формированию у студента «долгоживущих» знаний, которые позволят ему в будущем продолжить обучение в магистратуре, осуществляя научно-исследовательскую деятельность.

Принцип преемственности подразумевает системный подход к формированию «долгоживущих» математических знаний. Суть системного подхода заключается в том, что явление рассматривается как система, не сводимая к сумме своих элементов, обладающая структурой, а свойства элемента определяются его местом в структуре. К.Н. Лунгу в своей концепции систематизации приемов учебной деятельности обосновал необходимость создания системных блоков информации и знаний в разных разделах математики и сквозных линий систематизации по всему курсу высшей математики [72]. Зачастую, изложение курса математики осуществляется линейно: друг за другом изучаются такие ее разделы, как алгебра, математический анализ, теория вероятностей, дискретная математика и др. Перечисленные разделы нередко «замыкаются в себе», в то время как следует изучать их с учетом внутрипредметных и межпредметных связей. Системность позволяет разрешить противоречие между необходимостью формирования системы знаний по данному разделу и по формированию целостного представления о математике. Преемственность в содержании позволяет объединить и структурировать отдельные учебные блоки, разделы в целостный учебный процесс. Например, раздел «Матрицы и определители» – один из первых, изучаемых на первом курсе. В других разделах эти математические объекты упоминаются лишь при решении систем линейных уравнений и для краткой записи векторного или смешанного произведения векторов, якобиана преобразования и др. Их применение не выступает как необходимость, поэтому студенты в курсовых и дипломных работах не могут применять математические модели, связанные с матрицами. Например, в работах с психологической или социологической предметными областями студенты практически не используют социометрические матрицы или коммуникационные сети. Вместе с тем, линия матриц и определителей будет полезной в последующем изложении математики – приведении уравнений к каноническому виду, приведении квадратичных форм к диагональному виду, решении систем

дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и др. Все это можно и нужно решать средствами матриц и определителей.

3. *Принцип адаптивности* - направленность на формирование индивидуальной научно-исследовательской компетентности бакалавра. Следование этому принципу дает возможность студенту самостоятельно определять образовательную траекторию в освоении математического аппарата научно-исследовательской деятельности, исходя из его индивидуальной способности самостоятельно ставить и реализовывать цели обучения. Принцип является отражением личностно-ориентированного подхода в образовании (А.Г. Асмолов, А.С. Границкая, В.И. Слободчиков, И.С. Якиманская и др.), определяющий студента как субъекта учебной математической деятельности, в результате которой он приобретает научно-исследовательскую компетентность. В основе принципа лежит идея А.С. Границкой об адаптивной системе обучения - развитии личности учащегося, исходя из его индивидуальных особенностей, способности самостоятельно ставить и реализовывать цели своего обучения [32].

4. *Принцип междисциплинарной интеграции* состоит в обеспечении целостности знаний, полученных при изучении различных дисциплин математического, информационного циклов и дисциплин прикладной области. Как известно, учебный предмет отражает основы науки и не повторяет полностью ее содержание. Кроме того, накопление знаний в науке и в процессе обучения происходит по-разному. В частности, В.А. Тестов отмечает, что научные знания накапливаются по пути дифференциации, т.е. наука разделяется на ряд частей, смежных научных областей, а освоение учебного предмета наоборот, происходит по принципу интеграции – знания из смежных областей объединяются в систему научных понятий [129].

Теоретическую основу принципа составляет теория междисциплинарных связей, психологические основы которой исследованы в работах П.Я. Гальперина, Е.Н. Кабановой-Меллер, Н.Ф. Талызиной и др. В них обосновано, что истоки образования междисциплинарных связей следует



искать внутри учебного предмета, а установление связей между предметами является необходимым условием для формирования системы знаний обучаемых [89]. Различные аспекты реализации междисциплинарных связей в школьном и вузовском образовании представлены в работах В.А. Далингера, А.Г. Мордкович, А.М. Новикова, Г.И. Саранцева и др., в которых раскрыта необходимость отражения взаимосвязей в обучении, выявлена их роль в развитии обучаемых, разработана классификация междисциплинарных связей по различным основаниям [90]. Часть исследований посвящена междисциплинарным связям в обучении математическим дисциплинам в вузе (В.А. Далингер, К.Н. Лунгу, М.М. Манушкина, В.А. Шершнева и др.), в том числе в контексте компетентностного подхода. Под междисциплинарной интеграцией, согласно выводам В.А. Шершневой, будем понимать целенаправленное создание условий для использования междисциплинарных связей, которые, в свою очередь, понимаются как применение знаний по одной дисциплине в предметном поле другой дисциплины [155]. Если же используются знания нескольких дисциплин, в нашем случае это математика, информатика и дисциплина прикладной области (например, социальная психология), то соответствующие дисциплинарные модели строятся последовательно.

5. *Принцип профессиональной значимости* - направленность на формирование мотивационной составляющей научно-исследовательской компетентности в обучении математике, предполагает включение в учебный процесс системы задач, связанных с построением и исследованием математических моделей прикладной области. Математика для будущих бакалавров прикладной информатики должна представлять интерес не столько как наука со своим списком определений, теорем и формул, сколько как инструмент в решении профессиональных задач. Для осуществления научно-исследовательской деятельности студенту необходимо освоить информационно-математическое моделирование как метод научного исследования. Однако области приложения ИТ, связанные с социально-

психологическими процессами (социальная психология, социальные коммуникации и др.), имеют определенные сложности в математическом моделировании, и поэтому еще недостаточно активно внедряются в учебный процесс. Немногочисленные учебные программы по математическому моделированию социальных процессов либо ориентированы на экономическую сферу (социально-экономические процессы), либо, описывая социально-психологические процессы, носят скорее ознакомительный, теоретический характер, не давая возможности студенту самому «помоделировать» эти процессы. При этом нельзя не отметить, что в западных университетах практика математического моделирования в социологии, психологии существует достаточно давно (например [52, 110]).

6. *Принцип творческого поиска и самореализации* предполагает участие студентов в исследовательских проектах, разработке учебных междисциплинарных задач в контексте содержания профиля подготовки. Этот процесс призван стимулировать творческий потенциал студента.

Наиболее полно реализовать вышеизложенные принципы можно в междисциплинарных модулях. Описание междисциплинарного адаптивного модуля (МAM) будет предложено далее во 2 главе.

В организации подготовки к НИД при обучении математическому моделированию (как методу научного исследования) студентов бакалавриата необходимо исходить из следующих начальных условий:

- предшествующее бакалавриату школьное математическое образование дает общее представление о математическом моделировании реальных процессов;
- основной курс математики является базовым для дисциплин цикла информатики (об этом подробнее в параграфе 2.1);
- бакалавриат должен обеспечить овладение всеми компонентами математического моделирования (метода научного исследования) как совокупностью реализующих его действий;

– теоретическое осмысление студентом каждого исследовательского действия в процессе математического моделирования, должно сопутствовать освоению этих действий, а не быть ориентированным преимущественно на подготовку дипломной работы;

– овладение научно-исследовательскими компетенциями в процессе обучения математике осуществляется на основе личностно-деятельностного подхода в форме решения учебно-исследовательских задач.

На основе совокупности представленных дидактических принципов, нами разработана методическая модель формирования НИК студента, как производная от целевых требований. Методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике представлена на рисунке 2 (стр.76).

Модель состоит из целевого, концептуального, содержательно-технологического и оценочно-результативного блоков.

*Целевой блок* соответствует требованиям ФГОС ВО к результатам обучения по программам бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика»; потребностям рынка труда в высококвалифицированных ИТ-кадрах, способных создавать и внедрять наукоемкие технологии на основе использования математических методов; нормативным документам, отражающим специфику научно-исследовательской деятельности в области прикладной информатики как профессионального вида деятельности.

*Концептуальный блок* опирается на дидактические принципы формирования НИК будущих бакалавров прикладной информатики в обучении математике (фундаментальности, преемственности, адаптивности, междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации) и методологические основания в виде компетентностного, системного, деятельностного, контекстного подходов.



Рисунок 2. Методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности в обучении математике будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»

*Содержательно-технологический* блок соответствует критериям отбора содержания учебного материала: научной значимости, соответствия профилю подготовки, междисциплинарности, связи с базовой математической подготовкой, учета индивидуальных особенностей студентов, использование электронной образовательной среды вуза; включает соответствующие средства, формы и методы обучения (критерии отбора содержания, средства, формы и методы обучения будут представлены во второй главе).

*Оценочно-результативный* блок определяет индикаторы сформированности научно-исследовательской компетентности студента бакалавриата прикладной информатики в процессе обучения математике: критерии (когнитивный, праксиологический, мотивационный и рефлексивно-оценочный) и уровни (низкий, достаточный, высокий).

Соотнесем нашу модель с требованиями, предъявляемым к моделям, и функциями, которые должна выполнять модель [92]. Требования, которым должна отвечать модель: ингерентность, простота и адекватность. Блоки нашей модели изоморфны признанным в педагогической науке компонентам методической системы обучения обоснованными А.М. Пышкало: цели, содержание, методы, формы, средства обучения [107], что обеспечивает ее простоту и ингерентность, которая означает, что создаваемая модель согласуется с научной средой, в которой ей предстоит функционировать [27]. Адекватность модели означает, что она достаточно полна, точна и позволяет достичь поставленной цели формирования научно-исследовательской математической компетентности.

Функции модели: дескриптивная, прогностическая и нормативная. Предложенная модель отражает процесс формирования НИК, а значит, несет дескриптивную функцию. Прогностическая функция модели выполняется в прогнозировании результата обучения. Наша модель описывает структурные компоненты деятельности по формированию научно-исследовательской компетентности, т.е. несет нормативную функцию.

Итак, в параграфе:

1. Проведено уточнение междисциплинарного контекста профессиональной научно-исследовательской деятельности выпускников бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» на основе анализа нормативных документов (ФГОС ВО 2000-2015 годы, Перечни специальностей и направлений подготовки ВО 2000-2015 годы) позволившего отследить изменения в структуре ИТ-образования в России и определить в нем место сравнительно молодого направления подготовки «Прикладная информатика».

2. Представлена методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике структурно представляющая системное единство целевого, концептуального, технологического и оценочно-результативного блоков, и направленная на положительную динамику формирования НИК.

3. Разработаны и обоснованы дидактические принципы формирования НИК будущего бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике: фундаментальности, преемственности, адаптивности, междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации, направленные на готовность применять математические методы для проведения научных исследований и разработок в области приложения ИТ.

### **Выводы по первой главе**

1. На основе анализа работ, раскрывающих идеи реализации компетентностного подхода, определена научно-исследовательская компетентность бакалавра прикладной информатики, как личностная характеристика, необходимая в профессиональной научно-исследовательской деятельности.

2. Проведен анализ нормативных документов (ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика», Федеральные законы, Указы Президента и др.) с точки зрения особенностей научно-исследовательской деятельности как профессионального вида деятельности. Зафиксировано принципиальное отличие научно-исследовательской деятельности от других видов профессиональной деятельности в области приложения ИТ, заключающееся в том, что ее результатом становятся новые наукоемкие ИТ-технологии, разработанные на основе научных исследований и разработок, которые позволяют внедрять и использовать их в прикладных областях. В этом контексте проанализирована структура рынка труда ИТ-профессий и охарактеризовано в нем место специалистов в области прикладной информатики – их деятельность находится на стыке двух областей: информационной и прикладной и основана на особенностях использования ИТ в прикладной области.

3. Обосновано, что образовательный уровень бакалавриата направления «Прикладная информатика» требует своей определенной подготовки к профессиональной научно-исследовательской деятельности. Показано, что эта подготовка должна осуществляться в условиях учебно-исследовательской деятельности. В результате были выявлены цели такой подготовки: 1) воспроизводство научного потенциала, отвечающее потребностям инновационной экономики; 2) реализация идеи преемственности между бакалавриатом и магистратурой; 3) индивидуализация образовательных траекторий с учетом личностных свойств, интересов и потребностей студента.

4. Определены научно-исследовательские компетенции бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», осваиваемые в процессе обучения математике, как проекция на эту предметную область состава общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций ФГОС ВО для осуществления профессиональной научно-исследовательской деятельности. Научно-исследовательские компетенции соответствуют фазам научно-исследовательской деятельности: проектирования, технологической и рефлексивной

5. Уточнено понятие научно-исследовательской компетентности (НИК) студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике, как интегративное динамическое качество личности, характеризующееся освоенностью совокупности научно-исследовательских компетенций и проявляющееся в готовности применять математические методы в научных исследованиях и разработках в области приложения ИТ.

6. Построена структурно-содержательная модель НИК бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», формируемой в процессе обучения математике, как совокупность когнитивного, мотивационного, праксиологического и рефлексивного компонентов компетенций фазы проектирования (КП), компетенций технологической фазы (КТ) и компетенций рефлексивной фазы (КР) научного исследования. Показано, что эти компоненты взаимосвязаны и дополняют друг друга.

7. Представлена методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике, в структуре которой выделены целевой, концептуальный, содержательно-технологический и оценочно-результативный блоки.



**ГЛАВА 2.**  
**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ**  
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ**  
**БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ**  
**ИНФОРМАТИКА» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

**2.1. Особенности содержательного компонента методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»**

Построение математических курсов для студентов, избравших своей будущей профессиональной деятельностью не математику, имеет свои особенности при отборе содержания учебного материала. Достаточно точно и емко определил к нему требования Л.Д. Кудрявцев [64]: учебный материал должен соответствовать профилю подготовки студентов, доступен им и может быть ими усвоен в заложенный на это промежуток времени, на котором можно воспитать нужную им математическую культуру.

Проблема содержания обучения предмету в разных аспектах обсуждается в трудах И.Я. Лернера [69], М.Н. Скаткина [117], С.А. Шапоринского [152], С.И. Архангельского [8], М.И.Махмутова [77], А.А. Вербицкого [22], В.Оконь [98.], Е.Э. Смирновой [119], В.В. Краевского [61.], Хуторского [62] и других.

Так М.И. Махмутов содержание учебного материала определяет как систему знаний и способов деятельности, которая в качестве модели познания предлагается будущему поколению и воплощается в учебном предмете. А.А.Вербицкий под содержанием обучения понимает продукты социального опыта, представленные в знаковой форме учебной информации, всего того, что необходимо воспринять и усвоить обучающимся. Так же он обращает внимание, что при одном и том же содержании обучения люди получают разный уровень образования. С.И. Архангельский выделяет

необходимость отбора прогностического содержания обучения в вузе, т.к. будущая профессиональная деятельность студентов будет осуществляться в условиях развития и изменения производства, возникновения новых технологий. В.В. Краевский, А.В. Хуторской определяют содержание учебного материала как один из уровней формирования содержания образования в целом. Это уровень, на котором находят реальное наполнение такие элементы состава содержания образования, как общее теоретическое представления и учебный предмет. Речь идет о конкретных знаниях, умениях, навыках, а также учебных задачах и упражнениях, которые составляют содержание учебно-методических пособий.

Отбор содержания обучения должен осуществляться в соответствии с целью методики – формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика». Для реализации этой цели, учитывая идеи перечисленных выше ученых о содержании учебного материала, возьмем за основу общие критерии отбора содержания учебного материала: критерий научной и практической значимости, соответствия содержания учебно-методическому обеспечению, профилю обучения, а также возрастным и индивидуальным особенностям учащихся [119], и дополним их критериями, связанными с особенностями математической подготовки специалистов в области прикладной информатики. Эти особенности обусловлены, во-первых, решением профессиональных задач на основе математической подготовки, к которым должен быть готов бакалавр прикладной информатики; во-вторых, опорой вариативных курсов на фундаментальную математическую подготовку. Тогда критериями отбора учебного материала для формирования НИК бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике будут:

- 1) критерий соответствия содержания профилю обучения;
- 2) критерий междисциплинарности;
- 3) критерий научной значимости;

- 4) критерий учета индивидуальных возможностей студентов;
- 5) критерий связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой;
- 6) критерий использования электронной образовательной среды вуза.

Раскроем значение этих критериев.

Первый критерий соответствия содержания профилю обучения, по сути, является отражением идей контекстного обучения и профессиональной направленности в обучении. Согласно положениям теории контекстного обучения А.А. Вербицкого и его последователей, опирающихся, в том числе, на общепсихологическую теорию деятельности, студент усваивает знания в контексте разрешения им моделируемых профессиональных ситуаций, что обуславливает развитие познавательной и профессиональной мотивации, личностный смысл учения [21, 23, 24]. В нашем случае моделируется ситуация профессиональной научно-исследовательской деятельности.

Ряд педагогических исследований направлены на проектирование учебно-исследовательской деятельности студентов на процесс обучения математике и раскрывают в нем проблему профессиональной направленности, среди которых для нас представляют интерес исследования Е.А. Василевской [20], М.П. Лапчика [66], М.М. Манушкиной [74], М.И. Рагулиной [108], Ю.Ф. Тельнова [128], Л.В. Шкериной [159], В.А. Шершневой [155], С.И. Федоровой [139] и др.

Профессиональная направленность в процессе обучения математике студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» имеет свою специфику, которая частично исследована в диссертации М.М. Манушкиной. В этой работе обосновывается, что содержание математических дисциплин студентов направления должно соответствовать принципу «биконтекстного обучения», отражать особенности как информационной составляющей будущей профессии, так и прикладной области, в которой будут использоваться ИТ. Этот принцип отражает необходимость систематического моделирования в обучении математике

информационного аспекта профессиональной деятельности выпускника и аспекта прикладной области ИТ (экономической, социально-психологической и др). Таким образом, процесс формирования средствами математики научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» связан с биконтекстным содержанием учебного материала, отражающим специфику научных исследований в прикладной области.

Опираясь на выводы М.М. Манушкиной, мы рассматриваем биконтекстное содержание учебного материала в обучении математике как синтез математико-информационной и математико-прикладной составляющих. Рассмотрим основания для этого синтеза.

#### *Математика – информатика.*

Математика лежит в основе теоретического ядра информатики. Теоретическая информатика, по определению А.Л. Семенова «строит теоретические модели процессов обработки, хранения, передачи информации. По своим объектам, понятиям и методам – это область математики. Предметом ее изучения служат конечные (конструктивные) объекты и алгоритмически описанные (конструктивные) процессы, происходящие в среде этих объектов» [114].

Разработчики стандартов для бакалавриата прикладной информатики учитывают это обстоятельство, и определяют математическую подготовку базой для изучения математических основ прикладной информатики. В частности, Ю.Ф. Тельнов, указывает, что связь математики и информатики в учебном процессе необходима для освоения профессиональных дисциплин, таких как информационные процессы и системы, программно-технические средства, управление информационными ресурсами и знаниями и др. [128]. Опираясь на концептуальную модель Ю.Ф. Тельнова примерного учебного плана для направления подготовки «Прикладная информатика», на рисунке 3 (стр.85) представлена связь математических и информационных дисциплин в подготовке бакалавра этого направления.



Рисунок 3. Связь математических и информационных дисциплин в подготовке бакалавра направления «Прикладная информатика»

М.П. Лапчик указывает на интегративность информатико-математического знания в профессиональной подготовке и отмечает, что существенную роль в ней составляет «математическая компонента фундаментального образования, имеющая целью:

- получение образования в области основ математики, математического моделирования, отсутствие которого делает беспомощным приложения информатики для решения задач в различных сферах практической деятельности;
- формирование фундаментальных основ теоретической (математической) информатики, составляющих общеобразовательное ядро этой области знания» [66.].

Тесная связь информатики и математики хорошо известны - информатика появилась благодаря математике, «вышла» из нее. В частности, описание процессов, происходящих в электрических цепях, делается на

основе дифференциального и интегрального исчисления; логический блок процессора функционирует по правилам булевой алгебры, а цепь функционирует как конечный автомат. Моделирование пространства в компьютерных играх осуществляется с использованием векторной алгебры и аналитической геометрии и т.д.

Взаимосвязь математики и информатики, как научных дисциплин, определена М.И. Рагулиной через описание ряда характеристик: объект, предмет, методы, компоненты и роль компьютера [108]. Опираясь на эту модель, уточним эти характеристики в учебных дисциплинах бакалавриата профиля «Прикладная информатика в социальных коммуникациях». При освоении математического и информационного циклов необходимо чтобы объект, предмет, методы, компоненты и роль компьютера в этих дисциплинах соответствовали специфике будущей профессиональной деятельности, а не были бы формальными и оторванными от жизни. В таблице 3 (стр.87) показана взаимосвязь дисциплин математического и информационного циклов в обучении студентов бакалавриата профиля «Прикладная информатика в социальных коммуникациях».

Здесь нельзя не отметить, что существуют определенные проблемы, связанные с междисциплинарными информационно-математическими связями. В качестве наиболее очевидной из них М.П. Лапчик, М.И. Рагулина и Е.К. Хеннер выделяют формально декларируемое родство математики и информатики в процессе математической подготовки, которое чаще всего не находит явного подтверждения. Поэтому студенты-информатики, изучая математические дисциплины, не склонны видеть в них часть своей профессиональной подготовки [67].

Это в полной мере относится и к математической подготовке будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика», а необходимость интеграции с дисциплинами прикладной области еще более осложняет для студентов возможность соотносить изучение математики с будущей профессиональной деятельностью.

Таблица 3. Взаимосвязь дисциплин математического и информационного циклов в обучении студентов профиля «Прикладная информатика в социальных коммуникациях».

	Математика	Информатика
Объект	социальные системы и процессы в них	информационные процессы в социальных системах
Предмет	математические модели	информационные процессы в их привязке к «носителю» - социальным коммуникациям
Методы	количественные, качественные, численные	алгоритмизация, информационное моделирование, распознавание образов
Компоненты	математические структуры	информационные модели
Роль компьютера	вычислительный эксперимент	выявление условий эффективного применения

Так, профиль подготовки «Прикладная информатика в социальных коммуникациях» готовит специалистов, способных, среди прочего, заниматься научными исследованиями в области приложения ИТ к социально-психологическим процессам. Для этого в базовую часть основной образовательной программы включены стандартные математические и специальные дисциплины («Математика», «Дискретная математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория систем и системный анализ», «Информатика и программирование», «Программная инженерия», «Операционные системы» и др.). Вариативная часть, как правило, содержит дисциплины, направленные на обучение автоматизации или программированию прикладной области («Интернет-программирование», «Управление разработкой ИС», «Моделирование бизнес-процессов», «Информационная диагностика социальных процессов» и др.), либо дисциплины прикладной области («Психология управления», «инженерная психология», «Методология социальных исследований» и др.). Названия дисциплин вариативной части говорят о том, что основной акцент в

учебном процессе делается скорее на практико-ориентированную будущую профессиональную деятельность. Заявленные в образовательных программах как формирующие научно-исследовательские компетенции дисциплины, ограничиваются, как правило, в базовой части математическим циклом, а в вариативной части – некоторыми узкими дисциплинами прикладной области.

М.И. Рагулина, рассматривая аналогичную проблему в подготовке будущих учителей физико-математического профиля, справедливо подчеркивает, что это обстоятельство связано не столько с существом дела, сколько с недостаточной продуманностью межпредметных связей, методик обучения как математическим, так и информационным дисциплинам, и оно требует осмысления и преодоления [108]. В нашем случае к необходимости интеграции математических и информационных дисциплин следует добавить и интеграцию с дисциплинами прикладной области – общей психологией, социальной психологией, конфликтологией и др. В современном информационном обществе научные исследования социально-психологических явлений немислимы без привлечения информационно-математического аппарата, поэтому это обстоятельство необходимо доносить до студентов.

#### *Математика в прикладной области*

Современному научному работнику необходимо в достаточной степени хорошо владеть и классическими, и современными методами исследования, которые могут применяться в его области. Для того чтобы успешно использовать математические методы при изучении того или иного вопроса, нужны не только необходимые для этого знания, но и способность правильно обращаться с математическим аппаратом, знать границы допустимого использования рассматриваемой математической модели. Л.Д. Кудрявцев при анализе целей обучения математике, обращает внимание на кажущуюся очевидность этого утверждения, ведь то, что происходит в реальной жизни, далеко не всегда согласуется с ним [64].



Направление подготовки «Прикладная информатика» готовит специалистов, работающих в различных предметных областях: в экономике, в юриспруденции, в гуманитарной области, в образовании и в др. областях. В зависимости от этого, в учебные планы магистратуры включаются дисциплины, соединяющие в себе специфику предметной области и математические знания. Например, для информатиков-юристов такими дисциплинами являются математическое моделирование в судебной экспертизе, вероятностные модели информационных систем в юриспруденции. Математическое моделирование экономических процессов - одна из дисциплин, изучаемых будущими информатиками-экономистами, математические методы в психологии – информатиками-психологами и т.п. Все эти дисциплины, изучаемые в магистратуре, подразумевают качественную математическую подготовку студента в бакалавриате. Поэтому уже на младших курсах у студента должно формироваться не только положительное отношение к дисциплинам математического профиля, но и понимание связи этих дисциплин с видами и областями профессиональной деятельности, которые предусмотрены ФГОС ВО.

Математическая подготовка студентов бакалавриата ИТ-направлений традиционно носит фундаментальный характер, анализ учебных планов вузов показал, что на нее отводится немалое количество часов, что совершенно естественно ввиду очевидной связи математики и информатики. Помимо приобретения теоретических знаний и умений выпускник должен быть способен применить их в своей профессиональной деятельности, т.е. обладать способностью математического моделирования. В связи с этим в базовых математических курсах, как правило, уделяется внимание приложениям математики в профессиональной области через решение учебных профессионально-направленных задач, подготовки докладов и рефератов на заданную тему и других видов работ. Но базовые математические дисциплины изучаются на младших курсах, что накладывает определенные ограничения на возможности освоения студентами

математических методов научного исследования прикладной области. Такая возможность освоить математическое моделирование носит скорее практико-ориентированный характер.

Кроме того, базовый курс математики дает представление о математическом моделировании процессов прикладной области лишь в рамках изучаемых на данный момент разделов и тем дисциплины. В таких условиях у студента слабо формируется способность выбора адекватного проблеме исследования математического аппарата, ведь он заранее определен темой учебного материала, в которой решается задача. Студентам потенциально ориентированным на научно-исследовательскую деятельность, особенно на старших курсах, необходимо глубже освоить математическое моделирование как метод научного исследования [92]. Для этого целесообразно вводить в учебный процесс вариативные курсы математической подготовки: для студентов направления «Прикладная информатика» – математическое моделирование процессов прикладной области.

Математическая подготовка, как справедливо отмечает В.И. Арнольд, прежде всего, подразумевает формирование умения математически исследовать явления реального мира [6]. Научные исследования и технологические разработки, связанные с приложениями ИТ, подразумевают исследования математических моделей процессов и явлений присущих области приложения ИТ (экономической, социально-психологической и др.). Как удобный инструмент в достижении этой цели метод математического моделирования активно использует компьютер, вследствие чего его все чаще называют информационно-математическим моделированием в научных исследованиях (но и не только) прикладной области. Эту эвристическую сущность математического моделирования представляется возможным использовать для исследования учебных задач.

Исследование какого-либо явления области приложения ИТ (и не только) математическими методами состоит из следующих действий:

- 1) на основе результатов эмпирического изучения явления строится его описание с выделением существенных характеристик;
- 2) это описание переводится на математический язык (строится математическая модель явления);
- 3) математическая модель исследуется с помощью математического аппарата;
- 4) полученное решение переводится на язык изучаемого явления и проверяется, насколько оно соответствует реальным условиям.

В этой схеме к математической науке относятся третье действие и отчасти второе. Однако при обучении математике студентов прикладных ИТ-направлений важно рассматривать все четыре действия, чтобы математические знания не остались лишь формальными знаниями. Указывая на проблему формализма математических знаний, А.Я. Хинчин обращает внимание на их бесполезность в формировании научного мировоззрения учащихся [143].

Таким образом, содержание вариативной части математической подготовки студента в бакалавриате направления «Прикладная информатика» определяется следующими задачами:

- студент учится строить математические модели процессов прикладной области;
- студент учится исследовать математические модели, что включает в себя: опыт построения гипотезы при изучении объекта; опыт доказательства (опровержения) выдвигаемых предположений; опыт научной рефлексии.

*Второй критерий - междисциплинарности*, определяет подход к построению содержания учебного материала математических курсов для студентов направления подготовки «Прикладная информатика» с точки зрения междисциплинарных связей математики с дисциплинами профессионального цикла (информационных и прикладной области).

Следуя В.А. Шершневой, будем понимать под междисциплинарной связью применение знаний по одной дисциплине в предметном поле другой, а реализацию этой связи как сложный трехэтапный процесс [155]. Так, реализация каждой из междисциплинарных связей («математика-информатика» и «математика - дисциплина прикладной области»), т.е. процесс применения знаний по математике при решении задачи из дисциплины области интеграции, включает этапы:

- построение междисциплинарной модели задачи (записи ее условия на языке математики);
- исследование модели и получение новых для студента математических знаний;
- интерпретация математических знаний в предметную область дисциплины области интеграции и получение в качестве решения задачи новых знаний из этой области.

Если используются знания нескольких дисциплин, в нашем случае это математика, информатика и, например, социальная психология, то соответствующие дисциплинарные модели строятся последовательно. Так, студент бакалавриата профиля «Прикладная информатика в социальных коммуникациях», исследуя процессы влияния в социальной группе, сначала строит математическую модель влияния на языке теории графов. Далее, для исследования этой модели, он применяет аппарат информатики, т.е. формирует и исследует другую модель - создает алгоритм для универсального нахождения решения (используя, например, пакет Mathcad) математической задачи, в которой могут меняться начальные условия (они же - данные в задаче влияния). В результате комплексного применения знаний получается описание механизма процесса влияния в социальной группе. В процессе формирования моделей у студента происходит осознание междисциплинарной связи.

Третий *критерий - научной значимости* определяет соответствие содержания учебного материала актуальным задачам современных научных исследований в прикладной области. Так, например, профиль подготовки «Прикладная информатика в социальных коммуникациях» готовит профессионалов, способных, среди прочего, заниматься научными исследованиями в области приложения ИТ к социально-психологическим процессам. В современном информационном обществе происходит множество социально-психологических явлений, связанных с использованием высокотехнологичных ИТ-продуктов, например, социальные сети в Интернете, разнообразные мобильные приложения, которые позволяют людям объединяться в группы и сообщества по разным признакам и т.п. Стремительное развитие компьютерных сетей и соответствующей инфраструктуры обусловили увеличение скорости доставки и обмена информации, а совершенствование работы с информацией становится, пожалуй, главным ресурсом современного общества [166].

Как указывает профессор ИПМ РАН Н.А. Митин, сегодня становится актуальным изучение взаимодействия информационных потоков с социальной средой, адаптации человека к жизни в таком «информатизированном» обществе [80].

Многие процессы существующие в новой социальной реальности до сих пор не получили удовлетворительного объяснения, поэтому изучение проблем социальной динамики - одна из актуальных задач современной социально-психологической науки, которая все больше привлекает информационно-математические модели для исследования этих процессов. Подобранные учебные задачи, описывающие некоторые из социальных феноменов, позволяют исследовать их на качественно новом для студентов уровне.

Для соответствия четвертому *критерию* содержания обучения - *учету индивидуальных особенностей студентов* – необходимо, чтобы учебный материал можно было адаптировать для студентов, проявившим интерес к

математическому моделированию. Известно, что учебная информация обладает трехсторонней сущностью: количественной, содержательной и стороной, отражающей уровень абстрагирования учебного материала. В учебном процессе количественная сторона информации связана с возможностями восприятия и пропускной способностью студента; содержательная – с его базовыми или прежними математическими знаниями; степень абстрагирования – с академическими уровнями познания (очевидно, что степень абстрагирования информации для аспиранта по математическим направлениям будет гораздо выше, чем для бакалавра нематематических направлений подготовки). Другими словами, учебный материал должен наращиваться не только «вширь», но и «вглубь», т.е. подбираться так, чтобы в нем нашлось место не только относительно типовым задачам, но и творческим, с возможностью выхода с ними на студенческие научные конференции.

