```

\documentclass[a4paper,14pt]{extarticle}
\usepackage[T2A]{fontenc}
\usepackage[cp1251]{inputenc}
\usepackage[russian]{babel}
\usepackage{a4wide}
\usepackage{latexsym,amsmath,amssymb,amsthm}
\usepackage{footnpag,moreverb,multirow,tikz}
\usepackage{cite}

\oddsidemargin=0pt
\textwidth=460pt
\textheight=660pt
\marginparwidth=54pt
\headsep=0pt
\headheight=0pt

\sloppy

%\renewcommand{\cleardoublepage}{\clearpage}
\renewcommand{\baselinestretch}{1.25}

\newcommand{\code}[1]{\texttt{#1}}

% theorem-like environment
\newtheorem{theorem}{Теорема}
\newtheorem{stmt}[theorem]{Утверждение}
\newtheorem{lemma}{Лемма}
\newtheorem{corollary}{Следствие}
\theoremstyle{definition}
\newtheorem{definition}{Определение}

% translation of common names
\renewcommand{\tablename}{Табл.}
\renewcommand{\appendixname}{Приложение}

\hfuzz=3pt

% russian bibliography style
\makeatletter
\renewcommand{\@biblabel}[1]{#1.\hfill}
\makeatother

% hyphenation for some words and names

\newcommand{\Comment}[1]{}
\newcommand*{\markk}[1]{\bf #1}

\renewcommand{\Re}{\mathop{\rm Re}\nolimits}

\renewcommand\leq{\leqslant}
\renewcommand\geq{\geqslant}

\newcommand{\autoref}[1]{#1}
\newcommand{\disser}[1]{}

\begin{document}

%\layout

% title page

```

```

\pagestyle{empty}
\begin{center}

\vspace{14mm}
\normalsize
\hfill На правах рукописи \\

\phantom{\textsc{Московский~государственный~университет
имени~М.В.~Ломоносова}}

\phantom{\large НИИ механики МГУ}

\vspace{19mm}
Григоренко Дмитрий Алексеевич

\bigskip
\Large {\bf Комплекс программ для реализации семейства вихревых методов и
его применение}

\vspace{19mm}
\normalsize
Специальность 05.13.18~--- математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ\newline

\vspace{19mm}
Автореферат \\диссертации на соискание учёной степени\\
кандидата физико-математических наук

\vspace{33mm}
Москва -- 2008

\end{center}

\newpage
\pagestyle{empty}

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте механики
Московского
государственного университета имени М.В.~Ломоносова.
\bigskip

\noindent
\begin{tabular}{p{185pt}p{250pt}}
Научные руководители: &
доктор физико-математических наук,\newline
профессор \newline
\textit{Васенин Валерий Александрович} \hfill\hfill\newline
кандидат физико-математических наук,\newline
с.н.с. \newline
\textit{Гувернюк Сергей Владимирович} \hfill\hfill\newline
\bigskip \\
Официальные оппоненты: &
доктор физико-математических наук,\newline
доцент,\newline
\textit{Сетуша Алексей Викторович}\bigskip\newline
кандидат физико-математических наук,\newline
доцент,\hfill\ \newline
\textit{Щеглов Георгий Александрович} \bigskip \\
Ведущая организация: & Институт математического моделирования РАН\\
\end{tabular}
\bigskip

```

Защита диссертации состоится 4 июля 2008~года в 17 часов на заседании диссертационного совета Д 501.002.09 в Научно-исследовательском вычислительном центре Московского государственного университета имени М.В.~Ломоносова по адресу: 119991, Москва, Ленинские горы, дом~1, стр.~4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИВЦ МГУ.

\bigskip

%Автореферат разослан 2 июня 2008 г.

Автореферат разослан << \underline{\hspace{20pt}} >> \underline{~~~~~ } 2008 г.

\bigskip

```
\begin{tabular}{p{180pt}p{130pt}p{100pt}}
  Учёный секретарь \hfill\hfill\linebreak
  диссертационного совета \hfill\hfill\linebreak
  канд. физ.-мат. наук \hfill\hfill
  &
  \hfill\linebreak
  \phantom{\includegraphics[width=130pt]{pics/suvorov.ps}}
  &
  \strut\linebreak
  \strut \hfill В.~В.~Суворов\\
\end{tabular}
\newpage
\pagestyle{plain}
```

\section*{Общая характеристика работы}

\input intro

\underline{Структура работы.} Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и четырёх приложений. Общий объем диссертации~--- 135 страниц (вместе с приложениями~--- 150 страниц). Список литературы включает 91 наименование.

