

Министерство образования и науки Российской Федерации
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(государственный университет)
ФАКУЛЬТЕТ АЭРОФИЗИКИ И КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
(Специализация «Компьютерное моделирование
в механике, биомеханике и физиологии»)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ВЕЩЕСТВ
В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ
НА ОСНОВЕ МАКРОТРАНСПОРТНОЙ ТЕОРИИ**

Магистерская диссертация

или: **Выпускная квалификационная работа**

студента **031** группы

Бабуркина Дмитрия Евгеньевича

Научный руководитель

Евдокимов А.В., к.ф.-м.н.

г. Долгопрудный

2006

Содержание

Этот раздел следует называть «Оглавление» только в том случае, если заголовки первого уровня называются «главами»; это можно сделать, изменив параметры нумерации стиля Word «Заголовок 1».

Не забывайте перед тем, как распечатывать документ, обновлять вставленное ниже поле Word (а еще лучше, сразу все поля документа через Ctrl+A; к полям относятся номера рисунков и перекрестные ссылки).

Содержание	2
Введение	4
1 Постановка задачи	5
2 Обзор (Обзор источников, Литературный обзор)	8
2.1 (Обзор работ по «задаче 1» или Обзор моделей ..)	8
2.2 (Обзор работ по «задаче 2» или Обзор численных методов ..)	8
2.3 [(Обзор аналогичных работ)]	8
3 Методика решения задачи (или Предлагаемый подход, Идеи и методы решения задачи и т.п.)	8
3.1 [Предлагаемый подход]	10
3.2 (Общая структура модели или Общий алгоритм .. и т.п.)	10
3.3 [Ограничения/предположения (допущения) (подхода, модели, работы и т.п.)]	10
3.4 (Численные методы, Программные средства и т.п.)	10
3.5 [(Методика проведения (численных) экспериментов т.п.)]	11
4 Основной раздел 1 («Задача 1» или Математическая формулировка модели)	11
4.1 Математическая формулировка «задачи 1» или Уравнения модели	12
4.1.1	12
4.1.2	12
4.2 Алгоритм расчета «задачи 1» или Граничные условия	12
4.3 Результаты расчетов «задачи 1» или Стандартные значения параметров модели	12
4.4 [Резюме]	12
5 Основной раздел 2 (например, «Задача 2» или Реализация модели)	12
5.1 Математическая формулировка «задачи 2» или Алгоритм расчета	15
5.2 Алгоритм расчета «задачи 2» или Программная реализация	15
5.3 Результаты расчетов «задачи 2» или Идентификация параметров	15
5.4 [Резюме]	15
6 Результаты	15

6.1 [(Проведенные серии вычислений, экспериментов и т.п.)]	17
6.2	18
6.3	18
7 Выводы (Анализ результатов)	18
Заключение	19
Список использованных источников	20
Приложение А. (Вывод формулы., Алгоритм .., Исходный код расчетного алгоритма.. и т.п.)	21

Введение

Рекомендуется начинать введение с очевидного для автора (и неочевидного для потенциального читателя) предложения о том, к какой **области** и/или к какому типу относится данная работа. Из названия это следует не всегда: одно и то же название может говорить:

- 1) о теоретической или о прикладной работе;
- 2) об упоре на метод/инструмент исследования (математическая/техническая область) или на изучение самой исследуемой системы (физическая или иная предметная область);
- 3) о совсем разных методах исследования (аналитическое или численное исследование; измерение характеристик реальной программной системы или ее замена мат. моделью);
- 4) о совсем разных предметных областях (молекулярная или макроскопическая физика; биомеханика или физиология или медицина).

Итак, можно (хотя необязательно) начать введение с предложения вида «Данная работа является .. исследованием, относящимся к области ..» и т.п.

Далее поясняется **общая проблема** или круг проблем, которые сложились в указанной области («Ввиду .. в этой области часто возникает (для этой области характерна) проблема ..» или, если первого предложения не было, «В данной работе рассматривается проблема ..»). Описание проблематики может занять от 1 до 4 предложений, после чего можно сразу указать на то, почему эти проблемы актуальны. **Актуальность** — это важность и одновременно нерешенность проблемы, поэтому о ней можно говорить как здесь, так и после следующего абзаца (о том, что проблему решали, но решили не до конца). Есть еще словосочетание «практическая ценность»; это чуть более узкий термин, чем актуальность, причем он обычно употребляется по отношению к результатам и выводам, в то время как актуальность — по отношению к теме работы и проблеме (задаче).

Обязательно следует сказать, **как эта проблема решалась ранее**, со ссылками на соответствующие источники («Данная проблема решалась с .. гг. XX века, при этом сложилось .. подхода к ее решению. Существует ряд работ, в которых ..»). Здесь можно перечислить достоинства и недостатки 1-3 классов работ (по 1-2 предложения на каждый), однако не следует здесь делать полный обзор источников (вместо этого можно написать «Более подробно эти подходы рассматриваются в разделе 2»). Главное, чтобы этот абзац (в отличие от раздела 2 «Обзор») был непосредственно связан с данной работой. *Например, из него может следовать, что в одном классе работ предлагаемые решения слишком ресурсоемки для применения на практике (или слишком сложны/формализованы или относятся только к части, а не к системе в целом), а предложенный в другом классе работ более практичный подход слишком прост и не учитывает таких-то факторов (или вообще*

не рассматривает такие-то процессы); при этом, мол, предлагаемый в работе подход учитывает/рассматривает это, но при этом требует меньших ресурсов или работает на уровне системы в целом.

