

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт прикладной математики и механики

Работа допущена к защите

Руководитель образовательной программы «Прикладная математика и информатика»

_____ К.Н. Козлов

«_____» _____ 2021 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАБОТА БАКАЛАВРА
ЭКСПЕРЕМЕНТЫ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ЯЗЫКА ОХРАНЯЕМЫХ
КОМАНД ДЕЙКСТРЫ**

по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) 01.03.02_02 Системное программирование

Выполнил

студент гр. 3630102/70201

Руководитель

профессор высшей школы прикладной математики и вычислительной физики,
доктор технических наук, старший научный сотрудник¹

Консультант²

доктор технических наук, старший научный сотрудник

Консультант

по нормоконтролю³

Санкт-Петербург

2021

¹ Должность указывают сокращенно, учёную степень и звание — при наличии, а подразделения — аббревиатурами. «СПбПУ» и аббревиатуры институтов не добавляют.

² Оформляется по решению руководителя ОП или подразделения. Только 1 категория: «Консультант». В исключительных случаях можно указать «Научный консультант» (должен иметь степень). Без печати и заверения подписи.

³ Обязателен, из числа ППС по решению руководителя ОП или подразделения. Должность и степень не указываются. Сведения помещаются в последнюю строчку по порядку. Рецензенты не указываются.

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Институт прикладной математики и механики

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы
«Прикладная математика и информатика»

_____ К.Н. Козлов

« _____ » _____ 2021г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы студенту

Соломатину Макару Александровичу гр. 3630102/70201

1. Тема работы: Эксперименты с реализацией языка охраняемых команд Дейкстры.
2. Срок сдачи студентом законченной работы: июнь 2021.
3. Исходные данные по работе:
 - Синтаксическое описание языка охраняемых команд
 - Денотационная семантика языка охраняемых команд
 - Теоретические примеры программИнструментальные средства:
 - Язык программирования Python
 - Генератор лексических и синтаксических анализаторов ANTLR4
 - Библиотеки python-antlr4 и sympyКлючевые источники литературы:
 - Дейкстра Э. Дисциплина программирования, 1978.
 - Лавров С.С. Программирование. Математические основы, средства, теория.
 - Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем, 2009.
4. Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - 4.1. Постановка задачи
 - 4.2. Обзор литературы по теме ВКР

- 4.3. Исследование программных продуктов
 - 4.4. Разработка интерпретатора и анализатора
 - 4.5. Эксперименты с программами на реализованном языке
 - 4.6. Выводы
5. Дата выдачи задания: 20.12.2020.

Руководитель ВКР _____ Ф.А. Новиков

Задание принял к исполнению 20.12.2020

Студент _____ М.А. Соломатин

РЕФЕРАТ

На ?? с., ?? рисунков, ?? таблиц, ?? приложений

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: РАЗРАБОТКА ИНТЕРПРЕТАТОРА, ЯЗЫК ОХРАНЯЕМЫХ КОМАНД, ФОРМАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММ, ПОШАГОВОЕ УТОЧНЕНИЕ.⁴

Тема выпускной квалификационной работы: «Эксперименты с реализацией языка охраняемых команд Дейкстры»⁵.

В данной работе изложена сущность подхода к созданию динамического информационного портала на основе использования открытых технологий Apache, MySQL и PHP. Даны общие понятия и классификация IT-систем такого класса. Проведен анализ систем-прототипов. Изучена технология создания указанного класса информационных систем. Разработана конкретная программная реализация динамического информационного портала на примере портала выбранной тематики...⁶

В данной работе изложена сущность подхода к созданию динамического информационного портала на основе использования открытых технологий Apache, MySQL и PHP. Даны общие понятия и классификация IT-систем такого класса. Проведен анализ систем-прототипов. Изучена технология создания указанного класса информационных систем. Разработана конкретная программная реализация динамического информационного портала на примере портала выбранной тематики...