Соответствие *пятому критерию - связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой* позволяет решить одну из упомянутых выше проблем в обучении математике, а именно, проблему формализма математических знаний. Анализ учебных программ по математике для студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» показал, что в базовую математическую подготовку включены следующие разделы математики: линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление функций одной и двух переменных, дифференциальные уравнения, дискретная математика, теория вероятностей, математическая статистика. Вариативный курс, направленный на формирование НИК бакалавра, должен включать учебные задачи и теоретический материал, использующие в качестве математического аппарата построения моделей перечисленные выше разделы математики.

Шестой критерий - *использование электронной образовательной среды вуза*, определяет содержание учебного материала, во-первых, доступным в электронных курсах (например, LMS Moodle); во-вторых, актуальным для

использования компьютерных математических пакетов (Mathcad, Maple и др.), программ (Master Function, GRaph INterface, SCG и др.) и языков программирования (C++ и др.). Преимущество использования электронного курса состоит в том, что он позволяет студенту работать над учебным материалом в индивидуальном темпе, что согласуется с принципом адаптивности нашей концепции. Описывая преимущества электронных курсов, О.Г. Смолянинова обращает внимание на большой потенциал учета индивидуальных возможностей и потребностей студентов, т.к. они (студенты) могут влиять на собственный процесс обучения, подстраивать его под свои предпочтения [120].

Сформулированные критерии отбора учебного материала легли в основу содержательного компонента нашей методики формирования НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике.

Здесь заметим, что в настоящее время еще продолжается дискуссия по поводу определения и сравнения понятий «методика обучения», «метод обучения», «система обучения». Методика, как подход к обучению, в большинстве случаев понимается как система методов и приемов по организации и проведению учебного процесса (В.М. Монахов, Э.Ф. Зеер, Н.В. Бордовская, Э.Г. Азимов О. Н. Игна и др). Следует отметить, что в современной научной литературе нередко можно встретить замену термина «методика обучения» на «технология обучения». В статье «Методика и технология обучения: понятийно-функциональное соотношение» О. Н. Игна дает подробный анализ причин существования различных научных точек зрения по этой проблеме и обозначает задачи методики по отношению к технологиям обучения [49]. Анализируя различные версии зачастую близких в педагогике понятий «методика» и «технология» автор обращает внимание, что в термин «технология» вкладывается учёт принципа технологичности в методической системе обучения, большая направленность на эффективный результат. Наличие системности, как в технологии, так и в методике

обучения может обуславливать замену этих понятий в научных работах на «систему обучения».

В «Большой советской энциклопедии» приводятся следующие значения термина «метод»:

1. Путь исследования или познания.
2. Совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретной задачи [14].

Таким образом, метод обучения есть путь достижения образовательных целей. Метод, согласно И.П. Подласому, всегда имеет определенную структуру, адекватно которой выполняются действия, в структуре методов обучения выделяются приемы, а так же объективная и субъективная части [105]. Прием — это составная часть метода, отдельный шаг в его реализации. Объективная часть метода является инвариантной, не зависящей от личности педагога, она включает дидактические положения, закономерности, принципы, а также постоянные компоненты целей, содержания, форм учебной деятельности. Субъективная часть метода инвариантна, поскольку зависит от личности педагога и студентов, особенностей профиля подготовки студентов, конкретных условий вуза.

Мы не ставим в нашем исследовании задачу уточнения и разделения этих терминов, для нас важно, что методика выступает организующим началом в проектировании деятельности преподавателя. Мы разделяем мнение коллектива авторов [17] о том, что эффективность конкретной методики зависит от степени ее технологичности, т.е. от способности вызвать нужный, желаемый, заранее спланированный педагогический результат.

Итак, в параграфе сформулированы критерии отбора учебного материала в обучении математике, направленного на формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»: соответствия содержания профилю обучения, междисциплинарности, научной значимости, учета



индивидуальных возможностей студентов, связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой, использования электронной образовательной среды вуза.

## **2.2. Междисциплинарный адаптивный модуль как средство реализации методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»**

Как было показано в первой главе, особенностью научно-исследовательской деятельности выпускников направления подготовки «Прикладная информатика является интегрирование знаний из различных научных дисциплин. По этой причине существует необходимость комплексного отражения математических знаний в информатике и в области приложения ИТ. Достижение этой интеграции знаний мы видим в междисциплинарных связях математики с дисциплинами профессионального цикла (информатика, психология, социология и др.). Наиболее полно реализовать эти связи можно междисциплинарном модуле, разработанном на основе предложенной в первой главе методической модели формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика».

Нами разработан междисциплинарный адаптивный модуль «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» для студентов бакалавриата прикладной информатики. Под *модулем* вслед за коллективом авторов [79] мы понимаем автономную организационно-методическую структуру учебной дисциплины, которая включает в себя дидактические цели, логически завершённую единицу учебного материала (составленную с учетом внутрипредметных и междисциплинарных связей), методическое руководство (включая дидактические материалы) и систему контроля. В процессе обучения математике, как обосновано Л.В. Шкериной,

междисциплинарные модули могут стать эффективным средством формирования исследовательской компетентности [160].

Модульный подход позволяет строить программу гибко ориентированную на индивидуальные потребности студентов [35], что соответствует заявленному в нашей методической модели *принципу адаптивности* формирования научно-исследовательской математической компетентности. Исходя из этого принципа, мы назвали такую учебную единицу *междисциплинарным адаптивным модулем (МAM)*. МAM «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» направлен на освоение математических методов научного исследования прикладной области - социальных коммуникаций. Модуль может быть реализован целиком как вариативный курс, в том числе и в системе электронного обучения (*LMS Moodle*), а кроме того, избранные части модуля можно встраивать в основной курс математики, чтобы мотивировать студентов на углубленное изучение математического моделирования. МAM размещен на сайте Сибирского федерального университета, режим доступа: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=8741>.

Цели модуля:

- освоение студентами методов информационно-математического моделирования социально-психологических процессов;
- понимание научного подхода к анализу изучаемых явлений.

В процессе обучения в рамках модуля студент осваивает исследовательские действия математического моделирования, такие как:

- определение предмета и цели моделирования;
- выбор аппарата моделирования;
- методы исследования модели (аналитические, численные, качественные);
- интерпретация и анализ результатов моделирования.

В нашем курсе студенты применяют математическое моделирование к социальным процессам, которые они изучают в рамках дисциплин по социальной психологии, социологии, что согласуется с заявленным принципом соответствия профилю подготовки. Среди них: влияние и власть, конфликты, доминирование, мобилизация. Используя базовые математические знания, полученные на младших курсах, студент освоит новые математические инструменты. Это позволит ему по-новому анализировать социально-психологические процессы, изученные ранее в дисциплинах гуманитарного блока.

На рисунке 4 показана содержательная область МАМ, представляющая собой пересечение дисциплин математики, информатики и социальной психологии. Это область определила подбор учебного материала вариативного курса для студентов направления «Прикладная информатика в социальных коммуникациях», нацеленного на формирование опыта математического моделирования прикладной области.



Рисунок 4. Содержательная область междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации»

Опираясь на эту содержательную область, в МАМ были включены следующие темы посвященных математическому моделированию процессов, имеющих место в социальных коммуникациях:

*1. Математическая модель распределения власти в социальных группах.*

*2. Моделирование процессов доминирования в социальных группах.*

В основе лежит теория социального доминирования - теория межгрупповых отношений, которая фокусируется на поддержании и обеспечении стабильности, иерархии в социальных группах.

*3. Математическая модель конфликтов в социальных группах.*

Конфликтное поведение в социальных коммуникациях, как правило, является спутником различных эмоциональных проявлений индивидуумов. Рассмотрение эмоций и практического применения знаний о них часто встает в вопросах социальной психологии. В современной теории эмоций положительные и отрицательные эмоции трактуются как противоположные, и человек в каждый момент может находиться либо в радостном, либо в подавленном эмоциональном состоянии.

*4. Моделирование процессов влияния в социальных группах.*

В социальной психологии при рассмотрении динамических процессов в малых группах уделяется внимание эффектам влияния, которое члены группы способны оказывать друг на друга, в том числе авторитетные или наделенные полномочиями люди. Феномен влияния проявляется в процессах групповой сплоченности, таких как выработка групповых мнений, правил, ценностей, норм; в процессах лидерства и руководства, в процессах принятия групповых решений, в процессах группового давления и др. В этой теме рассматриваются математические модели таких процессов.

Следующие две темы посвящены моделям доминирования (социометрическим матрицам):

*5. Математическая модель процессов мобилизации в социальных группах.*

Рассматриваются математические модели этого процесса, используя рекуррентные соотношения. Под термином «социальная мобилизация» в психологии понимается процесс вовлечения людей в партию или в число ее сторонников, обращение в какую-либо веру, участие в каком-нибудь движении (экология, борьба с курением и т.д.). Текущий уровень мобилизации связан с прошлым уровнем, а будущая мобилизация зависит от того, насколько успешно работает сегодняшняя пропаганда.

Каждая тема содержит теоретический материал, примеры решения задач, в том числе с применением математического пакета Mathcad, «задач-конструкторы» для самостоятельного решения, описывающие данный процесс (описание «задач-конструкторов» следует далее в этом параграфе на стр. 16).

На рисунке 5 (стр.102) показано применение тем и разделов базовой математической подготовки в содержании учебного материала модуля.

Междисциплинарный адаптивный модуль реализуется на 2-3 курсе как вариативный курс. Общая трудоемкость модуля составляет 1,5 зачетные единицы (54 часа), из которых 24 часа отводится на аудиторную работу, а 30 - на самостоятельную работу.

Содержательная составляющая модуля, во-первых, ориентирована на психолого-педагогические теории и технологии, направленные на развитие личности студентов (имеется большое количество нестандартных заданий творческого характера); во-вторых, в нем уделяется внимание формированию научной рефлексии (в разобранных примерах анализируются адекватность математической модели реальным процессам); в-третьих, модуль позволяет осуществлять дифференцированный подход в обучении, т.к. каждый студент может работать на приемлемом для него уровне сложности, используя соответствующий учебный материал. С этой целью задачи для самостоятельного решения представлены в виде «задач-конструкторов», наиболее сложные задачи носят творческий характер, некоторые задачи совсем не просты и могут стать темами курсовых работ.

Рисунок 5. Связь тем и разделов базовой математической подготовки в содержании учебного материала МАМ



В МАМ рассмотрены некоторые подходы к построению математических моделей социальных коммуникаций в малых и больших группах. Процесс математического моделирования можно разделить на четыре этапа: сбор сведений об изучаемом явлении, формулировка этих сведений на языке математики (составление модели), исследование при помощи выбранного математического аппарата полученной модели, интерпретация результата на языке реального мира. Природа математического моделирования циклична, это означает, что этапы моделирования часто приходится повторять, возвращаясь к более ранним этапам ввиду выявленных недостатков, неточностей модели. Все это говорит о том, что в этом процессе решающую роль играет творчество, интуитивное искусство создания модели.

Отдельно остановимся на соответствии содержания учебного материала в МАМ «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» критерию научной значимости, который был обоснован в параграфе 2.1. Развитие информационного общества повлекло за собой значительное усложнение социальной реальности, одним из проявлений которого стало возникновение и развитие качественно нового типа социальных коммуникаций, которые требуют современных научных подходов к их изучению. Социальная коммуникация лежит в основе динамических процессов в группах. Эти процессы представляют собой совокупность психологических изменений, происходящих в группе за время ее существования. К важнейшим динамическим процессам относятся: образование малых и больших групп, их развитие (включающее этапы образования группы, функционирования, развития, стагнации, регресса, распада), процессы групповой сплоченности (выработка групповых мнений, правил, ценностей, норм), процессы лидерства и руководства, процессы принятия групповых решений, процессы группового давления и влияния людей друг на друга в группе. Для исследователя важно не только понять механизм функционирования социальных коммуникаций, но и

формализовать описание этого механизма. Математика дает для этого широкие возможности, а использование современных компьютерных технологий существенно облегчает этот процесс.

Исследование модели может осуществляться следующими методами:

- аналитическим, когда стремятся получить в общем (аналитическом) виде явные зависимости для искомых характеристик в виде определенных формул;

- численным, когда, не имея возможности решать уравнения в общем виде, стремятся получить числовые результаты при тех или иных конкретных начальных данных (например, с помощью компьютера);

- качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые его свойства [92].

Следует отметить, что математическое моделирование социально-психологических процессов имеет определенные сложности, и поэтому еще недостаточно активно внедряются в учебный процесс. Анализ учебных программ по математическому моделированию социальных процессов содержат в основном теоретический материал, в то время как студенту важно самому научиться применять математический аппарат, а для этого в учебных программах обязательно должны быть включены задачи и лабораторные работы для самостоятельного решения. Заметим, что в западных университетах учебные пособия по математике для студентов, изучающих поведенческие науки (социология, психология, педагогика и др.), включают подобные задачи, свидетельством чему являются, например, учебники авторов Дж. Кемени, Дж. Снелла [52] и Ф.С. Робертса [110].

Таким образом, отбор содержания и методического обеспечения междисциплинарного адаптивного модуля соответствует заявленным в параграфе 2.1 критериям, учитывает форму организации учебного процесса – аудиторная и самостоятельная работа, доступность используемых программных продуктов (пакет Mathcad полностью отвечает требованиям



учебного МАМ), индивидуальные особенности в уровне подготовленности студентов. Рабочая программа модуля приведена в Приложении А.

Наша методика предполагает реализацию МАМ для формирования научно-исследовательской компетентности в качестве вариативного курса в рамках математических дисциплин. Каждая тема МАМ содержит теоретический материал, примеры решения задач, в том числе с применением математического пакета Mathcad, а так же специально разработанные учебные «задачи-конструкторы» для самостоятельного решения, которые в нашей методике являются основным средством формирования научно-исследовательской компетентности.

Рассмотрим теперь подробнее формы, средства и методы и обучения математике, способствующих формированию НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика». Они определяются с учетом выделенных дидактических принципов формирования НИК, опираясь на разработанные критерии отбора содержания.

К *формам* обучения, ориентированным на формирование научно-исследовательской компетентности в обучении математике будущих бакалавров прикладной информатики, относятся: лекция, индивидуальная и групповая самостоятельная работа студентов, лабораторная работа, индивидуальная работа со студентами, практическое занятие. Заметим, что следует обращать внимание на вопросы, которые возникают у студентов при решении задач в процессе выполнения самостоятельной и лабораторной работы, поскольку наличие вопросов, их характер и частота во многом позволяет преподавателю развивать и усовершенствовать «задачи-конструкторы».

В качестве примера рассмотрим проблемную лекцию с последующей лабораторной работой, в которой исследуется математическая модель, описывающая один из социально-психологических феноменов.

### **Пример 1.**

*Лекция. Математическая модель влияния в социальных группах*

1. Тема лекции известна студентам. Проблемная лекция может быть эквивалентна адекватной системе вопросов, получив ответы на которые актуализируются как уже имеющиеся знания, так и появляются новые.

Пусть группа, состоящая из  $n$  участников  $u_1, u_2, \dots, u_n$ , должна принять некоторое решение, например, выделить определённую сумму денег на рассматриваемый проект. В начальный момент времени  $t=0$  у всех участников группы имеются определённые мнения, и предполагается, что мнение участника группы  $u_i$  выражается некоторым неотрицательным действительным числом  $a_i$ . Каждый участник группы обладает определённым влиянием на других её членов и на самого себя. Нас интересует, при каких условиях существует групповое решение, и каким это решение может быть. Под групповым решением будем понимать одинаковое у всех членов группы общее финальное мнение, полученное в процессе их взаимодействия.

Цель лекции состоит в построении студентами математической модели, описывающей ситуацию взаимных влияний в группе.

2. Студенты осознают, что сначала необходимо формализовать задачу, т.е. записать условие на языке математики, таким образом, стимулируется мотивационный компонент компетенций фазы проектирования КП-1 (осознает цель выдвижения гипотезы и КП-2 (осознает значимость математического моделирования для прикладной области.). Для этого введем переменные и выберем удобный математический аппарат. Потребуется знания алгебры матриц, теории графов.

3. Пусть для любых  $i$  и  $j$  неотрицательное число  $p_{ij}$  обозначает нормированный коэффициент влияния члена  $u_j$  на члена  $u_i$ , т.е.

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \quad (1)$$

(сумма коэффициентов влияния всех членов группы на члена  $u_i$  равна 1).

Иными словами, матрица

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

стохастическая, т.е. все её элементы неотрицательны и сумма элементов в каждой строке равна 1.

Ситуацию взаимных влияний в группе очевидным образом можно представить в виде взвешенного ориентированного графа  $D$ . Будем его называть *орграфом влияний* в группе. Пример такого графа показан на рисунке 6.

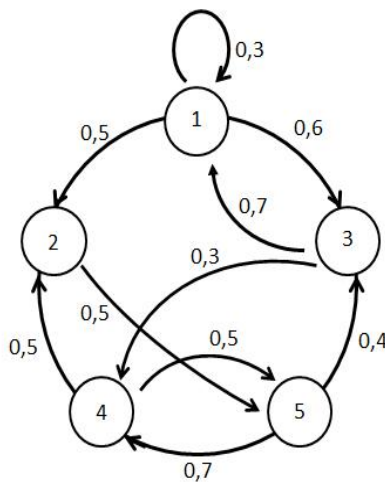


Рисунок 6. Пример орграфа влияний

4. Преподаватель предлагает определить условия, при которых будет строиться математическая модель. С одной стороны, эти условия должны достаточно адекватно отражать суть исследуемого явления; с другой стороны, эти условия адекватны по сложности уровня учебной задачи. Таким образом, эта проблемная ситуация стимулирует освоение компетенций

технологической фазы КТ-3 (способность применения аппарата моделирования) и КТ-5 (способность осуществлять интерпретацию результатов моделирования на языке прикладной области).

Студенты приходят к целесообразности выполнения следующих условий:

- 1) дискретность: процесс происходит в дискретном времени  $t = 0, 1, 2, \dots$ ;
- 2) стационарность: коэффициенты влияния  $p_{ij}$  постоянны, т.е. не зависят от  $t$ ;
- 3) условие линейности:

$$a_i(t+1) = \sum_{j=1}^n p_{ij} a_j(t) \quad (3),$$

т.е. мнение члена  $u_i$  в момент времени  $t+1$  есть взвешенная сумма мнений  $a_j(t)$  в момент времени  $t$  всех членов группы.

5. Таким образом, исследовательская задача поиска условий существования группового решения, на языке математики звучит так: существуют ли и одинаковы

$$\lim_{t \rightarrow \infty} a_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

6. Соотношения удобно представить в матричной форме

$$a(t+1) = Pa(t), \quad (4)$$

где

$$a = \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ \vdots \\ a_n(t) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

Используя свойства ассоциативности умножения матриц студенты могут получить решение рекуррентного соотношения (4):

$$a(t) = P^n a(0) \quad (7)$$

7. Групповое решение, если оно существует, есть  $\lim_{n \rightarrow \infty} P^n a(0)$ . Но искать этот предел непосредственно трудно и нецелесообразно. Для преодоления этого неудобства студенты самостоятельно знакомятся с выводом теорем из [110]:

*Теорема 1. Если орграф влияний  $D$  сильно связный и содержит, по крайней мере, одну петлю, то члены группы достигают финального общего т.е. групповое решение существует. Это решение есть скалярное*

*произведение*  $a(0) \cdot \mathbf{w} = \sum_{i=1}^n a_i(0) w_i$  *вектора начальных мнений членов группы на вероятностный вектора  $\mathbf{w}$ , соответствующего стационарной точке матрице цепи Маркова, описывающей обращённый граф  $S(D)$ .*

*Теорема 2. Матрица с неотрицательными элементами тогда и только тогда является стохастической, когда она имеет единицу своим собственным числом и ему соответствует собственный вектор, все координаты которого равны 1.*

В нашем случае вектор  $\mathbf{w}$  это просто собственный вектор транспонированной матрицы  $P^T$ , отвечающий собственному значению 1 и

условию  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .

Действия, которые выполняют студенты в пунктах 5-7, направлены на освоение компетенций технологической фазы КТ-3 (способность применения аппарата моделирования), КТ-4 (способность проводить компьютерный

эксперимент) и КТ-5 (способность осуществлять интерпретацию результатов моделирования на языке прикладной области), а так же на освоение компетенции КР-6 (способность соотносить полученные результаты исследования с целью и гипотезой исследования) рефлексивной фазы.

8. Компьютерный эксперимент. Студенты задают произвольные значения  $a$  и  $b$  из интервала  $(0;1)$  и вектор начальных мнений. Затем исследуют существование группового решения, проводя компьютерный эксперимент с использованием пакета MathCad. Выполняемые действия направлены на освоение компетенции КТ-4 (способность проводить компьютерный эксперимент) технологической фазы и КР-6 рефлексивной фазы.

Зададим произвольные значения  $a$  и  $b$  из интервала  $(0;1)$ . Пусть, например,  $a = 0,5$  и  $b = 0,3$ . Произвольным образом зададим вектор начальных мнений, например,  $a(0) = \begin{bmatrix} 2 \\ 7 \end{bmatrix}$ . Составим стохастическую матрицу  $P = \begin{bmatrix} a & 1-a \\ 1-b & b \end{bmatrix}$ .

Исследуем существование группового решения, проводя компьютерный эксперимент с использованием пакета Mathcad (рисунок 7 на стр. 111). Возводя матрицу  $P$  во вторую, третью и т.д. степени, студенты убеждаются, что процесс стабилизируется уже на седьмом шаге. Групповое решение

$$P^7 \cdot a(0) = \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix}$$

Преподаватель предлагает посмотреть, что произойдет с полученным вектором мнений при еще одной итерации:

$$P \cdot \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix}.$$

Mathcad - [v1-11]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Обычный Arial 10

Мой веб-узел

Пример. (Используем пакет MathCad)

$a := 0.5$     $b := 0.3$

$A_0 := \begin{pmatrix} 2 \\ 7 \end{pmatrix}$  - вектор начальных мнений.    $P := \begin{pmatrix} a & 1-a \\ 1-b & b \end{pmatrix}$  - стохастическая матрица.

$0 < a < 1$ ,    $0 < b < 1$ .

$P^3 = \begin{pmatrix} 0.58 & 0.42 \\ 0.583 & 0.417 \end{pmatrix}$     $P^7 = \begin{pmatrix} 0.583 & 0.417 \\ 0.583 & 0.417 \end{pmatrix}$     $P^8 = \begin{pmatrix} 0.583 & 0.417 \\ 0.583 & 0.417 \end{pmatrix}$     $P^{25} = \begin{pmatrix} 0.583 & 0.417 \\ 0.583 & 0.417 \end{pmatrix}$

Компьютерный эксперимент показывает, что процесс стабилизируется уже на 7-м шаге. При этом ожидаемое групповое решение есть, например,

$$P^{11} \cdot A_0 = \begin{pmatrix} 4.083 \\ 4.083 \end{pmatrix}$$

Посмотрим, что произойдет с полученным вектором мнений при ещё одной итерации

$$P \cdot \begin{pmatrix} 4.083 \\ 4.083 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.083 \\ 4.083 \end{pmatrix}$$

Он остался прежним! И это не удивительно, ибо он является собственным вектором матрицы  $P$ , отвечающим собственному значению 1.

С другой стороны, для нашего примера выполнены все условия теоремы. Значит групповое решение существует. Найдём его по теореме 5.17, используя пакет MathCad.

Находим собственный вектор матрицы  $P$ , отвечающий собственному значению 1:

$$h := \text{eigenvec}(P^T, 1) \quad h = \begin{pmatrix} 0.814 \\ 0.581 \end{pmatrix}$$

Нормируем его в смысле 1-нормы Гельдера, т.е. находим вероятностный вектор:

$$\sum h = 1.395 \quad w := \frac{h}{\sum h} \quad w = \begin{pmatrix} 0.583 \\ 0.417 \end{pmatrix}$$

Находим групповое решения как скалярное произведение:

$$w \cdot A_0 = 4.083$$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

Рисунок 7. Компьютерный эксперимент

Вектор остался прежним, поскольку он является собственным вектором матрицы  $P$ , отвечающим собственному значению 1.

С другой стороны, в этом примере выполнены все условия теоремы 1, значит, групповое решение существует. Студенты находят его, используя пакет Mathcad (рисунок 7).

Находим групповое решение как скалярное произведение  $w \cdot a(0)$  и получаем тот же результат 4,083.

9. Этап научной рефлексии - обсуждение полученной модели - направленный на освоение компетенции КР-6 рефлексивной фазы научного исследования (способность соотносить полученные результаты исследования с целью и гипотезой исследования).

Насколько наша модель адекватна реальному процессу в жизни? Смысл теоремы состоит в том, что если каждый участник группы влияет на любого другого участника непосредственно или транзитивно (через других участников), и хотя бы один участник влияет сам на себя, то групповое решение достигается. Почему же тогда мы наблюдаем в реальной жизни, что довольно часто не могут договориться люди в каких-то ситуациях? Для того, чтобы помочь студентам ответить на подобные вопросы, преподаватель предлагает вернуться к началу построения модели и проанализировать ее с точки зрения ее адекватности реальному процессу. Прежде всего, нарушены условия теоремы. Например, зависят от  $t$  коэффициенты влияния или не выполнены условия линейности. Последнее неудивительно и в общем случае. Даже в технических, а тем более в социальных процессах, линейные модели весьма условно способны описать их.

К *средствам обучения*, направленным на формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров прикладной информатики относятся: междисциплинарные учебные задачи, тесты, прикладные компьютерные программы, электронный курс, Интернет-ресурсы, библиотечные фонды.

Остановимся подробнее на основном средстве формирования научно-исследовательской компетентности - специально разработанных междисциплинарных учебных «задачах-конструкторах», для решения которых студент использует математическое моделирование как метод научного исследования.

По нашему мнению, для формирования научно-исследовательской компетентности, процесс решения учебной междисциплинарной задачи должен давать возможность студенту исследовать изучаемое в ней явление



«со всех сторон», а не просто в рамках формулируемого условия и вопроса. Для этого необходимо, чтобы задача была гибкой с точки зрения ее структуры, и именно прикладной контекст социальной психологии дает такую возможность. Мы назвали такой тип задачи - «задача-конструктор».

*Определим «задачу-конструктор», как специально разработанную междисциплинарную учебную задачу, обладающую потенциалом трансформации, при которой вариация условий задачи приводит к качественно иному результату. Процесс решения учебной «задачи-конструктора» предполагает отражение логики фаз научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной) и освоение соответствующих этим фазам компетенций КП, КТ и КР бакалавра прикладной информатики. «Задача-конструктор» является основной единицей учебной математической деятельности будущего бакалавра прикладной информатики, направленной на формирование научно-исследовательской компетентности.*

Комплекс «задач - конструкторов», отвечающий разработанным критериям отбора (научной значимости, соответствия профилю подготовки, междисциплинарности, связи с базовой математической подготовкой, учета индивидуальных особенностей студентов, использование электронной образовательной среды вуза), направлен на освоение математических методов научного исследования прикладной области и является средством формирования НИК студента.

Основное отличие учебной задачи от других задач (например, профессиональной задачи) состоит в том, что ее целью является изменение субъекта деятельности. В нашей методике, решая такие «задачи-конструкторы», студент развивает свои личные качества, направленные на готовность применить математические методы в научных исследованиях и разработках, связанных с приложениями ИТ, а значит, задачи достигают своей цели. Важнейшее достоинство такой учебной задачи в том, что через

нее студент осознает цель учебной математической деятельности, а это, в свою очередь, повышает и мотивационную составляющую обучения.

Рассмотрим подробнее особенности структуры и содержания «задач-конструкторов».

Учебная задача является единицей учебной деятельности, которая и должна выстраиваться как система учебных задач (А.Н. Леонтьев, Д.Б. Эльконин, В.В. Давыдов, Г.А. Балл). Элементы учебной задачи рассмотрены в работах П.К. Анохина, Г.А. Балла, Л.М. Фридмана и др. Согласно П.К. Анохину, в учебной задаче присутствуют два обязательных элемента, называемые «данное и искомое», «условие и требование» [4]. Г.А. Балл определил эти элементы через состояние предмета задачи: предмет в исходном состоянии и модель его требуемого состояния [11].

Логическая структура учебной математической задачи подробно рассмотрена в работе Л.М. Фридмана «Теоретические основы методики обучения математике» [141], где им выделены следующие части:

- предметная область (совокупность всех объектов, которые рассматриваются в задаче);
- отношения и связи объектов (количественные и качественные характеристики);
- требование или вопрос задачи (нахождение искомой характеристики, искомого отношения, построение объекта, доказательство утверждения и т.п.).

Опираясь на этот состав, мы разработали структуру «задачи-конструктора», в которую заложена возможность трансформирования задачи. Трансформация основного блока (т.е. исходной задачи) «задачи - конструктора» происходит в соответствии со следующими положениями:

- *предметная область задачи не изменяется.* Это могут быть объекты какого-то процесса социальной коммуникации, например, группа людей, результаты матча и т.п.;

- *отношения и/или связи объектов могут изменяться. Известное отношение может стать неизвестным или искомым, оно может качественно или количественно измениться;*
- *требование или вопрос задачи может изменяться.*

На рисунке 8 представлена эта структура, состоящая из основного блока и блоков-надстроек.

Основной блок	Надстройки			
Предметная область				
Отношения и связи	Отношения и связи - 1	Отношения и связи - 2	Отношения и связи - 3	...
Требование, вопрос	Требование, вопрос (А)	Требование, вопрос (В)	Требование, вопрос (С)	...

Рисунок 8. Структура «задачи-конструктора».

Результатом трансформации основного блока «задачи - конструктора» становятся вариации исходной задачи (блоки-надстройки), например, как показано на рисунке 9.

Предметная область
Отношения и связи - 1
Требование, вопрос (В)

Рисунок 9. Пример вариации задачи (блоки-надстройки)

Заметим, что сложность основной задачи при этом может измениться как «вширь», так и «вглубь». В первом случае задача сохраняет прежний уровень сложности, но позволяет исследовать объект или объекты с другой

стороны, в ином качестве. Во втором случае вариация исходной задачи приобретает идейную и/или техническую сложность. Идейная сложность заключается в поиске способа решения задачи, а техническая в реализации выбранного способа решения.

Поскольку в научном исследовании всегда имеет место проблемная ситуация, учебные междисциплинарные «задачи-конструкторы» так же являются проблемными по своему содержанию, поскольку в их основе заложено отношение между усвоенным и усваиваемым знанием [75]. В педагогической литературе (например [72]) есть указание на ряд особенностей при решении проблемных ситуаций в обучении математике, рассмотрение которых дает основание полагать, что «задача-конструктор» обладает дидактическим потенциалом освоения студентом научно-исследовательских компетенций. Среди этих особенностей наличие шагов «закрытого» и «открытого» решения проблемы. Под «закрытым» решением проблемы понимается использование известных знаний, способов решения, а когда происходит отказ от них (по причине недостаточности этого ресурса), происходит расширение области поиска новых способов решения - «открытое» решение проблемы. В этих условиях, как отмечает К.Н. Лунгу, человек ищет в различных источниках связи, не имевшие прямого отношения к решению проблемы. Если способ решения проблемы найден, то он будет в дальнейшем служить как новый метод для решения подобных проблем.

Рассмотрим примеры «задач - конструкторов», раскрывая методические особенности блоков-надстроек.