В подавляющем большинстве случаев **конкретная проблема**, решаемая в данной работе, должна напрямую вытекать из недостатков существующих подходов к решению общей проблемы. **Актуальность** проблемы (см. выше) может проявляться по-разному, общих советов по ее описанию почти нет (это следует обсудить с научным руководителем). *Например, если суть работы состоит в применении некоторого метода к некоторому классу задач, то в актуальности стоит подчеркнуть, что эти задачи требуют именно подобных по свойствам методов (например, «очень быстрых» или, наоборот, «очень точных» методов; ведь совершенно неактуальной проблемой является применение точных методов к задачам, основная погрешность которых связана с неточностью имеющихся исходных данных). А если суть состоит в объединении двух моделей, то можно написать «Актуальность объединения моделей именно этих систем связана с их интенсивным взаимодействием при ..».*

Иногда введение невелико по размеру (рассматриваемая проблематика очевидна), тогда этот раздел стоит присоединить к «Постановке задачи». В любом случае, объем введения не рекомендуется делать более одной страницы.

1 Постановка задачи

Первым предложением здесь обычно является «Цель работы — ..» (цель у работы **одна!**). **Целью** в половине случаев следует называть решение указанной во введении конкретной практической или теоретической проблемы (которая нужна/понятна «нормальным людям» или, по крайней мере, ученым любых технических специальностей, а не только автору работы и узким специалистам). Но «моделирование», «программа», «расчеты», «эксперименты» и т.п. термины — это лишь средства достижения цели, но не сама цель. Таким образом, первое предложение «Цель работы — ..» кратко повторяет то, что сказано во введении (делая акцент на то, что именно из перечисленного во введении действительно сделано в работе).

Второй тип цели (для будущих кандидатов технических наук) — это создание «научно обоснованных технических разработок» (методик, методов, установок, других инструментов), которые будут обеспечивать решение некоторого класса (прикладных) проблем. Другими словами, в этом случае проблемой является отсутствие разработок с подобными характеристиками. *Например, «разработка программы для исследования таких-то систем при учете таких-то факторов на базе таких-то методов» – это цель*

второго типа. Если цель работы второго типа, то обычно уже не накладывается столь жестких ограничений на понятность/востребованность цели «нормальными людьми», см. выше (например, программа может быть предназначена для специалистов узкой (научной) области, так что цель состоит в обеспечении их потребностей). Но конечно, и в этом случае цель должна быть сформулирована на языке конечных потребителей результатов работы, а не на языке специалистов по достижению подобных целей (в случае этого примера – не на языке разработчиков ПО).

Поскольку бакалаврские и магистерские работы (в отличие от кандидатских диссертаций) часто решают не самостоятельные проблемы, а какие-то части большой проблемы, то следует четко разграничить проблему, общую для серии работ, выполняемых коллективом научного руководителя (именно о ней в этом случае говорится в конце «Введения») и частную проблему (т.е. цель именно данной работы). При этом после формулировки цели желательно указать место работы среди других работ, выполненных под началом того же научного руководителя.

Задача – это конкретное выражение поставленной проблемы, которое в своей формулировке, в отличие от проблемы, часто содержит сведения об применяемом научном **аппарате** (математические выкладки, численные расчеты, реальные или виртуальные эксперименты, обработка данных). Те слова, которые были выше отмечены как непригодные для формулировки цели («моделирование», «программа», «расчеты», ..), как раз обычно являются содержанием задачи. *Например (1), если проблема — это поиск оптимальной формы летательного аппарата в таком-то режиме полета, то задачей может быть решение таких-то уравнений механики сплошных сред (а также построение семейства геометрических областей некой формы). Например (2), если цель — сопоставить 2 подхода и выбрать более эффективный (в конкретной ситуации) подход, то задачами могут быть написание соответствующей одному подходу программы и проведение с ней (и с готовой программой для второго подхода) численных экспериментов с получением таких-то данных в таких-то условиях.*

Часто задачу проще формулировать именно через аппарат ее решения (см. выше); *например, слова «уравнения Навье-Стокса в 3D» и «свободное обтекание» в примере 1 говорят специалистам сразу и об исходных данных (параметры жидкости/газа, граничные условия), и об основных выходных переменных (поля давлений и скоростей). Если задачу описывать не через аппарат (пример 2), то ее описание обычно делится на то, что «дано» и что требуется получить. В случае задач моделирования здесь также часто указываются пространственная размерность, характерные времена моделирования и подобные общие характеристики. В любом случае, в данном разделе должно быть только **словесное***

описание задачи: в частности, не стоит здесь вводить обозначения входных и выходных переменных.

Ввиду того, что задача часто ставится как необходимость преодоления недостатков существующих работ, уместно именно здесь сказать о **научной новизне** работы (об отсутствии полных аналогов данной работы или ее частей). Хотя могут быть другие варианты: в частности, новизну логично сформулировать в разделе 3, где идет речь о подходе/методе решения задачи (который и является новым). Другими словами, новизна характеризует путь решения задачи, а не саму задачу (и тем более не проблему: большинство проблем уже было кем-то поставлено, а новые проблемы ставятся обычно учеными не ниже докторов наук). Новизна указывается в отдельном предложении: «Новизна работы состоит в ..» («связана с ..»).

Во многих случаях в рамках достижения одной цели решается **несколько качественно различных задач** (желательно не более двух-трех): *например, экспериментальное и численное моделирование одного и того же процесса, а также его теоретический анализ в предельных случаях. Или, например, моделирование динамики поведения системы и идентификация ее параметров (предполагается, что в данном случае идентификация потребовала привлечения оригинальных методов, а главное – имеет непосредственное отношение к поставленной проблеме, а не просто является способом устранить недостатки модели, построенной при решении основной задачи). Если, например, программа является важным результатом работы сама по себе (а не только для проведения описанных расчетов), то ее разработку можно указать как отдельную задачу (см. пример 2).* Если задач несколько, то их лучше сделать отдельными пунктами списка (подразделы не нужны) и описать каждую несколькими предложениями в едином стиле (при этом некоторые задачи могут обладать новизной, а для некоторых о новизне лучше не говорить).