ABSTRACT

?? pages, ?? figures, ?? tables, ?? appendices

⁴Всего **слов**: от 3 до 15. Всего **слов и словосочетаний**: от 3 до 5. Оформляются в именительном падеже множественного числа (или в единственном числе, если нет другой формы), оформленных по правилам русского языка. *Внимание! Размещение сноски после точки является примером как запрещено оформлять сноски.*

⁵Реферат **должен содержать**: предмет, тему, цель ВКР; метод или методологию проведения ВКР; результаты ВКР; область применения результатов ВКР; выводы.

⁶ОТ 1000 ДО 1500 печатных знаков (ГОСТ Р 7.0.99-2018 СИБИД) на русский или английский текст. Текст реферата повторён дважды на русском и английском языке для демонстрации подхода к нумерации страниц.

KEYWORDS: INTERPRETER DEVELOPMENT, GUARDED COMMAND LANGUAGE, PROGRAM FORMAL VERIFICATION, STEPWISE REFINEMENT.

The subject of the graduate qualification work is «Experiments with the implementation of the Dijkstra's guarded command language».

In the given work the essence of the approach to creation of a dynamic information portal on the basis of use of open technologies Apache, MySQL and PHP is stated. The general concepts and classification of IT-systems of such class are given. The analysis of systems-prototypes is lead. The technology of creation of the specified class of information systems is investigated. Concrete program realization of a dynamic information portal on an example of a portal of the chosen subjects is developed...

In the given work the essence of the approach to creation of a dynamic information portal on the basis of use of open technologies Apache, MySQL and PHP is stated. The general concepts and classification of IT-systems of such class are given. The analysis of systems-prototypes is lead. The technology of creation of the specified class of information systems is investigated. Concrete program realization of a dynamic information portal on an example of a portal of the chosen subjects is developed...

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

В мире современного программирования все более актуальными становятся методы формальной верификации программ. Однако этот процесс является крайне трудоемким, и его стоимость настолько высока, что он применяется лишь в критических местах программного обеспечения, в котором цена ошибки слишком велика: ракетостроение, военная оборона, медицина и т.п. Поэтому, и по некоторым иным причинам, часто прибегают к тестированию программ, которое, как известно, доказывает корректность программ только в некоторых частных случаях. Подобная сложность обусловлена, по-видимому, незрелостью разработанного аппарата для описания программных моделей и соответствующей семантики программ. Э. Дейкстра в своей работе (цитата) рассматривает денотационный способ формализации семантики программ. Он предлагает теоретический язык программирования, доказывает несколько важных утверждений про его семантику и снабжает его множеством примеров. Однако практической реализации в виде интерпретатора языка, и вместе с ней – инструментария для анализа семантики программы, не существует или не было опубликовано. Подобная реализация позволила бы строить недетерминированные алгоритмы и проверять их корректность полуавтоматически, а в некоторых случаях и вовсе без участия программиста.

Формальную верификацию готовых программ, как и предварительное построение корректных программ может быть сделано и для других, распространенных языков программирования, таких как Си. Однако они обладают значительно более сложной семантикой операторов и сложность применения формальных методов значительно выше.

Объектом исследования работы является разработка интерпретатора недетерминированного языка, в основе которого лежит понятие охраняемой команды, а также статический анализ кода программы и вывод ее семантики. Неотъемлимой частью исследования является применение разработанного инструментария к реальным примерам, а также разработка алгоритмов методами, предложенным Э. Дейкстрой.

Предметом исследования работы является создание интерпретируемого недетерминированного языка охраняемых команд Дейкстры. Язык был предложен Э.Дейкстрой с тем, чтобы строить программы, являющиеся корректными по построению.

Автоматический синтез корректных программ не является предметом исследования работы, однако статический анализ программ, полуавтоматически выводящий их семантику, может служить полезным и удобным инструментом для формальной верификации.