**Пример 2. (Тема «Моделирование процессов влияния в социальных группах»)**

**Основной блок задачи:**

*Рассмотрим высший уровень управления некоторой компанией. Известно, что на мнение ее президента в равной степени влияют мнения двух его первых вице-президентов и его собственное. Один из первых вице-президентов (вице-президент-1) формирует свое мнение лишь на основе*

*мнения руководителя. Другой первый вице-президентов (вице-президент-2) придает одинаковый вес своему собственному мнению и мнению двух вторых вице-президентов. Наконец, оба вторых вице-президента находятся под влиянием лишь своих собственных мнений. Кто пользуется реальной властью в этой группе, т.е. кто в действительности влияет на групповое финальное мнение? Придет ли группа к финальному общему мнению при следующих начальных мнениях (если придет, то каково оно?):*

*Президент = 10,*

*первый вице-президент-1 = 20,*

*первый вице-президент-2 = 20,*

*второй вице-президент-1 = 100,*

*второй вице-президент-2 = 100.*

*Что произойдет, если второй вице-президент изменит свое мнение на 200?*

Предметная область этой задачи состоит из пяти объектов - участников группы. Эти объекты имеют в задаче явно заданные характеристики – начальные мнения, а так же некоторые неявно заданные характеристики – влияние в группе. Неизвестные характеристики объектов в задаче – это искомые и промежуточные, т.е. нахождение которых в тексте задачи не требуется, но они нужны для поиска искомого. Искомыми характеристиками являются финальное мнение группы и наибольшее влияние в группе, промежуточными, например взвешенная сумма начальных мнений.

В процессе решения задачи студент определяет предмет моделирования (освоение компетенции фазы проектирования КП-2), выбирает и применяет адекватный математический аппарат (освоение компетенции технологической фазы КТ-3). Решение этой задачи предполагает использование математического аппарата теории графов и векторной алгебры. Чтобы записать условие задачи на языке математики удобно изобразить ее условие в виде орграфа влияний (рисунок 10).

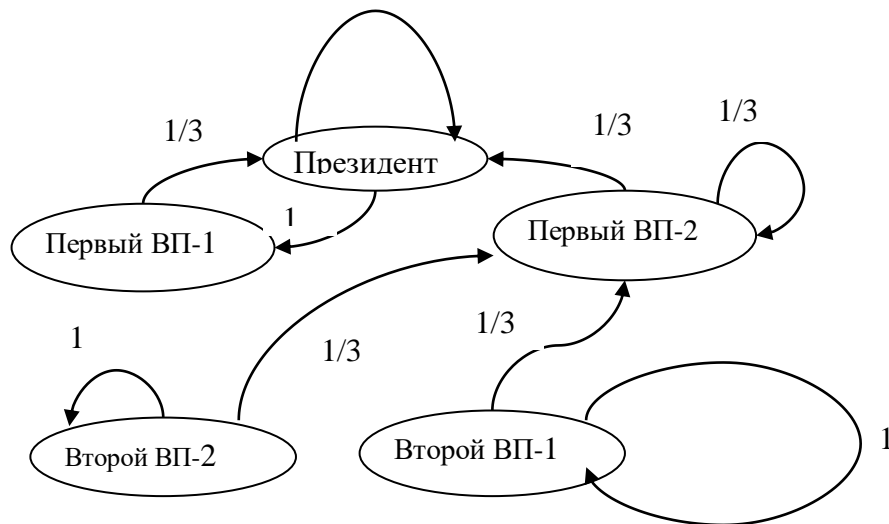


Рисунок 10. Орграф влияний к примеру 2

Решение задачи предполагает на первом этапе составление матрицы орграфа влияний, нахождение вероятностного собственного вектора, нахождение взвешенной суммы начальных мнений. На втором этапе решения проводится компьютерный эксперимент (освоение компетенции технологической фазы КТ-4), т. е. вектор начальных мнений умножается на матрицу влияний столько раз, пока не произойдет стабилизация вектора мнений. Изменив начальные мнения одного из участников, уже по специальной формуле из приложения теории графов следует найти финальное мнение группы. Компьютерное моделирование поставленной задачи студенты осуществляют, работая в математическом пакете MathCAD (рисунок 11, стр.119). Почти каждая математическая операция в задаче предполагает интерпретацию результата на языке социальной психологии, и анализ адекватности полученной модели, т.е. освоение компетенций технологической фазы КТ-5 и рефлексивной фазы КР-6.

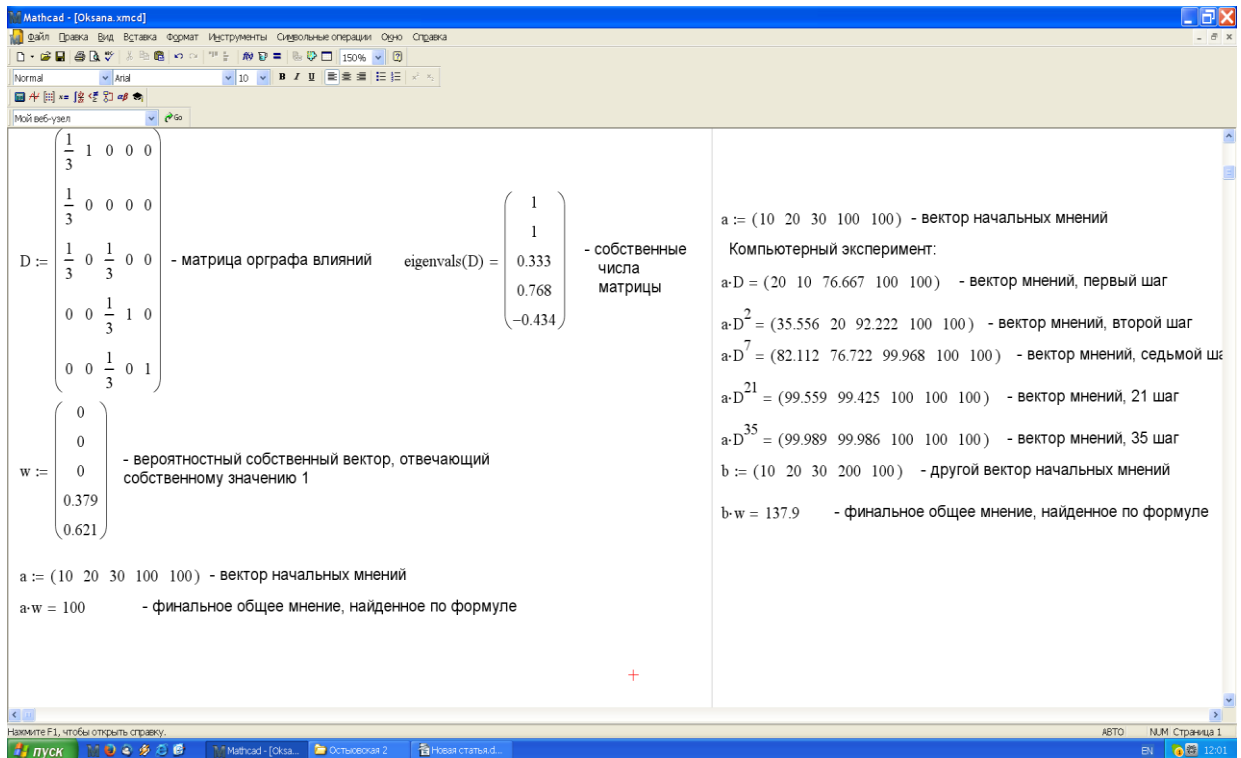


Рисунок 11. Компьютерное моделирование к примеру 2

**Блоки-надстройки**, в которых изменены связи и вопрос основного блока задачи:

Блок 1 (сохранен прежний уровень сложности):

*Задача внешнего управления: возможно ли и как изменить коэффициенты влияния для достижения желаемого финального мнения группы?*

Пояснение. Решение этой задачи предполагает использования того же математического аппарата, выполнение тех же математических действий, что и основная задача, поэтому ее трансформация в задачу внешнего управления (блок 1) привела к новой задаче, но уровень сложности остался прежним.

Блок 2 (техническая сложность). *Задача устойчивости: насколько устойчиво финальное мнение группы к небольшим изменениям коэффициентов влияния?*

Пояснение. Техническая сложность этой задачи обусловлена тем, что для ее решения требуется проводить дополнительный компьютерный

эксперимент, чтобы иметь возможность варьировать коэффициенты и отслеживать изменение группового финального мнения (скалярное произведение вектора начальных мнений на вероятностный вектор).

Блок 3 (идейная сложность). *Задача рассогласования системы извне: как изменить коэффициенты влияния, чтобы финальное мнение было недостижимым?*

Пояснение. Идейная сложность этой задачи заключается в поиске другого подхода к ее решению. Один из вариантов может быть в сознательном нарушении условий теоремы, положенной в теоретическую основу построения модели. Для этого студент должен достаточно глубоко вникнуть как в это условие, так и в основные определения, составляющие теоретический подход к решению. Другой вариант решения может опираться на подход к решению задачи со стороны социальной психологии, для чего студент может придумать такую матрицу влияний и вектор начальных мнений, чтобы ответить на поставленный вопрос. В этом случае важна интуиция и творческий поиск студента.

**Пример 3. (Тема «Моделирование процессов доминирования социальных группах»)**

**Основной блок задачи:**

*Матч между четырьмя игроками дал следующие результаты:*

*Семён выиграл у Бориса и у Дмитрия;*

*Дмитрий выиграл у Бориса;*

*Тимофей выиграл у Семёна, у Бориса и у Дмитрия.*

*Путём нахождения ранга каждого игрока разделите между ними первое, второе, третье и четвёртое места. Согласуется ли такое разделение с вашим интуитивным представлением о справедливости распределения мест?*

**Блоки-надстройки:**

Блок 1 (прежний уровень сложности). *Попробуйте применить в предыдущей задаче  $q$ -ранг так, чтобы распределение игроков по местам*



изменилось. (Значение параметра  $q$  должно устанавливаться до начала состязаний, в противном случае возможно манипулирование результатами).

Блок 2 (прежний уровень сложности). *Найдите все существенно различные типы отношений (неизоморфные орграфы) доминирования среди четырёх индивидуумов.*

Блок 3 (техническая сложность). *Используя результат предыдущей задачи, докажите, что если о результатах матча между четырьмя игроками судить по рангам игроков, то случится одно из двух: либо разные игроки займут разные места, либо одно место (первое или второе) разделится между тремя игроками. Попробуйте применить  $q$ - ранг.*

Блок 4 (идейная сложность). *При большом количестве участников язык теории графов становится неудобным. В то время как матричный язык с применением компьютера вполне справляется с задачей. Используя условия в определении отношения доминирования, предложите экономичный алгоритм (программу) заполнения матрицы доминирования.*

В качестве программного средства, используемого для решения задач, нами выбран пакет Mathcad, как доступное и уже знакомое студентам по основному курсу математики программное средство, которое не требует временных затрат для первичного ознакомления с ним.

Комплекс «задач-конструкторов» включен в авторское учебно-методическое пособие «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» и в одноименный электронный курс в среде Moodle, размещенный на сайте Сибирского федерального университета.

Рассмотрим *методы* реализации нашей методики, приведем примеры. В рамках вариативного курса математики, направленного на формирование научно-исследовательской компетентности, целесообразно применять комбинацию *активных* методов: проблемного обучения, включающего дискуссии, метод проектов; операционные игры («Научная конференция», «Соревнование»).

Проблемные методы в обучении основаны на создании проблемных ситуаций, деятельной позиции обучающихся, состоящей в поиске и решении таких вопросов, которые требуют актуализации знаний, анализа. В проблемном обучении предполагается создание под руководством преподавателя проблемных ситуаций, которые необходимо разрешить учащимся в активной самостоятельной деятельности [78]. Теоретические основы проблемного обучения заложены в работах И. Я. Лернера, Т.В. Кудрявцева, Ю.К. Бабанского, А.М. Матюшкина, В. Оконя и др. Учебная *дискуссия*, как один из методов проблемного обучения, используется для решения какой-либо проблемной задачи или спорного вопроса. Дискуссия способствует формированию у студента аргументировать и обосновывать, используя математический язык, критически воспринимать информацию.

При выполнении *проектного задания* студенты приобретают умения, которые будут иметь разные уровни сформированности, в зависимости от индивидуальных особенностей. Э.Ф. Зеер относит к ним следующие: понимание сути задачи и требований к представлению результата, планирование действий, выполнение обобщенного алгоритма проекта, внесение коррективов, конструктивное обсуждение результатов и проблем на каждом этапе проекта, самостоятельный поиск необходимой информации, выполнение необходимых расчетов и их наглядное представление (графики, схемы и т.п.), понимание критериев оценки проекта и процедуры публичной защиты [40]. Проектировочная деятельность студентов в нашей методике в комплексной организации в значительной степени соответствует реальной научно-исследовательской деятельности. В нашей методике студенты выполняют проект «Научная статья», направленный на приобретение знаний, умений и опыта в написании письменной работы научно-исследовательского характера. Основной задачей проекта является усвоение этапов составления и оформления научной статьи с использованием математического аппарата. В работе Н.В. Матяш выделены три этапа выполнения проекта в процессе

обучения: организационно-подготовительный, технологический, обобщающий [76]. В соответствии с этими этапами в таблице 4 приведены характеристики деятельности студентов при выполнении проекта «Научная статья» и осваиваемые им научно-исследовательские компетенции, а так же действия преподавателя.

Таблица 4. Характеристики деятельности студентов и преподавателя при выполнении проекта «Научная статья».

	<b>Организационно-подготовительный</b>	<b>Технологический</b>	<b>Обобщающий</b>
<b>Действия студента</b>	принимает требования к выполнению проекта; выбирает тему проекта; подбирает необходимую литературу, формулирует актуальность проблемы; определяет основные параметры математической модели; определяется с выбором математического аппарата.	составляет и исследует математическую модель; подбирает и использует ИКТ для исследования модели; выполняет компьютерный эксперимент; оценивает полученный результат; устраняет ошибки, недочеты.	анализирует достоинства и недостатки модели; оформляет проект в соответствии с установленными требованиями; делает доклад, отвечает на вопросы
<b>Действия преподавателя</b>	раскрывает требования к выполнению проекта и критерии оценки; консультирует по выбору темы; проверяет адекватность параметров модели и аппарата математического моделирования	консультирует, советует	наблюдает, консультирует; слушает доклад, задает вопросы; оценивает проект
<b>Осваиваемые компетенции</b>	КП-1 КП-2 КТ-3	КП-2 КТ-3 КТ-4 КТ-5 КР-6	КТ-5 КР-6 КР-7

Рассмотренные этапы выполнения проекта «Научная статья» отражают деятельность студента и преподавателя, причем деятельность студента носит в основном творческий характер, а деятельность преподавателя - консультационный.

*Операционные игры* помогают отработать выполнение конкретных специфических операций научно-исследовательской деятельности и моделируют соответствующий процесс, например, выступление на научной конференции, проведение эксперимента. Операционные игры проводятся в условиях, имитирующих реальные, наиболее активно используются в контекстном обучении А.А. Вербицкого. Учебно-игровая ситуация имитирует реальные условия в ситуации профессиональной деятельности.

В нашей методике предлагается операционная игра «Научная конференция», имитирующая выступление на научной конференции. Игровой метод предполагает выполнение функций «действующего лица». Студент активно участвует в открытии для себя новых знаний, самостоятельно определяет способы действий в профессиональных ситуациях. При этом он раскрывается для самого себя, у него формируются качества, которые обеспечивают профессиональную успешность и конкурентоспособность [40]. Концепция операционной игры «Научная конференция» представлена в таблице 5 (стр.125) и включает цели, результаты и формируемые компетенции: общекультурные (ОК) заложенные в ФГОС ВО направления Прикладная информатика и научно-исследовательские (НИК), формируемые в обучении математике.

*Групповые домашние задания* в нашей методике представлены междисциплинарными учебными заданиями, предполагающими совместную работу для получения результата. Пример одного такого задания из темы «Моделирование процессов влияния в социальных группах» приведен ниже.

Таблица 5. Описание игры «Научная конференция»

Количество участников	от 3 и более человек
Время проведения	90 минут
Цели	получение студентами опыта публичного представления результатов своего исследования, опыта защиты своих результатов; осознание студентом необходимости владения грамотной математической аргументацией для представления и защиты результатов исследования; опыт критической оценки своей работы и работ других выступающих.
Содержание этапов	1 этап (подготовительный): уточняется регламент и критерии оценивания, распределение ролей («докладчик», «оппонент», «интересующийся коллега»); 2 этап (операционный): выступление «докладчика», затем в режиме вопрос-ответ его диалог с «оппонентом» и «коллегами»; 3 этап (рефлексивный): анализ сильных сторон и зоны своего развития в публичных научных выступлениях для каждой роли
Формируемые компетенции	способность к коммуникации для решения задач межличностного взаимодействия (ОК-5); работать в коллективе (ОК-6); самоорганизация и самообразование (ОК-7); способность осуществлять интерпретацию результатов моделирования на языке прикладной области (КТ-5); соотносить полученные результаты исследования с целью и гипотезой исследования (КР-6); составлять и редактировать текст по результатам проведенного исследования, подготавливая его к презентации, защите (КР-7).

#### Пример 4. Задача управления.

Эта задача является одной из производных к основной задаче, рассмотренной ранее в Примере 1. Задание выполняется в парах, требуется разработать игру на победителя.

*Пусть имеется группа, например, из четырех или пяти участников. Каждый из них имеет влияние сам на себя и на любого другого. В группе есть два потенциальных лидера. Каждый из них в дискретном времени*

*может в определённых незначительных пределах изменять коэффициенты влияния на себя и других, стремясь склонить группу как можно ближе к своему мнению.*

Правила разрабатываемой игры студенты могут установить самостоятельно, например, менять коэффициенты влияния в пределах не более 5%. Далее игроки (они же «лидеры») делают ходы - сначала первый игрок («лидер - 1») выставляет свои коэффициенты и выполняет определенное количество итераций (например, 10) для нахождения финального мнения группы. Если результат достаточно близок к числовой характеристике мнения «лидера -1», этот игрок выиграл, если не совпадает, то аналогичную процедуру выполняет второй игрок («лидер -2»).

Итак, в параграфе:

1. Представлен междисциплинарный учебный модуль (МММ) «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации», ориентированный на освоение математических методов научного исследования прикладной области студентов бакалавриата прикладной информатики - определена содержательная область МММ как пересечение дисциплин математики, информатики и социальной психологии; охарактеризованы разделы модуля.

2. Раскрыта сущность понятия междисциплинарной учебной «задачи-конструктора», обладающей потенциалом трансформации, при которой вариация условий задачи приводит к качественно иному результату.

3. Определены средства, методы и формы обучения математике, направленные на формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров прикладной информатики.

### 2.3. Измерение и оценка научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике

Формирование научно-исследовательской компетентности в обучении математике является продуктивным, если присутствует положительная динамика в изменении компонентов НИК студента. Для отслеживания динамики необходимо выявить и описать индикаторы оценивания сформированности НИК будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика». В настоящем параграфе будет охарактеризован оценочно-результативный блок методической модели формирования НИК, на основе которой создана наша методика.

В педагогической науке под *индикаторами* понимаются показатели каких-либо процессов, которые отражают как количественные характеристики объекта исследования, так и наличие тех или иных свойств [25]. Социологический словарь определяет индикатор как доступную наблюдению и измерению характеристику изучаемого объекта [33]. Таким образом, в педагогике, как и в социологии, индикатором может быть сама характеристика [39]. Для нас существенно наличие связи «индикатор - характеристика» - при определении индикаторов динамики изменений компонентов НИК, мы исходим из того, что эта характеристика доступна не только наблюдению, но и измерению. Исходя из разработанной в параграфе 1.2 структуры и содержания НИК бакалавра направления подготовки «Прикладная информатика», в нашем исследовании индикаторами оценивания НИК студентов являются *критерии* и *уровни* сформированности.

В современной справочной литературе понятие «критерий» определяется как признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо [28]. В нашем исследовании НИК студентов оценивается на основании качественных признаков, характеризующих компетентность, т.е. оценивать сформированность НИК в

процессе обучения математике следует по компонентам, следовательно, *критериями* оценивания принимаем: когнитивный, праксиологический, мотивационный и рефлексивно-оценочный. Как известно, проявлением критерия является показатель, выступающий по отношению к критерию как частное к общему. Как правило, под показателем понимают основание, позволяющее судить о наличии того или иного признака. Число показателей должно быть минимальным, чтобы процедура оценивания была достаточно простой, в связи с этим, показатели должны быть понятными, доступными для измерения [73]. Кроме того, для нашего исследования важно, чтобы показатели каждого критерия были адекватны как при первичной диагностике на начальной стадии обучения, так и применимы в ходе промежуточного и итогового контроля. Нами учтено, что студенты первого курса еще не имеют опыта применения информационно-математических методов в прикладной области, поэтому для исследования динамики сформированности НИК в процессе обучения математике были отобраны показатели для каждого критерия, которые представлены в таблице 6 (стр.129).

Уровневый подход к оценке результатов обучения является практикой в педагогической науке, где под уровнем понимается степень развития, достижений в предметной области знаний, степень обученности и воспитанности человека [28]. Мы разделяем достаточно распространенную дифференциацию результатов обучения на минимальный, общий и продвинутый уровни, которые соответствуют репродуктивному, реконструктивному или вариативному типу учебной деятельности [99]. *Уровень* сформированности научно-исследовательской компетентности студента в нашем исследовании будем понимать как степень освоения научно-исследовательских компетенций в обучении математике.



Таблица 6. Критерии и показатели сформированности НИК студента в процессе обучения математике

Критерий	Показатели критерия сформированности НИК студента
Когнитивный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику для осуществления математического моделирования;</li> <li>- знает суть основных этапов математического моделирования;</li> <li>- знает возможности математических компьютерных пакетов для исследования математических моделей</li> </ul>
Праксиологический	<ul style="list-style-type: none"> <li>- формализует задачу прикладной области;</li> <li>- владеет математическими приемами и методами исследования математической модели;</li> <li>- владеет инструментами ИКТ для исследования модели</li> <li>- владеет математической культурой оформления результатов исследования</li> </ul>
Мотивационный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проявляет интерес к математическому моделированию процессов прикладной области;</li> <li>- проявляет интерес и осознает преимущества использования ИКТ для исследования модели;</li> <li>- проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатов;</li> <li>- осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования</li> </ul>
Рефлексивно-оценочный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- осознает логику процесса математического моделирования;</li> <li>- оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели</li> <li>- оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели</li> <li>- анализирует составленную математическую модель.</li> </ul>

Придерживаясь трехуровневой дифференциации, мы определяем следующие уровни:

– низкий (воспроизведение) - соответствует репродуктивному типу учебной деятельности, при котором студент лишь повторяет, копирует способы действия при выполнении той или иной задачи;

- достаточный (понимание) - соответствует реконструктивному типу учебной деятельности, при котором студент не только воспроизводит, но и способен перебирать известные способы действий и находить решения сходных задач;
- высокий (применение, творчество) - соответствует вариативному типу учебной деятельности, при котором студент не только способен находить решения сходных задач, но и глубже проникнуть в суть предлагаемых им знаний, высказать свои суждения, находить нестандартные способы решения поставленных вопросов.

Выделенные уровни сформированности компонентов НИК студента взаимосвязаны между собой, каждый последующий уровень характеризуется качественными изменениями показателей предыдущего уровня.

На основе выделенных критериев, показателей и уровней разработана экспертная карта индикаторов оценивания сформированности компонентов НИК студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике (таблица 7, стр.131).

Поскольку научно-исследовательская компетентность является интегративной динамической характеристикой личности, диагностику уровня ее сформированности в процессе обучения математике следует осуществлять по каждому компоненту на входном, промежуточном и итоговом контроле. Средствами измерения уровня НИК на входном и итоговом контроле послужили опросники, тесты, кроме того для мониторинга на всех этапах контроля применяются методы наблюдения, самооценки, экспертной оценки.

Таблица 7. Экспертная карта индикаторов оценивания уровня сформированности НИК студента бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика»

Критерии и показатели		Уровни		
		высокий	достаточный	низкий
Когнитивный	знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику для осуществления математического моделирования	знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику	в основном знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику	фрагментарно знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику
	знает суть основных этапов математического моделирования	знает суть основных этапов математического моделирования	частично знает суть основных этапов математического моделирования	знает суть некоторых этапов математического моделирования
	знает возможности математических компьютерных пакетов для исследования математических моделей	знает возможности математических применения компьютерных пакетов	знает основные возможности применения математических компьютерных пакетов	знает отдельные возможности применения математических компьютерных пакетов
Практиологический	формализует задачу прикладной области	формализует задачу прикладной области	в основном формализует задачу прикладной области	частично формализует задачу прикладной области
	владеет математическими приемами и методами исследования математической модели	владеет математическими приемами и методами исследования математической модели	в основном владеет математическими приемами и методами исследования математической модели	частично владеет математическими приемами и методами исследования математической модели
	владеет инструментами ИКТ для исследования модели	владеет инструментами ИКТ для исследования модели	в основном владеет инструментами ИКТ для исследования модели	частично владеет инструментами ИКТ для исследования модели
	владеет математической культурой оформления результатов исследования	владеет математической культурой оформления результатов исследования	в основном владеет математической культурой оформления результатов исследования	частично владеет математической культурой оформления результатов исследования

Мотивационный	проявляет интерес к математическому моделированию процессов прикладной области	проявляет устойчивый интерес к математическому моделированию процессов прикладной области	в большинстве случаев проявляет интерес к математическому моделированию процессов прикладной области	в отдельных случаях проявляет интерес к математическому моделированию процессов прикладной области
	проявляет интерес к использованию ИКТ для исследования модели	проявляет устойчивый интерес к использованию ИКТ для исследования модели	в большинстве случаев проявляет интерес к использованию ИКТ для исследования модели	в отдельных случаях проявляет интерес к использованию ИКТ для исследования модели
	проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатам	проявляет устойчивый интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатам	в большинстве случаев проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатам	в отдельных случаях проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатам
	осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования	осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования	в большинстве случаев осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования	в отдельных случаях осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования
Рефлексивно-оценочный	осознает логику процесса математического моделирования	осознает логику процесса математического моделирования	в большинстве случаев осознает логику процесса математического моделирования	в отдельных случаях осознает логику процесса математического моделирования
	оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели	оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели	в большинстве случаев оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели	в отдельных случаях оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели
	оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели	оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели	в большинстве случаев оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели	в отдельных случаях оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели
	анализирует составленную математическую модель	анализирует составленную математическую модель	в большинстве случаев анализирует составленную математическую модель	в отдельных случаях анализирует составленную математическую модель
	анализирует и критически оценивает составленный текст	всегда анализирует и критически оценивает составленный текст	часто анализирует и критически оценивает составленный текст	в отдельных случаях анализирует и критически оценивает составленный текст

В таблице 8 представлены диагностические средства и методы, позволяющие установить уровень сформированности НИК студента.

Таблица 8. Диагностические средства и методы определения сформированности НИК студента в процессе обучения математике

Компоненты НИК	Измерительные средства и методы
Когнитивный	задачи моделирования реальных процессов (входной контроль);
Праксиологический	задачи моделирования прикладной области (итоговый контроль); наблюдение; экспертная оценка работ
Мотивационный	опросник Т.О.Гордеевой, О.А.Сычева, Е.Н. Осина «Шкалы академической мотивации»; наблюдение
Рефлексивно-оценочный	опросник «Дифференциальный тип рефлексии» Д.А. Леонтьева, Е.Н. Осина; экспертная оценка работ; наблюдение; самооценка

Опишем некоторые измерительные средства и методы. *Задачи* математического моделирования используются в нашем исследовании для оценивания когнитивного и праксиологического компонентов НИК. Исходя из того, что предшествующее бакалавриату школьное математическое образование дает общее представление о математическом моделировании реальных процессов, на входном контроле использовался тест, содержащий задачи моделирования отобранные из раздела «Реальная математика» образовательного портала для подготовки к ЕГЭ <https://ege.sdangia.ru/> (Приложение Д). Тест автоматизирован, представляет собой приложение, написанное в интегрированной среде разработки приложений CodeGear Delphi 2009 на языке Delphi. Данное приложение проверяет правильность ответа пользователя и в случае правильного результата начисляет 1 балл.

Занесение информации в базу данных происходит по истечению определённого времени (40 минут) или же после завершения теста. Перевод количества решенных задач в оценку производится по формуле

$$K_T = \frac{A}{2},$$

где  $A$  - количество верно решенных задач.

Для промежуточного и итогового контроля применялись «задачико-конструкторы» на моделирование процессов прикладной области (социальной психологии) из разработанного комплекса, представленного в параграфе 2.2. В таблице 9 представлены критерии оценивания результата решения задачи на сформированность когнитивного и праксиологического компонентов НИК по шкале от 0 до 2. Если критерий проявляется полностью - 2 балла, если частично - 1 балл, если показатель не проявляется – 0 баллов. За каждую задачу студент может получить минимум 0 баллов и максимум 14 баллов. Перевод баллов в оценку осуществляется по формуле

$$K_3 = \frac{B*k}{n},$$

где  $B$  - количество набранных баллов за решение задачи,  $k$  - коэффициент сложности,  $n$  – количество решенных задач.

Таблица 9. Лист оценивания решения междисциплинарной учебной задачи.

<b>Критерий</b>	<b>Показатель критерия</b>	<b>Баллы</b>
когнитивный	знает математический язык, основные математические факты, понятия, символику, необходимые для решения задачи	
	знает основные этапы математического моделирования задачи	
	знает возможности какого-либо математического пакета для решения задачи	
праксиологический	формализует задачу прикладной области	
	владеет математическим аппаратом решения задачи	
	применяет какой-либо математический пакет для исследования модели	

В параграфе 2.2 при описании «задачи конструктора» были выделены типы сложности - начальная сложность, техническая и идейная. В зависимости от уровня сложности задачи коэффициент  $k$  принимает значения:

$k = 0,5$  (начальная сложность);

$k = 1$  (техническая сложность);

$k = 2$  (идейная сложность).

Задачи для итогового контроля отбирались из разработанного комплекса «задач-конструкторов» (Приложение Б). Соответствие набранных баллов уровню сформированности компонентов НИК отражено в таблице 10.

Таблица 10. Соответствие набранных баллов по результатам решения задач уровню сформированности компонентов НИК

Количество баллов	Уровень
более 15	высокий
6 - 14	достаточный
менее 5	низкий

*Экспертная оценка работ* применялась для оценки сформированности когнитивного, праксиологического и рефлексивно-оценочного компонентов НИК студента в процессе обучения математике для промежуточного и итогового контроля. Оценивалось выполнение студентом проектного задания «Научная статья», самостоятельной работы, участие в имитационной игре «Научная конференция». Методическое описание этих видов работ приведены в параграфе 2.2. Шкала оценивания сформированности компонентов НИК определялся с помощью разработанной карты экспертной оценки работ на сформированность когнитивного, праксиологического и рефлексивно-оценочного компонентов НИК по шкале от 0 до 2 (таблица 11). Если критерий проявляется полностью – 2 балла, если частично – 1 балл, если показатель не проявляется – 0 баллов. Соответствие набранных баллов уровню сформированности компонентов НИК отражено в таблице 12.