Существует и иная трактовка понятия «задача» по сравнению с указанной выше: задачей также иногда называют отдельную часть или **этап решения проблемы** (или задачи в указанном выше смысле). Набор таких этапов обычно стандартный, то есть известный любому ученому (по крайней мере, этот набор должен быть таким); однако привести его в дипломе все-таки имеет смысл (либо в этом разделе, либо в заключении), чтобы дать более ясное представление об объеме проделанных работ. *Например, «задачами» по моделированию динамики поведения какой-либо системы (этапами моделирования) являются формулировка математической модели системы (обычно это лишь адаптация к системе общеизвестной модели), затем ее численная и программная реализация, затем определение параметров модели и проведение вычислительных экспериментов с*

получением искомой динамики. Называть задачей отдельный этап (например, определение параметров модели) несколько странно, поэтому рекомендуется все же пользоваться первой трактовкой понятия «задача». И тогда вместо слов «В процессе работы решаются следующие задачи:» следует писать «В процессе работе сделано следующее:» (но так уместно для заключения) или «Работа состоит из следующих частей:» (так уместно для этого раздела, причем рекомендуется в каждой части делать перекрестную ссылку Word на тот раздел документа, в котором описывается данная часть).

2 Обзор (Обзор источников, Литературный обзор)

Обзор работ, тематически связанных с данной работой, является неотъемлемой частью дипломной работы, но не должен занимать более 20% от ее объема. Обзор (и соответствующий ему список источников) имеет самостоятельное значение, не слишком зависящее от сути работы, но обзор должен **подтверждать актуальность и новизну** работы. Поэтому краткое изложение прочитанных в литературе подходов, моделей, методов, данных и т.п. должно обязательно сопровождаться **аналитической частью**. Как минимум, для этого в конце каждого подраздела обзора должно ставиться предложение, начинающееся с «Таким образом, ..» и делающее вывод (как правило, о несовершенстве изложенных вещей с какой-то точки зрения). Перечень подразделов, которые следует включить в обзор, обычно похож на перечень основных разделов самой работы (*например, обсуждение основной проблемы с точки зрения предметной области, затем обсуждение математических моделей и методов, применявшихся в этой области*). Особую роль иногда играет подраздел, описывающий **аналогичные** работы (то есть те, в которых описывается не просто аналогичная проблема или аналогичный метод, а решения аналогичных задач). Эти работы также должны быть источником результатов, с которыми проводится сопоставление в разделе 4.1.1.

2.1 (Обзор работ по «задаче 1» или Обзор моделей ..)

2.2 (Обзор работ по «задаче 2» или Обзор численных методов ..)

2.3 [(Обзор аналогичных работ)]

3 Методика решения задачи (или Предлагаемый подход, Идеи и методы решения задачи и т.п.)

Этот раздел (пожалуй, самый сложный для написания) **служит основой** для понимания читателем нижеследующих «основных» разделов (рассматривая изложенные в

них вещи **во взаимосвязи**). Также он необходим для возможности **воспроизведения результатов** работы: даже если большая часть информации из этого раздела не относится к сделанному автором работы, она необходима для того, чтобы кто-то другой мог получить те же результаты. Если в вышеописанных разделах речь идет о том, **ЧТО** и **ЗАЧЕМ** делается в работе («что за задача?», «зачем нужно ее решать?»), то в этом разделе дается ответ на вопрос «**КАК** решалась поставленная выше задача?», а также «**ПОЧЕМУ** так?». Конкретизации этих вопросов могут приводить к совсем разным по смыслу подразделам. В частности, если речь идет о типичной работе по моделированию (построенной на парадигме «задача → модель → метод → результаты»), то конкретизации вопроса «КАК?» могут быть такими:

- 1) «**Как формализовывалась задача?**». Такой подраздел явно выделяется нечасто — только в том случае, если формализация не является стандартной и/или в разделе 1 «Постановка задачи» невозможно полностью привести формальное описание задачи (необходимое для понимания ответов на следующие вопросы). Иногда важно здесь описать не только формализацию (т.е. соответствие входной информации модели той исходной задаче, которая приведена в «Постановке задачи» на «нормальном человеческом языке»), но и деформализацию — это соответствие набора выходных данных модели тем результатам, которые понятны «нормальным людям».
- 2) «**Как строилась модель?**». Здесь приводится общее описание модели (структурное и/или функциональное) вместе с рассуждениями о том, **почему** модель такова (почему она хороша) и, наоборот, что она не учитывает. Под функциональным («процессным») описанием подразумевается последовательное рассмотрение нескольких процессов, которые происходят одновременно во всех (или во многих) структурных элементах модели.
- 3) «**Как получались результаты?** ≈ какие методы были использованы?». Здесь описываются (или просто указываются) использованные методики, методы и инструменты, которые **не** являются результатом работы автора, а также обосновывается, **почему** они выбраны.

Если есть методики, методы и инструменты, которые созданы/улучшены автором, то их нужно не только упомянуть в этом разделе (скорее, в подразделе 2), а не 3)), но и подробно описать в отдельном разделе). Ниже приводится **примерная** структура подразделов; во многих работах выделять некоторые подразделы не имеет смысла; кроме того, названия подразделов сильно зависят от того, что именно выносятся на защиту работы: результаты, модель, метод, или даже «подход».

3.1 [Предлагаемый подход]

Этот подраздел стоит выделять только в том случае, если работа действительно очень новая (претендует на принципиально новый путь решения пусть даже узкого класса задач).

3.2 (Общая структура модели или Общий алгоритм .. и т.п.)