%fixme сколько страниц и книжек, проверь окончания у <<страниц>>, <<наименований>>?????

\section*{Краткое содержание работы}

Во \textbf{введении} описываются цели работы, обосновывается её актуальность и практическая значимость, перечисляются основные результаты.

\textbf{Первая глава} является вводной, в ней формулируется рассматриваемая постановка связанной задачи динамики тел и аэрогидродинамики, кратко описываются вихревые методы её решения, приводятся требования к программной реализации.

Рассматриваемые характерные скорости малы по сравнению со скоростью звука, тепловые эффекты незначительны, влияние силы тяжести на сжимаемость также пренебрежимо мало. В данных предположениях в качестве модели для тел выбрана классическая модель недеформируемого твёрдого тела. Среда считается вязкой Ньютоновской (или, в частном случае, идеальной) жидкостью постоянной плотности.

Задача механики ставится в безразмерном виде. Движение считается плоскопараллельным, для двумерных векторов подразумевается нулевая

аппликата. Ортогональные к плоскости движения векторы отождествляются со своими аппликатами. В этом смысле векторное произведение двумерных векторов есть скаляр. Введём характерную постоянную плотность среды ρ . Характерная скорость тела u при переходе в сопутствующую систему координат соответствует скорости u потока на бесконечности. Характерное расстояние d будет соответствовать половине диаметра тела, если не сказано иное. При таком обезразмеривании число Рейнольдса выражается формулой: $Re = \frac{u d}{\nu}$, где ν --- кинематический коэффициент вязкости.

Эволюция среды описывается двумерными уравнениями Навье-Стокса и неразрывности (в предположении об отсутствии внешних сил):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} - \vec{V} \times \vec{\Omega} = - \\ & \nabla p + \frac{V^2}{2} \\ & \text{right) + } \frac{\Delta \vec{V}}{Re}; \\ & \nabla \cdot \vec{V} = 0; \quad \vec{\Omega} = \nabla \times \vec{V}. \end{aligned}$$

Здесь $\vec{V}$ --- скорость потока; t --- время; $\vec{\Omega}$ --- завихренность поля скоростей; p --- давление; ∇ --- оператор Гамильтона. Уравнение Навье-Стокса переписывается в виде:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} \\ & = \nabla \times \left(\left(\vec{V} + \vec{V}_d \right) \times \vec{\Omega} \right); \\ & \vec{V}_d = -\frac{1}{Re} \nabla \Omega. \end{aligned}$$

Величина $\vec{V}_d$ называется **диффузионной скоростью** (Y.~Ogami, T.~Akamatsu).

В сред'u погружены недеформируемые твёрдые тела. Движение каждого тела описывается движением некоторой его точки $\vec{R}_r$ и вращением вокруг этой точки. Каждое тело может иметь произвольное число степеней свободы (двигаться по заданным законам, иметь вращательную степень свободы либо двигаться свободно). Если соответствующие законы движения не заданы, имеют место уравнения динамики:

$$\begin{aligned} & I \dot{\omega} + m \left(\vec{R}_m - \vec{R}_r \right) \times \frac{d \vec{V}_r}{dt} = M_{\text{ext}} + \\ & M_{\text{aer}} - f \omega; \\ & m \frac{d \vec{V}_r}{dt} = \vec{F}_{\text{ext}} + \vec{F}_{\text{aer}}. \end{aligned}$$

Здесь I --- момент инерции тела относительно его выделенной точки $\vec{R}_r$; $\vec{V}_r$ --- скорость этой точки; $\omega = \dot{\alpha}$ --- угловая скорость тела; $\vec{R}_m$ --- центр масс тела; f --- коэффициент вязкого трения в оси закрепления. Аэродинамический момент (M_{aer}) и моменты внешних (M_{ext}) сил также вычисляются относительно выделенной точки. Внешние силы приложены к заданным жёстко связанным с телами точкам по заданным законам $\vec{F}_{\text{ext}} = \vec{F}_{\text{ext}}(t)$. В частности, можно рассматривать силу тяжести или задачу без внешних сил.