Таблица 11. Экспертная карта оценивания проектного задания, участия в имитационной игре, самостоятельной работы

Критерий	Показатель	Баллы
Когнитивный	знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику для осуществления математического моделирования	
	знает суть основных этапов математического моделирования	
	знает возможности математических компьютерных пакетов для исследования математических моделей	
Практико-гический	формализует задачу прикладной области	
	владеет математическими приемами и методами исследования математической модели	
	владеет инструментами ИКТ для исследования модели	
	владеет математической культурой оформления результатов исследования	
Рефлексивно-оценочный	осознает логику процесса математического моделирования	
	оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели	
	оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели	
	анализирует составленную математическую модель	
	анализирует и критически оценивает составленный текст	

Таблица 12 - Соответствие набранных баллов по проектному заданию, участию в имитационной игре, самостоятельной работы уровню сформированности компонентов НИК

Количество баллов	Уровень
более 15	высокий
10 - 15	достаточный
менее 10	низкий

Для диагностики мотивационного и рефлексивно-оценочного компонентов НИК были использованы *опросники* «Шкалы академической мотивации» (Приложение Г) и «Дифференциальный тип рефлексии» Д.А. Леонтьева, Е.Н. Осина (Приложение В), адаптированные к контексту обучения математике, что нашло отражение в инструкциях к опросникам.



Разработанный Т.О. Гордеевой, О.А. Сычевым и Е.Н. Осиным в 2014 году на основе Шкалы академической мотивации Валлеранда, опросник «Шкала академической мотивации» (сокр. ШАМ, англ. The Academic Motivation Scale, сокр. AMS) предназначен для измерения выраженности и типа мотивации к учебной деятельности. Опросник позволяет оценить типы внутренней мотивации: познания, достижения, а также саморазвития (совершенствования). Кроме того, опросник оценивает типы внешней мотивации: экстернальную (стремление к выполнению деятельности ради избежания проблем), интроецированную (заданную фрустрацией потребности в автономии и проявляющуюся в переживании чувства долга и стыда) и мотивацию самоуважения.

Авторы методики допускают использование краткого варианта методики, включающего 4 шкалы: познавательной мотивации, мотивации достижения, интроецированной мотивации и экстернальной мотивации. Шкалы познавательной мотивации и мотивации достижения характеризуют положительную динамику развития мотивационного компонента НИК и несут наиболее важную информацию о качестве мотивационных процессов, побуждающих и регулирующих выполнение учебной деятельности, в нашем случае учебно-исследовательской деятельности при обучении математике.

Характеристика шкал:

1. Шкала мотивации познания направлена на диагностику стремления узнать новое, понять изучаемый предмет, связанного с переживанием интереса и удовольствия в процессе познания.
2. Шкала мотивации достижения измеряет стремление добиваться максимально высоких результатов в учебе, испытывать удовольствие в процессе решения трудных задач.
3. Шкала интроецированной мотивации измеряет побуждение к учебе, обусловленное ощущением стыда и чувства долга перед собой и другими значимыми людьми.

4. Шкала экстернальной мотивации оценивает ситуацию вынужденности учебной деятельности, обусловленную необходимостью для учащегося следовать требованиям, диктуемым социумом: он учится, чтобы избежать возможных проблем, при этом потребность в автономии максимально фрустрируется.

Экстернальная и интроецированная типы мотивации связаны с низким уровнем интереса к познанию.

Опросник «Дифференциальный тип рефлексии» является надежным и валидным исследовательским и диагностическим инструментом широкого спектра применения с целью диагностики типа рефлексии как устойчивой личностной черты. Разработан Д.А. Леонтьевым, Е.М. Лаптевой, Е.Н. Осиным и А.Ж. Салиховой в 2009 году и основан на дифференциальном подходе к рефлексивности – выделении продуктивной (системной) рефлексии и непродуктивной (самокопание и квазирефлексия). Авторы методики в своей модели определяют форму системной рефлексии как наиболее адаптивную и связанную с самодетерминацией [68]. Важно формировать у студентов именно системную рефлексивность, поскольку ведущая роль системной рефлексии позволяет искать решение проблемной ситуации, позволяя видеть максимальное количество ее элементов. В нашем исследовании положительную динамику развития рефлексивного компонента НИК характеризует шкала системной рефлексии.

Характеристика шкал:

1. Шкала системной рефлексии измеряет способность к самодистанцированию и взгляду на себя со стороны, характеризует способность охватить одновременно полюс субъекта и полюс объекта.

2. Шкала интроспекции измеряет сосредоточенность на собственном состоянии, собственных переживаниях.

3. Шкала квазирефлексии оценивает рефлексивность, направленную на объект, не имеющий отношения к актуальной жизненной ситуации и связанную с отрывом от актуальной ситуации бытия в мире.

Вспомогательным методом определения уровня сформированности в процессе обучения математике рефлексивно-оценочного компонента НИК является *самооценка* студентом результатов своей деятельности. В нашем исследовании мы разработали и предлагали студентам заполнить листы самооценки после выполнения проектного задания, самостоятельной работы и участие в имитационной игре. Приведем пример рефлексивного листа, заполняемого после выполнения проектного задания (таблица 13).

Таблица 13. Лист самооценки выполнения проектного задания, самостоятельной работы и участия в имитационной игре

Ответьте, пожалуйста, на предложенные вопросы

1. Понятна ли Вам логика процесса математического моделирования?	
2. Достаточно ли Вам математических знаний для исследования модели?	
3. Достаточно ли Вам знаний математических пакетов для их применения при решении задачи?	
4. Находили ли Вы недостатки или ошибки в составленной математической модели?	
5. Сложно ли Вам было письменно изложить результаты работы?	

#### **2.4. Описание и результаты опытно-экспериментальной работы по реализации методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»**

В этом параграфе описывается опытно-экспериментальная работа, которая была осуществлена для проверки продуктивности методики формирования научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика» в обучении математике.

Опытно-экспериментальная работа проводилась в течение 2007-2016 гг. на базе ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет». В эксперименте принимали участие студенты 1 и 2 курсов (специалитета

2007-2011 гг. и бакалавриата 2011-2016 гг.) направления подготовки «Прикладная информатика», всего 163 человека, из них экспериментальная группа (ЭГ) - 84 студента и контрольная группа (КГ) - 79 студентов. Обучение студентов ЭГ проводилось с использованием междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» в III семестре. Обучение студентов КГ было традиционным, но при этом в учебный процесс включались задачи, направленные на применение математического моделирования в прикладной области (социальная психология). Кроме того, в опытно-экспериментальной работе были задействованы преподаватели кафедры Современных образовательных технологий Сибирского федерального университета, работающие с магистрантами, и 41 студент 1 курса магистратуры. Уровень сформированности научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата и специалитета измерялся посредством диагностического материала, описанного в параграфе 2.3. Методом экспертных оценок сравнивались показатели сформированности научно-исследовательских компетенций студентов магистратуры 1 курса.

Опытно-экспериментальная работа включала три этапа:

- констатирующий этап, на котором определялся исходный уровень НИК в экспериментальной и контрольной группах;
- формирующий этап, на котором в экспериментальной группе реализовывалась разработанная методика формирования научно-исследовательской компетентности и отслеживалась динамика уровня НИК у студентов;
- контрольный этап, на котором в экспериментальной и контрольной группах вновь измерялся уровень НИК, производился анализ результатов эксперимента и устанавливались значимости соответствующих различий.

В опытно-экспериментальной работе использовались следующие *методы исследования* (в классификации Б.Г. Ананьева) [2]:

1). *Психодиагностический* (тесты, опросники, экспертная оценка), *обсервационный* (наблюдение и самонаблюдение), *праксиметрический* (изучение продуктов деятельности). Эта группа методов представлена оценочно-диагностическим инструментарием, позволяющим оценить уровень сформированности НИК. Для мониторинга уровня сформированности НИК по критериям (когнитивный, праксиологический, мотивационный, рефлексивно-оценочный) в ЭГ и КГ осуществлялся входной и итоговый контроль. Кроме того, в ЭГ осуществлялся промежуточный контроль с целью корректировки педагогического воздействия, который включал дополнительные средства и методы оценивания: учебные задачи, лабораторные работы, домашние задания, проектное задание, имитационная игра, наблюдение.

2). *Математико-статистический анализ* полученных данных проведен для оценки достоверности результатов эксперимента.

Представим результаты по каждой группе методов.

1). Уровни сформированности компонентов НИК студентов ЭГ и КГ на начало и окончание опытно-экспериментальной работы зафиксированы в таблице 14, таблице 15, таблице 16 и таблице 17.

Таблица 14. Уровни сформированности научно-исследовательской компетентности студентов по когнитивному критерию экспериментальной и контрольной групп на начало и окончание эксперимента

Показатели критерия		Уровни сформированности НИК по когнитивному критерию											
		низкий				достаточный				высокий			
		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел	
		начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание
знает основные математические факты, понятия, математический язык, символику для осуществления математического моделирования	человек	26	11	23	17	41	47	37	41	17	26	19	21
	%	31	13	29	21	49	56	47	53	20	31	24	26
знает суть основных этапов математического моделирования	человек	23	14	24	19	27	30	24	26	34	40	31	34
	%	27	16	30	24	32	36	30	33	40	48	40	43
знает возможности математических компьютерных пакетов для исследования математических моделей	человек	44	17	41	37	29	41	25	29	11	26	13	13
	%	52	20	52	47	34	49	32	37	14	31	16	16
Общие значения по критерию, %		36	17	37	30	38	47	36	42	25	36	27	27

Таблица 15. Уровни сформированности научно-исследовательской компетентности студентов по праксиологическому критерию экспериментальной и контрольной групп на начало и окончание эксперимента

Показатели критерия		Уровни сформированности НИК по праксиологическому критерию											
		низкий				достаточный				высокий			
		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел	
		начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние
формализует задачу прикладной области	человек	29	18	24	21	46	53	44	49	9	13	11	9
	%	35	21	30	26	55	63	56	62	10	16	14	12
владеет математическими приемами и методами исследования математической модели	человек	25	11	22	20	37	45	35	37	22	28	22	22
	%	30	13	28	25	44	53	44	47	26	34	28	28
владеет инструментами ИКТ для исследования модели	человек	43	23	40	34	31	43	34	40	10	18	5	5
	%	51	28	51	43	37	51	43	51	12	21	6	6
владеет математической культурой оформления результатов исследования	человек	19	8	20	18	48	58	43	46	17	18	16	15
	%	23	10	25	23	57	69	54	58	20	21	21	19
Общие значения по критерию, %		35	18	34	29	48	59	49	55	17	23	17	16

Таблица 16. Уровни сформированности научно-исследовательской компетентности студентов по мотивационному критерию экспериментальной и контрольной групп на начало и окончание эксперимента

Показатели критерия		Уровни сформированности НИК по мотивационному критерию											
		низкий				достаточный				высокий			
		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел	
		начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание
проявляет интерес к математическому моделированию процессов прикладной области	человек	56	21	51	45	21	49	23	29	7	14	5	5
	%	66	25	65	57	25	58	29	37	9	17	6	6
проявляет интерес к использованию ИКТ для исследования модели	человек	35	14	36	27	36	51	35	41	13	19	8	11
	%	42	16	46	34	43	61	44	52	15	23	10	14
проявляет интерес к интерпретации полученных в процессе моделирования результатам	человек	51	20	48	36	27	49	27	34	6	15	4	9
	%	61	24	61	46	32	58	34	43	7	18	5	11
осознает необходимость грамотной математической аргументации для представления и защиты результатов исследования	человек	45	19	48	43	34	53	29	34	5	12	2	2
	%	54	23	60	54	40	63	37	43	6	14	3	3
Общие значения по критерию, %		56	22	58	48	35	60	36	44	9	18	6	8



Таблица 17. Уровни сформированности научно-исследовательской компетентности студентов по рефлексивно-оценочному критерию экспериментальной и контрольной групп на начало и окончание эксперимента

Показатели критерия		Уровни сформированности НИК по рефлексивно-оценочному критерию											
		низкий				достаточный				высокий			
		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел		ЭГ, 84 чел		КГ, 79 чел	
		начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние	начало	оконча- ние
осознает логику процесса математического моделирования	человек	45	16	41	32	36	52	32	40	3	16	6	7
	%	53	19	52	40	43	62	41	51	4	19	7	9
оценивает свой уровень владения математическим аппаратом исследования модели	человек	56	35	55	45	26	42	22	32	2	7	2	2
	%	66	42	70	57	31	50	28	41	3	8	2	2
оценивает свой уровень владения ИКТ для исследования модели	человек	49	21	43	34	31	49	33	40	4	14	3	5
	%	58	25	54	43	37	58	42	51	5	17	4	6
анализирует составленную математическую модель	человек	59	41	54	47	23	37	22	28	2	6	3	4
	%	70	49	68	59	27	44	28	35	3	7	4	5
анализирует и критически оценивает составленный текст	человек	64	43	63	62	17	34	15	16	3	7	1	1
	%	76	51	80	79	20	41	19	20	4	8	1	1
Общие значения по критерию, %		64	37	65	56	32	51	32	40	4	12	3	4

Данные таблиц представим в виде соответствующих диаграмм, иллюстрирующих динамику уровней сформированности НИК по критериям в экспериментальной и контрольной группах (рисунок 12, рисунок 13, рисунок 14 и рисунок 15).

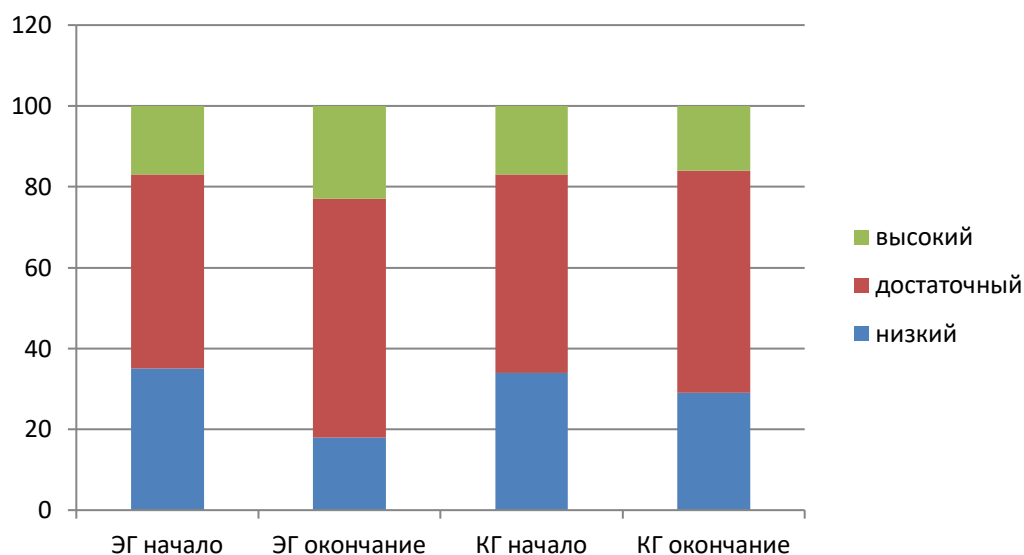


Рисунок 12. Изменение уровня сформированности НИК студентов по когнитивному критерию во время эксперимента в ЭГ и КГ

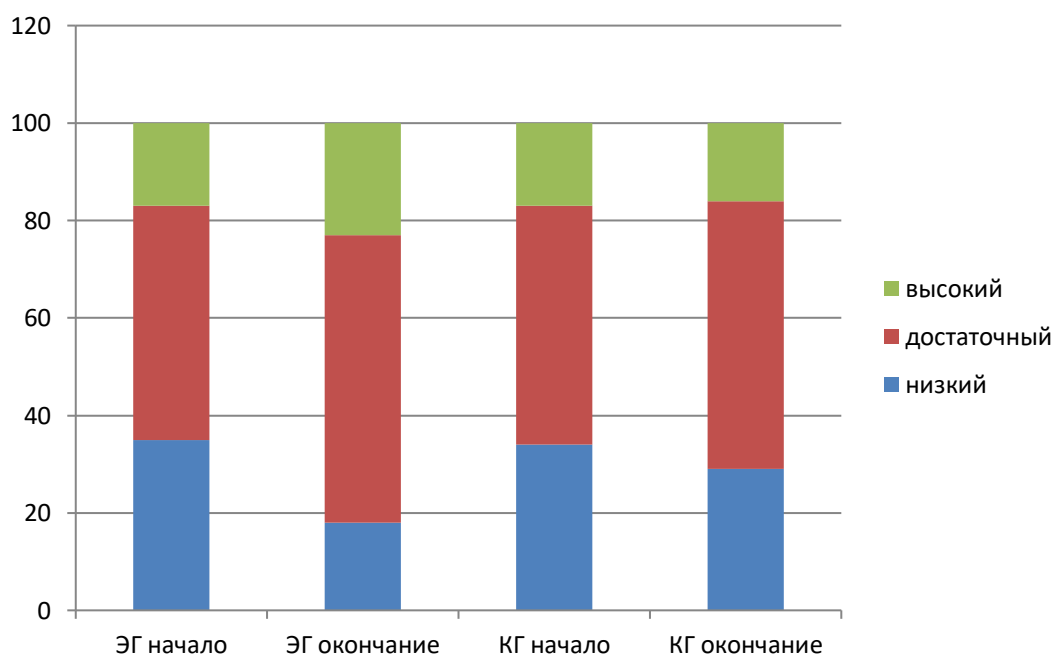


Рисунок 13. Изменение уровня сформированности НИК студентов по психомоторическому критерию во время эксперимента в ЭГ и КГ

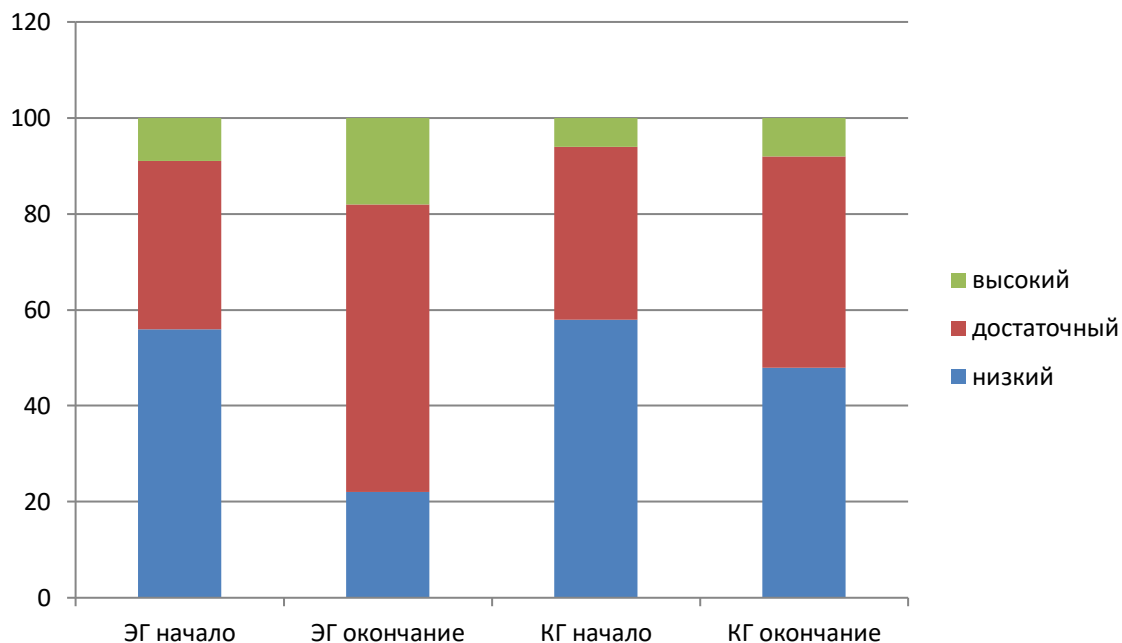


Рисунок 14. Изменение уровня сформированности НИК студентов по мотивационному критерию во время эксперимента в ЭГ и КГ

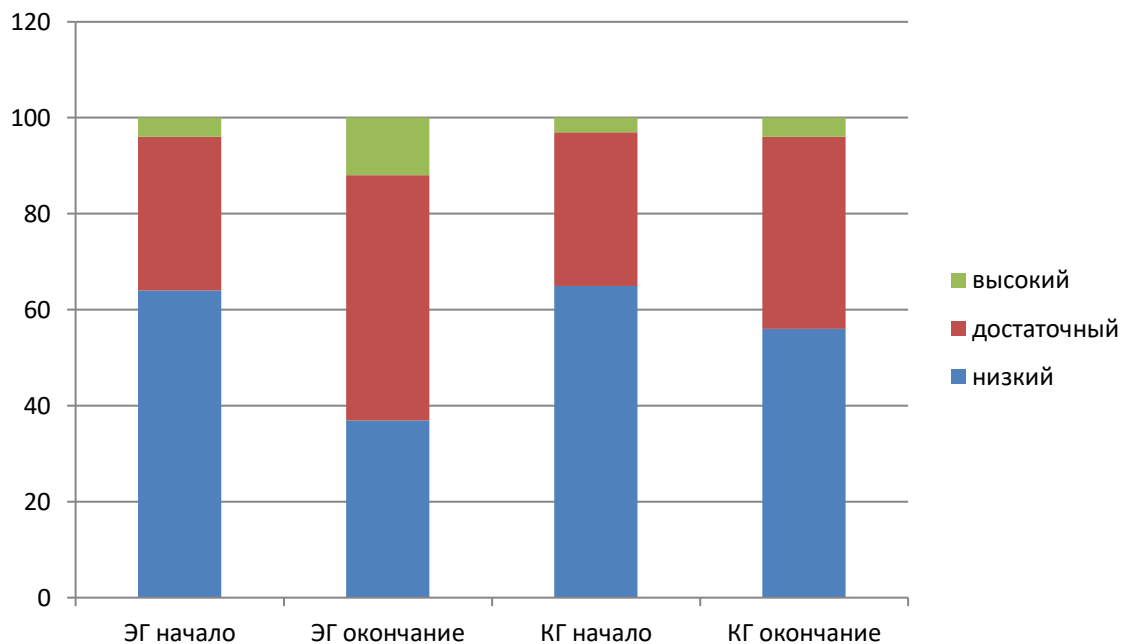


Рисунок 15. Изменение уровня сформированности НИК студентов по рефлексивно-оценочному критерию во время эксперимента в ЭГ и КГ

Как видно по диаграммам, обучение имело положительный результат с точки зрения критериев сформированности НИК как в экспериментальной, так и в контрольной группах. Однако в экспериментальной группе наблюдается более интенсивный рост «продуктивного» уровня сформированности у студентов НИК, под которым мы понимаем достаточный и высокий уровни, и, соответственно, более интенсивное снижение «непродуктивного» уровня, т.е. низкого. Это свидетельствует об эффективности использования в процесс обучения математике студентов направления «Прикладная информатика» предложенной в нашем исследовании методики формирования научно-исследовательской компетентности.

Комплексные результаты обучения в динамике в экспериментальной и контрольной группах представлены на лепестковой диаграмме на рисунках 16 и 17 соответственно. На диаграммах показан процент студентов с «продуктивным» уровнем (достаточным и высоким) сформированности НИК по критериям на начало и окончание эксперимента. По диаграммам хорошо видно, что формирование НИК в обучении математике на основе предложенной методики более эффективно. В наибольшей степени возрастает дифференциация между группами по мотивационному и рефлексивно-оценочному критерию, что может быть связано с более четким осознанием места и роли математических методов в проведении исследований в прикладной области. Кроме того, отмечается положительный эмоциональный фон учебной математической деятельности участников эксперимента, который так же способствует стимулированию творческого отношения студентов к содержанию учебного материала.

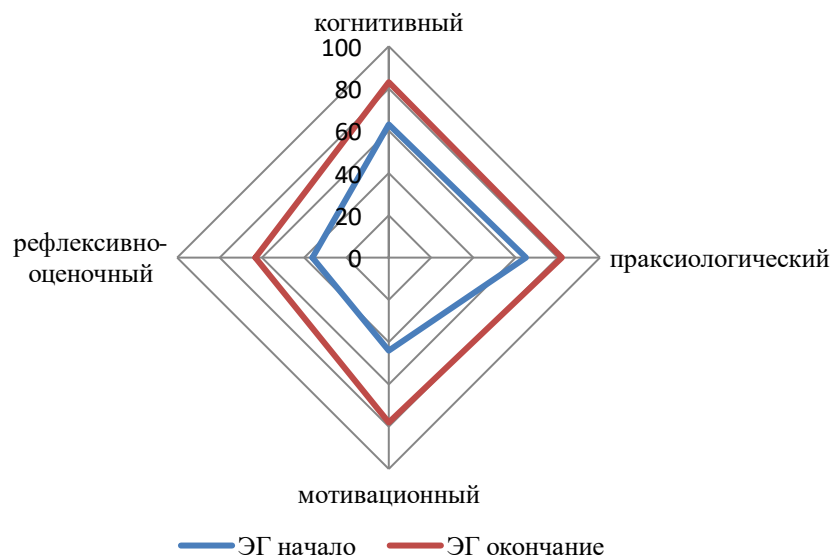


Рисунок 16. Динамика сформированности НИК (продуктивных уровней) во время эксперимента в ЭГ

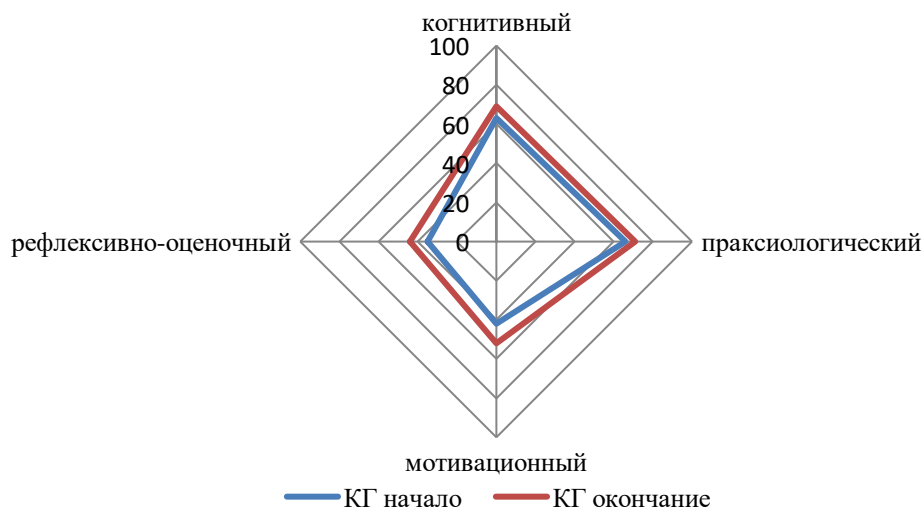


Рисунок 17. Динамика сформированности НИК (продуктивных уровней) во время эксперимента в КГ

На контрольном этапе опытно-экспериментальной работы были задействованы преподаватели кафедры современных образовательных технологий Института педагогики, психологии и социологии Сибирского федерального университета, работающие с магистрантами 1 года обучения. Выступающим в нашем исследовании в качестве экспертов преподавателям было предложено заполнить экспертный лист (Приложение Е), в котором им предлагалось оценить по пятибалльной шкале сформированность у магистрантов ряд способностей, необходимых для осуществления научно-исследовательской деятельности в магистратуре. Оцениваемые в экспертном листе способности представляют собой компетенции бакалавров, заложенные в ФГОС ВО направления подготовки «Прикладная информатика». В таблице 18 представлены результаты обработки бланков экспертных оценок уровня сформированности научно-исследовательских компетенций у студентов магистратуры 1 курса, которые обучались по экспериментальной методике (МЭ) и не обучавшихся по ней (М). Средняя оценка каждой компетенции ( $K_i$ ) высчитывалась по формуле:

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^n k_{ij}}{n}, \text{ где } n - \text{ количество студентов.}$$

Таблица 18. Средние оценки сформированности научно-исследовательских компетенций у магистрантов 1-го года обучения.

Содержание компетенции согласно ФГОС ВО	МЭ (баллы)	М (баллы)
Способность применить методы математического моделирования к задачам и процессам прикладной области (ОПК-2)	2,7	1,1
Способность готовить обзор научной литературы, обзор электронных ресурсов (ОПК-4)	2,4	1,6
Способность составить обзор, аннотацию, реферат в области прикладной информатики (ОПК-1)	2,5	2,1
Способность применить методы системного анализа в формализации решения прикладных задач (ПК-23)	2,6	1,2
Способность применить математические методы к построению ИС на основе современных ИКТ (ОПК-3)	2,7	2,1
Способность участвовать в научных исследованиях в области прикладной информатики (ПК-24).	2,1	1,3

Из таблицы видно, что средние значения оценок группы МЭ выше, чем группы М, что так же подтверждает основную гипотезу нашего исследования.

2). Для оценки достоверности результатов опытно-экспериментальной работы был проведен математико-статистический анализ полученных данных (Приложение Ж), который включал: подтверждение гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности для КГ и ЭГ (критерий «хи-квадрат»), проверку на однородность выборок (критерий Смирнова) и продуктивность обучения по предложенной методике (критерий Z). Все вычисления проводились с использованием функций математического пакета Mathcad. Общая схема математико-статистического анализа представлена на рисунке 18.

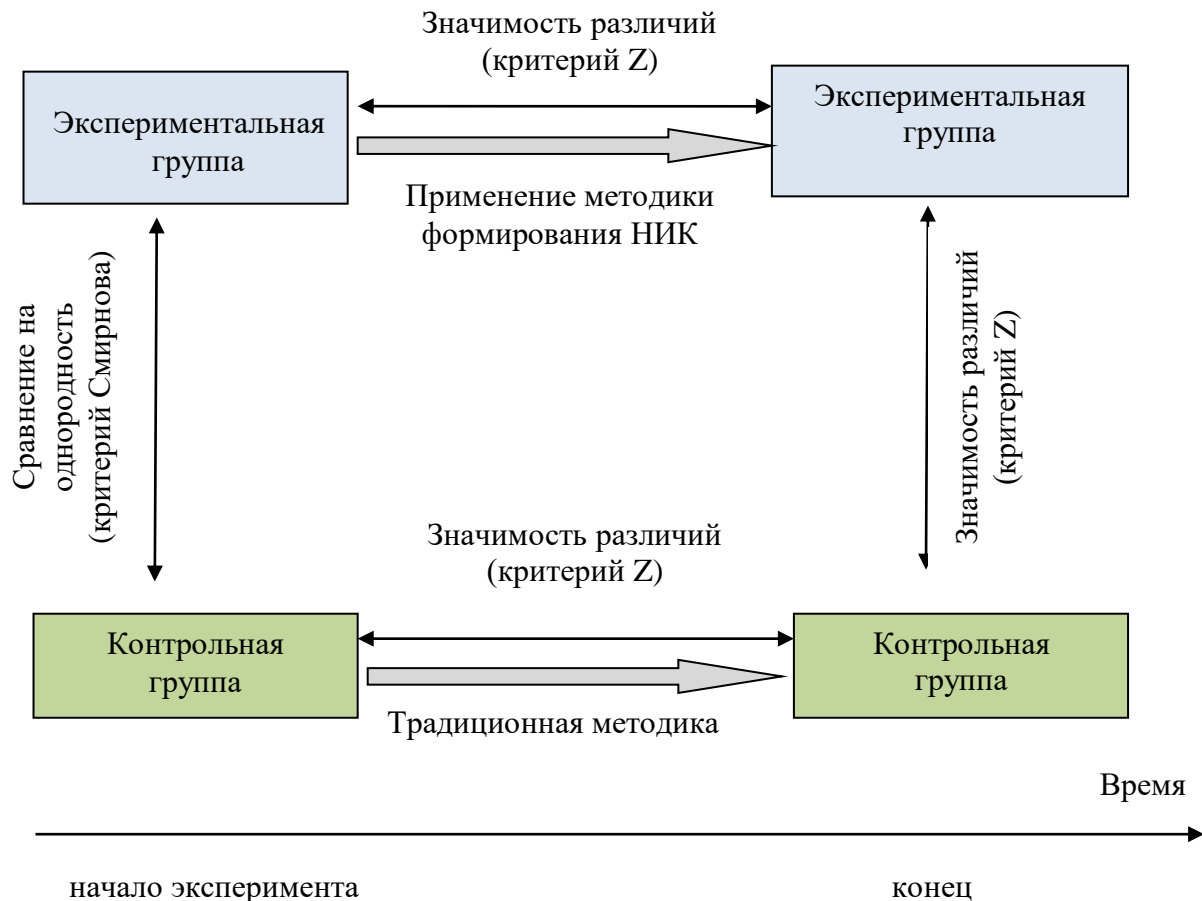


Рисунок 18. Схема математико-статистической обработки результатов опытно-экспериментальной работы.