Целью исследований является разработка синтаксиса языка охраняемых команд и интерпретатора для программ, построенных на этом языке.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- А. описать язык формально – задать синтаксис, определить основные операторы языка
- В. разработать интерпретатор программ на языке охраняемых команд, исполняющий ее и выводящий результат
- С. разработать программу-анализатор, позволяющей по исходному тексту программы выводить предусловие, если постусловие задано пользователем
- Д. исследовать приведенные в (цитата) примеры, сравнить методы прямого и обратного преобразования предикатов

Теоретической основой выпускной квалификационной работы послужили исследования Э. Дейкстры в своем труде «Дисциплина программирования», дополненные результатами, полученными С.С. Лавровым в книге «Математические основы, средства, теория». Практическая часть работы выполнялась на основании примеров, предложенных Э. Дейкстрой, и некоторых других алгоритмах.

ГЛАВА 1. ДЕНОТАЦИОННАЯ СЕМАНТИКА И ОХРАНЯЕМЫЕ КОМАНДЫ

В этой главе рассматривается денотационный способ задания семантики языка программирования в терминах преобразования предикатов, а также описывается семантика операторов языка охраняемых команд Дейкстры.

1.1. Расширенная форма Бэкуса-Наура

```

<программа> ::= <список операторов>
<список операторов> ::= <оператор> {; <оператор>}
<оператор> ::= <оператор присваивания> |
    <условный оператор> | <оператор цикла>
<оператор присваивания> ::= <идентификатор> := <выражение>
<цифра> ::= "0" | ... | "9"
<число> ::= <цифра> {<цифра>} [. <цифра> {<цифра>}]
<буква> ::= ("_" | "a" | ... | "z" | "A" | ... "Z")
<идентификатор> ::= <буква> {<буква> | <цифра>}
<выражение> ::= <идентификатор> | <число> | True | False |
    (<выражение>) | -<выражение> | ~<выражение> |
    <выражение> + <выражение> | <выражение> - <выражение> |
    <выражение> * <выражение> | <выражение> / <выражение> |
    <выражение> & <выражение> | <выражение> ' ' | <выражение> |
    <выражение> == <выражение> | <выражение> != <выражение> |
    <выражение> > <выражение> | <выражение> >= <выражение> |
    <выражение> < <выражение> | <выражение> <= <выражение>
    <выражение> >> <выражение>
<охраняемая команда> ::= <выражение> -> <список операторов>
<список охраняемых команд> ::= <охраняемая команда>
    { | <охраняемая команда> }
<условный оператор> ::= if <список охраняемых команд> fi
<оператор цикла> ::= do <список охраняемых команд> od

```

1.2. Синтаксические диаграммы Вирта

Хорошим стилем является наличие введения к главе, которое *начинается непосредственно после названия главы, без оформления в виде отдельного параграфа*. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы. Например, в параграфе ?? приведены примеры оформления одиночных формул, рисунков и таблицы. Параграф ?? посвящён многострочным формулам и сложносоставным рисункам.

Текст данной главы призван привести *краткие* примеры оформления текстово-графических объектов. Более подробные примеры можно посмотреть в следующей главе, а также в рекомендациях студентам [spbpu-student-thesis-template-author-guide].

1.3. Название параграфа

1.3.1. Название первого подпараграфа первого параграфа первой главы для демонстрации переноса слов в содержании

Содержание первого подпараграфа первого параграфа первой главы.

Одиночные формулы оформляют в окружении `equation`, например, как указано в следующей одиночной нумерованной формуле:

$$\pi \approx 3,141. \quad (1.1)$$

На рис.?? изображена гидробашня СПбПУ, а в табл.?? приведены данные, на примере которых коротко и наглядно будет изложена суть ВКР.

1.4. Название параграфа

Формулы могут быть размещены в несколько строк. Чтобы выставить номер формулы напротив средней строки, используйте окружение `multlined` из пакета `mathtools` следующим образом [Ganter1999]:

$$\begin{aligned} (A_1, B_1) &\leq (A_2, B_2) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow A_1 \subseteq A_2 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow B_2 \subseteq B_1. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Используя команду `\labelcref` из пакета `cleveref`, допустимо следующим образом оформлять ссылку на несколько формул: (????). На рис.?? приведены три картинki под общим номером и названием, но с отдельной нумерацией подрисунков посредством пакета `subcaption`.