Аэродинамический момент и аэродинамическая сила вычисляются по известным формулам (Г.Я.~Дынникова, С.В.~Гувернюк, П.Р.~Андронов):

$$\begin{aligned}
 & \vec{F}_{\text{aer}} = m_f \dot{\vec{V}}_r - \omega^2 m_f \vec{R}_m + \\
 & 3 \dot{\vec{\omega}} \times \vec{R}_m + \frac{1}{\text{Re}} \oint_L \\
 & \left(\Omega \vec{e}_l - \frac{\partial \Omega}{\partial \vec{n}} \frac{\partial}{\partial \vec{r}} \times \vec{e}_z \right) dl; \\
 & \vec{M}_{\text{aer}} = \frac{\vec{e}_z}{2} \oint_L r^2 J dl - \\
 & \frac{\vec{e}_z}{2I_f} \oint_L \Omega \vec{r} \cdot \vec{n} dl + \\
 & 2I_f \dot{\vec{\omega}} - m_f \dot{\vec{V}}_r \times \vec{R}_m - \frac{4}{\text{Re}} \\
 & J = \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial \Omega}{\partial \vec{n}} \cdot \vec{n}.
 \end{aligned}$$

Здесь $\vec{n}$ --- нормаль, направленная от жидкости внутрь тела;
 $\vec{e}_l = \vec{n} \times \vec{e}_z$ --- единичный касательный вектор;
 L --- контур тела; m_f --- масса вытесненной жидкости; I_f --- её момент инерции.

Начальное состояние механической системы --- покой во всем пространстве. В начальный момент система мгновенно переходит в движение с заданными скоростями.

Для решения задачи используются вихревые методы: метод дискретных вихрей, метод кратных вихревых цепочек, метод вязких вихревых доменов. Основная идея методов состоит в дискретизации задачи по времени и моделировании динамики жидкости через эволюцию поля завихренности. Завихренность рождается на поверхности тел и дискретизируется. В идеальной постановке задачи завихренность <<вморожена>> в сред'у. В случае наличия вязкости имеется дополнительная составляющая скорости завихренности, соответствующая диффузионной скорости $\vec{V}_d$.

В первой главе обоснованы и сформулированы основные требования к программной реализации: модифицируемость (возможность решения различных задач механики, возможность варьирования численного алгоритма, возможность использования реализации на различных операционных системах), эффективность (минимизация времени расчёта), контролепригодность (возможность проверки достоверности результатов), способность к взаимодействию с другим программным обеспечением.

Вторая глава полностью посвящена численному алгоритму решения задачи. Алгоритм составлен совместно с авторами метода вязких вихревых доменов и позволяет в единых обозначениях и терминах полностью описать решение поставленной общей задачи механики различными методами. Алгоритм в первую очередь нацелен на последующую программную реализацию. По этой причине требовалось единообразие и полнота описания, а также рассмотрение различных предельных, <<тонких>>, случаев, непредвиденное возникновение которых могло бы приводить к ошибкам в программе. Например, при моделировании эволюции завихренности в отсутствии тел следует особым образом оговорить выбор шага по времени, который, вообще говоря, зависит от мелкости разбиения контуров тел.

Автором получено аналитическое выражение для потока вектора скорости, индуцируемой вихрем, через отрезок. Трудность состоит в том, что в зависимости от расстояния от данной точки до вихря индуцированная скорость определяется либо по закону Био-Савара, либо по линейному закону. Обозначим концы отрезка AB : $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$. Пусть вихрь расположен в точке R . Требуется посчитать поток I по отрезку от проекции индуцированной скорости $\vec{V}$ на нормаль. Для различных выражений индуцированной скорости введём обозначения:

$\vec{V}(\vec{r}) = \vec{V}_1$, если $|\vec{R} - \vec{r}| \geq \varepsilon$;
и
 $\vec{V}(\vec{r}) = \vec{V}_2$, если $|\vec{R} - \vec{r}| \leq \varepsilon$.
Имеем:

```
\begin{align*}
\vec{V}_1 &= \frac{1}{2\pi} \frac{\left( \vec{R} - \vec{r} \right) \times \vec{e}_z}{\left( \vec{R} - \vec{r} \right)^2}; \\
\vec{V}_2 &= \frac{1}{2\pi \varepsilon^2} \left( \vec{R} - \vec{r} \right) \times \vec{e}_z.
\end{align*}
```