Прежде чем приступать к оценке достоверности, желательно выяснить закон распределения полученных данных. Для этого была проведена проверка гипотезы о нормальном распределении случайной величины (в нашем исследовании – по каждой группе данных в экспериментальной и контрольной группах на начало и окончание эксперимента), используя критерий согласия Пирсона («хи-квадрат»):

$$\chi^2 = \sum_{i=1} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i},$$

где  $O_i$  - наблюдаемая частота распределения к каждой категории,  $E_i$  - ожидаемая частота.

Результаты этой проверки приведены в таблице 19.

Таблица 19. Результаты проверки нормального закона распределения данных по каждому критерию на начало и окончание эксперимента в экспериментальной и контрольной группах ( $k$  – число степеней свободы)

		Критерии сформированности НИК							
		когнитивный		праксиологический		мотивационный		рефлексивно-оценочный	
		начало	оконч.	начало	оконч.	начало	оконч.	начало	оконч.
$k$		6	5	5	4	4	3	4	3
		12,59	11,07	11,070	9,488	9,488	7,815	9,488	7,815
	ЭГ	3,028	5,032	5,604	5,433	5,158	4,984	5,012	4,873
	КГ	3,801	5,056	5,861	5,309	5,872	4,650	5,480	4,109

Из таблицы видно, что в каждом случае критическая точка распределения «хи-квадрат» при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы  $k$  больше эмпирического значения. Значит, нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении величины для каждой группы данных. Таким образом, в нашем эксперименте мы имеем дело с нормальными распределениями, что не удивительно в соответствии с центральной предельной теоремой Чебышева. Этот факт позволяет нам проводить оценку достоверности результатов эксперимента с применением критериев для нормальнораспределенных случайной величины - критерия Смирнова и критерия Z.



На начальном и конечном этапах эксперимента проводилось сравнение результатов диагностики уровня сформированности компонентов НИК на основе проверки следующих гипотез:

$H_0$  - отсутствуют достоверные различия в распределении студентов контрольной и экспериментальной групп по уровням сформированности определенного компонента (когнитивного, праксиологического, мотивационного, рефлексивно-оценочного) НИК.

$H_1$  - существуют достоверные различия в распределении студентов контрольной и экспериментальной групп по уровням сформированности определенного компонента (когнитивного, праксиологического, мотивационного, рефлексивно-оценочного) НИК.

Сопоставление результатов экспериментальной и контрольной групп как двух статистически независимых выборок позволяет проверить гипотезы  $H_0$  и  $H_1$ .

На начальном этапе эксперимента была сделана проверка контрольной и экспериментальной групп на однородность по критерию Смирнова, который используется для проверки гипотезы о том, что выборки извлечены из одной и той же генеральной совокупности:

$$\rho = \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \max |F_{n_1}(x) - F_{n_2}(x)|,$$

где  $F_{n_1}(x)$  и  $F_{n_2}(x)$  - эмпирические функции распределения, построенные по двум выборкам  $n_1$  и  $n_2$ . Гипотеза  $H_0$  отвергается, если фактически наблюдаемое значение  $\rho$  больше критического  $k_p$ . Результаты проверки для каждой группы данных приведены в таблице 20 (стр.154).

Поскольку сравнение полученных значений  $\rho$  с 0.8 квантилью распределения Колмогорова  $k_{0,8} = 1,07$  во всех случаях дает результат  $\rho < k_{0,8}$ , у нас есть основания считать справедливой гипотезу об однородности выборок [16].

Таблица 20. Результаты проверки на однородность данных по каждому критерию экспериментальной и контрольной групп

	Критерии сформированности НИК			
	когнитивный	праксиологический	мотивационный	рефлексивно-оценочный
$k_{0,8}$	1,07			
$\rho$	1,031	1,048	1,034	1,047
гипотеза	$H_0$	$H_0$	$H_0$	$H_0$

Статистическая обработка данных итоговой диагностики в экспериментальной и контрольной группах проводилась с использованием критерия  $Z$ :

$$Z = \frac{|X-Y| - |\bar{X} - \bar{Y}|}{s},$$

где  $|X-Y|$  – разница между средними в первой и второй выборках;

$|\bar{X} - \bar{Y}|$  – разница между средними по нулевой гипотезе

$$s = \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}}$$

Критерий  $Z$  используется для проверки гипотезы о значимости различий двух средних величин, если соблюдаются условия: распределение переменной в генеральной совокупности является нормальным.

Анализ показал наличие статистически значимых различий в распределении студентов (допустимый уровень ошибки выборки в данном случае равен 0,05):

- экспериментальной группы по уровням сформированности каждого компонента НИК на начало и окончание эксперимента, что отражено в таблице 21 (стр.155);

- контрольной группы по уровням сформированности каждого компонента НИК на начало и окончание эксперимента, что отражено в таблице 22;

- экспериментальной и контрольной групп по уровням сформированности каждого компонента НИК на момент окончания эксперимента, что отражено в таблице 23 (стр.155);

Таблица 21. Результаты обработки данных начальной и итоговой диагностики в экспериментальной группе

	Критерии сформированности НИК			
	когнитивный	праксиологический	мотивационный	рефлексивно-оценочный
$Z_{кр}$	1,64			
$Z_{эмп}$	11,751	10,825	11,653	11,710
гипотеза	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_1$

Таблица 22. Результаты обработки данных начальной и итоговой диагностики в контрольной группе

	Критерии сформированности НИК			
	когнитивный	праксиологический	мотивационный	рефлексивно-оценочный
$Z_{кр}$	1,64			
$Z_{эмп}$	7,865	7,771	8,031	7,910
гипотеза	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_1$

Таблица 23. Результаты обработки данных итоговой диагностики в экспериментальной и контрольной группах

	Критерии сформированности НИК			
	когнитивный	праксиологический	мотивационный	рефлексивно-оценочный
$Z_{кр}$	1,64			
$Z_{эмп}$	9,998	10,687	10,853	8,091
гипотеза	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_1$

Табличное значение Z-критерия для уровня значимости 0,05 равно 1,6449. Так как эмпирические значения критерия  $Z_{эмп}$  в каждом случае больше критического ( $Z_{кр}$ ), то гипотезу о равенстве выборочных средних отвергаем. Иными словами, выборочные средние различаются значимо. Таким образом, можно констатировать:

- обучение в экспериментальной группе было продуктивным;

- обучение в контрольной группе было так же продуктивным, однако эмпирическое значение критерия  $Z$  хотя и превосходит критическое, но ненамного;

- результаты экспериментальной группы статистически значимо отличаются от результатов контрольной группы, что подтверждает продуктивность предложенной методики.

### **Выводы по второй главе**

1. Сформулированы и обоснованы критерии отбора учебного материала в обучении математике, направленного на формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика»: соответствия содержания профилю обучения, междисциплинарности, научной значимости, учета индивидуальных возможностей студентов, связи вариативных курсов с базовой математической подготовкой, использования электронной образовательной среды вуза.

2. Содержательный основу методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» составляет междисциплинарный адаптивный модуль (МAM), позволяющий студенту соотносить свои возможности и потребности с уровнем сложности учебного материала. Представлен МAM «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации», ориентированный на освоение математических методов научного исследования прикладной области студентов бакалавриата прикладной информатики по профилю «Прикладная информатика в социальных коммуникациях». Содержательная область МAM представляет собой пересечение дисциплин математики, информатики и социальной психологии. Рабочая программа МAM включает разделы: математическая модель процессов влияния в социальных группах; моделирование распределения власти социальных группах; математическая модель процессов

доминирования социальных группах; математическая модель конфликтов в социальных группах и модель процессов мобилизации в социальных группах. Каждый раздел содержит «задачи-конструкторы», направленные на освоение математического моделирования как метода научного исследования.

3. Раскрыта сущность понятия «задача-конструктор» как специально разработанной междисциплинарной учебной задачи, обладающей потенциалом трансформации, при которой вариация условий задачи приводит к качественно иному результату. Показано, что процесс решения учебной «задачи-конструктора» отражает логику фаз научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной) и освоение соответствующих этим фазам компетенций КП, КТ и КР бакалавра прикладной информатики.

4. Процессуально-технологический компонент методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» представлен совокупностью средств (междисциплинарные учебные «задачи-конструкторы», тесты, прикладные компьютерные программы, электронный курс), методов (проблемное обучение, работа в группе, метод проектов, имитационная игра «Научная конференция») и форм (лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа, индивидуальные консультации, подготовка к участию в студенческой научной конференции) обучения математике, ориентированных на формирование готовности применения информационно-математических методов в научных исследованиях соответствующей профилю подготовки в области приложения ИТ.

5. Оценочный компонент методики составляют диагностические материалы, подобранные с учетом специфики формируемого качества – научно-исследовательской компетентности, обеспечивающие информацией о динамике уровня ее сформированности через разработанные индикаторы (критерии и уровни).

6. Представлено описание и результаты опытно-экспериментальной работы, проведенной для проверки результативности разработанной методики формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров

направления подготовки «Прикладная информатика» в процессе обучения математике, проанализированы итоги педагогического эксперимента, показывающие, что разработанные и внедренные методическая модель и методика обучения студентов математике способствует положительной динамике формирования НИК, а использование междисциплинарного адаптивного модуля, включающего комплекс учебных «задач-конструкторов», обеспечивает вовлечение студентов в процесс учебно-исследовательской деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования полностью подтвердилась гипотеза, решены поставленные задачи, получены следующие результаты и выводы.

*Уточнено* понятие научно-исследовательской компетентности, формируемой в процессе обучения математике будущих бакалавров направления подготовки Прикладная информатика, как интегративного динамического качества личности, характеризующегося освоенностью совокупности научно-исследовательских компетенций, представляющих собой проекцию предусмотренного ФГОС ВО профессионального вида деятельности на предметную область математики, и проявляющегося в готовности применить математические методы в научных исследованиях и разработках в области приложения ИТ;

*Выделена и охарактеризована* совокупность научно-исследовательских компетенций, осваиваемых в процессе математической подготовки, соответствующих фазам научного исследования (проектирования, технологической и рефлексивной), и на его основе *разработана* структурно-содержательная модель научно-исследовательской компетентности бакалавра прикладной информатики; определены индикаторы ее сформированности: критерии (когнитивный, мотивационный, праксиологический и рефлексивно-оценочный) и уровни (низкий, достаточный, высокий).

*Обоснованы и сформулированы* дидактические принципы формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров прикладной информатики: фундаментальности, преемственности, адаптивности, междисциплинарной интеграции, профессиональной значимости, творческого поиска и самореализации, направленные на готовность применять математические методы для проведения научных исследований и разработок в области приложения ИТ.

*Создана* методическая модель формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров прикладной информатики, направленная на

положительную динамику формирования НИК, в основе которой лежит комплекс специальных требований.

*Доказан* дидактический потенциал обучения математике для формирования научно-исследовательской компетентности студентов бакалавриата направления подготовки Прикладная информатика через включение вариативного курса, содержательной основой которого является комплекс специально разработанных междисциплинарных учебных «задач-конструкторов».

*Создан* междисциплинарный адаптивный модуль «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» как средство формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки Прикладная информатика.

*Разработана* и апробирована методика формирования научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки Прикладная информатика в процессе обучения математике на основе междисциплинарного адаптивного модуля, включающего комплекс «задач-конструкторов».

*Подтверждена* результативность методики формирования научно-исследовательской компетентности бакалавра направления подготовки Прикладная информатика в процессе обучения математике посредством использования диагностического комплекса.

Дальнейшее исследование может быть связано с развитием идеи формирования научно-исследовательской компетентности в обучении математике и созданием методик ее реализации для других направлений подготовки бакалавров укрупненной группы «Информатика и вычислительная техника», а так же для уровня магистратуры.



**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Аммосова М. С. Профессиональная направленность обучения математике студентов горных факультетов вузов как средство формирования их математической компетентности: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02/ Аммосова Марита Саввична. - Красноярск, 2009. — 180 с.
2. Ананьев Б. Г. О проблемах современного человекознания / АН СССР, Ин-т психологии. - М.: Наука, 1977. -379 с.
3. Анисова Т. Л. Методика формирования математических компетенций бакалавров технического вуза на основе адаптивной системы обучения: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02/ Анисова Татьяна Леонидовна. - Москва, 2013. - 24 с.
4. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы: избр. тр. / Отв. ред. Ф. В. Константинов, Б. Ф. Ломов, В. Б. Швырков; АН СССР, Ин-т психологии. - М. : Наука, 1978. - 399 с.
5. Акимов С.С. Методическая система обучения основам научных исследований бакалавров технологического образования: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Акимов Станислав Сергеевич. - СПб., 2006. - 227 с.
6. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. - М.: МЦНМО, 2004.- 32 с.
7. Архангельский С.И., Мизинцев В.П. Качественно-количественные критерии оценки научно-познавательного процесса // Новые методы и средства обучения. - № 3 (7). - М., 1989.
8. Архангельский С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы: учеб.- метод. Пособие. -М.: Высш. шк., 1980.
9. Ахмадеева М. И. Выпускная квалификационная работа бакалавра по направлению «Экономика» : метод. реком.- Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2009. - 72 с.

10. Балашов В.В. Организация научно-исследовательской деятельности студентов в вузах России: монография в 3-х ч./ В.В. Балашов - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ГУУ, 2002. - 216 с.
11. Балл Г. А. Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект. - М.: Педагогика, 1990. - 184 с.
12. Байденко В.И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО нового поколения: методическое пособие. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. - 72с.
13. Беянина Е. Ю. Технологический подход к развитию математической компетентности студентов экономических специальностей: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Беянина Елена Юрьевна. - Омск, 2007. - 244 с.
14. Большая Советская Энциклопедия / А. М. Прохоров [и др.]. Т. 16. - М., 1974. С. 472.
15. Большая Советская Энциклопедия / А. М. Прохоров [и др.]. Т. 24. - М., 1978. С. 264.
16. Большев Л.Н. Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. - М.: Наука, 1983. - 416 с.
17. Бордовская Н.В. Современные образовательные технологии: учебное пособие / коллектив авторов; под ред. Н.В. Бордовской. - 3-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2016. - 432 с.
18. Бостанджиева Т.М. Психологический инструментарий для учебно-исследовательской практики студентов педагогических специальностей и направлений бакалавриата: учеб. пособие. -Тобольск: Тоб. гос. пед. ун-т, 2009. - 247 с.
19. Васильев В.М. Методика выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра физико-математического образования: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Васильев Владислав Михайлович. - СПб., 2005. -138 с.

20. Василевская Е.А. Профессиональная направленность обучения высшей математике студентов технических вузов: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Василевская Елена Александровна. - М., 2000. - 229 с.
21. Вербицкий А. А. Компетентностный подход и теория контекстного обучения / А. А. Вербицкий. - М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. - 84 с.
22. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: Контекстный подход / А. А. Вербицкий. - М.: Высшая школа, 1991. - 207 с.
23. Вербицкий А. А. Контекстное обучение в компетентностном подходе / А. А. Вербицкий // Высшее образование в России. 2006. №11. С.39-46.
24. Вербицкий А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании. Проблемы интеграции/ А. А. Вербицкий, О. Г. Ларионова. - М.: Логос, 2009. - 334 с.
25. Вишнякова С.М. Профессиональное образование. Словарь. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика. - М.: НМЦ СПО, 1999. - 538 с.
26. Власова Е.М. Проблемы перехода российского общества к двухуровневой системе высшего образования / Е.М. Власова // Теория и практика общественного развития. 2014. №1. С.89-93.
27. Волкова В. Н. Основы теории систем и системного анализа / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - изд. 2-е.- СПб. : СПбГТУ, 1999. - 512 с.
28. Воронин А.С. Словарь терминов по общей и социальной педагогике / А.С. Воронин. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 135 с.
29. Гиглавый А.В. Анализ контингента студентов ИКТ-специальностей в высших учебных заведениях Российской Федерации в 2005 году [Электронный ресурс] / А.В. Гиглавый, А.В. Шкред. - Режим доступа:<http://www.intuit.ru/research/>.
30. Головина О.В. О структуре историко-математической компетентности // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 2. С.142.

31. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Специальность 351400 «Прикладная информатика (по областям)». - М.: Министерство образования РФ, 2000
32. Границкая А.С. Научить думать и действовать: Адаптивная система обучения в школе: кн. для учителя. - М.: Просвещение, 1991. - 175с.
33. Грицанов А.А. Социология: Энциклопедия / сост. А.А. Грицанов, В.Л. Абушенко, Г.М. Евелькин, Г.Н. Соколов, О. В. Терещенко. - М., 2003
34. Гусева И.А. Научная магистратура: мечта или реальность? // Высшее образование в России. 2012. № 2. С. 9-17.
35. Дмитриевская Н. А. Модульный подход к формированию содержания компетентностно-ориентированного обучения // Статистика и экономика. 2010. №4. С.9-12.
36. Елагина В. С. Формирование исследовательской компетенции в процессе профессиональной подготовки студентов педагогического вуза // Концепт. 2012. № 8. - Режим доступа: <http://www.covenok.ru/koncept/2012/12102.htm>. (дата обращения: 13.09.2017).
37. Еремина О.В. Возможность бакалавриата в подготовке квалифицированных специалистов // Высшее образование в России. 2010. №12. С.144-146.
38. Жуковская М. Э. Содержание и структура подготовки студентов бакалавриата к исследовательской работе // Исследовательская деятельность в вузовской и послевузовской подготовке бакалавров, магистров, аспирантов: Сб. статей / под науч. ред. проф. И. А. Зимней. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. - 116 с.
39. Загузов Н.И. Подготовка и защита диссертации по педагогике [Текст]: научно-методическое пособие / Загузов Н.И. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Ореол-Лайн, 1998. -192с.
40. Зеер Э.Ф. Психология профессионального образования: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э.Ф. Зеер. - М.: «Академия», 2009. - 384 с.

41. Зеер Э.Ф. Личностно-ориентированное профессиональное образование / Э.Ф. Зеер. - М.: Издательский центр АПО, 2002. - 43 с.
42. Зеер Э.Ф. Модернизация профессионального образования: компетентностный подход: учеб. пособие / Э.Ф. Зеер, А.М. Павлова, Э.Э. Сыманюк. -М.: МПСИ, 2005. - 216 с.
43. Зимняя И.А. Личностно-деятельностный подход в обучении русскому как иностранному // Русский язык за рубежом.1985.№5.
44. Зимняя И.А. Педагогическая психология. - изд. 2-е. - М.: Логос, 2000. С. 74-91.
45. Зимняя И.А. Роль задачи в личностно-деятельностном подходе // Задача - единица обучения, учебной деятельности и общения. - М., Старый Оскол, 2007.
46. Зимняя И.А. Научно-исследовательская работа: методология, теория, практика организации и проведение / И.А. Зимняя. - М.: МНПИ, 1999. - 28 с.
47. Зимняя И.А. Исследовательская деятельность как объект освоения в высшем профессиональном образовании (уровень бакалавра)// Исследовательская деятельность в вузовской и послевузовской подготовке бакалавров, магистров, аспирантов: Сб. статей / Под науч.ред. проф. И.А. Зимней. -М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. - 116 с.
48. Ивин А.А. Словарь по логике / А.Л. Никифоров. - М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1997. - 384 с.
49. Игна О. Н. Методика и технология обучения: понятийно-функциональное соотношение // МНКО. 2010. №3. С.257-260.
50. Картежников Д. А. Визуальная учебная среда как условие развития математической компетентности студентов экономических специальностей: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Картежников Дмитрий Александрович. - Омск, 2007. - 196 с.
51. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа : уч. пособие для вузов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. С.37.

52. Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику/ пер. с англ. под ред. И.М. Яглома. - Мир, 1965. 484с.
53. Ким И.Н., Лисиенко С.В. О роли магистратуры в стратегическом развитии вуза // Высшее образование в России. 2012.№ 11. С. 23-28.
54. Колдина М.И. Научно-исследовательская компетентность как педагогическая категория // Символ науки. 2015. №10-1.С.169-171.
55. Комарова Ю.А. Научно-исследовательская компетентность специалистов: функционально-содержательное описание // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2008. №68. С.69-77.
56. Константинова Л.В. Проблемы развития магистратуры в условиях реформирования высшего образования // Высшее образование в России. 2013. № 7. С.30-36.
57. Концепция федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2014-2020 годы (распоряжение Правительства РФ от 2 мая 2013 г. № 736-р).
58. Концепция развития научно-исследовательской и инновационной деятельности в учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации на период до 2015 года (Письмо Минобрнауки РФ от 22.02.2011 № 13-91 г.).
59. Концепция федеральной целевой программы развития образования на 2016 - 2020 годы. Выпуск № 2, 2015 г. ст. 541 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.12.2014 г. №2765-р Собрание законодательства Российской Федерации Раздел IV Постановления и распоряжения Правительства РФ
60. Костров А.В. Основы информационного менеджмента : учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 2004.
61. Краевский В.В. Общие основы педагогики [Текст] : учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.В. Краевский. - 2-е изд., испр. - М.: Академия, 2005. - 256 с.

62. Краевский В.В., Хуторской А.В. Предметное и общепредметное в образовательных стандартах // Педагогика. 2003. № 3. С.3-10.
63. Красовский Н. Н., Субботин А. И. Позиционные дифференциальные игры. - М. : Наука, 1974. - 456 с.
64. Кудрявцев Л.Д. Мысли о современной математике и ее изучении. - М.: Наука, 1977. - 111 с.
65. Кузнецова А. Ю. ИКТ-кадры как фактор повышения конкурентоспособности национальной экономики // ИКС. 2006. № 7. Режим доступа: <http://www.iks-media.ru/articles/28228.html>. (дата обращения: 13.09.2017).
66. Лапчик М.П. Структура и методическая система подготовки кадров информатизации школы в педагогических вузах: дис..... д-ра пед. наук: 13.00.02. - М., 1999. - 82 с.
67. Лапчик М. П. Проблемы фундаментального и прикладного математического образования учителей информатики / М. П.Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер // Электронный научный журнал «Вестник Омского государственного педагогического университета». 2006. Режим доступа: [www.omsk.edu](http://www.omsk.edu). (дата обращения: 03.06.2009).
68. Леонтьев Д.А. Рефлексия «хорошая» и «дурная»: от объяснительной модели к дифференциальной диагностике. / Д.А. Леонтьев, Е.Н. Осин // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 11. № 4. С. 110-135.
69. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. - М.: Педагогика, 1981. -184с.
70. Лозовая Н. А. Формирование исследовательской деятельности будущих бакалавров в условиях пролонгированного обучения математике: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Лозовая Наталья Анатольевна. - Красноярск, 2016. - 25 с.

71. Лунгу К. Н. Организация междисциплинарных связей как условие модернизации математического образования студентов технического вуза // Известия МГТУ. 2014. №2 (20). С.141-146.
72. Лунгу К.Н. Систематизация приемов учебной деятельности студентов при обучении математике. — М.: Книжный дом «Либроком», 2010. - 424 с.
73. Макарова О.Ю. Критерии и показатели оценки эффективности функционирования воспитательной системы вуза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 348-351.
74. Манушкина М.М. Формирование математической компетентности студентов направления подготовки "Прикладная математика" на бипрофессиональной основе: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 Манушкина Маргарита Михайловна. - Красноярск: СФУ, 2013.
75. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. - М.: Педагогика, 1972. - 207 с.
76. Матяш Н.В. Проектный метод обучения в системе технологического образования // Педагогика. 2000. №4.
77. Махмутов М. И. Современный урок: Вопросы теории. - М.: Педагогика, 1981. - 191 с.
78. Махмутов М. И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории. - М.: Педагогика, 1975. - 386 с.
79. Методологические основы системы модульного формирования содержания образовательных программ и совместимой с международной системой классификации учебных модулей [Электронный ресурс]. - URL: <http://apu-fsin.ru/bd/2/metod.rtf>. (дата обращения: 13.09.2017).
80. Митин Н.А. Новая модель информационного взаимодействия в социальных системах // Математическое моделирование социальных процессов. - М.: Социологический факультет МГУ, 2000. Вып. 2.
81. Митин Н.А. Математическое моделирование и самоорганизация информационных потоков в социальных средах: сб. докладов / V



- Всероссийская конференция «Нейрокомпьютеры и их приложения». - М., 1999.
82. Митяева А.М. Компетентностная модель многоуровневого высшего образования: на материале формирования учебно-исследовательской компетентности бакалавров и магистров: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / Митяева Анна Михайловна. - Волгоград, 2007. С.11.
83. Момот А.И. Организационно-методические основы активизации функционирования системы НИРС / А.И. Момот. - М.: НИИ высшего образования, 2001. - 88 с.
84. Морозова Н.А. Научно-исследовательская составляющая подготовки магистров в России // Исследовательская деятельность в вузовской и послевузовской подготовке бакалавров, магистров, аспирантов: сб. статей / под науч. ред. проф. И.А. Зимней. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. - 116 с.
85. Мотовилов О.В. Проблемы подготовки кадров в магистратуре // Высшее образование в России. 2016. №2. С.38-45.
86. Мохонько Е.З. Динамика информационных процессов в неантагонистических играх: автореф. дис. ...д-р физ.-мат. наук: 05.13.17 / Мохонько Елена Захаровна. - М., 1997.
87. Мышкис А.Д. О преподавании математики прикладникам // Образование в техническом вузе в XXI веке, 2009. Вып. 5. С. 123 - 130.
88. Никитин В. В. Совершенствование структуры и содержания среднего и высшего профессионального образования: цели, методология и пути реализации (на примере области ИКТ). - Режим доступа: [http://www.hse.ru/sites/innovation/docs/ds/Nikitin\\_8\\_12.PPT](http://www.hse.ru/sites/innovation/docs/ds/Nikitin_8_12.PPT). (дата обращения: 23.06.2013).
89. Никитина Е. Ю. Теоретико-методологические подходы к проблеме подготовки будущего учителя в области управления дифференциацией образования: монография / Е. Ю. Никитина. - Челябинск: ЧГПУ, 2000. - 101 с.

90. Никитина Е. Ю. Педагогическое управление коммуникативным образованием студентов вузов: Перспективные подходы [Текст]: монография / Е. Ю. Никитина, О. Ю. Афанасьева. - М.: МАНПО, 2006. С.31.
91. Никонов А.В. Заключительная аттестационная работа бакалавра, магистра и аспиранта: учеб. пособие / А.В. Никонов, В.Н. Цыганенко. - Омск: ОмГТУ, 2008. - 80 с.
92. Новиков А.М. Методология научного исследования/ А.М. Новиков, Д.А. Новиков. - М.: Либроком, 2010. - 280 с.
93. Новиков А. М. Профессиональное образование России: перспективы развития / А.М. Новиков. - М.: ИЦПНПО РАО, 1997. - 254 с.
94. Новиков Д. А. Стимулирование в социально-экономических системах. - М.: ИПУ РАН, 1998.
95. Новое в синергетике : взгляд в третье тысячелетие / Российская академия наук; пред. редкол. И. М. Макаров; отв. ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов. - М.: Наука, 2002. - 478 с.
96. Носков М.В., Шершнева В.А. О дидактическом базисе высшей школы и математической подготовке компетентного инженера // Педагогика. 2010. № 10. С. 38-44.
97. Нужнова С.В. Научно-исследовательская работа студентов как необходимое условие подготовки к профессиональной мобильности // Сибирский педагогический журнал. 2012. № 8. С.33-37.
98. Оконь В. Введение в общую дидактику/ Пер. с польск. Л. Г. Кашкуевича, Н. Г. Горина. - М.: Высш. шк., 1990. -382 с.
99. Олешков М. Ю. Современный образовательный процесс: основные понятия и термины / Авторы-составители М. Ю. Олешков, В. М. Уваров. М.: Спутник+, 2006. - 191 с.
100. Пегашкин В., Гаврилова Т., Корнисик К. НИР студентов младших курсов: проблемы и решения // Высшее образование в России. 2009. №7. С. 109-111.

101. Перечень специальностей, утвержденного приказом № 4 Минобрнауки России от 12.01.05.
102. Перечень направлений подготовки высшего профессионального образования, подтверждаемого присвоением лицу квалификации (степени) «бакалавр». Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 сентября 2009 г. № 337. Режим доступа :<http://mon.gov.ru>. (дата обращения: 21.10.2010).
103. Перечень направлений подготовки высшего профессионального образования, подтверждаемого присвоением лицу квалификации (степени) «бакалавр». Утвержден приказом Минобрнауки России от 18.11.2013 N 1245. Режим доступа :<http://fgosvo.ru/news/6/326>. (дата обращения: 13.09.2017).
104. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: уч. пособие для высших учебных заведений. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Логос, 2001. - 296 с.
105. Подласый И.П. Педагогика: 100 вопросов - 100 ответов: учеб. пособие для вузов/ И. П.Подласый. - М.: ВЛАДОС-пресс, 2004. - 365 с.
106. Прахова М.Ю., Светлакова С.В. Подготовка магистров в инженерной области: отечественная модель // Высшее образование в России. 2014. № 1. С. 118-124.
107. Пышкало А.М. Методическая система обучения геометрии в начальной школе: авт. доклад. по моногр. «Методика обучения геометрии в начальных классах», представл. на соискание учен. степени д-ра пед. наук. - М., 1975. - 75 с.
108. Рагулина М.И. Компьютерное моделирование как основа фундаментализации математической деятельности педагога физико-математического направления в условиях информатизации // Вестник Российского университета дружбы народов. 2008. № 4.

109. РБК - Обзор рынка - IT для бизнеса - Динамика и структура рынка IT [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://marketing.rbc.ru/reviews/it-business/chapter\\_1\\_1.shtml/](http://marketing.rbc.ru/reviews/it-business/chapter_1_1.shtml/). (дата обращения: 13.09.2017).
110. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим экологическим задачам / Пер. с англ. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 496 с.
111. Роботова А.С. О смысле магистратуры: размышления преподавателя // Высшее образование в России. 2013. №5. С.45-50.
112. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии: в 2 т. - М.: Педагогика, 1989.
113. Рябикин С.А. Формирование научно-исследовательской компетенции как условие внедрения наукоемких и инновационных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. 2012, Т. 14. №4(5). С.1460-1467.
114. Семенов А.Л. Математическая информатика в школе // Информатика и образование. 1995. № 5.
115. Семёнова Г. М. Формирование исследовательской компетентности в обучении математике студентов технических вузов // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. II. № 1.
116. Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. - М.: Прогресс-Традиция, 2000.
117. Скаткин М.Н. Методология и методика педагогических исследований. - М., 1989.
118. Сластенин В.А., Исаев И.Ф., Шиянов Е.Н. Педагогика: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / под ред. В.А. Сластенина. - М.: Издательский центр "Академия", 2002. - 576 с.
119. Смирнова Е.Э. Пути формирования модели специалиста с высшим образованием. - Л.: ЛГУ, 1977. -186 с.
120. Смолянинова О.Г. Компетентностный подход в системе высшего образования / О.Г. Смолянинова, О.А. Савельева, Е.В. Достовалова. - Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. - 196 с.