Для работ, связанных с моделированием реальных систем, можно отталкиваться либо от **структурных** элементов рассматриваемой системы, либо от происходящих там **процессов**. Для чисто математических работ изложение в этом подразделе можно построить на основе качественно различных математических результатов, для технических работ – на основе качественно различных **технических решений**.

Данный подраздел — это только **суть** сделанного; ни в коем случае не следует углубляться в детали и делать его больше 1-2 страниц. Более правильно посвящать одной «части» (элементу, процессу, техническому решению) всего 1-2 предложения, но зато включать в эти предложения логические связки «Поскольку задача требует .., в модель включено ..», «Так как параметры первого блока зависят от .., то алгоритм предусматривает ..».

3.3 [Ограничения/предположения (допущения) (подхода, модели, работы и т.п.)]

Очень полезно явно сказать не только о преимуществах работы (в предыдущих подразделах), но и об ее **ограничениях** и сделанных **допущениях** (лучше единым списком). Понятие ограничения близко понятию допущения (предположения), но чуть шире его. *Например, пренебрежение какими-то факторами в модели можно назвать как допущением модели, так и ограничением модели по точности.* Ограничения также могут быть по области применимости (непригодность к решению чуть более сложных задач данного класса) и т.д.

3.4 (Численные методы, Программные средства и т.п.)

В работах по численному моделированию такой подраздел нужен (в данном разделе) независимо от того, используется ли готовые численные методы или специально разработанные. Для **метода** (для каждого метода, если несколько методов используется для решения разных задач работы) указывается порядок точности и прочие формальные характеристики; крайне желательно также обосновать, **почему был выбран** данный метод.

В работах технического характера вместо «методов» обычно используется термин «**средства**»: в работах из области информационных технологий это могут быть готовые программные средства, системы управления базами данных, языки программирования.

Иногда лучше говорить не о конкретных языках и продуктах, а о «подходах»: подходах к программированию (ООП), подходах к проектированию баз данных (реляционный) и т.п. В любом случае, в технической работе **обосновать выбор** средств еще более важно, чем в физико-математической. Можно также указать средства типа средств разработки для выбранного языка программирования, но подробно их описывать и обосновывать их выбор не нужно.

В работах смешанного типа (интенсивно использующих как математические методы, так и программные средства) вместо одного данного подраздела следует сделать два.

3.5 [(Методика проведения (численных) экспериментов т.п.)]

Так как здесь вводятся понятия, необходимые для понимания результатов исследования, об этой методике можно писать не в данном разделе (3), а непосредственно перед описанием результатов в разделе 6.1 (особенно если речь идет о численных экспериментах).

4 Основной раздел 1 («Задача 1» или Математическая формулировка модели)

Как правило, работа имеет 2-4 так называемых «**основных**» раздела, названия которых, в отличие от остальных, не являются стандартными, а отражают суть данной работы. Если в работе решается несколько задач (см. раздел 1), то практически всегда каждый основной раздел соответствует одной **задаче**. Если же в работе рассматривается одна задача (тогда ее рассмотрение должно быть весьма подробным), то разбиение документа на разделы первого уровня уместно использовать для явного выделения крупных **этапов** решения этой задачи (об этапах также написано в разделе 1). Как пример этого второго случая, в данном шаблоне документа в заголовках разделов 4–4.4 (и их подразделов) отражены типичные этапы работ по численному моделированию. Впрочем, именно такой набор заголовков может быть нецелесообразен: *например, «граничные условия» или «программная реализация» часто отсутствует (либо ввиду небольшого объема соответствующей информации, либо ввиду полного отсутствия у нее научно-технического смысла)*. Если автор диплома **не сам** выполнял соответствующий этап, а лишь воспользовался готовым описанием модели или готовым программным кодом, то это нужно учесть в разбиении на подразделы: *в случае численного моделирования описание модели в отдельном основном разделе привести, скорее всего, нужно, а вот сведения по численной и программной реализации модели – не нужно (их нужно лишь в кратком виде поместить в раздел 3)*.

4.1 Математическая формулировка «задачи 1» или Уравнения модели

Уравнения (и другие сложные формулы типа сложных выражений одних переменных через другие) выписываются на отдельной строке и с определенным форматированием, см. ниже (желательно использовать специальный стиль Word, который в данном документе назван Уравнение). Поскольку Word для научных работ не адаптирован, ссылки на формулы требуют хитрых приемов (мало кто их ученых этим пользуется), однако автоматическая нумерация формул делается гораздо проще и ей пользоваться желательно («Вставка» / «Поле...»). Во всем тексте работы должно использоваться одно и то же обозначение для каждой величины (параметра), причем при первом упоминании этого обозначения должна указываться его расшифровка (часто это указывается после слова «, где», следующего за уравнением). Например,

$$\partial S_k / \partial t + \partial (u_k S_k) / \partial x = \varphi_k (t, x, S_k, u_k, r_i), \quad (1)$$

где $S_k(t, x)$ — поперечное сечение ..., ..

Внутри основных разделов часто используются заголовки третьего уровня, но вот заголовки четвертого уровня применять не рекомендуется (это приучает к требованиям, предъявляемым к научным публикациям).

4.1.1

4.1.2

4.2 Алгоритм расчета «задачи 1» или Граничные условия

4.3 Результаты расчетов «задачи 1» или Стандартные значения параметров модели

4.4 [Резюме]

Полезно резюмировать каждый основной раздел в виде списка неких положений. Список может содержать либо выводы по рассмотренной задаче, либо особенности данного этапа работы и полученных при его выполнении промежуточных результатов (особенно «новых»).