После перемещения $A \mapsto A'(0,0)$; $B \mapsto B'(r,0)$, где $r = |AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ имеем:

```
\begin{align*}
I &= \int \limits_0^r \vec{V} \cdot (0, -1) dx.
\end{align*}
```

Это выражение вычисляется аналитически в зависимости от расстояний от концов отрезка AB до точки R .

Автором доказательно определён вклад угловой скорости тела в условие непротекания. Следующее утверждение устанавливает значение этого вклада.

```
\begin{stmt}
Пусть отрезок  $AB$  совершает вращение вокруг точки  $C$  с угловой скоростью  $\omega$ ;  $\vec{V}$  --- скорость точки отрезка;  $\vec{n}$  такая нормаль к отрезку, что пара  $(\vec{n}, \vec{AB})$  --- правая. Тогда значение интеграла  $I = \int \limits_A^B \vec{V} \cdot \vec{n} dl$  определяется по формуле:
```

```
\begin{align*}
I &= \omega \left( \vec{AC} \cdot \vec{AB} - \frac{1}{2} |\vec{AB}|^2 \right).
\end{align*}
\end{stmt}
```

```
\begin{figure}
\begin{center}
\includegraphics[width=0.8\textwidth]{pics/algo.eps}
\caption{Блок-схема алгоритма моделирования. Пунктиром обозначен один шаг по времени.}
\label{algo}
\end{center}
\end{figure}
```

На рис.~\ref{algo} представлена общая схема алгоритма. Пунктирной линией обозначен один шаг по времени.

В начале моделирования решается предварительная задача, позволяющая определить присоединённую завихренность, соответствующую скачку тангенциальной скорости с внутренней стороны контура тела в том случае, если тело вращается. Алгоритмически решение предварительной задачи соответствует решению рассматриваемой ниже системы линейных алгебраических уравнений для тел, вращающихся с единичной угловой скоростью. Далее выполняется цикл. Одна итерация алгоритма выглядит следующим образом.

Составляется и решается система алгебраических уравнений. Выписываются закон сохранения суммарной циркуляции, условие непротекания на стенках тел, уравнения моментов и уравнения импульсов. Особенность используемого метода состоит в отыскании неизвестных рождающихся на данном шаге

вихревых элементов совместно с динамическими параметрами тел, а именно --- приращениями их скоростей. Такой подход позволяет решать задачи с малыми моментами инерции тел. Для решения системы линейных алгебраических уравнений используется метод вращений.

Завихренность на контуре тела, определённая из решения системы уравнений, разделяется на присоединённую (остающуюся на контуре), и свободную. Алгоритм содержит все необходимые расчётные формулы, определяющие переход сходящей завихренности в вихревые элементы. Завихренность может быть распределена на несколько вихревых элементов для предотвращения схода вихрей с чрезмерно большой циркуляцией.

После схода свободной завихренности текущий шаг по времени считается полностью определённым. Происходит сохранение результатов (вихревых картин, положений тел, а также полей скоростей, сил, давлений). В случае необходимости моделирование завершается. Для продолжения расчёта определяется следующий шаг по времени, согласованный с принятой дискретизацией по пространству и с текущими скоростями тел. С этого момента начинается переход на новый временной слой.

Вычисляется новое положение вихревых элементов и тел. Уравнения движения интегрируются методом Эйлера: $\vec{R}_{n+1} = \vec{R}_n + \vec{v}_n \Delta t_n$.

Вихри, попавшие внутрь тел, удаляются. Некоторые достаточно близкие вихри объединяются. Представлены необходимые формулы, учитывающие различные варианты конфигурации вихрей. После выполнения этой операции происходит переход на следующую итерацию алгоритма. Следует обратить внимание, что момент перехода на следующую итерацию не совпадает с моментом перехода на следующий шаг по времени, поскольку постановка задачи механики содержит неполную информацию о начальном моменте времени. Например, неизвестная в начальный момент рождающаяся завихренность находится уже в процессе решения задачи.