121. Старченко Е.В. Формирование у выпускников вузов профессиональных компетенций в научно-исследовательской деятельности // Вектор науки ТГУ. 2012. № 1(12).
122. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р).
123. Субетто А.И. Онтология и эпистемология компетентностного подхода, классификация и квалиметрия компетенций / А.И. Субетто. - СПб.; М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. - 72 с.
124. Сухомлин В.А., Тихомиров В.В. Основные принципы стандартизации ИТ-образования // Материалы XVI научно-методической конференции «Актуальные проблемы качества образования и пути ее решения». - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006.
125. Татур Ю. Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста / Ю.Г. Татур // Высшее образование сегодня. 2004. №3.
126. Тельнов Ю.Ф. Совершенствование подготовки IT-специалистов по направлению Прикладная информатика // Сборник научных трудов Научно-методической конференции «Совершенствование подготовки IT-специалистов на основе инновационных технологий и e-Learning». - М.: МЭСИ, 2005.
127. Тельнов Ю. Ф. Компетентностный подход к разработке государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования 3-го поколения по направлению Прикладная информатика. Режим доступа: <http://2006.edu-it.ru>. (дата обращения - 24.03.2012).
128. Тельнов Ю. Ф. Подготовка специалистов по информационным системам на основе профессиональных и образовательных стандартов / Ежегодная конференция «Использование программных продуктов 1С в учебных заведениях». Режим доступа:

- <http://www.lc.ru/rus/partners/training/edu/theses/?y=2008&s=2&t=14>. (дата обращения: 13.09.2017).
129. Тестов В. А. Стратегия обучения математике: монография. - Москва: Технологическая школа бизнеса, 1999. - 303 с.
130. Описание ансамблей с переменной структурой. Новые модели математической психологии/ И. Н. Трофимова, Н. А. Митин, А. Б. Потапов, Г. Г. Малинецкий. - М.: ИПМ, 1997.
131. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы. Официальные сетевые ресурсы Президента России. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919>. (дата обращения: 13.09.2017).
132. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации". Официальные сетевые ресурсы Президента России. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>. (дата обращения: 13.09.2017).
133. Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 № 646 "Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации». Официальные сетевые ресурсы Президента России. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41460>. (дата обращения: 13.09.2017).
134. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (уровень бакалавриата). Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 03.06.2013 г. №466. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф>. (дата обращения: 13.09.2017).
135. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки (09.04.03) Прикладная информатика (уровень магистратуры). Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 03.06.2013 г. №466. Режим доступа : <http://минобрнауки.рф>. (дата обращения: 13.09.2017).

136. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 230700 Прикладная информатика. Степень – бакалавр прикладной информатики. - М.: Министерство образования и науки РФ, 2009. Режим доступа : <http://минобрнауки.рф>. (дата обращения: 11.05.2011).
137. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 230400 Информационные системы и технологии. Степень – бакалавр. – М.: Министерство образования и науки РФ, 2009. Режим доступа : <http://минобрнауки.рф>. (дата обращения: 11.05.2011).
138. Федеральный закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О науке и государственной научно-технической политике" (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.06.2016). Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_11507/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/). (дата обращения: 13.09.2017).
139. Федорова С.И. Профессионально-прикладная направленность обучения математическому анализу студентов технических вузов связи (на примере темы «Ряды Фурье»): дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Федорова Светлана Ивановна. - М., 1994. - 126 с.
140. Философский энциклопедический словарь. - М. : Сов. Энциклопедия, 1983. - 579с.
141. Фридман Л.М. Теоретические основы методики обучения математике: учебное пособие. - Изд. 3-е. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. -248с.
142. Фролова Ф. Ф., Валеева Н. Ш. Роль магистратуры в системе высшего образования / Поволжский педагогический поиск (научный журнал). 2014. № 1 (7).С. 59-61.
143. Хинчин А.Я. Педагогические статьи / А. Я.Хинчин. - М.: Изд-во АПН РСФСР, 1963.
144. Хисамиева Л. Г. Научно-исследовательские компетенции в федеральных государственных образовательных стандартах третьего

- поколения // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №15. С.284-286.
145. Хисамиева Л.Г. Компетенции и компетентность в структуре научно-исследовательской деятельности // Вестник ОГУ. 2014. №9 (170). С.33-37
146. Хуторской А. В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций [Электронный ресурс]// Интернет-журнал «Эйдос». 2005. Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>. (дата обращения: 13.09.2017)
147. Цепляев А.Н. Выпускная работа бакалавров: учеб. пособие. - Волгоград: ИПК «Нева», 2009. - 172 с.
148. Цымбал М.И., Гордиенко О.А. К вопросу о необходимости введения в учебный процесс понятия «научно-исследовательская компетенция» // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2014. №4. С.39-44
149. Чернецов П.И., Шадчин И.В. К вопросу о формировании готовности студентов вуза к научно- исследовательской деятельности // Современные проблемы науки и образования. 2012. №1. С. 6-7.
150. Черноусько Ф.Л., Меликян А.А. Игровые задачи управления и поиска. - М.: Наука, 1978.
151. Чиркова О. В. Формирование математической компетентности будущих бакалавров-менеджеров производственной сферы в условиях проектного обучения: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Чиркова Ольга Владимировна. - Красноярск, 2016. - 212 с.
152. Шапоринский С.А. Обучение и научное познание. - М.: Педагогика, 1981.
153. Шадриков В.Д. Психология деятельности и способности человека / В.Д. Шадриков. - М.: Институт практической психологии, 1997. - 288 с.
154. Шершнева В.А. Комплекс профессионально направленных математических задач, способствующих повышению качества математической подготовки студентов транспортных направлений



- технических вузов: автореферат дис. ... кандидата педагогических наук: 13.00.02 / Шершнева Виктория Анатольевна. - Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т, 2004. - 21 с.
155. Шершнева В.А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода: автореферат дис. ... доктора педагогических наук: 13.00.02 / Шершнева Виктория Анатольевна. - Красноярск, 2011. - 45 с.
156. Шершнева В.А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза // Педагогика. 2014. № 5. С. 62-72.
157. Шершнева В.А., Карнаухова О.А., Сафонов К.В. Математика и информатика в вузе: взгляд из будущего // Высшее образование сегодня. 2008. №1.
158. Шершнева В.А., Манушкина М.М., Кочеткова Т.О. Формирование компонент математической компетентности студентов направления «Прикладная информатика» на бипрофессиональной основе // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева 2013. № 4 (26). С.96-99.
159. Шкерина Л.В. Профессионально-ориентированная учебно-познавательная деятельность студентов в процессе математической подготовки в педвузе [Электронный ресурс]: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Шкерина Людмила Васильевна. - М.: РГБ, 2003.
160. Шкерина Л.В., Сенькина Е.В., Саволайнен Г.С. Междисциплинарный образовательный модуль как организационно-педагогическое условие формирования исследовательских компетенций будущего учителя математики в вузе // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2013. №4 (26). С.76-80.
161. Якиманская И.С. Технология личностно-ориентированного образования / И.С. Якиманская. - М.:Сентябрь, 2002. - 96 с.
162. Accreditation Board for Engineering and Technology [Электронный ресурс] / Accreditation Criteria and Supporting Docs. URL:

- <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>. (дата обращения 13.09.2917).
163. Computing Curricula 2005. [Электронный ресурс] URL: [http://www.acm.org/education/curric\\_vols/CC2005-March06Final.pdf](http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf). (дата обращения 13.09.2917).
164. Development of Mathematics Competences in Higher Education Institutions. [Электронный ресурс] URL: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v3iS2.239> (дата обращения 13.09.2917).
165. Comprehensive Virtual Mathematics Training. [Электронный ресурс] URL: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v3i3.2738> (дата обращения 13.09.2917)
166. Zeidmane A., Ćerņajeva S. (2011) Interdisciplinary Approach in Engineering Education. International Journal of Engineering Pedagogy iJEP. Vol 1, No1. [Электронный ресурс] URL: [online-journals.org/index.php/i-jep/](http://online-journals.org/index.php/i-jep/) (дата обращения 13.09.2917)
167. SEFI Mathematics Working Group. [Электронный ресурс] URL: <http://learn.lboro.ac.uk/mwg/> (дата обращения 13.09.2917).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

Рабочая программа учебного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации»

#### 1. Объем модуля и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр*
		3
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	54	54
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	24	24
занятия лекционного типа	8	8
практические занятия (в т.ч. лабораторные работы)	12(6)	12(6)
индивидуальные консультации	4	4
<b>Самостоятельная работа:</b>	30	30
изучение теоретического курса	12	12
расчетные задания	18	18
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен)</b>		<b>зачет</b>

\*Допускается перемещение модуля в другой семестр в соответствии со спецификой учебного плана.

#### 2. Содержание модуля

№	Разделы модуля	Лек-ции	Практ. занятия	лабор. работы	Самост. работа	Формируемые компетенции
1.	Математическая модель распределения власти в социальных группах	1	1	1	6	ОПК-2,ПК-4, ПК-24,ПК-23,ОПК-3, ОПК-1
2.	Математическая модель процессов доминирования социальных группах	1	1	1	6	ОПК-2,ПК-4, ПК-24,ПК-23,ОПК-3, ОПК-1
3.	Математическая модель конфликтов в социальных группах	2	1	1	6	ОПК-2,ПК-4, ПК-24,ПК-23,ОПК-3, ОПК-1
4.	Математическая модель влияния в социальных группах	2	1	2	6	ОПК-2,ПК-4, ПК-24,ПК-23,ОПК-3, ОПК-1
5.	Математическая модель процессов мобилизации в социальных группах	2	1	2	6	ОПК-2,ПК-4, ПК-24,ПК-23,ОПК-3, ОПК-1

### 3. Конспект лекций.

*Лекция 1. Математическая модель распределения власти социальных группах*

Отношением *доминирования* назовём бинарное отношение  $\gg$ , удовлетворяющее условиям:

1) *Неверно, что  $A_i \gg A_i$* . Иными словами, никакой индивидуум не может доминировать сам над собой.

2) *Для каждой пары различных индивидуумов  $A_1$  и  $A_2$  либо  $A_1 \gg A_2$ , либо  $A_2 \gg A_1$ , но не могут иметь место оба эти отношения*. Иначе говоря, в каждой паре индивидуумов в точности один индивидуум доминирует над другим.

В этом определении отсутствует условие транзитивности:

$$A_1 \gg A_2 \text{ и } A_2 \gg A_3 \Rightarrow A_1 \gg A_3$$

Это неудивительно. Например, если команда  $A$  выигрывает у команды  $B$ , а команда  $B$  выигрывает у команды  $C$ , то отсюда ещё вовсе не следует, что команда  $A$  обязательно выиграет у команды  $C$ .

Для изображения отношения доминирования удобно пользоваться орграфами (рис.1 и рис.2):

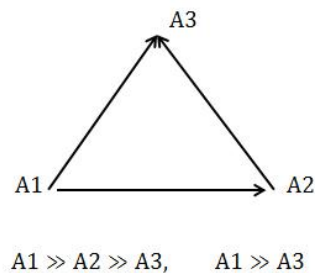


рис.1

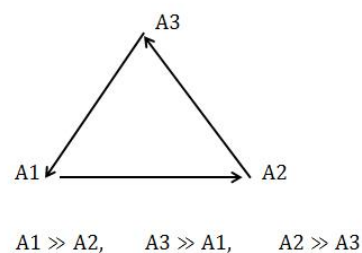


рис.2

Ещё один способ представления отношений доминирования заключается в использовании *матрицы доминирования*  $D$ , у которой  $(i, j)$ -й элемент  $d_{ij}$  равен 1, если  $A_i$  доминирует над  $A_j$ , и 0 - если это доминирование не имеет места. Например, такие матрицы отношений доминирования, представленных на рис. 1 и рис. 2 имеют вид:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Условия 1 и 2 на языке матриц примут вид:

1)  $d_{ii} = 0$  для всех  $i$ .

2) Если  $i \neq j$ , то  $d_{ij} = 1 \Leftrightarrow d_{ji} = 0$ .

Рассмотрим квадрат матрицы доминирования

$$C = [c_{ij}] = D^2.$$

Имеем

$$c_{ij} = d_{i1}d_{1j} + d_{i2}d_{2j} + \dots + d_{in}d_{nj}.$$

Слагаемое  $d_{ik}d_{kj}$  отлично от нуля тогда и только тогда, когда оба его сомножителя равны 1, т.е. имеет место цепочка доминирований

$$A_i \gg A_k \gg A_j.$$

В таком случае будем говорить, что  $A_i$  *двучленно доминирует* над  $A_j$ . (Чтобы быть последовательным, доминирование  $A_i \gg A_j$  будем называть теперь *одночленным доминированием*). Ещё раз отметим, что из  $A_i \gg A_k \gg A_j$  не следует ни  $A_i \gg A_j$ , ни  $A_j \gg A_i$ .

**Пример 1.** Пусть отношение доминирования задано орграфом, изображенным на рисунке 3.

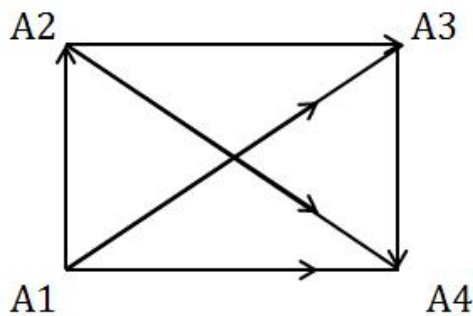


Рис. 3

Построим матрицу доминирования

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad \text{Тогда} \quad D^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Значит,  $A_1$  имеет одно двучленное доминирование над  $A_3$  и два двучленных доминирования над. Точно также  $A_2$  имеет одно двучленное доминирование над  $A_4$ . Это можно представить в виде

$$A_1 \gg A_2 \gg A_3, \quad A_1 \gg A_2 \gg A_4, \quad A_1 \gg A_3 \gg A_4, \quad A_2 \gg A_3 \gg A_4.$$

**Теорема 1.** Пусть на множестве из  $n$  индивидуумов  $A_1, A_2, \dots, A_n$  определено отношение доминирования  $\gg$ . Тогда существует, по крайней мере, один индивидуум, который может доминировать одночленным или двучленным образом над каждым из остальных индивидуумов данной группы. Аналогично существует по крайней мере один индивидуум, над которым одночленно или двучленно доминирует каждый из остальных индивидуумов.

**Теорема 2.** Пусть  $D$  - матрица доминирования и  $S = D + D^2$ . Тогда существует по крайней мере одна строка (а также столбец) матрицы  $S$ , все элементы которой, кроме элемента, стоящего на главной диагонали, отличны от нуля.

Для иллюстрации этой теоремы рассмотрим случай доминирования, представленный на рис. 4.

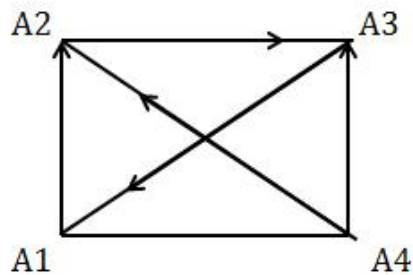


Рис.4

Имеем

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad D^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Тогда

$$S = D + D^2 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix}.$$

Мы видим, что  $A_1, A_3$  и  $A_4$  могут доминировать одночленно или двучленно над каждым из остальных индивидуумов, но  $A_2$  не может доминировать таким же образом над  $A_4$ . Точно также над каждым из индивидуумов  $A_1, A_2$  и  $A_3$  доминирует одночленно или двучленно каждый из остальных индивидуумов, тогда как над  $A_4$  не может доминировать таким образом  $A_2$ .

В качестве очередного применения матриц доминирования дадим определения ранга индивидуума. *Рангом* индивидуума называется число всех одночленных и двучленных доминирований, которые этот индивидуум может осуществлять. Число всех одночленных доминирований, осуществляемых индивидуумом  $A_i$ , равно сумме элементов  $i$ -й строки матрицы  $D$ , а число всех двучленных его доминирований — сумме элементов  $i$ -й строки матрицы  $D^2$ . Следовательно, ранг индивидуума  $A_i$  равен сумме элементов  $i$ -й строки матрицы  $S = D + D^2$ .

**Пример 2.** Понятием ранга индивидуума можно пользоваться для оценки результатов спортивных соревнований. Пусть, например, один тур матча дал следующие результаты:

команда А выиграла у команд В и D;  
 команда В выиграла у команды С;  
 команда С выиграла у команды А;  
 команда D выиграла у команд В и С.

Легко видеть, что этот случай доминирования совпадает с представленным на рис. 4. В соответствии с проведённым выше анализом мы можем расположить эти команды по их рангу: А, D, С и В.

Отметим, что данное здесь определение ранга индивидуума не является единственно возможным. Например, -рангом индивидуума  $A_i$  назовём сумму элементов  $i$ -й строки матрицы

$$S_q = D + qD^2$$

Так как двучленное доминирование менее значимо, чем одночленное, то следует выбирать  $q \leq 1$ . Выбор значения параметра  $q$  зависит от конкретной ситуации.

### *Лекция 2. Моделирование процессов доминирования социальных групп.*

Усложним вышеизложенную первую модель. Её недостатком является отсутствие описания структуры самого отношения доминирования. Оно задано априори и незыблемо. Возможность управления системой отсутствует. Предложим векторный подход, т.е рёбра орграфа будем помечать не числами, а векторами.

Итак, имеется  $N$  участников (они же будут изображаться как вершины будущего орграфа)  $v_1, v_2, \dots, v_n$ . Каждый участник  $v_i$  характеризуется вектором  $x_i = (x_i^1, \dots, x_i^p)$ , например, для борцов  $x_i^1$  – уровень психологической устойчивости,  $x_i^2$  – уровень технической подготовки,  $x_i^3$  – уровень физической подготовки. Тогда  $\delta_{ij}^k = x_i^k - x_j^k$  – мера превосходства участника  $v_i$  над участником  $v_j$  по  $k$ -й координате, а  $\delta_{ij} = (\delta_{ij}^1, \dots, \delta_{ij}^p)$  – вектор превосходства участника  $v_i$  над участником  $v_j$ . Дугу, идущую от вершины  $v_i$  к вершине  $v_j$ , пометим вектором  $\delta_{ij}$ .



На множестве векторов  $\delta_{ij}$  легко ввести отношение линейного порядка, например, лексикографический порядок. Но он удовлетворяет свойству транзитивности.

Построим пример нетранзитивного отношения доминирования. Имеется три борца  $v_1, v_2, v_3$ . Будем считать, что уровень техничности  $t_i$  и выносливости  $s_i$  борца  $v_i$ , оценивается от 0 до 1 с шагом, например 0.01. Тогда

$\delta_{ij} := t_i - t_j$  - мера превосходства техничности  $v_i$  над  $v_j$ ,

$\varepsilon_{ij} := s_i - s_j$  - мера превосходства выносливости  $v_i$  над  $v_j$ .

Дуга от  $v_i$  к  $v_j$ , помечается вектором  $(\delta_{ij}, \varepsilon_{ij})$ . При произвольном  $\alpha \in (0, 1)$  на множестве борцов  $v_i$  введём бинарное отношение:

$$v_i \gg v_j \Leftrightarrow [(\delta_{ij} > 0 \wedge \varepsilon_{ij} > -\alpha) \vee (\delta_{ij} < 0 \wedge \varepsilon_{ij} > \alpha)]$$

Докажем, что это отношение есть отношение доминирования. Используя язык алгебры высказываний, обозначим

$$p = (\delta_{ij} > 0), q = (\varepsilon_{ij} > -\alpha), r = (\varepsilon_{ij} > \alpha).$$

Ввиду того, что  $\delta_{ij} = -\delta_{ji}$  и  $\varepsilon_{ij} = -\varepsilon_{ji}$  формула  $((v_i \gg v_j) \vee (v_j \gg v_i))$  примет вид

$$(p \wedge q) \vee (\bar{p} \wedge r) \vee (\bar{p} \wedge \bar{r}) \vee (p \wedge \bar{q}).$$

Легко проверить, что она тождественно истинна. Значит, наше отношение удовлетворяет условию 2 в определении отношения доминирования. Выполнение условия 1 очевидно, поскольку  $\delta_{ij} = 0$ .

Убедимся, что наше отношение может не быть транзитивным. На множестве  $\{v_1, v_2, v_3\}$  построим пример, удовлетворяющий условиям:

$$v_1 \gg v_2, v_2 \gg v_3, \text{ но } v_1 \not\gg v_3.$$

Положим  $\alpha = 0.1$ . Эти условия порождают 8 систем шести линейных неравенств с шестью неизвестными. Вот одна из них:

$$\begin{aligned} t_1 - t_2 &> 0 \\ s_1 - s_2 &> -0,1 \\ t_2 - t_3 &> 0 \\ s_2 - s_3 &> -0,1 \end{aligned}$$

$$t_3 - t_1 < 0$$

$$s_3 - s_1 > 0,1$$

Одним из решений является:

$$t_1 = 0,5, t_2 = 0,48, t_3 = 0,46, s_1 = 0,4, s_2 = 0,45, s_3 = 0,51$$

Тогда  $v_1 \geq v_2, v_2 \geq v_3$ , но  $v_3 \geq v_1$

Первый борец побеждает второго, второй третьего, но первый не побеждает третьего. Занявшись несложной арифметикой можно сделать интересный вывод: для превосходства первого над третьим первому борцу достаточно повысить уровень выносливости хотя бы до 0,53.

### *Лекция 3. Математическая модель конфликтов в социальных группах.*

Рассмотрим группу из  $n$  участников (например, планирующих совершить длительный экстремальный поход). В начальный момент времени у  $i$ -го участника есть эмоциональное состояние, выражаемое действительным числом  $a_i$ , ( $i=1,2,\dots,n$ ). Каждый участник группы воздействует на эмоциональное состояние любого из членов группы, в том числе и на самого себя. При этом влияние может быть как положительным, так и отрицательным. Это отличает нашу ситуацию от модели «Влияние в социальных группах». Обозначим через  $k_{ij}$  нормированный коэффициент влияния  $j$ -го участника на  $i$ -го, т.е.

$$\sum_{j=1}^n |k_{ij}| = 1, \quad (1)$$

и, следовательно,

$$-1 \leq k_{ij} \leq 1. \quad (2)$$

Иными словами, строки матрицы

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdots & k_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

нормированы в смысле 1-нормы Гёльдера. Матрицу  $K$  будем называть *матрицей влияний*. Такие матрицы не являются стохастическими в отличие от использованных в модели «Влияние в социальных группах».

Ситуацию взаимных влияний в группе, очевидным образом, можно представить в виде взвешенного орграфа. Например, такого, как показан на рисунке 8.

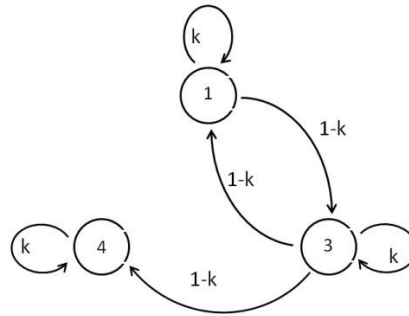


Рис.5

Примем следующие предположения.

- 1) *Дискретность*: процесс происходит в дискретном времени.
- 2) *Стационарность*: коэффициенты влияний  $k_{ij}$  постоянны, т.е. не зависят от времени  $t$ .
- 3) *Линейность*:

$$\begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ \vdots \\ a_n(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1(t-1) \\ a_2(t-1) \\ \vdots \\ a_n(t-1) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Отметим, что условия 2 и 3 достаточно сильные.

Запишем (4) в компактной форме

$$a(t) = Ka(t-1) \quad (5)$$

Отсюда

$$a(t) = K^t a(0). \quad (6)$$

Нас интересует поведение последовательности векторов состояний системы

$$a(0), a(1), a(2), \dots, a(t), \dots \quad (7)$$

**Теорема 5.** Все корни характеристического многочлена матрицы  $K = [k_{ij}]$ ,

удовлетворяющей условию  $\sum_{j=1}^n |k_{ij}| = 1$ ,  $i = 1, \dots, n$  по модулю не превосходят 1.

**Доказательство.** Пусть  $\lambda$  — произвольный корень характеристического многочлена матрицы  $K$ . Он лежит в некотором круге Гершгорина  $|\lambda - k_{ii}| \leq b_i$ ,

где 
$$b_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n |a_{ij}|.$$

Тогда  $-b_i + k_{ii} \leq \lambda \leq b_i + k_{ii}$ .

Отсюда и из условия теоремы получаем требуемое.

Замечание. При этом оценка  $|\lambda| = 1$  достижима, как показывает пример

$$K = \begin{bmatrix} 0.3 & -0.7 & 0 \\ -0.7 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.3 \end{bmatrix}.$$

Но может случиться, что все корни характеристического многочлена по модулю строго меньше 1.

Рассмотрим некоторые частные случаи.

**Пример 3.** Симметричная синергетическая пара «пессимист - оптимист»:

$$n = 2, \quad K = \begin{bmatrix} -k & 1-k \\ 1-k & k \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1.$$

Иными словами, 1-й участник — «пессимист», 2-й участник — «оптимист» и оба влияют друг на друга одинаково положительно (матрица  $K$  симметрична).

Как известно из курса линейной алгебры, для вещественной симметричной матрицы  $K$  существует ортогональная матрица  $Q$  такая, что

$$Q^{-1}KQ = \Lambda, \quad \text{где} \quad \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$$

и  $\lambda_1, \lambda_2$  — корни характеристического многочлена матрицы  $K$  (они у вещественной симметричной матрицы, как известно, вещественны). При этом

столбцы матрицы  $Q$  есть нормированные (в смысле евклидовой нормы) собственные вектора-столбцы, отвечающие, соответственно, собственным числам  $\lambda_1, \lambda_2$ . Тогда  $K = Q\Lambda Q^{-1}$ . Отсюда  $K^t = Q\Lambda^t Q^{-1}$ .

Таким образом, поведение последовательности состояний (7) в нашем случае в значительной степени определяется значениями  $\lambda_1, \lambda_2$ .

$$\text{Имеем } |K - \lambda E| = \dots = \lambda^2 - 2k^2 + 2k - 1 = 0, \quad \lambda_{1,2} = \pm \sqrt{k^2 + (k-1)^2}.$$

$$\text{Легко проверить } |\lambda_{1,2}| < 1 \Leftrightarrow k(k-1) < 0.$$

При нашем начальном условии  $0 < k < 1$  последнее неравенство выполнено и значит  $|\lambda_{1,2}| < 1$ . Тогда

$$\lim_{x \rightarrow \infty} K^t = \lim_{x \rightarrow \infty} Q\Lambda^t Q^{-1} = 0.$$

$$\text{Теперь из (6) следует } \lim_{x \rightarrow \infty} a(t) = 0, \quad \text{т.е. } \lim_{x \rightarrow \infty} a_1(t) = \lim_{x \rightarrow \infty} a_2(t) = 0.$$

Таким образом, такая группа (в данной модели) нежизнеспособна.

**Пример 4.** Пусть  $n$  произвольное, матрица влияний  $K$  симметрична и все её собственные значения  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  по модулю меньше единицы. По свойствам симметричных матриц, упомянутым в предыдущем примере, существует ортогональная матрица  $Q$  такая, что  $Q^{-1}KQ = \Lambda = \text{diag}[\lambda_1, \dots, \lambda_n]$ . При этом столбцы матрицы  $Q$  есть нормированные (в смысле евклидовой нормы) собственные вектора-столбцы, отвечающие, соответственно, собственным числам  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ . Тогда как и прежде  $K = Q\Lambda Q^{-1}$  и  $\lim_{x \rightarrow \infty} K^t = \lim_{x \rightarrow \infty} Q\Lambda^t Q^{-1} = 0$ . Система нежизнеспособна. Таким образом, для жизнеспособности симметричной системы необходимым условием является наличие собственного значения  $\lambda \geq 1$  (в соответствии с теоремой  $\lambda = 1$ ).

**Пример 5.** Абсолютно антагонистическая пара абсолютно несамостоятельных индивидуумов:

$$K = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Так как  $K^2 = K^4 = K^6 = \dots = E$  - единичная матрица и  $K = K^3 = K^5 = \dots$ , то легко убедиться в цикличности вектора состояний

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} -a_1 \\ -a_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} -a_1 \\ -a_2 \end{bmatrix} \rightarrow \dots$$

**Пример 6.** Несимметричная пара «пессимист и самодостаточный оптимист»:

$$n=2, \quad K = \begin{bmatrix} -k & 1-k \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1.$$

Иными словами, 1-й участник — «пессимист» на 2-го никак не влияет; 2-й участник — самодостаточный «оптимист» и на 1-го влияет положительно.

Исходя из соотношения (6) необходимо выяснить поведение матрицы  $K^t$  при  $t \rightarrow \infty$ . Подсчитав  $K^2, K^3, K^4$  можно выдвинуть и проверить по индукции гипотезу

$$K^t = \begin{bmatrix} (-k)^t & (-k)^t - 2k[(-k)^{t-2} + (-k)^{t-3} + \dots + (-k) + 1] + 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Сворачивая выражение в квадратных скобках как геометрическую прогрессию, получим

$$K^t = \begin{bmatrix} (-k)^t & (-k)^t - 2k \frac{1 - (-k)^{t-1}}{1+k} + 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Отсюда

$$\lim_{t \rightarrow \infty} K^t = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1-k}{1+k} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Пусть вектор начального состояния системы есть

$a(0) = \begin{bmatrix} s \\ 1 \end{bmatrix}$ , вторую координату, не ограничивая общности рассуждений, можно принять за 1.

Тогда система стремится к состоянию

$$\lim_{x \rightarrow \infty} a(t) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1-k}{1+k} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1-k}{1+k} \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Интересно отметить, что предельное состояние системы устойчиво, т.е.

$$\begin{bmatrix} -k & 1-k \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1-k}{1+k} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1-k}{1+k} \\ 1 \end{bmatrix}$$

и не зависит от начального состояния  $S$  «пессимиста».

**Пример 7.** Предложим ещё более удивительный пример.

$$n=2, \quad K = \begin{bmatrix} 0.9 & -0.1 \\ 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}.$$

Иными словами, 2-й участник оказывает на состояние 1-го незначительное отрицательное воздействие, а 1-й на 2-го — такое же по величине, но положительное воздействие. Компьютерный эксперимент показывает, что

$\lim_{x \rightarrow \infty} K^t = 0$ . Тогда  $\lim_{x \rightarrow \infty} a(t) = \lim_{x \rightarrow \infty} K^t a(0) = 0$  независимо от вектора начальных состояний, т.е. система нежизнеспособна.

**Пример 8.** Дружелюбные оптимисты:

$$K = \begin{bmatrix} k & 1-k \\ 1-k & k \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1$$

Легко подсчитать

$$\lambda_1 = 1, \quad \lambda_2 = 2k - 1, \quad |\lambda_2| < 1.$$

Как и в примере 1 из нормированных собственных векторов-столбцов матрицы  $K$  составим ортогональную матрицу

$$Q = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}. \text{ Тогда } K = Q\Lambda Q^T, \text{ где } \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ & \lambda_2 \end{bmatrix}.$$

Так как  $\lambda_1 = 1$  и  $|\lambda_2| < 1$ , то

$$\lim_{x \rightarrow \infty} K^t = Q \left( \lim_{x \rightarrow \infty} \Lambda^t \right) Q^T = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

Тогда состояние каждого из участников стремится к  $(a_1 + a_2)/2$ , где  $a_1, a_2$  - начальные состояния.

**Пример 9.** Оптимисты-антагонисты:

$$K = \begin{bmatrix} k & k-1 \\ k-1 & k \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1.$$

Легко подсчитать  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = 2k - 1$   $|\lambda_2| < 1$ .

Далее действуя как в предыдущем примере найдём предел вектора состояний системы

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} a_1 - a_2 \\ a_2 - a_1 \end{bmatrix}.$$

Иными словами, 2-й участник доставляет 1-му «ущерб»  $-a_2/2$ , а 1-й участник 2-му «ущерб»  $-a_1/2$ , где  $a_1, a_2$  — начальные состояния, соответственно, 1-го и 2-го участников.