5 Основной раздел 2 (например, «Задача 2» или Реализация модели)

Ниже приводятся советы не по содержанию работы, а по ее оформлению с использованием Word (некоторые из советов приводятся и в других местах данного документа мелким шрифтом (имеют стиль «Замечание»)).

Стоит следить, не заканчиваются ли абзацы строчкой из 1 слова (или полслова), и если заканчиваются, то нужно выкидывать какие-нибудь слова из абзаца (или заменять их на более короткие или, наоборот,

добавлять новые слова); многие редакции подчеркивают «висящие слова» как ошибку. Если выкидывать или заменять или добавлять слова не хочется, то можно уменьшить интервал в свойствах шрифта для всего абзаца (например, в предыдущем абзаце интервал с указанной целью сделан «уплотненным» на 0,1 пт).

Каждый типичный элемент текста, за исключением особо выделенных, настоятельно рекомендуется помечать специальным **стилем** Word (без дополнительного форматирования); другими словами, название стиля (в левом верхнем углу окна) не должно выглядеть как «Стиль + 14 пт, полужирный, ..» не только для обычного текста, но и для заголовка, рисунка, формулы и т.п. Это правило (важное для любых больших документов) позволяет, в частности, при необходимости менять форматирование всех похожих элементов в одно действие, без просмотра всего текста. Если дополнительное форматирование присутствует, то это можно исправить с помощью средств, доступных после выбора пункта меню «Формат» / «Стили и форматирование...» (в частности, см. пункт «Выделить все вхождения» в контекстном меню стиля).

Что касается упомянутых **«особо выделенных элементов текста»**, то к ним часто относятся обозначения переменных и элементы коротких формул (написанные текстом, а не объектом редактора Equation), а также словосочетания, которые хочется выделить (рекомендуется выделять курсивом, а не жирным, причем не злоупотреблять выделениями: в большинстве научных журналов они не допускаются). В указанных мини-формулах (не выделенных на отдельную строку) все латинские буквы должны быть помечены курсивом (а цифры и греческие буквы, которые можно вставить через меню «Вставка / Символ...», должны, наоборот, иметь прямое начертание); в таких формулах часто используются нижние и верхние индексы («подстрочный знак» Ctrl+'+' и «надстрочный знак» Ctrl+Shift+'+'); все это, конечно, не имеет смысла делать специальными стилями (как выше рекомендовано для «типичных элементов текста»). Пример мини-формул см. в подписях к рис. 5.2.

Очень важной возможностью, доступной в Word (при условии правильного применения стилей) является возможность **автоматической нумерации** чего угодно (заголовков, рисунков, формул, таблиц) и, главное, возможность **ссылок** на автоматически присвоенные номера в любом месте текста. Чтобы автоматически пронумеровать, например, рисунок, нужно из контекстного меню рисунка (или из меню «Вставка») выбрать пункт «Название...», и выбрать там в качестве подписи «Рисунок». В нумерацию рисунков (но не формул и таблиц, если следовать ГОСТу) можно включать номер заголовка первого уровня («главы»); это можно сделать при вставке, нажав на кнопку «Нумерация...». Например:

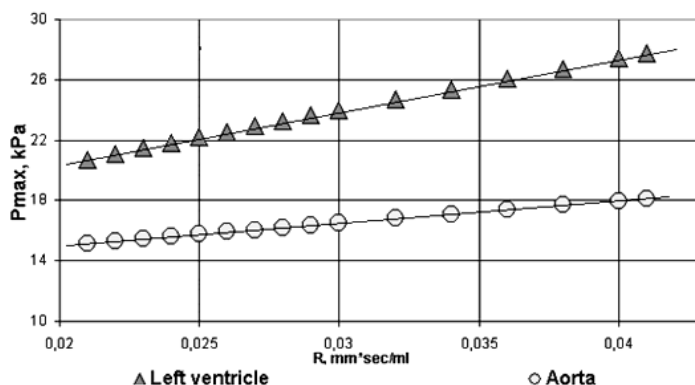
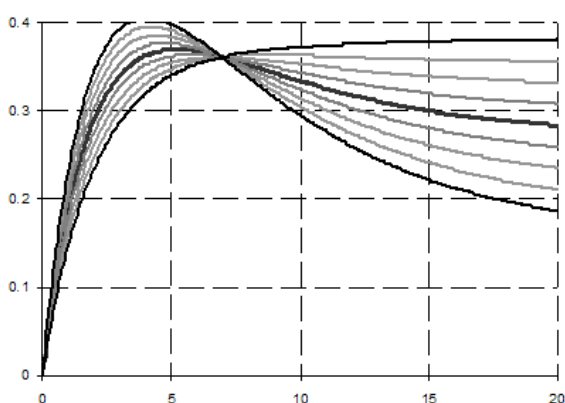


Рисунок 5.1. Давления крови при разных уровнях стеноза аортального клапана

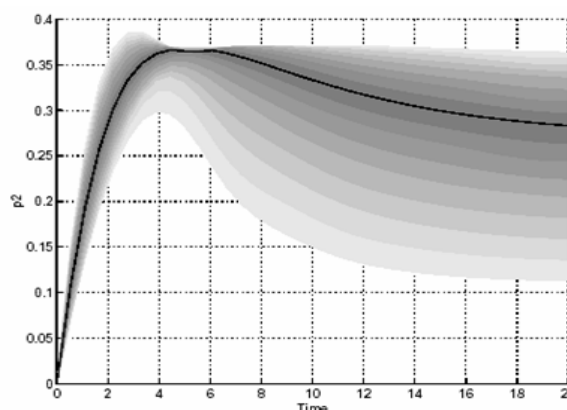
Так будет по ГОСТу, но это, к сожалению, несовместимо с возможностями Word по вставке ссылок на рисунки (см. ниже), поскольку в ссылке слово «рисунок» часто стоит не в именительном падеже («На рисунке ** представлено ...»). Поэтому, если хочется использовать иные обороты языка, кроме «(см. рисунок **))», можно вместо подписи «Рисунок» использовать несклоняемую подпись «Рис. » (если используется не данный

шаблон документа, то такую подпись нужно создать вручную). Те же самые соображения относятся к таблицам.