\textbf{Третья глава} содержит сведения об архитектуре программной реализации и некоторых технических особенностях. Принята стандартная декомпозиция задачи на препроцессор, вычислительное ядро и постпроцессор; дополнительно спроектирован модуль визуализации расчётов в процессе их выполнения (см. рис.~\ref{fig:arch}). Такая декомпозиция позволяет говорить о создании \markk{программного комплекса}.

```
\begin{figure}
  \centering
  \includegraphics[width=0.8\textwidth]{pics/arch.ps}
  \caption{Схема взаимодействия процессов при работе с программным
комплексом. Пунктирными стрелками обозначены передачи данных через файлы,
сплошной --- через сеть.}
  \label{fig:arch}
\end{figure}
```

Решена задача о выборе форматов для входных и выходных данных. Трудность состоит в том, описание различных постановок задач требует различной структуры входных параметров. Кроме того, одни и те же геометрии тел оказываются полезными в различных задачах. Учитывая указанные факты, для входных параметров выбран формат XML. Геометрии тел описываются в отдельных XML-файлах. Основное назначение препроцессора --- создание соответствующих описаний геометрий для различных рассматриваемых в данной работе тел: круглых, оперённых и эллиптических цилиндров, пластин и других тел. При создании геометрии того или иного тела требуется указать только основные, характерные для него, параметры. Например, оперённый

цилиндр задаётся числом лопастей, отношением длины лопасти к радиусу, а также шагом дискретизации.

Выходные данные имеют простую структуру и сохраняются в текстовом формате data-файлов. В задачи постпроцессора входит типичная для большинства расчётов обработка результатов. Например, по сохранённым мгновенным вихревым картинам можно получить видеофильм, показывающий движение тела и эволюцию завихренности. Для этой задачи в состав постпроцессора включён сценарий, позволяющий сделать такую обработку одной командой.

Основная задача при проектировании ядра состояла в поддержании той модифицируемости постановки задачи механики (а также методов решения этой задачи) которая была заложена в алгоритме.

Рассматриваются основные модули вычислительного ядра: модули разбора командной строки, чтения файла задания; соответствующие моделируемым сущностям модули: <<пространство>>, <<среда>>, <<контейнер тел>>, <<тело>>; дополнительные модули: система уравнений, сохранение результатов, вещественные числа.

Обосновывается выбор конкретных языков программирования и библиотек для создания комплекса. В качестве основного выбран язык C++, также используется python. Для модуля визуализации использована библиотека Qt. Вычислительное ядро потребовало привлечения сторонних библиотек для разбора командной строки (popt), анализа XML-документов (xmlParser), разработки собственной библиотеки синтаксического анализа средствами программы bison. В качестве средства распараллеливания вычислительного ядра были использованы стандартная библиотека параллельного программирования MPI и система автоматизированного динамического распараллеливания <<T-система>> (версия NewTS).

Одной из технических задач, решённых при создании комплекса, является аппроксимация контуров определённых тел ломаными линиями. В третьей главе приводятся расчётные формулы для определения вершин ломаных при дискретизации цилиндров, оперённых цилиндров (вертушек), эллиптических цилиндров, роторов Савониуса, пластин конечной толщины. Эти результаты могут быть использованы при построении аналогичных программных комплексов или для решения аналогичных задач механики, а также для воспроизведения численных результатов, полученных в данной работе.

\textbf{Четвёртая глава} посвящена результатам применения программного комплекса. Приводится сравнение расчётов обтекания цилиндра, толстой пластины с известными результатами. Выполнено моделирование вихря Ламба (Lamb) методами диффузионной скорости и вязких вихревых доменов.

Автором решён ряд задач, возникших при сравнении численных решений для вихря Ламба с аналитическим. Предложена дискретизация вихря, позволяющая задать корректные начальные данные для использованных численных методов. В момент времени t вихрь промоделирован набором вихревых элементов, расположенных на концентрических окружностях. Для задания циркуляций этих элементов доказано следующее утверждение.

\begin{stmt}

Циркуляция Δ при выбранной дискретизации представляется в виде:

\begin{align*}

$$\Delta = \frac{1}{n} \left(\Gamma_0 - \Gamma_0 \exp \left(\frac{-\left(R + \frac{\nu \epsilon}{2} \right)^2}{4 \nu t} \right) - G \right).$$

\end{align*}

Здесь G --- суммарная циркуляция вихревых элементов на окружностях, вложенных в данную; R --- радиус данной окружности; Γ_0 ---

суммарная циркуляция; ϵ --- параметр дискретизации; n --- количество вихревых элементов на данной окружности.