Далее можно ссылаться на три отдельных рисунка: рис.??, рис.?? и рис.??.

Пример ссылок [**Article; Book; Booklet; Conference; Inbook; Incollection; Manual; Mastersthesis; Misc; Phdthesis; Proceedings; Techreport; Unpublished; badiou:briefings**], а также ссылок с указанием страниц, на котором отображены номера страниц [**Naidenova2017**] или в виде мультицитаты на несколько источников [**Naidenova2017; Ganter1999**]. Часть библиографических записей носит иллюстративный характер и не имеет отношения к реальной литературе.

1.5. Выводы

Текст выводов по главе 1.

Кроме названия параграфа «выводы» можно использовать (единообразно по всем главам) следующие подходы к именованию последних разделов с результатами по главам:

- «выводы по главе N», где N — номер соответствующей главы;
- «резюме»;
- «резюме по главе N», где N — номер соответствующей главы.

Параграф с изложением выводов по главе *является обязательным*.

ГЛАВА 2. СЕМАНТИКА ОПЕРАТОРОВ

Глава посвящена более подробным примерам оформления текстово-графических объектов.

В параграфе ?? приведены примеры оформления многострочной формулы и одиночного рисунка. Параграф ?? раскрывает правила оформления перечислений и псевдокода. В параграфе ?? приведены примеры оформления сложносоставных рисунков, длинных таблиц, а также теоремоподобных окружений.

2.1. Название параграфа

Все формулы, размещенные в отдельных строках, подлежат нумерации, например, как формулы (??) и (??) из [Ganter1999].

$$A^\uparrow = \{m \in M \mid gIm \forall g \in A\}; \quad (2.1)$$

$$B^\downarrow = \{g \in G \mid gIm \forall m \in B\}. \quad (2.2)$$

Обратим внимание, что формулы содержат знаки препинания и что они выровнены по левому краю (с помощью знака & окружения align).

На рис.?? приведёна фотография Нового научно-исследовательского корпуса СПбПУ.

2.2. Название параграфа

Название параграфа оформляется с помощью команды `\section{...}`, название главы — `\chapter{...}`.

2.2.1. Название подпараграфа

Название подпараграфа оформляется с помощью команды `\subsection{...}`.

Использование подподпараграфов в основной части крайне не рекомендуется. В случае использования, необходимо вынести данный номер в содержание. Название подпараграфа оформляется с помощью команды `\subsubsection{...}`.

Вместо подподпараграфов рекомендовано использовать перечисления.

Перечисления могут быть с нумерационной частью и без неё и использоваться с иерархией и без иерархии. Нумерационная часть при этом формируется следующим способом:

1. в перечислениях *без иерархии* оформляется арабскими цифрами с точкой (или длинным тире).
2. В перечислениях *с иерархией* — в последовательности сначала прописных латинских букв с точкой, затем арабских цифр с точкой и далее — строчных латинских букв со скобкой.

Далее приведён пример перечислений с иерархией.

- A. Первый пункт.
- B. Второй пункт.
- C. Третий пункт.
- D. По ГОСТ 2.105–95 [**gost-russian-text-documents**] первый уровень нумерации идёт буквами русского или латинского алфавитов (*для определенности выбираем английский алфавит*), а второй — цифрами.

1. В данном пункте лежит следующий нумерованный список:

- a) первый пункт;
- b) третий уровень нумерации не нормирован ГОСТ 2.105–95 (*для определенности выбираем английский алфавит*);
- c) обращаем внимание на строчность букв в этом нумерованном и следующем маркированном списке:
 - первый пункт маркированного списка.

E. Пятый пункт верхнего уровня перечисления.

Маркированный список (без нумерационной части) используется, если нет необходимости ссылки на определенное положение в списке:

- первый пункт с *маленькой буквы* по правилам русского языка;
- второй пункт с *маленькой буквы* по правилам русского языка.

