

Пакет PGFPlots системы $\LaTeX$: возможности визуализации и разработка универсального шаблона для научных иллюстраций

Золотухин Д. В.
1854404@bsuedu.ru

Аннотация. В статье рассматривается применение пакета PGFPlots системы $\LaTeX$ для автоматизации построения научных графиков и иллюстраций. Во введении обоснована актуальность отказа от внешних редакторов в пользу встроенной векторной графики, обеспечивающей единый стиль и высокое качество. Во втором пункте проанализированы ключевые возможности PGFPlots на примере построения идентичных графиков из источника [6]. Третий пункт посвящен разработке универсального шаблона – набора параметров преамбулы, стандартизирующих стиль рисунков, размеры, цвета и стили стрелок, шрифты и границы для всех иллюстраций. В заключении перечислены ситуации, когда удобно использовать пакет PGFPlots. Также отмечены его минусы и сделан вывод о повышении воспроизводимости результатов и значительном сокращении времени подготовки публикаций за счёт использования единого шаблона.

Ключевые слова: векторная графика, пакет PGFPlots, система $\LaTeX$

Для цитирования: Золотухин Д.В. Пакет PGFPlots системы $\LaTeX$: возможности визуализации и разработка универсального шаблона для научных иллюстраций. *Студенческий журнал по математике и её приложениям*. 2026;5(1):29–38.

1. Введение. Пакет *PGFPlots* представляет собой расширение широко известного графического пакета *TikZ/PGF* и специально разработан для создания высокоточных научных графиков и для визуализации данных непосредственно в среде $\LaTeX$. Он был разработан в 2007 году Кристианом Фойерзенгером [5]. В настоящее время пакет активно развивается¹ и сегодня, наряду с *PSTricks*, является одним из главных инструментов для создания высококачественных научных графиков в $\LaTeX$. Пользователь описывает график на языке $\LaTeX$ – задаёт функцию, указывает диапазон осей, включает сетку, подписывает оси и легенду – а *PGFPlots* автоматически вычисляет точки, масштабирует изображение, размещает метки и генерирует готовый векторный рисунок, стилистически полностью согласованный с остальным документом. Одним из ключевых преимуществ *PGFPlots* является его способность работать с числовыми данными из внешних файлов. Исследователь может сохранить результаты измерений или вычислений в текстовый файл (CSV, TXT) и одной командой `\addplot table` построить по этим данным график и т. д., при этом все настройки внешнего вида (цвета, толщина линий, маркеры) задаются централизованно и могут быть легко изменены для всей серии иллюстраций.

Несмотря на очевидные достоинства *PGFPlots*, его освоение требует определённых усилий. Документация пакета (около 600 страниц на английском языке) является исчерпывающей, но излишне подробной для начинающего пользователя. Существующие русскоязычные руководства по $\LaTeX$ [7, 2, 3] либо вообще не рассматривают *PGFPlots*, либо ограничиваются краткими упоминаниями. Поэтому приходится осваивать этот пакет методом проб и ошибок, что приводит к неоправданным затратам времени.

В данной работе последовательно рассмотрим основные возможности пакета на примере построения нескольких достаточно сложных графиков и приведем пример конкретного шаблона, который поможет превратить рутинный процесс настройки каждого графика в простое добавление данных, что позволяет не только существенно сократить время на оформление иллюстраций, но и обеспечить единый стиль всех графиков в статье, курсовой работе или диссертации.

Отметим, что отказ от внешних редакторов в пользу встроенной векторной графики *PGFPlots* актуален, поскольку обеспечивает полную согласованность стиля (шрифтов, линий, цветов) всех иллюстраций с основным текстом $\LaTeX$ и исключает проблемы с импортом растровых изображений или потерей данных. Кроме того, такой подход автоматизирует процесс генерации графиков, делая его воспроизводимым и параметризуемым, что критически важно при массовом создании однотипных иллюстраций или внесении правок в научные публикации.

2. Описание пакета *PGFplots* и его возможностей. В этом пункте на примере построения идентичных графиков из источника [6] покажем, как реализуются все вышеперечисленные возможности пакета *PSTricks*.

В преамбуле документа обычным образом подключаем основной пакет *pgfplots*. Далее при помощи команды `\pgfplotsset{compat=1.18}` устанавливаем версию совместимости для *PGFPlots*. Указание 1.18 (или последней доступной) гарантирует, что графики будут отображаться корректно, без предупреждений, и с использованием современных настроек позиционирования. Командой `\usetikzlibrary{decorations.markings, arrows.meta}` подключаем дополнительные библиотеки

¹ «Текущая версия – 1.18.2 от 14 августа 2025 года» [5].