В качестве критериев для сравнения выбраны величина усреднённого радиуса и распределение завихренности. Для усреднённого радиуса используется аналитическое выражение, справедливость которого доказана.

```
\begin{stmt}
В момент времени  $t$  усреднённый радиус  $R$  вихря Ламба выражается по формуле

$$R = \frac{\Gamma_0}{\sqrt{\pi n t}}$$

\end{stmt}
```

Получено согласование численного и аналитического решений. Показана работоспособность программного комплекса.

Большое внимание уделено решению связанных задач о движении вертушек в потоке вязкой и идеальной среды. Исследованы режимы авторотации вертушек при различном числе лопастей, варьировании их длины, наличия вязкости и трения в оси закрепления.

Показано, что наличие вязкости оказывает тормозящий эффект, а более длинные лопасти, наоборот, способствуют вращению. Получены значения критических коэффициентов трения, вплоть до которых вертушки выходят на режим самовращения. Обнаружено, что с увеличением числа лопастей влияние вязкости уменьшается. Приводятся результаты расчётов нагрузок для жёстко закреплённых вертушек.

Выполнено сравнение одиночной трёхлопастной вертушки и тандема из пары вертушек. Известно, что пара пластин, закреплённых одна под другой, обладают большей способностью к самовращению, чем одиночная пластина. Для трёхлопастных вертушек обнаружен обратный эффект: наличие второй вертушки оказывает тормозящий эффект, особенно сильный при сонаправленном вращении вертушек в тандеме.

На примере эллиптических цилиндров показана способность программного комплекса к моделированию гладких тел (см. рис.~\ref{ellipse-example}). Режим авторотации эллипсов наблюдается только в случае достаточно большого эксцентриситета.

```
\begin{figure}
\begin{center}
\includegraphics[width=0.8\textwidth]{pics/ellipse-example.ps}
\caption{Пример мгновенной вихревой картины при моделировании обтекания эллиптического цилиндра. Точками обозначены вихревые домены, их размеры пропорциональны интенсивности.}
\label{ellipse-example}
\end{center}
\end{figure}
```

Выполнено предварительное сравнение пластины и ротора Савониуса. Получено качественное согласование с экспериментальными данными (эксперимент проводился в НИИ механики МГУ): пластина достигает в полтора раза большей скорости вращения. Этот эффект требует дальнейшего изучения.

Особый интерес представляет сравнение T-системы (версии NewTS) и MPI в контексте программного комплекса, поскольку вычислительное ядро комплекса является одной из первых задач, распараллеленных средствами T-системы и имеющих практическую значимость. Известные ранее результаты замеров эффективности T-системы дополнены данными об эффективности MPI. Получено,

что MPI-версия ядра работает несколько быстрее. Этот факт объясняется техническими особенностями реализации алгоритма средствами T-системы, требующими дополнительного копирования данных.

В \textbf{заклучении} кратко перечисляются основные результаты диссертации.
\input concl

В \textbf{приложении A} приведено формальное определение формата файла задания для программного комплекса <<Ротор>>. В \textbf{приложении B} приведено формальное определение формата файла геометрии тела. \textbf{Приложение C} содержит пример файла задания, а \textbf{приложение D} --- пример описания геометрии тела. Для представленных в настоящей работе расчётов задания основывались на этих примерах.

```
\nocite{rep4831, kmu-grig-2004, kmu-grig-2005, mikmus-grig-2005-06, itmu-
grig-2007, kmu-grig-2006-2007, suit-grig-2007, mikmus-grig-2006-07,
rep4676, mdozmf2007, rep4775, mfg-aggd-2007, taiwan-school-gg-2007}
\renewcommand{\refname}{Публикации по теме диссертации}
\bibliographystyle{gost71s}
\bibliography{../../papers/Pubs/our}

\end{document}
```