Оформление псевдокода необходимо осуществлять с помощью пакета `algorithm2e` в окружении `algorithm`. Данное окружение интерпретируется в шаблоне как рисунок. Пример оформления псевдокода алгоритма приведён на рис.??.

Обратим внимание, что можно сослаться на строчку ?? псевдокода из рис.??.

2.3. Название параграфа

Одиночные формулы также, как и отдельные формулы в составе группы, могут быть размещены в несколько строк. Чтобы выставить номер формулы

напротив средней строки, используйте окружение `multlined` из пакета `mathtools` следующим образом [**Ganter1999**]:

$$\begin{aligned}
 (A_1, B_1) &\leq (A_2, B_2) \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow A_1 \subseteq A_2 \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow B_2 \subseteq B_1.
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

Используя команду `\labelcref{...}` из пакета `cleveref`, допустимо оформить ссылку на несколько формул, например, (??????).

Пример оформления четырёх иллюстраций в одном текстово-графическом объекте приведён на рис.???. Это возможно благодаря использованию пакета `subcaption`.

Далее можно сослаться на составные части данного рисунка как на самостоятельные объекты: рис.???, рис.???, рис.???, рис.??? или на три из четырёх изображений одновременно: рис.??????.

Приведём пример табличного представления данных с записью продолжения на следующей странице на табл.??.

Таблица 2.1

Пример задания данных из [**Peskov2004**] (с повтором для переноса таблицы на новую страницу)

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
1	2	3	4	5	6
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

Таблица 2.2

Пример представления данных для сквозного примера по ВКР [Peskov2004]

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

Таблица 2.3

Пример задания данных в табличном виде из [Peskov2004] (с помощью окружения `minipage`)

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2



Рис.2.4. Новый научно-исследовательский корпус СПбПУ [spbpu-gallery] (с помощью окружения `minipage`)

Вопросы форматирования текстово-графических объектов (окружений) не регламентированы в известных нам ГОСТах, поэтому предлагаем придерживаться следующих правил:

- **полужирный текст** рекомендуем использовать только для названий стандартных окружений с нумерационной частью, например, для представления *впервые*: **определение 1.1**, **теорема 2.2**, **пример 2.3**, **лемма 4.5**;
- *курсив* рекомендуем использовать только для выделения переменных в формулах, служебной информации об авторах главы (статьи), важных терминов, представляемых по тексту, а также для всего тела окружений, связанных с получением *новых существенных результатов и их доказательством*: теорема, лемма, следствие, утверждение и другие.

По аналогии с нумерацией формул, рисунков и таблиц нумеруются и иные текстово-графические объекты, то есть включаем в нумерацию номер главы, например: теорема 3.1. для первой теоремы третьей главы монографии. Команды `LATEX` выставляют нумерацию и форматирование автоматически. Полный перечень

команд для подготовки текстово-графических и иных объектов находится в подробных методических рекомендациях [**spbpu-bci-template-author-guide**].

Для удобства авторов названия стандартных окружений, рекомендованных к использованию, приведены в табл.??, а в табл.?? перечислены имена специально разработанных окружений для шаблонов SPbPU.

Таблица 2.4

Стандартные окружения

Название окружения	Назначение
center	центрирование, аналог команды <code>\centering</code> , но с добавлением нежелательного пробела, поэтому лучше избегать применения <code>center</code>
itemize	перечисления, в которых нет необходимости нумеровать пункты (немаркированные списки)
enumerate	перечисления с нумерацией (немаркированные списки)
refsection	создание отдельных библиографических списков для глав
tabular	оформление таблиц
table	автоматическое перемещение по тексту таблиц, оформленных, например, с помощью <code>tabular</code> , для минимизации пустых пространств
longtable	оформление многостраничных таблиц
tikzpicture	создание иллюстраций с помощью пакета <code>tikz</code> [ctan-tikz]
figure	автоматическое перемещение по тексту рисунков, оформленных например, с помощью <code>tikz</code> или подключенных с помощью команды <code>\includegraphics</code> , для минимизации пустых пространств
subfigure	оформление вложенных рисунков в составе <code>figure</code>
algorithm	оформление псевдокода на основе пакета <code>algorithm2e</code> [ctan-algorithm2e]
minipage	оформление рисунков и таблиц без функций автоматического перемещения по тексту для минимизации пустых пространств
equation	оформление выключенных (не встроенных в текст с помощью <code>\$...\$</code>) одиночных формул на одной строке
multilined	оформление выключенных (не встроенных в текст с помощью <code>\$...\$</code>) одиночных формул в несколько строк
aligned	оформление нескольких формул с выравниванием по символу <code>&</code> .