**Пример 10.** Три дружелюбных оптимиста, граф изображен на рисунке 5.

$$K = \begin{bmatrix} k & 1-k & 0 \\ 1-k & k & 0 \\ 0 & 1-k & k \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1$$



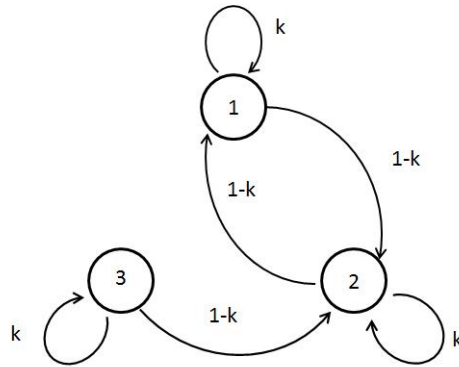


Рис.5

Найдём корни характеристического многочлена матрицы  $K$  и соответствующие собственные векторы

$$\lambda_1 = 1, \quad \lambda_2 = 2k - 1, \quad \lambda_3 = k$$

$$e'_1 = (1, 1, 1)^T, \quad e'_2 = (1, -1, 1)^T, \quad e'_3 = (0, 0, 1)^T.$$

Из полученных собственных векторов-столбцов составим матрицу

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Тогда, как известно из курса линейной алгебры,  $K = SAS^{-1}$ , где

$A = \text{diag}[1, 2k-1, k]$  — диагональная матрица с собственными числами на

диагонали. Отсюда

$$K^t = SAS^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & (2k-1)^t & 0 \\ 1 & 0 & k^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & -0.5 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5 + 0.5(2k-1)^t & 0.5 - 0.5(2k-1)^t & 0 \\ 0.5 - 0.5(2k-1)^t & 0.5 + 0.5(2k-1)^t & 0 \\ 0.5 + 0.5(2k-1)^t & 0.5 - 0.5(2k-1)^t & k^t \end{bmatrix}$$

и

$$\lim a(t) = \lim K^t a(0) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} a_1 + a_2 \\ a_1 + a_2 \\ a_1 + a_2 \end{bmatrix}$$

**Пример 11.** Посмотрим, что даст наша модель в применении к китайскому циклу у-син (пять элементов). Очень кратко отметим, что древневосточные учёные взаимодействие основных органов человека представляли в виде орграфа (рис. 6).

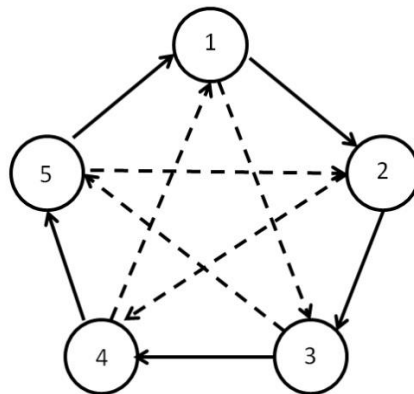


Рис.6

Сплошные стрелки — созидающие связи (стимуляция), пунктирные стрелки — разрушающие (угнетающие) связи. «Очевидно (с современной точки зрения), можно говорить о том, что смысл продуктивных и деструктивных влияний и взаимозависимости пяти первоэлементов близок к представлению о законах сохранения массы и сохранения энергии; в условиях сохранения системы инь-ян каждый из пяти первоэлементов не может ни разрушаться полностью, ни беспредельно возникать».

Составим матрицу влияний

$$K = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & p-1 & p \\ p & 0 & 0 & 0 & p-1 \\ p-1 & p & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p-1 & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p-1 & p & 0 \end{bmatrix}. \text{ Здесь } 0 < p < 1.$$

Компьютерный эксперимент показывает, что  $\lim_{t \rightarrow \infty} K^t = 0$ . Таким образом, независимо от начального вектора состояния системы вектор её финального состояния стремится к нулевому. Наша попытка исправить эту ситуацию и добавление положительных влияний каждого элемента на себя не привела к успеху, вероятно по причине исходного предположение линейности.

*Лекция 4. Моделирование процессов влияния в социальных группах.*

Пусть группа, состоящая из  $n$  участников  $u_1, u_2, \dots, u_n$  должна принять некоторое решение, например, выделить определённую сумму денег на рассматриваемый проект. В начальный момент времени  $t = 0$  у всех участников группы имеются определённые мнения, и предполагается, что мнение участника группы  $u_i$  выражается некоторым неотрицательным действительным числом  $a_i$ . Каждый участник группы обладает определённым влиянием на других её членов и на самого себя. Нас интересует, при каких условиях существует групповое решение, и каким это решение может быть. Под групповым решением будем понимать одинаковое у всех членов группы общее финальное мнение, полученное в процессе их взаимодействия.

Пусть для любых  $i$  и  $j$  неотрицательное число  $p_{ij}$  обозначает нормированный коэффициент влияния члена  $u_j$  на члена  $u_i$ , т.е.

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \quad (10)$$

(сумма коэффициентов влияния всех членов группы на члена  $u_i$  равна 1).

Иными словами, матрица

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

стохастическая, т.е. все её элементы неотрицательны и сумма элементов в каждой строке равна 1.

Ситуацию взаимных влияний в группе очевидным образом можно представить в виде взвешенного ориентированного графа  $D$ . Будем его называть *орграфом влияний* в группе.

Определим условия, при которых будет строиться математическая модель. С одной стороны, эти условия должны достаточно полно отражать суть исследуемого явления; с другой стороны, эти условия адекватны по сложности уровню учебной задачи.

1) *Дискретность*: процесс происходит в дискретном времени.

2) *Стационарность*: коэффициенты влияний  $p_{ij}$  постоянны, т.е. не зависят от  $t$ ;

3) *Условие линейности*:

$$a_i(t+1) = \sum_{j=1}^n p_{ij} a_j(t), \quad (12)$$

т.е. мнение члена  $u_i$  в момент времени  $t+1$  есть взвешенная сумма мнений  $a_j(t)$  в момент времени  $t$  всех членов группы.

Таким образом, исследовательская задача поиска условий существования группового решения, на языке математики звучит так: существуют ли и одинаковы

$$\lim_{t \rightarrow \infty} a_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Соотношения удобно представить в матричной форме

$$a(t+1) = Pa(t), \quad (13)$$

где

$$a = \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ \vdots \\ a_n(t) \end{bmatrix}, \quad (14)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad (15)$$

Используя свойства ассоциативности умножения матриц, получим решение рекуррентного соотношения (4):

$$a(t) = P^n a(0) \quad (16)$$

Групповое решение, если оно существует, есть  $\lim_{n \rightarrow \infty} P^n a(0)$ . Но искать этот предел непосредственно трудно и нецелесообразно. На помощь приходят следующие две теоремы.

**Теорема 3.** Если орграф влияний  $D$  сильно связный и содержит, по крайней мере, одну петлю, то члены группы достигают финального общего т.е. групповое решение существует. Это решение есть скалярное произведение

$a(0) \cdot w = \sum_{i=1}^n a_i(0) w_i$  вектора начальных мнений членов группы на вероятностный вектор  $w$ , соответствующего стационарной точке матрице цепи Маркова, описывающей обращённый граф  $C(D)$ .

**Теорема 4.** Матрица с неотрицательными элементами тогда и только тогда является стохастической, когда она имеет единицу своим собственным числом и ему соответствует собственный вектор, все координаты которого равны 1.

В нашем случае вектор  $w$  это просто собственный вектор транспонированной матрицы  $P^T$ , отвечающий собственному значению 1 и

условию  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .

**Пример 12.**

Зададим произвольные значения  $a$  и  $b$  из интервала  $(0;1)$ . Пусть, например,  $a = 0,5$  и  $b = 0,3$ . Произвольным образом зададим вектор начальных мнений, например,  $a(0) = \begin{bmatrix} 2 \\ 7 \end{bmatrix}$ . Составим стохастическую матрицу  $P = \begin{bmatrix} a & 1-a \\ 1-b & b \end{bmatrix}$ .

Вначале исследуем существование группового решения, проводя компьютерный эксперимент с использованием пакета Mathcad. Возводя матрицу  $P$  во вторую, третью и т.д. степени, убеждаемся, что процесс стабилизируется уже на седьмом шаге. Находим групповое решение

$$P^7 \cdot a(0) = \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix}$$

Посмотрим, что произойдет с полученным вектором мнений при еще одной итерации  $P \cdot \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,083 \\ 4,083 \end{bmatrix}$ . Вектор остался прежним, поскольку он является собственным вектором матрицы  $P$ , отвечающим собственному значению 1.

С другой стороны, для нашего примера выполнены все условия теоремы 1, значит, групповое решение существует. Найдем его по теореме 1, используя пакет Mathcad. Находим групповое решение как скалярное произведение  $w \cdot a(0)$  и получаем тот же результат 4,083.

*Лекция 5. Математическая модель процессов мобилизации в социальных группах.*

Простейшее рекуррентное соотношение  $x_{n+1} = qx_n$ , описывающее распространение слухов, размножение бактерий и т.д., имеет решение  $x_n = q^n x_0$ . Скажем, что это соотношение имеет память глубины 1. Рассмотрим более сложное соотношение с памятью глубины 2

$$x_{n+2} = ax_{n+1} + bx_n \quad (17)$$

Это есть так называемое однородное линейное рекуррентное соотношение второго порядка с постоянными коэффициентами. Естественно считать заданными начальные условия  $x_0$  и  $x_1$ . В таком случае решение, т.е. представление  $x_n$  в виде функции  $f(a, b, x_0, x_1)$ , очевидно, существует и

единственно. Существует замечательный эвристический приём нахождения этого решения. Причём этот приём используется и для уравнений другого типа. Итак, будем искать решение в виде

$$x_n = q^n, \quad (18)$$

где  $q$  - неопределённая константа. Подставляя (18) в (17), получим

$$q^{n+2} = aq^{n+1} + bq^n.$$

Поделив обе части на  $q^n$ , получим простое квадратное уравнение относительно  $q$

$$q^2 - aq - b = 0. \quad (19)$$

Это есть так называемое характеристическое уравнение уравнения (17).

Легко проверить:

а)  $x^n = q^n$  является решением уравнения (17), если  $q$  - корень, не обязательно вещественный, уравнения (19);

б)  $x^n = nq^n$  является решением уравнения (17), если  $q$  - кратный корень (19);

в) если  $x_n = u_n$  и  $x_n = v_n$  - решения уравнения (17) и  $C_1, C_2$  - произвольные, вообще говоря, комплексные константы, то  $C_1u_n + C_2v_n$  - снова решение уравнения (17).

Возможны три случая:

1) уравнение (19) имеет различные вещественные корни  $q_1$  и  $q_2$ ;

2) уравнение (19) имеет кратный вещественный корень  $q$ ;

3) уравнение (19) имеет пару комплексно сопряжённых корней  $\alpha \pm i\beta$ .

Рассмотрим третий самый интересный случай и некоторые его приложения («консерваторы и революционеры») к социальной психологии.

Итак, пусть  $q_{1,2} = \alpha \pm i\beta = r(\cos\varphi \pm i\sin\varphi)$  - пара комплексно сопряжённых корней уравнения (19). Тогда в соответствии с а), в)

$$x_n = (A_1 + B_1i)r^n(\cos n\varphi + i\sin n\varphi) + (A_2 + B_2i)r^n(\cos n\varphi - i\sin n\varphi) = \\ r^n [(A_1 + A_2)\cos n\varphi + (B_2 - B_1)\sin n\varphi] + ir^n [(B_1 + B_2)\cos n\varphi + (A_1 - A_2)\sin n\varphi]$$

есть решение уравнения (1). Легко проверить, что как действительная, так и мнимая части этого решения также являются решениями уравнения (17).

Таким образом,

$$x_n = r^n (A \cos n\varphi + B \sin n\varphi), \quad (20)$$

где  $A, B$  - произвольные вещественные константы является общим вещественным решением уравнения (17).

Вспомнив о том, что при заданных начальных условиях решение единственно, мы можем определить произвольные константы  $A$  и  $B$ . Из (19) получим систему

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= A \\ x_1 &= r(A \cos \varphi + B \sin \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Отсюда

$$\left. \begin{aligned} A &= x_0 \\ B &= \frac{x_1 - r x_0 \cos \varphi}{r \sin \varphi} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

или

$$\left. \begin{aligned} A &= x_0 \\ B &= \frac{x_1 - \alpha x_0}{\beta} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Теперь перепишем (20) в виде

$$x_n = r^n D \sin(n\varphi + \varphi_0), \quad (24)$$

где

$$D = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad \varphi_0 = \arctan \frac{A}{B}.$$

Теперь усложним уравнение (17) до неоднородного

$$x_{n+2} = a x_{n+1} + b x_n + d, \quad (25)$$

где  $d$  - константа. Будем искать частное решение этого уравнения в виде  $x_n = p$  - константа. Подстановка в (25) даёт



$$p = \frac{d}{1-a-b}. \quad (26)$$

Легко проверить, что

$$x_n = r^n (A \cos n\varphi + B \sin n\varphi) + p, \quad (27)$$

есть общее решение уравнения (25).

При  $r < 1$  решение представляет собой экспоненциально затухающее колебание, при  $r > 1$  - экспоненциально возрастающее колебание, при  $r = 1$  - синусоида.

Задача 17. Построить и исследовать модель соотношения «революционеры — консерваторы». Известно, что  $x_n$  количество «революционеров» в некотором царстве-государстве в  $n$ -й год и  $x_0 = x_1 = 1$ . Далее количество «революционеров» растет по закону (рекуррентное соотношение):

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1. \quad (28)$$

Решение. Обсудим смысл коэффициентов в правой части. Если бы не было второго и третьего слагаемых в правой части соотношения (22), то количество «революционеров» росло бы в геометрической прогрессии: количество «революционеров» текущего года было бы в  $\sqrt{2}$  раз больше, чем их количество в прошлом году. Такая модель была бы некорректна, ввиду ограниченности населения царства. Второе слагаемое в правой части описывает превращения «революционеров» в «консерваторы»: если в первый год человек подвержен революционным взглядам, то в следующем году он может превратиться в «консерватора». Третье слагаемое - влияние внешних сил. В соответствии с описанным выше алгоритмом получим решение:

$$x_n = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cos \frac{n\pi}{4} + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - 1\right) \sin \frac{n\pi}{4} + 1 + \frac{\sqrt{2}}{2}. \quad (29)$$

Решение представляет собой синусоиду с амплитудой  $\sqrt{2 - \sqrt{2}}$  целиком лежащую над осью абсцисс. Таким образом, количество «революционеров» в этой модели периодически меняется, достигая максимума и минимума в определённом

коридоре. График, построенный в пакете Mathcad, иллюстрирует приведенные рассуждения (рис. 7).

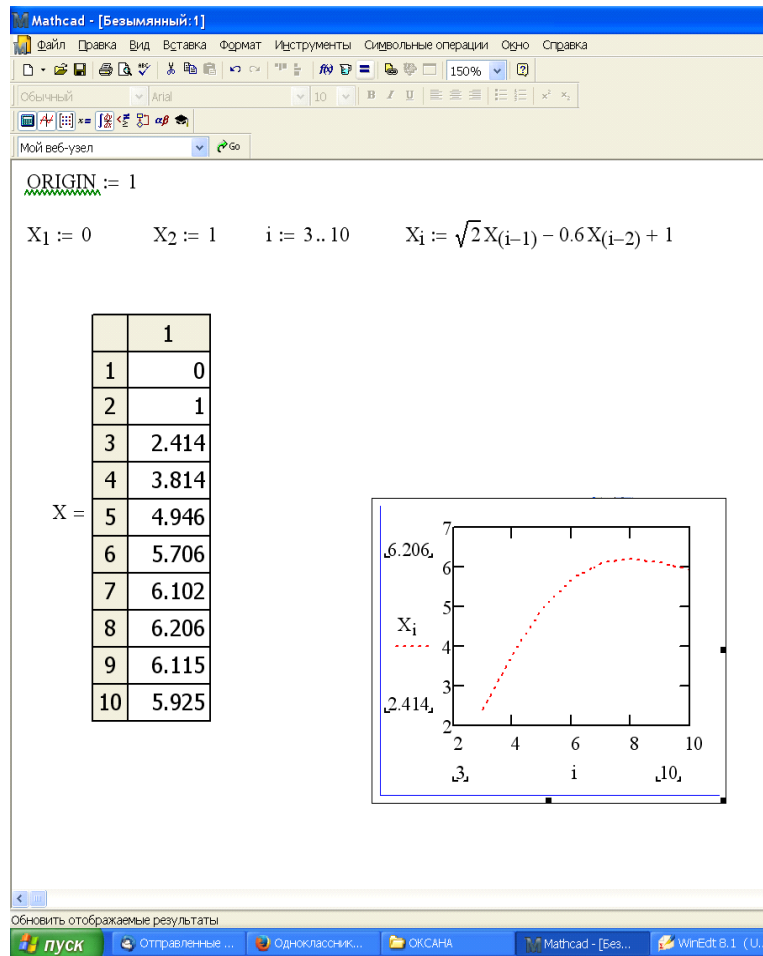


Рис. 7

Теперь подвергнем критике эту модель как имеющую ограниченные условия применения (впрочем, как и все модели) или вовсе негодную. Отметим, что опровергать нередко труднее, чем обосновывать. Тем более, что существуют утверждения неопровержимые (нефальсифицируемые), но ложные.

Итак, увеличим коэффициент роста числа «революционеров»  $\sqrt{2}$  при  $x_{n+1}$  в уравнении (28) до  $\sqrt{2} + 0.1$ , т.е. на 7 %. Это достаточно много. Тогда коэффициент  $r$  в (27) станет равен  $1 + 10^{-12}$ , т.е. столь заметное увеличение коэффициента роста числа «революционеров» вызовет ничтожно малое увеличение их среднего количества в перспективе.

Теперь попробуем на 7 % уменьшить коэффициент при  $x_n$ , т.е. коэффициент «превращения» революционеров в консерваторы в (28). Вычисления дадут  $r = 1.075$ . Это уже достаточно заметный экспоненциальный прирост.

Случай  $r = 1$ , разобранный в примере практически нереален, поскольку малейшее изменение коэффициентов модели может изменить значение  $r$ .

Можно ставить задачи управления процессом, оптимального (по различным критериям) за счёт изменения коэффициентов модели. Т.е. зная состояние системы  $x_{n+1}$  и  $x_n$  в  $n$ -ый момент времени, менять хотя бы один из трех коэффициентов в правой части уравнения (28) и пытаться заставить эволюционировать систему в желательной динамике. При этом «цена» таких изменений коэффициентов, естественно, тем больше, чем значительнее изменения коэффициентов. Таким образом, возникает задача оптимального управления системой по критерию минимизации затрат.

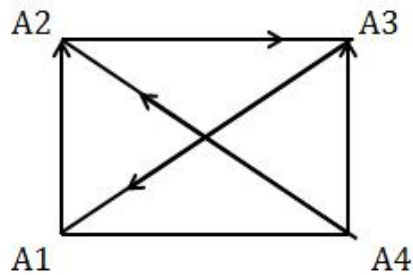
## Приложение Б.

## Комплекс учебных «задач-конструкторов»

Тема 1. Математическая модель распределения власти социальных группах.

Задача 1.

Проверьте справедливость утверждений теоремы 1 на орграфе, изображенном на рисунке.



10.1. Проверьте, что в примере, изображённом на рисунке, различные индивидуумы имеют следующие ранги:

ранг  $A_1$  равен 5;

ранг  $A_2$  равен 2;

ранг  $A_3$  равен 3;

ранг  $A_4$  равен 4.

Задача 2.

Пусть  $D$  — матрица доминирования. Дайте интерпретацию элементов матрицы  $D^3$ .

2.1. Для случая

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

найдите  $D^3$  и объясните, почему понятие трёхчленного доминирования может оказаться бессмысленным.

2.2. Объясните, почему понятие двучленного доминирования имеет смысл для любого отношения доминирования.

Задача 3.

Матч между четырьмя игроками дал следующие результаты:

Семён выиграл у Бориса и у Дмитрия;

Дмитрий выиграл у Бориса;

Тимофей выиграл у Семёна, у Бориса и у Дмитрия.

Путём нахождения ранга каждого игрока разделите между ними первое, второе, третье и четвёртое места. Согласуется ли такое разделение с вашим интуитивным представлением о справедливости распределения мест?

3.1. Попробуйте применить в предыдущей задаче  $Q$ -ранг так, чтобы распределение игроков по местам изменилось. (Значение параметра  $Q$  должно устанавливаться до начала состязаний, в противном случае возможно манипулирование результатами).

3.2. Найдите все существенно различные типы отношений (неизоморфные оргграфы) доминирования среди четырёх индивидуумов.

3.3. Используя результат предыдущей задачи, докажите, что если о результатах матча между 4-мя игроками судить по рангам игроков, то случится одно из двух: либо разные игроки займут разные места, либо одно место (первое или второе) разделится между тремя игроками. Попробуйте применить  $Q$ -ранг.

3.4. При большом количестве участников язык теории графов становится неудобным. В то время как матричный язык с применением компьютера вполне справляется с задачей. Используя условия 1, 2 в определении отношения доминирования предложите экономичный алгоритм (программу) заполнения матрицы доминирования.

*Тема 2. Моделирование процессов доминирования социальных групп.*

Задача 4.

Выписать все 8 систем шести линейных неравенств с шестью неизвестными.

4. 1. Найти все или хотя бы часть решений полученных систем.

4. 2. Для конкретных решений найти рекомендации, позволяющие 1-му борцу достичь превосходства над 3-м.

4.3.\* Обобщить исследование на три признака (техничность, выносливость, физическая подготовка).

*Тема 3. Математическая модель конфликтов в социальных группах.*

Задача 5. Используя свойства ортогональных матриц доказать, что в любой системе с матрицей

$$\begin{bmatrix} p & p-1 \\ p-1 & p \end{bmatrix}, \quad 0 \leq p \leq 1$$

индивидуумы не способны к взаимодействию, т.е.  $\lim_{t \rightarrow \infty} P^t = 0$ .

Задача 6.

Даны системы, заданные матрицами влияний (всего 24 варианта):

$$\begin{bmatrix} k & k-1 & 0 \\ k-1 & k & 0 \\ 0 & k-1 & k \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \pm 0.25 & \pm 0.25 & \pm 0.25 & \pm 0.25 \\ \pm 0.25 & \pm 0.25 & \pm 0.25 & \pm 0.25 \\ 0 & 0 & \pm 0.5 & \pm 0.5 \\ 0 & 0 & \pm 0.5 & \pm 0.5 \end{bmatrix}$$

Построить для них нагруженные орграфы.

6.1. Исследовать поведение систем с помощью компьютерного эксперимента и проинтерпретировать результаты с точки зрения социальной психологии.

Задача 7.

На языке социальной психологии прокомментируйте результаты, полученные в примерах лекции.

7.1. Какая возможна интерпретация на языке социальной психологии устойчивости предельного состояния системы

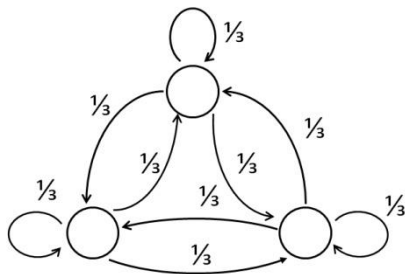
$$n=2, \quad K = \begin{bmatrix} -k & 1-k \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad 0 < k < 1.$$

*Тема 4. Моделирование процессов влияния в социальных группах.*

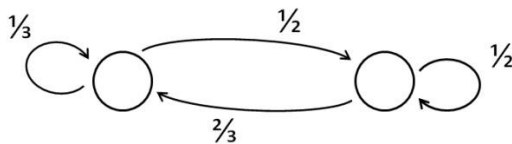
Задача 8.

Для каждого из орграфов влияний задать начальные мнения и определить, достигают ли соответствующие группы финального общего мнения.

8.1. Вычислить эти общие финальные мнения, если они существуют, и проиллюстрировать решения в пакете Mathcad.



a)



б)

Задача 9.

Пусть рассматриваются взаимоотношения в группе, состоящей из 4 человек. Предполагается, что каждый участник группы подвергается в одинаковой степени влиянию точек зрения остальных участников, в том числе своей собственной. Нарисовать для этой группы оргграф влияний  $D$ .

9. 1. Достигает ли и как быстро группа общего финального мнения?

9. 2. Какое финальное мнение имеет место в этой группе?

9.3. Дать интерпретацию полученных результатов на языке социальной психологии.

## Задача 10.

Даны матрицы влияний и начальные мнения участников групп. Для каждой группы нарисовать оргграф влияний D.

$$а) \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}; a_1(0) = 10; a_2(0) = 20;$$

$$б) \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 \end{bmatrix}; a_1(0) = 10; a_2(0) = 30; a_3(0) = 40;$$

$$в) \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}; a_1(0) = 10; a_2(0) = 20; a_3 = 3.$$

$$г) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}; a_1(0) = 1; a_2(0) = 2; a_3(0) = 3; a_4(0) = 4.$$

$$д) \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & 0 & \frac{2}{3} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}; a_1(0) = 1; a_2(0) = 2; a_3(0) = 3.$$

10.1. Определить для каждой группы, выполнены ли условия теоремы (лекция).

10.2. Определить в компьютерном эксперименте и, если возможно, по теореме (лекция), достигают ли соответствующие им группы финального общего мнения.

10.3. Вычислить эти мнения, если они существуют.

10.4.\* Изменить элементы матрицы влияния так, чтобы условия теоремы (лекция) не были выполнены. Рассмотреть динамику процесса в компьютерном эксперименте. Прокомментировать результаты на языке социальной психологии.



## Задача 11.

Для группы лиц известны вектор начальных мнений и матрица влияний. Что означает это условие на языке социальной психологии? Нарисовать оргграф влияний.

$$a(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}; \quad P = \begin{bmatrix} 0,4 & 0,1 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0,4 & 0 & 0,2 & 0 & 0,4 \\ 0,3 & 0 & 0 & 0,2 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0,2 & 0,5 \end{bmatrix}.$$

11.1. Используя пакет Mathcad, определить, на каком шаге стабилизируется процесс возведения в степень матрицы  $P$ .

11.2. Какое может быть достигнуто финальное мнение группы?

11.3. Что произойдет с финальным мнением группы при еще одной итерации? Объясните полученный результат.

11.4. Можно ли найти финальное мнение группы, используя теорему 1?

Если можно, то найдите его.

## Задача 12.

Рассмотрим высший уровень управления некоторой компанией. Известно, что на мнение ее президента в равной степени влияют мнения двух его первых вице-президентов и его собственное. Один из первых вице-президентов (вице-президент-1) формирует свое мнение лишь на основе мнения руководителя. Другой первый вице-президентов (вице-президент-2) придает одинаковый вес своему собственному мнению и мнению двух вторых вице-президентов. Наконец, оба вторых вице-президента находятся под влиянием лишь своих собственных мнений. Кто пользуется реальной властью в этой группе, т.е. кто в действительности влияет на групповое финальное мнение? Придет ли группа к финальному общему мнению при следующих начальных мнениях (если придет, то каково оно?).

$$\text{Президент} = 10,$$

$$\text{первый вице-президент-1} = 20,$$

$$\text{первый вице-президент-2} = 20,$$

*второй вице-президент-1* = 100,

*второй вице-президент-2* = 100.

12. 1. Что произойдет с общим финальным мнением группы, если второй вице-президент изменит свое мнение на 200?

12.2.\* *Задача внешнего управления*: возможно ли и как изменить коэффициенты влияния и начальные мнения для достижения желаемого финального мнения группы?

12.3.\* *Задача устойчивости*: насколько устойчиво финальное мнение группы к небольшим изменениям коэффициентов влияния?

12.4.\* *Задача рассогласования системы извне*: как изменить коэффициенты влияния, чтобы финальное мнение было недостижимым?

Замечание 1. Заметим, что оргграф влияний в этой задаче не является сильно связным, тем самым условия теоремы 1 не выполнены. Однако итоговая формула теоремы дает такой же результат финального мнения, как и компьютерный эксперимент. Это показывает, что условия теоремы не являются необходимыми для существования общего финального мнения, в ней лишь утверждается достаточность этих условий. В математике не всегда возможно найти необходимые и достаточные условия.

Задача 13.

Рассмотрим коммуникационную сеть на участке в полиции, состоящую из двух полицейских на посту, дежурного сержанта, лейтенанта и капитана. Сообщения передаются от одного лица к другому: от полицейских на посту сначала сержанту либо друг другу, затем лейтенанту и далее капитану. Получив сообщение, человек может в следующий период времени передать его одному из возможных получателей или сохранить его у себя. Предполагается, что выбор получателя происходит случайным образом, причем отправитель рассматривает себя наравне с другими возможными получателями. Если сообщение задержано, то на следующем шаге снова принимается решение – передать его кому-либо дальше или снова хранить сообщение у себя. Построить оргграф, описывающий

эту коммуникационную сеть. Какова вероятность получения капитаном сообщения, исходящего от полицейского на посту?

13.1. Какова вероятность при длительном наблюдении, что капитан только что получил сообщение при условии, что в начальный момент времени оно исходило от постового полицейского?

Задача 14\* (выполняется в парах).

*Задача управления.* Пусть имеется группа, например, из 4-х или пяти участников. Каждый из них имеет влияние сам на себя и на любого другого. В группе есть два потенциальных лидера. Каждый из них в дискретном времени может в определённых незначительных пределах изменять коэффициенты влияния на себя и других, стремясь склонить группу как можно ближе к своему мнению. Требуется разработать игру на победителя.

*Тема 5. Математическая модель процессов мобилизации в социальных группах.*

Задача 15.

Построить и исследовать модель соотношения «революционеры — консерваторы». Известно, что  $x_n$  количество «революционеров» в некотором царстве-государстве в  $n$ -й год и  $x_0 = x_1 = 1$ . Далее количество «революционеров» растёт по закону:

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1.$$

15.1. Пусть коэффициенты в правой части

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1.$$

таковы, что  $r > 1$  (см выше). Тогда имеем экспоненциальный рост числа революционеров. Поставить и решить задачи оптимального управления коэффициентами по критерию затрат.

15.2. Пусть коэффициенты в правой части

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1.$$

таковы, что  $r > 1$  (см выше). Тогда имеем экспоненциальный рост числа революционеров. Поставить и решить задачи оптимального управления коэффициентами по критерию быстродействия.

15.3. Пусть коэффициенты в правой части

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1.$$

таковы, что  $r > 1$  (см выше). Тогда имеем экспоненциальный рост числа революционеров. Поставить и решить задачи оптимального управления коэффициентами по критерию полного уничтожения.

15.4. Придумать свой критерий.

Примерная схема решения:

Шаг 1. Подобрать коэффициенты для уравнения

$$x_{n+2} = \sqrt{2}x_{n+1} - x_n + 1.$$

чтобы выполнялось условие  $r > 1$ . Тогда будет иметь место экспоненциальный рост.

Шаг 2. Задать начальные условия  $x_0$  и  $x_1$ .

Шаг 3. По вышеуказанным формулам найти решение.

Шаг 4. После того как  $x_n$  достигнет критического уровня, выполнить действия по управлению системой: изменять коэффициенты и находить решение задачи с новыми начальными условиями. Проиллюстрировать графиком в пакете Mathcad и интерпретировать результаты.

## Приложение В

## Опросник «Дифференциальный тип рефлексии» / Бланк

## Инструкция:

Пожалуйста, оцените предложенные утверждения, отмечая галочкой тот ответ, который наилучшим образом отражает Ваше мнение.

	Нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет	Да
1. Я обычно задумываюсь о причинах того, что со мной происходит				
2. Иногда внимание к собственным переживаниям отвлекает меня от дел.				
3. Я люблю мечтать о том, чего в моей жизни нет.				
4. Анализируя собственные действия, я узнаю о себе что-то новое.				
5. Я склонен долго переживать по поводу происходящего.				
6. Я могу замечтаться и забыть обо всем.				
7. Изучение других людей помогает мне лучше понимать самого себя.				
8. Когда у меня что-то идет не так, мне трудно от этого отвлечься.				
9. Я люблю пофантазировать.				
10. Часто полезно остановиться, чтобы лучше понять ситуацию в целом.				
11. Мне бывает трудно перейти от размышлений к действию.				
12. Мне интересно представлять себя в разных ситуациях.				
13. В случае конфликта полезно попытаться увидеть ситуацию глазами оппонента.				
14. Приступая к какому-либо делу, я долго беспокоюсь о том, что получится в результате.				
15. Я люблю представлять в своем воображении случайные встречи.				
16. Самопознание помогает понимать других людей.				
17. Когда я замечаю, что тревожусь о чем-то, я начинаю переживать еще сильнее.				
18. Занимаясь чем-то, я нередко мысленно переносюсь совсем в другое место.				
19. Чтобы понять ситуацию, нужно уметь соотносить свои чувства с тем, что их вызывает.				

20. Нередко я не могу отделаться от мыслей о моих текущих проблемах.				
21. Мне нравится мысленно путешествовать по местам, где я еще не был.				
22. Больше всего я узнаю о себе, когда я анализирую то, что я сделал или делаю.				
23. Порой я настолько сильно переживаю свои ошибки, что не в состоянии ничего сделать, чтобы их исправить.				
24. Я часто фантазирую о том, как моя жизнь могла бы сложиться иначе.				
25. Расхождение взглядов других людей с моими служит для меня источником ценной информации.				
26. Я постоянно думаю о своих неудачах.				
27. Мне легко увлечься посторонними мыслями.				
28. Я обращаю внимание на то, как я реагирую на людей и события.				
29. Когда в моей жизни происходит что-то необычное, я вижу в этом повод задуматься.				
30. Во многих ситуациях бывает полезно сначала разобраться в собственных желаниях и чувствах.				

### Внутренняя структура

Опросник состоит из 30 утверждений, оцениваемых по 4-балльной шкале Ликкерта. Пункты группируются в три шкалы, не имеющие общих пунктов.

### Интерпретация

Вариант ответа	Баллы
Нет	1 балл
Скорее нет, чем да	2 балла
Скорее да, чем нет	3 балла
Да	4 балла

Значение шкалы равно сумме баллов пунктов, в неё входящих:

Шкала	Пункты	М	σ
Системная рефлексия	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 29, 30	39,58	5,15
Интрореплексия	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26	25,11	5,68
Квазирефлексия	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27	27,39	5,69

## Приложение Г

### Опросник «Шкалы академической мотивации»\*

Инструкция: Пожалуйста, внимательно прочитайте каждое утверждение. Используя шкалу от 1 до 5, укажите ответ, который наилучшим образом соответствует тому, что Вы думаете о причинах Вашей вовлеченности в деятельность по изучению математике. Отвечайте, используя следующие варианты ответа:

совсем не соответствует	скорее не соответствует	нечто среднее	скорее соответствует	вполне соответствует
1	2	3	4	5

Почему Вы в настоящее время ходите на занятия по математике в университет?

Утверждение	1	2	3	4	5
1. Мне интересно учиться.					
2. Учёба доставляет мне удовольствие, я люблю решать трудные задачи.					
3. Потому что мне стыдно плохо учиться.					
4. У меня нет другого выбора, так как посещаемость отмечается.					
5. Мне нравится учиться, потому что это интересно.					
6. Я чувствую удовлетворение, когда нахожусь в процессе решения сложных учебных задач.					
7. Потому что совесть заставляет меня учиться.					
8. Чтобы избежать проблем с деканатом и сессией.					
9. Мне просто нравится учиться и узнавать новое.					
10. Мне нравится решать трудные задачи и прикладывать интеллектуальные усилия.					
11. Потому что учиться – это моя обязанность, которой я не могу пренебречь.					
12. Потому что близкие меня будут осуждать, если я стану плохо учиться.					
13. Я действительно получаю удовольствие от изучения нового материала на занятиях.					
14. Я просто люблю учиться, решать сложные задачи и чувствовать себя компетентным(ой).					
15. Потому что, поступив в университет, я должен посещать занятия и учиться.					
16. Хожу по привычке, зачем, откровенно говоря, точно не знаю.					

\* Гордеева Т.О., Сычев О.А., Осин Е.Н. Опросник «Шкалы академической мотивации» // Психологический журнал, 2014, том 35, № 4. С. 96-107

Баллы начисляются в соответствии с бланком методики

1. Познавательная мотивация – 1, 5, 9, 13,
2. Мотивация достижения – 2, 6, 10, 14,
3. Интроецированная мотивация – 3, 7, 11, 15,
4. Экстернальная мотивация – 4, 13, 12, 16,

В итоговом варианте опросник состоит из семи шкал:

1. Шкала мотивации познания направлена на диагностику стремления узнать новое, понять изучаемый предмет, связанного с переживанием интереса и удовольствия в процессе познания.
2. Шкала мотивации достижения измеряет стремление добиваться максимально высоких результатов в учебе, испытывать удовольствие в процессе решения трудных задач. Эти две шкалы опросника в целом соответствуют шкалам AMS-C.
3. Шкала саморазвития является оригинальной и измеряет выраженность стремления к развитию своих способностей, своего потенциала в рамках учебной деятельности, достижению ощущения мастерства и компетентности.
4. Шкала мотивации самоуважения измеряет желание учиться ради ощущения собственной значимости и повышения самооценки за счет достижений в учебе, она соответствует потребности в уважении и самоуважении, выделяемой А. Маслоу, а также близким типам потребностей, описанных другими авторами (С. Хартер).



## Приложение Д

## Входное тестирование

1. Зависимость объема спроса  $q$  (единиц в месяц) на продукцию предприятия – монополиста от цены  $P$  (тыс. руб.) задается формулой  $q = 100 - 10P$ . Выручка предприятия за месяц  $r$  (в тыс. руб.) вычисляется по формуле  $r(P) = q \cdot P$ . Определите наибольшую цену  $P$ , при которой месячная выручка  $r(P)$  составит не менее 240 тыс. руб. Ответ приведите в тыс. руб.

Ответ: 6

2. Автомобиль, движущийся в начальный момент времени со скоростью  $v_0 = 20$  м/с, начал торможение с постоянным ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>. За  $t$  – секунд

после начала торможения он прошёл путь  $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$  (м). Определите время, прошедшее от момента начала торможения, если известно, что за это время автомобиль проехал 30 метров. Ответ выразите в секундах.

Ответ: 2

3. Коэффициент полезного действия (КПД) котлоагрегата равен отношению количества теплоты, затраченного на нагревание воды массой  $m_v$  (в килограммах) от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$  (в градусах Цельсия) к количеству теплоты, полученному от сжигания дров массы  $m_{др}$  кг. Он

определяется формулой  $\eta = \frac{c_v m_v (t_2 - t_1)}{q_{др} m_{др}} \cdot 100\%$ , где  $c_v = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг К) – теплоёмкость воды,  $q_{др} = 8,3 \cdot 10^6$  Дж/кг – удельная теплота сгорания дров. Определите наименьшее количество дров, которое понадобится сжечь в котлоагрегате, чтобы нагреть  $m = 83$  кг воды от  $10^\circ\text{C}$  до кипения, если известно, что КПД котлоагрегата не больше 21%. Ответ выразите в килограммах.

Ответ: 18

4. Наблюдатель находится на высоте  $h$ , выраженной в метрах. Расстояние от наблюдателя до наблюдаемой им линии горизонта, выраженное в

километрах, вычисляется по формуле  $l = \sqrt{\frac{Rh}{500}}$ , где  $R = 6400$  км — радиус Земли. С какой высоты горизонт виден на расстоянии 4 километров? Ответ выразите в метрах.

Ответ: 1,25

5. Рейтинг  $R$  интернет-магазина вычисляется по формуле

$$R = r_{\text{пок}} - \frac{r_{\text{пок}} - r_{\text{экс}}}{(K + 1)^m},$$

где  $m = \frac{0,02K}{r_{\text{пок}} + 0,1}$ ,  $r_{\text{экс}}$  — средняя оценка, данная экспертами,  $r_{\text{пок}}$  — средняя оценка, данная покупателями,  $K$  — число покупателей, оценивших магазин. Найдите рейтинг интернет-магазина, если число покупателей, оценивших магазин, равно 24, их средняя оценка равна 0,86, а оценка экспертов равна 0,11.

Ответ: 0,71

6. Клиент А. сделал вклад в банке в размере 7700 рублей. Проценты по вкладу начисляются раз в год и прибавляются к текущей сумме вклада. Ровно через год на тех же условиях такой же вклад в том же банке сделал клиент Б. Еще ровно через год клиенты А. и Б. закрыли вклады и забрали все накопившиеся деньги. При этом клиент А. получил на 847 рублей больше клиента Б. Какой процент годовых начислял банк по этим вкладам?

Ответ: 10

7. Велосипедист выехал с постоянной скоростью из города А в город В, расстояние между которыми равно 98 км. На следующий день он отправился обратно со скоростью на 7 км/ч больше прежней. По дороге он сделал остановку на 7 часов. В результате он затратил на обратный путь столько же времени, сколько на путь из А в В. Найдите скорость велосипедиста на пути из А в В. Ответ дайте в км/ч.

Ответ: 7

8. Часы со стрелками показывают 8 часов 00 минут. Через сколько минут минутная стрелка в четвертый раз поравняется с часовой?

Ответ: 240

9. При двух одновременно работающих принтерах расход бумаги составляет 1 пачку за 12 минут. Определите, за сколько минут израсходует пачку бумаги первый принтер, если известно, что он делает это на 10 минут быстрее, чем второй.

Ответ: 20

10. Компания "Альфа" начала инвестировать средства в перспективную отрасль в 2001 году, имея капитал в размере 5000 долларов. Каждый год, начиная с 2002 года, она получала прибыль, которая составляла 200% от капитала предыдущего года. А компания «Бета» начала инвестировать средства в другую отрасль в 2003 году, имея капитал в размере 10000 долларов, и, начиная с 2004 года, ежегодно получала прибыль, составляющую 400% от капитала предыдущего года. На сколько долларов капитал одной из компаний был больше капитала другой к концу 2006 года, если прибыль из оборота не изымалась?

Ответ: 35000

## Приложение Е

## Экспертный лист

(заполняется преподавателем, работающим с магистрантами 1 курса)

Инструкция:

Оцените, пожалуйста, по пятибалльной шкале следующие способности магистранта.

Ф.И.О. магистранта \_\_\_\_\_

Способности	Баллы
Способность применить методы математического моделирования к задачам и процессам прикладной области.	
Способность готовить обзор научной литературы, обзор электронных ресурсов.	
Способность составить обзор, аннотацию, реферат в области прикладной информатики.	
Способность применить методы системного анализа в формализации решения прикладных задач.	
Способность применить математические методы к построению ИС на основе современных ИКТ.	
Способность участвовать в научных исследованиях в области прикладной информатики.	

## Приложение Ж

Статистическая обработка данных опытно-экспериментальной работы  
(мотивационный критерий).

Статистическая обработка данных проводилась в среде Mathcad.

Обозначения:

K1A – Замеры контрольной группы на начало эксперимента.

K2A - Замеры контрольной группы на окончание эксперимента.

E1A - Замеры экспериментальной группы на начало эксперимента.

E2A - Замеры экспериментальной группы на окончание эксперимента.

1. Статистическая обработка вектора K1A

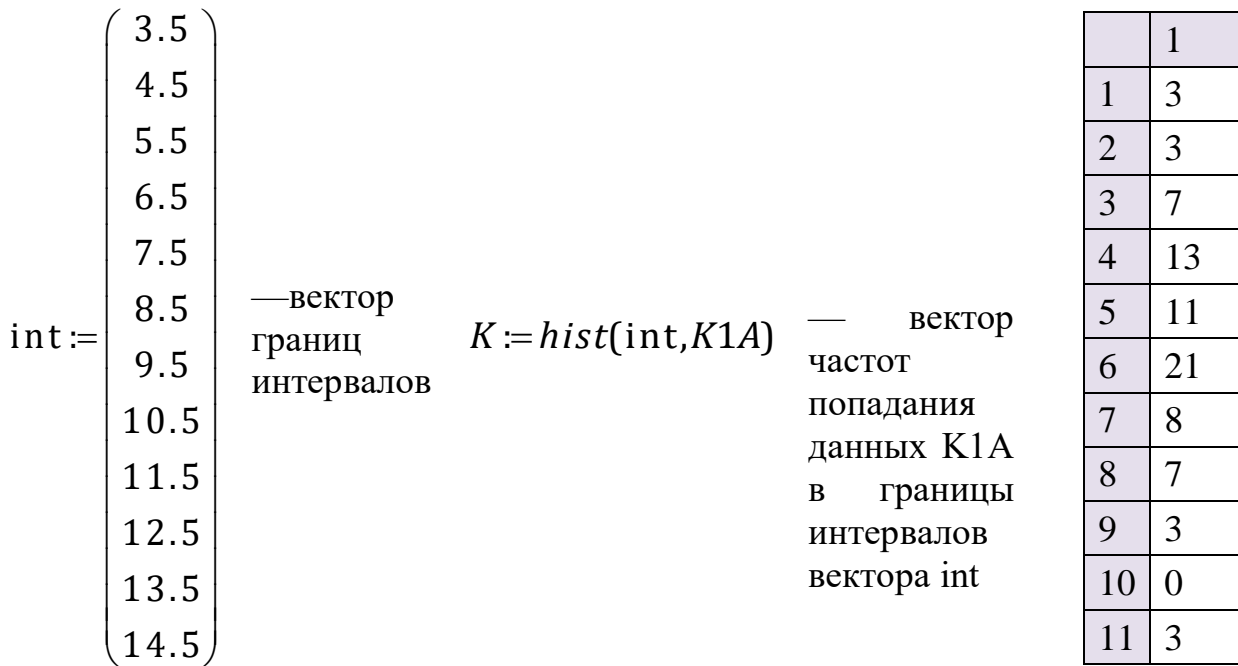
$\text{mean}(K1A) = 8.506$  — среднее арифметическое

$\text{max}(K1A) = 14$  – максимальное значение

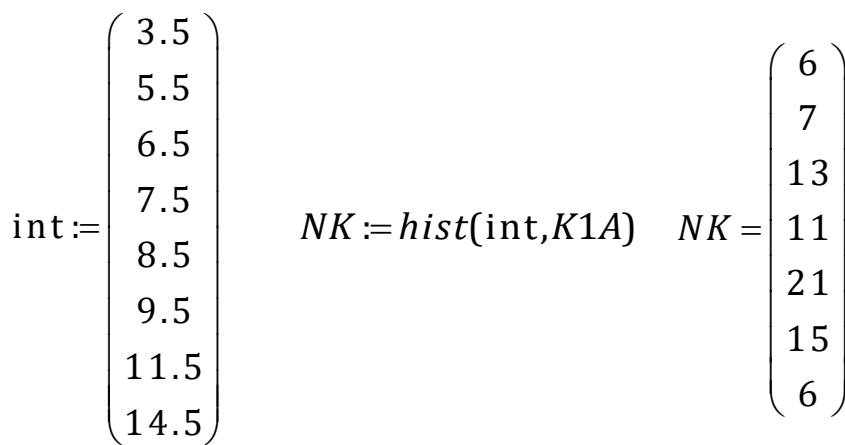
$\text{stdev}(K1A) = 2.158$  — среднее квадратическое отклонение

$\text{min}(K1A) = 4$  - минимальное значение

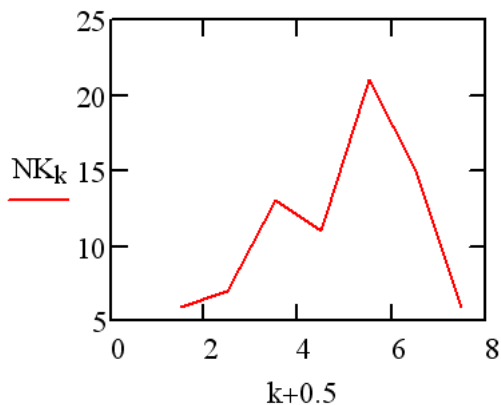
Разобьём интервал (3.5; 14.5) на равные интервалы с шагом 1. Составим вектор NE частот попадания данных вектора K1A в границы интервалов вектора int



Частота попадания в некоторые интервалы меньше 5. В соответствии с рекомендациями матстатистики объединим некоторые интервалы, а именно, 1-й со 2-м, 10-й и 11-й с 9-м.



$$K := 1..7$$



— гистограмма

Нормируем случайную величину K1A:

$$i := 1..8 \quad Z_i := \frac{\text{int}_i - \text{mean}(K1A)}{\text{stdev}(K1A)}$$

$$j := 1..7$$

Подсчитаем теоретические вероятности  $p_i$  попадания величины K1A в интервалы

$$P_1 := \text{pnorm}(Z_2, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_1, 0, 1)$$

$$P_2 := \text{pnorm}(Z_3, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_2, 0, 1)$$

$$P_3 := \text{pnorm}(Z_4, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_3, 0, 1)$$

$$P_4 := \text{pnorm}(Z_5, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_4, 0, 1)$$

$$P_5 := \text{pnorm}(Z_6, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_5, 0, 1)$$

$$P_6 := \text{pnorm}(Z_7, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_6, 0, 1)$$

$$P_7 := \text{pnorm}(Z_8, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_7, 0, 1)$$

$$NT_j := 79 \cdot p_j \text{ — теоретические вероятности}$$

$$NT = \begin{pmatrix} 5.656 \\ 7.465 \\ 11.369 \\ 14.091 \\ 14.11 \\ 18.954 \\ 6.312 \end{pmatrix} \quad \chi n := \sum_{k=1}^7 \frac{(NK_k - NT_k)^2}{NT_k} \quad \chi n = 5.158 \text{ — эмпирическое значение критерия согласия Пирсона}$$

Критическая точка распределения «хи-квадрат» при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы  $7-3=4$  есть 9.5, что больше эмпирического значения 5.158. Значит, нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении величины K1A.

## 2. Статистическая обработка вектора E1A

$\text{mean}(K1A) = 8.143$  — среднее арифметическое

$\text{max}(K1A) = 15$  - максимальное значение

$\text{stdev}(K1A) = 2.546$  — среднее квадратическое отклонение

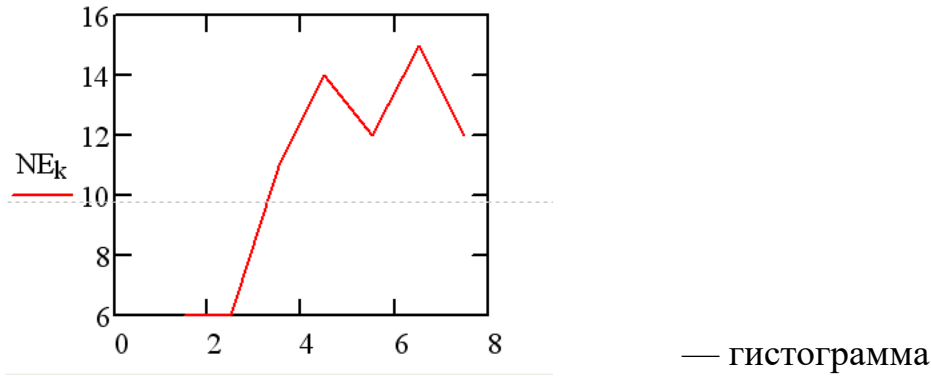
$\text{min}(K1A) = 4$  - минимальное значение

Разобьём интервал (3.5; 15.5) на равные интервалы с шагом 1. Составим вектор NE частот попадания данных вектора E1A в границы интервалов вектора int

$\text{int} :=$	$\begin{pmatrix} 3.5 \\ 4.5 \\ 5.5 \\ 6.5 \\ 7.5 \\ 8.5 \\ 9.5 \\ 10.5 \\ 11.5 \\ 12.5 \\ 13.5 \\ 14.5 \\ 15.5 \end{pmatrix}$	—вектор границ интервалов	$K := \text{hist}(\text{int}, E1A)$	— вектор частот попадания данных K1A в границы интервалов вектора int	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td style="width: 20px;">1</td></tr> <tr><td>1</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>11</td></tr> <tr><td>4</td><td>14</td></tr> <tr><td>5</td><td>12</td></tr> <tr><td>6</td><td>15</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>9</td><td>3</td></tr> <tr><td>10</td><td>1</td></tr> <tr><td>11</td><td>3</td></tr> <tr><td>12</td><td>1</td></tr> </table>		1	1	6	2	6	3	11	4	14	5	12	6	15	7	3	8	9	9	3	10	1	11	3	12	1
	1																														
1	6																														
2	6																														
3	11																														
4	14																														
5	12																														
6	15																														
7	3																														
8	9																														
9	3																														
10	1																														
11	3																														
12	1																														

Частота попадания в некоторые интервалы меньше 5. В соответствии с рекомендациями матстатистики объединим некоторые интервалы, а именно, 7-й с 8-м, 10-й, 11-й и 12-й с 9-м.

$\text{int} :=$	$\begin{pmatrix} 3.5 \\ 4.5 \\ 5.5 \\ 6.5 \\ 7.5 \\ 8.5 \\ 9.5 \\ 11.5 \\ 15.5 \end{pmatrix}$	—вектор границ интервалов	$NE := \text{hist}(\text{int}, E1A)$	— вектор частот попадания данных E1A в границы интервалов вектора int	<table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td style="width: 20px;">6</td></tr> <tr><td></td><td>6</td></tr> <tr><td></td><td>11</td></tr> <tr><td></td><td>14</td></tr> <tr><td></td><td>12</td></tr> <tr><td></td><td>15</td></tr> <tr><td></td><td>12</td></tr> <tr><td></td><td>8</td></tr> </table>		6		6		11		14		12		15		12		8
	6																				
	6																				
	11																				
	14																				
	12																				
	15																				
	12																				
	8																				



Нормируем случайную величину E1A:

$$i := 1..9 \quad Z_i := \frac{\text{int}_i - \text{mean}(E1A)}{\text{stdev}(E1A)}$$

$$j := 1..8$$

Подсчитаем теоретические вероятности  $p_i$  попадания величины E1A в интервалы

$$P_1 := \text{pnorm}(Z_2, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_1, 0, 1)$$

$$P_2 := \text{pnorm}(Z_3, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_2, 0, 1)$$

$$P_3 := \text{pnorm}(Z_4, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_3, 0, 1)$$

$$P_4 := \text{pnorm}(Z_5, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_4, 0, 1)$$

$$P_5 := \text{pnorm}(Z_6, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_5, 0, 1)$$

$$P_6 := \text{pnorm}(Z_7, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_6, 0, 1)$$

$$P_7 := \text{pnorm}(Z_8, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_7, 0, 1)$$

$$P_8 := \text{pnorm}(Z_9, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_8, 0, 1)$$

$$NT_j := 79 \cdot p_j \quad \text{— теоретические вероятности}$$

$$NT = \begin{pmatrix} 3.328 \\ 5.797 \\ 8.671 \\ 11.137 \\ 12.283 \\ 11.632 \\ 16.065 \\ 7.243 \end{pmatrix}$$

$$\chi n := \sum_{k=1}^8 \frac{(NE_k - NT_k)^2}{NT_k}$$

$\chi n = 5.604$  — эмпирическое значение критерия согласия Пирсона



Критическая точка распределения «хи-квадрат» при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы  $8-3=5$  есть 11.1, что больше эмпирического значения 5.604. Значит, нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении величины E1A.

3. По критерию Смирнова проверим однородность выборок K1A и E1A. Исходя из векторов NK и NE, составим соответствующие эмпирические функции распределения

$$FK := \begin{pmatrix} 0.076 \\ 0.165 \\ 0.329 \\ 0.468 \\ 0.734 \\ 0.924 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad FE := \begin{pmatrix} 0.071 \\ 0.142 \\ 0.274 \\ 0.44 \\ 0.583 \\ 0.762 \\ 0.905 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Вычислим статистику Смирнова

$$D := FK - FE \quad \rho := \sqrt{\frac{79 \cdot 84}{79 + 84}} \cdot \max(D) \quad \rho = 1.034$$

Сравним полученное значение  $\rho$  с 0.8 квантилью распределения Колмогорова.

Поскольку  $\rho < k_{0.8}$  у нас есть основания считать гипотезу об однородности выборок справедливой.

4. Займёмся статистической обработкой вектора E2A

$\text{mean}(E2A) = 12.369$  — среднее арифметическое

$\text{max}(E2A) = 18$  - максимальное значение

$\text{stdev}(E2A) = 2.501$  — среднее квадратическое отклонение

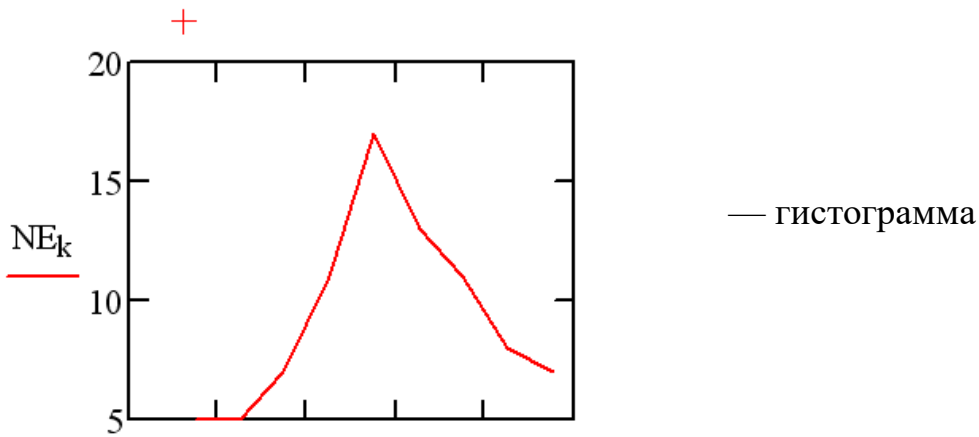
$\text{min}(E2A) = 5$  – минимальное значение

$int :=$	4.5	— вектор границ интервалов	$E := hist(int, E2A)$	— вектор частот попадания данных E2A в границы интервалов вектора int		1
	5.5				1	1
	6.5				2	0
	7.5				3	2
	8.5				4	2
	9.5				5	5
	10.5				6	7
	11.5				7	11
	12.5				8	17
	13.5				9	13
	14.5				10	11
	15.5				11	7
	16.5				12	1
	17.5				13	6
18.5	14	1				

Частота попадания в некоторые интервалы меньше 5. В соответствии с рекомендациями матстатистики объединим некоторые интервалы, а именно, 1-й, 2-й, 3-й и 4-й, 11-й и 12-й, 13-й и 14-й.

$int :=$	4.5	- вектор границ интервалов	$NE := hist(int, E2A)$	— вектор частот попадания данных E2A в границы интервалов вектора int	$NE =$	5
	8.5					5
	9.5					7
	10.5					17
	11.5					13
	12.5					11
	13.5					8
	14.5					7
	16.5					
	18.5					

$K := 1..9$



Нормируем случайную величину E2A:

$$i := 1..10 \quad Z_i := \frac{\text{int}_i - \text{mean}(E2A)}{\text{stdev}(E2A)}$$

$$j := 1..9$$

Подсчитаем теоретические вероятности  $p_i$  попадания величины E2A в интервалы

$$P_1 := \text{pnorm}(Z_2, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_1, 0, 1)$$

$$P_2 := \text{pnorm}(Z_3, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_2, 0, 1)$$

$$P_3 := \text{pnorm}(Z_4, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_3, 0, 1)$$

$$P_4 := \text{pnorm}(Z_5, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_4, 0, 1)$$

$$P_5 := \text{pnorm}(Z_6, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_5, 0, 1)$$

$$P_6 := \text{pnorm}(Z_7, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_6, 0, 1)$$

$$P_7 := \text{pnorm}(Z_8, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_7, 0, 1)$$

$$P_8 := \text{pnorm}(Z_9, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_8, 0, 1)$$

$$P_9 := \text{pnorm}(Z_{10}, 0, 1) - \text{pnorm}(Z_9, 0, 1)$$

$$NT_j := 84 \cdot p_j \quad \text{— теоретические вероятности}$$

$$NT = \begin{pmatrix} 5.051 \\ 5.438 \\ 8.549 \\ 11.48 \\ 13.166 \\ 12.897 \\ 10.79 \\ 12.416 \\ 3.545 \end{pmatrix}$$

$$\chi_n := \sum_{k=1}^8 \frac{(NE_k - NT_k)^2}{NT_k}$$

$$\chi_n = 3.028$$

- эмпирическое значение критерия согласия Пирсона

Критическая точка распределения «хи-квадрат» при уровне значимости 0.05 и числе степеней свободы  $9-3=6$  есть 12.6, что больше эмпирического значения 3.028. Значит, нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении величины E2A.

Сравним выборочные средние векторов E1A и E2A. Наши выборки имеют объём не меньше 30 каждая. Применим критерий

$$Z_n := \frac{\text{mean}(E2A) - \text{mean}(E1A)}{\sqrt{\frac{(\text{stdev}(E2A))^2 + (\text{stdev}(E1A))^2}{84}}} \quad Z_n = 10.853$$

(84 здесь есть объём выборки). Найдём критическую точку по равенству

$$\Phi(z) = \frac{(1-2\alpha)}{2} = \frac{(1-2 \cdot 0.05)}{2} = 0.45$$

По таблице функции Лапласа находим  $z = 1.64$ .

Так как эмпирическое значение критерия  $Z_n=10.853$  больше критического 1.64, то гипотезу о равенстве выборочных средних отвергаем. Иными словами, выборочные средние различаются значимо.

## Приложение И

## Акт о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИППиС

Смолянинова Ольга Георгиевна



2017 г.

## АКТ

о внедрении в учебный процесс  
кафедры Современных образовательных технологий результатов  
диссертационной работы Остыловской Оксаны Анатольевны на тему  
«Формирование научно-исследовательской компетентности будущих  
бакалавров направления подготовки Прикладная информатика»

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационного исследования Остыловской Оксаны Анатольевны на тему «Формирование научно-исследовательской компетентности будущих бакалавров направления подготовки Прикладная информатика в процессе обучения математике» внедрены в учебный процесс кафедры Современных образовательных технологий по направлению 09.03.03 Прикладная информатика в рамках освоения дисциплины «Математика», выполнение исследовательской работы посредством комплекса междисциплинарных математических заданий, ориентированных на освоение научно-исследовательских компетенций.

Разработаны и внедрены в образовательный процесс профессиональной подготовки будущих бакалавров направления Прикладная информатика методические материалы, способствующие формированию научно-исследовательской компетентности студентов процессе обучения математике, в том числе: рабочая программа междисциплинарного адаптивного модуля «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации», учебно-методическое пособие «Математическое моделирование процессов социальной коммуникации» и одноименный электронный учебный курс, размещенный в системе LMS Moodle, комплекс учебных «задач - конструкторов».

В образовательном процессе применен диагностический комплекс для измерения и оценивания уровня сформированности научно-исследовательской компетентности в процессе обучения математике будущих бакалавров направления подготовки Прикладная информатика.

Использование результатов диссертационной работы в целом повысило уровень сформированности научно-исследовательской компетентности студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика в 2011-2012, 2013-2014, 2015-2016 учебных годах.

Зав. кафедрой Современных образовательных технологий, кандидат технических наук, доцент



---

И.А. Ковалевич