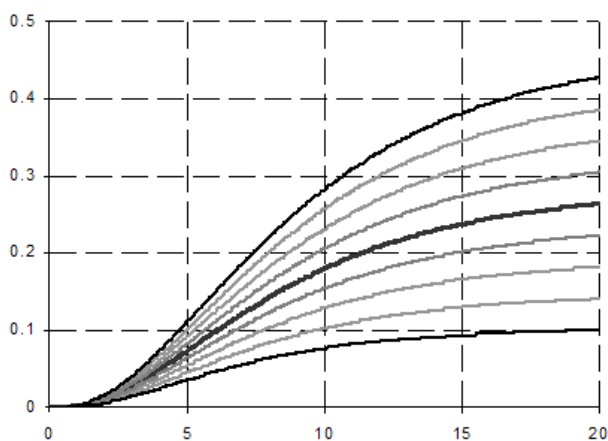
Рисунки (если они нарисованы не в Word) следует вставлять через меню «Вставка / Рисунок / Из файла...», метод copy/paste не рекомендуется (однако если он все же используется, то следует проследить за правильной настройкой положения рисунка: контекстное меню рисунка / Формат рисунка... / Положение / В тексте). Это не относится к нарисованным в Word рисункам (они не могут находиться «в тексте»); для устранения проблем с положением Word-рисунков можно посоветовать лишь «сгруппировать» все элементы рисунка (с помощью панели рисования). При вставке файла рисунка (который можно получать откуда угодно путем «сохранения экрана» с помощью программы типа HyperSnap) нужно использовать только сжатые форматы файлов (gif – графики и рисунки из примитивов, jpeg – фотографии и расчетные распределения в пространстве); вставка рисунка формата bmp часто приводит к неприемлемому размеру документа Word.



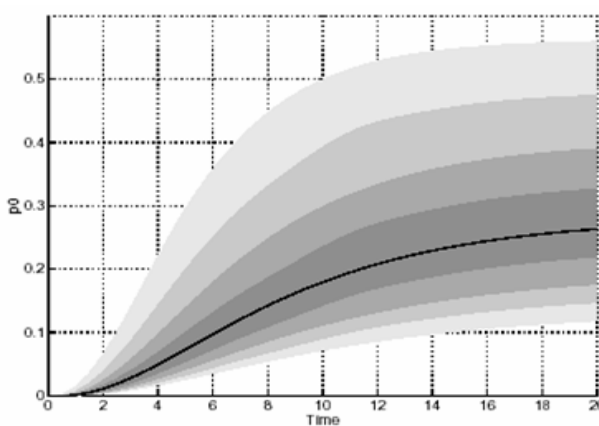
А. $p_2(t)$ методом линеаризации



Б. $p_2(t)$ из [1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]



В. $p_0(t)$ методом линеаризации



Г. $p_0(t)$ из [1]

Рис. 5.2. Сравнение методов при $N = 3$: вероятность очереди из двух грузовиков $p_2(t)$ (А, Б) и вероятность простаивания экскаватора $p_0(t)$ (В, Г)

Абзац, на котором находится рисунок, не должен больше ничего содержать, не должен иметь отступа и не должен отрываться от следующего абзаца — названия (см. настройки стиля «Рисунок» в данном документе). Если рисунок состоит из отдельных частей (А, Б, В), то для размещения частей на одной строке рекомендуется использовать таблицу с невидимыми границами (если таблица не используется, буквы А, Б и т.д. необходимо размещать в «Надписях» через панель рисования). Пример «таблицы с рисунками» см. на рис. 5.2.

Ссылки¹ в тексте чаще всего делаются на номера заголовков («см. раздел 4»); для этого нужно вставить перекрестную ссылку Word (Alt+Ctrl+R), выбрав в первом раскрывающемся списке «Заголовок», во втором «Номер заголовка». Аналогично вставляются номера источников из списка литературы (кстати, они должны заключаться в квадратные скобки): в первом списке пункт «Абзац», во втором пункт «Номер абзаца». Сложнее со ссылками на рисунки (и таблицы), которые после вставки (пункт «Рисунок» и пункт «Постоянная часть и номер») имеют вид «(см. Рисунок 5.1)». Чтобы такая ссылка нормально выглядела «(см. рисунок 5.1)», нужно зайти ее через контекстное меню в окно изменения поля и выбрать там формат «строчные буквы». Также рекомендуется выбрать там флаг «Сохранять формат при обновлении».

Не следует оставлять пустых строк ни в каком месте документа. В свойствах абзаца регулируется как «интервал перед» абзацем (вкладка «Отступы и интервалы»), так и возможность начала абзаца с новой страницы или его нахождения на одной странице со следующим абзацем (см. вкладку «Положение на странице»).

5.1 Математическая формулировка «задачи 2» или Алгоритм расчета

5.2 Алгоритм расчета «задачи 2» или Программная реализация

5.3 Результаты расчетов «задачи 2» или Идентификация параметров

5.4 [Резюме]

6 Результаты

Результаты работы по моделированию реальных систем должны занимать существенную (25-40%) часть работы и включать не столько «значения» выходных переменных модели, сколько **зависимости** переменных от чего-либо (от входных параметров, а также от времени, от координат). Если основной задачей работы является создание некоего метода (или некоего инструмента на базе некоторого научного метода), то с выделением результатов тоже нет проблем: здесь должны быть результаты решения **тестовых** задач с помощью данного метода/инструмента (при этом сами задачи, если они тривиальны, могут описываться в первом подразделе этого раздела; в противном случае им может быть посвящен последний основной раздел). В случае работы по методу должны быть зависимости не столько от параметров самой задачи, сколько от параметров (модификаций) рассматриваемого метода.