На базе пакета `tikz` разработано большое количество расширений [**ctan-tikz**], например, `tikzcd`, которые мы рекомендуем использовать для оформления иллюстраций.

В случае, если авторам потребовалось новое окружение, то создать его можно в файле `my_folder/my_settings.tex` согласно правилам, приведённым ниже.

1. Для перехода в режим создания окружений следует указать:

Таблица 2.5

Специальные окружения

Название окружения	Текстово-графический объект
abstr	реферат (abstract)
m-theorem	теорема
m-corollary	следствие
m-proposition	утверждение
m-lemma	лемма
m-axiom	аксиома
m-example	пример
m-definition	определение
m-condition	условие
m-problem	проблема
m-exercise	упражнение
m-question	вопрос
m-hypothesis	гипотеза

- `\theoremstyle{myplain}` — окружения с доказательствами или аксиомами
- `\theoremstyle{mydefinition}` — окружения, не связанные с доказательствами или аксиомами.

2. В команде создания окружения следует ввести краткий псевдоним (`m-new-env`) и отображаемое в pdf имя окружения (Название_окружения):

- `\newtheorem{m-new-env-second}{Название_окружения} - [chapter]`.

Теорема 2.1 (о чем-то конкретном). *Текст теоремы полностью выделен курсивом. Допустимо математические символы не выделять курсивом, если это искажает их значения. Используется абзацный отступ, так как “Абзацы в тексте начинают отступом” в соответствии с ГОСТ 2.105–95. Название теоремы допустимо убрать. Доказательство окончено.*

Доказательство теоремы **??**, леммы, утверждений, следствий и других подобных окружений (в последнем абзаце) завершаем предложением в котором сказано, что доказательство окончено. Например, доказательство теоремы **??** окончено.

Тело доказательства не выделяется курсивом. Тело следующих окружений также не выделяется сплошным курсивом: определение, условие, проблема, пример, упражнение, вопрос, гипотеза и другие.

Определение 2.1 (термин). В тексте определения только *важные термины* выделяются курсивом. Если определение носит лишь вспомогательный характер,

то допустимо не использовать окружение `m-definition`, представляя текст определения в обычном абзаце. Ключевые термины при этом обязательно выделяются курсивом.

Вместо теоремо-подобных окружений для вставки небольших текстово-графических объектов иногда используются команды. Типичным примером такого подхода является команда `\footnote{text}`⁷, где в аргументе `text` указывают текст *подстрочной ссылки (сноски)*. В них *нельзя добавлять веб-ссылки или цитировать литературу*. Для этих целей используется список литературы. Нумерация сносок сквозная по ВКР без точки на конце выставляется в шаблоне автоматически, однако в каждом приложении к ВКР нумерация, зависящая от номера приложения, выставляется префикс «П», например «П1.1» — первая сноска первого приложения.

2.4. Выводы

Текст заключения ко второй главе. Пример ссылок [**Article; Book; Booklet; Conference; Inbook; Incollection; Manual; Mastersthesis; Misc; Phdthesis; Proceedings; Techreport; Unpublished; badiou:briefings**], а также ссылок с указанием страниц, на котором отображены те или иные текстово-графические объекты [**Naidenova2017**] или в виде мультицитаты на несколько источников [**Naidenova2017; Ganter1999**]. Часть библиографических записей носит иллюстративный характер и не имеет отношения к реальной литературе.

Короткое имя каждого библиографического источника содержится в специальном файле `my_biblio.bib`, расположенном в папке `my_folder`. Там же находятся исходные данные, которые с помощью программы `Viber` и стилевого файла `Biblatex-GOST` [**ctan-biblatex-gost**] приведены в списке использованных источников согласно ГОСТ 7.0.5-2008. Многообразные реальные примеры исходных библиографических данных можно посмотреть по ссылке [**ctan-biblatex-gost-examples**].

Как правило, ВКР должна состоять из четырех глав. Оставшиеся главы можно создать по образцу первых двух и подключить с помощью команды `\input` к исходному коду ВКР. Далее в приложении ?? приведены краткие инструкции запуска исходного кода ВКР [**latex-miktex; latex-texstudio**].

⁷Внимание! Команда вставляется непосредственно после слова, куда вставляется сноска (без пробела). Лишние пробелы также не указываются внутри команды перед и после фигурных скобок.

В приложении ?? приведено подключение некоторых текстово-графических объектов. Они оформляются по приведенным ранее правилам. В качестве номера структурного элемента вместо номера главы используется «П» с номером главы. Текстово-графические объекты из приложений не учитываются в реферате.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ИНТЕРПРЕТАТОРА И АНАЛИЗАТОРА

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

3.1. Название параграфа

3.2. Название параграфа

3.3. Выводы

Текст выводов по главе 3.

ГЛАВА 4. НАЗВАНИЕ ЧЕТВЁРТОЙ ГЛАВЫ. АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ, А ИМЕННО: МЕТОДА, АЛГОРИТМА, МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

4.1. Название параграфа

4.2. Название параграфа

Пример ссылки на литературу [avtonomova:fy; Peskov2004-ru; Kotelnikov2004-ru; Kotelnikov2004].

4.3. Выводы

Текст выводов по главе 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение (2 – 5 страниц) обязательно содержит выводы по теме работы, *конкретные предложения и рекомендации* по исследуемым вопросам. Количество общих выводов должно вытекать из количества задач, сформулированных во введении выпускной квалификационной работы.

Предложения и рекомендации должны быть органически увязаны с выводами и направлены на улучшение функционирования исследуемого объекта. При разработке предложений и рекомендаций обращается внимание на их обоснованность, реальность и практическую приемлемость.

Заключение не должно содержать новой информации, положений, выводов и т. д., которые до этого не рассматривались в выпускной квалификационной работе. Рекомендуется писать заключение в виде тезисов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

DOI Digital Object Identifier.

WoS Web of Science.

ВКР Выпускная квалификационная работа.

ТГ-объект Текстово-графический объект.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

TeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Дональдом Кнутом.

LaTeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Лэсли Лампортом как надстройка над TeX.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Приложение 1

Краткие инструкции по настройке издательской системы L^AT_EX

В SPbPU-BCI-template автоматически выставляются необходимые настройки и в исходном тексте шаблона приведены примеры оформления текстово-графических объектов, поэтому авторам достаточно заполнить имеющийся шаблон текстом главы (статьи), не вдаваясь в детали оформления, описанные далее. Возможный «быстрый старт» оформления главы (статьи) под Windows следующий^{П1.1}:

- A. Установка полной версии MikTeX [latex-miktex]. В процессе установки лучше выставить параметр доустановки пакетов «на лету».
- B. Установка TexStudio [latex-texstudio].
- C. Запуск TexStudio и компиляция my_chapter.tex с помощью команды «Build&View» (например, с помощью двойной зелёной стрелки в верхней панели). Иногда, для достижения нужного результата необходимо несколько раз скомпилировать документ.
- D. В случае, если не отобразилась библиография, можно
 - воспользоваться командой Tools → Commands → Biber, затем запустив Build&View;
 - настроить автоматическое включение библиографии в настройках Options → Configure TexStudio → Build → Build&View (оставить по умолчанию, если сборка происходит слишком долго): txs:///pdflatex | txs:///biber | txs:///pdflatex | txs:///pdflatex | txs:///view-pdf.