Сложнее всего с «результатами» чисто технических работ, результатом которых является создание инструмента, используемого людьми для облегчения каких-то процессов

¹ Не следует путать ссылки со сносками, которые делаются для примечаний к каким-либо терминам, помещаются в конце страницы после черты, а в тексте могут выглядеть либо цифрами, либо символами типа *

(но не для получения осязаемых результатов). В этом случае следует отнести к результатам технико-экономические параметры; а если работа никем пока не используется (что почти всегда бывает в бакалаврских работах, но гораздо реже допускается в магистерских диссертациях) — необходимо придумать методику **оценки** разработанного инструмента (программы, установки) по любым критериям, очень желательно количественным. *Например, в качестве оценки программного продукта может выступать производительность (по отношению к наиболее ресурсоемким операциям), количества действий пользователя, необходимых для выполнения определенных задач.* В крайнем случае, такими критериями оценки могут быть характеристики объема проделанной работы (*например, для программного продукта или программной библиотеки — число модулей (классов), число строк кода, число графических форм в продукте, число функций и вариантов реализации этих функций в библиотеке*). Привести такие «результаты» всегда полезно, однако очень нежелательно, чтобы они были единственным содержанием данного раздела. Кроме количественных характеристик, большое внимание в данном разделе технических работ должно бы уделено **словесному** описанию (краткому изложению того, что написано в основном разделе, с приданием некоего смысла); поэтому данный раздел часто называют не «Результаты», а «Обсуждение результатов» (поскольку сами результаты в этом случае неотделимы от основной части работы).

Какой бы ни была работа, ее результаты должны содержать какие-нибудь **графики** (иначе к работе возникает подозрительное отношение). Помимо графиков очевидных зависимостей выходных параметров (от входных параметров, от времени) часто используются фазовые диаграммы (графики зависимостей одного выходного параметра от другого); для распределённых моделей — профили одномерных распределений параметров (лучше на трёхмерном графике для разных моментов времени), для трехмерных моделей — трехмерные (а для двумерных моделей — плоские) рисунки, на которых цветами или изолиниями или векторами показаны значения параметров. Даже в описанном выше «сложном» случае (работа по созданию инструмента, не имеющая сама по себе количественных результатов) несложно превратить в график (или в столбчатую диаграмму) любое получаемое с помощью какой-то методики оценки число: *например, для программного продукта нарисовать зависимость затрат времени/памяти от объема хранимых/передаваемых данных (степень нелинейности такой зависимости — важная характеристика)*. На графики (как и на любые рисунки) в тексте должны быть ссылки, например, «На рис. 5.2 приведены результаты расчетов ..».

Сопоставление результатов (с реальными данными, с работами других авторов, с другими методами, с теоретическими оценками и т.п.) является очень важным; оно

проводится обычно там же, где представляются собственные результаты. Если нет возможности сопоставить с чем-то альтернативным (по отношению к использованному подходу), то нужно найти предмет для сравнения в рамках данного подхода (*например, в вычислительных задачах можно провести ряд расчетов на разных сетках*). В работах технического характера сопоставление с аналогами (включающее количественные показатели) обязательно. Цель любого сопоставления — обосновать или хотя бы проиллюстрировать то, что полученные результаты действительно решают (пусть и не без недостатков) ту задачу, которая была поставлена в разделе 1. Чем больше сопоставлений, тем лучше, в то время как ни с чем не сопоставляемые результаты в тексте следует приводить с осторожностью (по крайней мере, в физико-математических работах). Конечно, «несопоставимые» результаты должны быть (иначе работа лишается смысла: незачем получать лишь то, что уже имеется). Но поводом для представления такого «несопоставимого» результата может быть только то, что он не был получен в других работах или не может быть получен с помощью других методик / методов / инструментов (либо затраты на его получение альтернативным способом сопоставимы с затратами на выполнение самой работы).

6.1 [(Проведенные серии вычислений, экспериментов и т.п.)]

Если методика получения результатов (вычислительной или экспериментальной) работы не заслуживает отдельного рассмотрения в разделе 3.5, то следует кратко перечислить проведенные расчеты (эксперименты) в этом разделе. Это необходимо для понимания условий, при которых получены описываемые ниже результаты. Если обозначения параметров и их стандартные значения (а также значения констант) обычно приводятся при описании самой модели (см. раздел 4.3), то здесь следует указать, какие параметры варьировались и как. Здесь же приводятся времена, на которых проводились расчеты/измерения (а также пространственные области, если это имеет смысл и не характеризует основную часть работы). В вычислительной работе, если это не было рассмотрено в разделе 3.4 про численные методы, также рекомендуется указать параметры численных методов: шаг по времени (и пространственной сетки, если задача распределённая), точности, принятые для реализации итерационных методов и т.п.

6.2

6.3

7 Выводы (Анализ результатов)

Результаты обычно анализируются непосредственно при их описании (иначе раздел 6 «Результаты» рискует выродиться в набор графиков и таблиц, что недопустимо). Однако часто (не всегда) необходимо их обобщить в виде выводов. Кроме того, если новизна работы состоит не только в проведении расчетов/экспериментом с готовым объектом/программой, то в число выводов обязательно должны войти выводы из основных разделов работы (см. 4.4).