В случае возникновения ошибок, попробуйте скомпилировать документ до последних действий или внимательно ознакомьтесь с описанием проблемы в log-файле. Бывает полезным переход (по подсказке TexStudio) в нужную строку в pdf-файле или запрос с текстом ошибки в поисковиках. Наиболее вероятной проблемой при первой компиляции может быть отсутствие какого-либо установленного пакета L^AT_EX.

В случае корректной работы настройки «установка на лету» все дополнительные пакеты будут скачиваться и устанавливаться в автоматическом режиме. Если доустановка пакетов осуществляется медленно (несколько пакетов за один запуск

^{П1.1} Вниманию! Пример оформления подстрочной ссылки (сноски).

компилятора), то можно попробовать установить их в ручном режиме следующим образом:

1. Запустите программу: меню → все программы → MikTeX → Maintenance (Admin) → MiKTeX Package Manager (Admin).
2. Пользуясь поиском, убедитесь, что нужный пакет присутствует, но не установлен (если пакет отсутствует воспользуйтесь сначала MiKTeX Update (Admin)).
3. Выделив строку с пакетом (возможно выбрать несколько или вообще все неустановленные пакеты), выполните установку Tools → Install или с помощью контекстного меню.
4. После завершения установки запустите программу MiKTeX Settings (Admin).
5. Обновите базу данных имен файлов Refresh FNDB.

Для проверки текста статьи на русском языке полезно также воспользоваться настройками Options → Configure TexStudio → Language Checking → Default Language. Если русский язык «ru_RU» не будет доступен в меню выбора, то необходимо вначале выполнить Import Dictionary, скачав из интернета любой русскоязычный словарь.

Далее приведены формулы (??), (??), рис.??, рис.??, табл.??, табл.??.

$$\pi \approx 3,141. \quad (\text{П1.1})$$

Таблица П1.1

Представление данных для сквозного примера по ВКР [Peskov2004]

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

Представление данных для сквозного примера по ВКР [Peskov2004]

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

П1.1. Параграф приложения

П1.1.1. Название подпараграфа

Название подпараграфа оформляется с помощью команды `\subsection{...}`.
Использование подподпараграфов в основной части крайне не рекомендуется.

П1.1.1.1. Название подподпараграфа

$$\pi \approx 3,141. \quad (\text{П1.2})$$

Приложение 2

Некоторые дополнительные примеры

В приложении^{П2.1} приведены формулы (??), (??), рис.??, рис.??, табл.??, табл.??

$$\pi \approx 3,141.$$

(П2.1)

Таблица П2.1

Представление данных для сквозного примера по ВКР [Peskov2004]

<i>G</i>	<i>m</i> ₁	<i>m</i> ₂	<i>m</i> ₃	<i>m</i> ₄	<i>K</i>
<i>g</i> ₁	0	1	1	0	1
<i>g</i> ₂	1	2	0	1	1
<i>g</i> ₃	0	1	0	1	1
<i>g</i> ₄	1	2	1	0	2
<i>g</i> ₅	1	1	0	1	2
<i>g</i> ₆	1	1	1	2	2

П2.1. Подраздел приложения

$$\pi \approx 3,141.$$

(П2.2)

Таблица П2.2

Представление данных для сквозного примера по ВКР [Peskov2004]

<i>G</i>	<i>m</i> ₁	<i>m</i> ₂	<i>m</i> ₃	<i>m</i> ₄	<i>K</i>
<i>g</i> ₁	0	1	1	0	1
<i>g</i> ₂	1	2	0	1	1
<i>g</i> ₃	0	1	0	1	1
<i>g</i> ₄	1	2	1	0	2
<i>g</i> ₅	1	1	0	1	2
<i>g</i> ₆	1	1	1	2	2

^{П2.1}Внимание! Пример оформления подстрочной ссылки (сноски).