К выводам могут относиться слова о достигнутом уровне адекватности модели/подхода (реальным данным), о пригодности и эффективности метода/инструмента; причем все это обычно формулируется в сравнении с аналогами. *Например, в работах по моделированию модель может иметь преимущества по сравнению с аналогами не только по «точности» результатов, но и по количеству предположений и сложно определяемых входных параметров модели (чем меньше, тем лучше), а также по технологическим признакам: по возможностям «внешних воздействий» на модель и подключения других моделей, по скорости расчётов и т.п.*

К формулировке выводов (и соответствующего слайда презентации) нужно относиться очень аккуратно, ибо именно на этот раздел обращают внимание все читатели. Те читатели, главная задача которых состоит в выставлении оценки автору работы, обращают также внимание на «Заключение», где дается представление об объеме проделанной работы (к выводам это не относится!); но для тех читателей, кто также заинтересован в самой работе, «Выводы» (наряду с «Постановкой задачи») – это самое интересное.

Заключение

В заключении приводится очень краткий повтор цели и задач работы во времени present perfect (в русском языке это соответствует кратким причастиям и глаголам в совершенной форме в прошедшем времени). Этот «повтор» делается вместе с указанием результатов по (каждой) задаче и по каждой части работы (здесь понятие задачи и части (этапа) работы — см. раздел 1 — часто смешиваются ради краткости). Например, «Предложен способ решения такой-то задачи, обладающий такими-то преимуществами»; «При этом были впервые реализованы такие-то идеи моделирования», «Применены (разработаны) такие-то численные методы»; «Приведены результаты таких-то численных экспериментов, показывающие эффективность созданной модели и использованных методов её расчёта, а также их адекватность поставленной задаче». Также уместны выражения «Проведен анализ», «Построена модель, отличающаяся от существующих аналогов ..», «Модель использована для расчета ..», «Исследован вопрос о...», «Показано, что ..»

Список использованных источников

Ни в коем случае не следует указывать источник, если на него нет ссылок в тексте. Источники рекомендуется располагать в том порядке, в котором в тексте встречаются ссылки на них. Если автор работы имеет публикации по теме (хотя бы тезисы доклада на конференции), то ссылки на собственные публикации должны быть обязательно использованы (например, в «Заключении»: «Результаты работы опубликованы в статье [...] и в тезисах доклада на конференции [...]»). В списке источников бакалаврских и магистерских работ должно быть **не менее 5 пунктов** (но более 20 тоже нежелательно, так как иначе очевидно, что список откуда-то списан и не имеет прямого отношения к данной работе).

Список источников должен обязательно нумероваться автоматически, чтобы на его пункт можно было сделать автоматическую ссылку (иначе неизбежны некорректные ссылки). Фамилии авторов работ выделяются курсивом, смысловые части библиографических данных обычно разделяются с помощью тире (хотя издательство, например, отделяется от года издания запятой), знак “//” может применяться только для статьи в журнале или сборнике (он отделяет информацию о работе от информации и журнале/сборнике)

1. *Fetz T., Jäger J., Köll D., Krenn G., Lessmann H., Oberguggenberger M., Rieser A., Stark R. F.* Fuzzy models in geotechnical engineering and construction management // *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* – 1999, N 14 – pp. 93-106. – <http://techmath.uibk.ac.at/numbau/publications/97-4.ps>
2. *Латин Ю.В.* Турбулентный пограничный слой в сверхзвуковых потоках газа. – М.: Наука, 1982 – 128 с.
3. *Евдокимов А.В., Холодов А.С.* Квазистационарная пространственно распределенная модель замкнутого кровообращения организма человека // В кн.: *Компьютерные модели и прогресс медицины.* – М.: Наука, 2001. – С. 164-193.

Приложение А. (Вывод формулы., Алгоритм .., Исходный код расчетного алгоритма.. и т.п.)

В приложение выносятся все, что нарушает понимание читателем **логики** основной части работы ввиду своего **большого объема**. Не следует создавать приложение, если на него нет ссылок в основной части работы. Ссылку можно поставить аналогично ссылке на литературный источник (ссылка на абзац), но после ее вставки следует выбрать из контекстного меню пункт «Изменить поле..» и поставить там флаг «Показывать только цифры» («В приложении А это рассмотрено более подробно»).

В приложение часто помещаются не самые значимые рисунки и таблицы (касающиеся результатов или основных разделов). В приложение не следует помещать весь исходный код разработанной программы (можно поместить только «наиболее наукоемкий», относящийся к новизне работы код; да и то лишь в том случае, если создание программы является основной задачей работы).

Приложений может быть несколько, они должны нумероваться русскими буквами (если буквы после слова «Приложение» не отображаются, то надо использовать Word версии не ниже XP).

Кстати, Word более старых версий использовать не рекомендуется ввиду плохой работы с буфером обмена, из-за которого текст, переносимый из других документов, может сохранить нежелательную часть прежнего форматирования, точнее, стили (что затруднит дальнейшее изменение документа). В этом случае лишние стили проще всего убирать, выделив фрагмент и нажав (Ctrl+Shift+N). Пользуясь Word XP и выше, следует после вставки из буфера выбирать опцию «Использовать форматирование конечного фрагмента» или, в некоторых случаях «Сохранить только текст».

Рекомендуемый общий **объем работы** варьируется в разных источниках (на разных кафедрах разных вузов): **минимальный** объем бакалаврской работы указывается разными людьми в пределах от 10 до 35 страниц, **максимальный** — от 40 до 80 страниц. Аналогичные цифры для магистерской диссертации: минимальный объем — от 20 до 50 страниц, максимальный — от 40 до 120 страниц (хотя последняя цифра — нонсенс, это объем кандидатской диссертации). На кафедре вычислительной математики рекомендуется делать объем бакалаврской работы **20-40 стр.**, магистерской — **30-60 стр.** (при тех стандартных настройках шрифта, абзаца и страницы, которые имеются в данном шаблоне документа).