TikZ: `arrows.meta`², `decorations.markings`³. В нашем примере для создания «плавающего» окружения для рисунков с приоритетом их размещения на странице, используем команду `\begin{figure}` со значением необязательного аргумента `[H]`, который запрещает системе $\text{\LaTeX}$ перемещать изображение, даже если из-за этого на предыдущей странице останется много пустого места. В номер строке прописана команда `\centering`, которая используется для выравнивания изображений по центру страницы. Далее в коде идёт окружение `\begin{tikzpicture}[scale=0.8]... \end{tikzpicture}`, со значением необязательного аргумента `[scale=0.5]`, чтобы рисунки были размещены на странице точно также, как в указанном источнике. Далее идёт окружение `\begin{axis}... \end{axis}`⁴, которое используется в пакете *PGFplots* для создания профессиональных графиков. Настраивая значения необязательного аргумента можно задать область построения, стиль осей координат и т. д. В данном случае `mskb` использованы следующие параметры

`axis equal` – задаёт одинаковый масштаб по осям x и y ;
`axis lines=middle` – перемещает оси координат в точку $(0, 0)$, превращая их в классический крест, а не стандартную рамку графика;
`axis line style = {-}` – отменяет автоматические стрелочки на концах осей, оставляя обычные прямые линии;
`very thick` – делает линии осей «очень толстыми»;
`xmin=-6, xmax=6, ymin=-6, ymax=6` – задает границы видимой области от -6 до 6 для обеих осей;
`xtick=, ytick=` – скрывает сами числовые деления (засечки) на осях;
`xlabel=y`¹ – задает текст подписи для горизонтальной оси;
`xlabel style=at=(axis description cs:1.025,0.45), anchor=east` – осуществляет тонкую настройку точного положения надписи горизонтальной оси.

Параметр `at=(axis description cs:1.025,0.45)` указывает координаты для привязки. Система координат `axis description cs` делит область графика от $(0, 0)$ в левом нижнем углу до $(1, 1)$ в правом верхнем. Значение 1.025 означает, что надпись сдвинута немного правее границы графика на 2.5%, а 0.45 – располагает её чуть ниже середины по вертикали, параметр `anchor=east` – якорь надписи, т. е. точка с координатами выравнивается по правому краю текста надписи;

`ylabel=y`² – задает текст подписи для вертикальной оси;
`clip=false` – отключает обрезку элементов, которые выходят за рамки ограничивающего прямоугольника графика.

Это нужно для того, чтобы подписи осей, сдвинутые за пределы рамки графика, не обрезались краем холста. Далее с 8 по 11 строку прописана команда `\pgfmathsetmacro`, которая предназначена для вычисления математических выражений и сохранения результата в макрос (переменную) для многократного использования в документе. В коде будем подсвечивать её светло-фиолетовым тоном. Таким образом, можно вводить выражения в привычном инфиксном виде: $2 * 3.14$ или $\sin(30)$ и движок *PGFmath* самостоятельно обработает формулу и вычислит точный результат. Используя эту команду очень легко устранять дублирования в документе, так как вместо того чтобы писать громоздкую формулу в десятках мест, достаточно вычислить её один раз и присвоить значение переменной. Преимуществами команды является и гибкость типов данных: работает как с целыми числами, так и с числами с плавающей точкой, автоматически преобразуя их, а её использование в кодах делает последние более читаемым и легким для отладки.

Следующей прописана основная команда пакета *PGFplots* – `\addplot`, которая выполняет построение графиков и кривых внутри окружения `axis` в системе $\text{\LaTeX}$

В качестве значений параметров её необязательно аргумента выбираем:

`very thick` – задаёт толщину линии равную 1.2 pt, что составляет примерно 0.4;
`domain` – определяет диапазон значений аргумента, по которому строится график;
`samples=100` – задает количество точек, используемых для построения функции. Чем больше число, тем плавнее линия, но медленнее компиляция;

Параметр `decoration=markings, ...` – подключает библиотеку `decorations.markings` для размещения элементов (стрелок) вдоль уже нарисованной линии.

Для её параметров выбираем такие значения:

`mark=at position ... with {\arrow{\Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}` – размещает маркер в точке, составляющей определённый % длины от начала линии. В этой точке рисуется треугольная стрелка, у которой длина составляет 3 мм, а ширина – 1.5 мм, второй параметр

`postaction={decorate}` позволяет нарисовать линию или фигуру, а затем поверх нее применить «декорацию», в данном случае добавить стрелки.

²Позволяет использовать современные, настраиваемые стрелки (например, `stealth`, `latex`, `>` и их размеры) для осей графиков или векторов.

³Позволяет добавлять различные элементы (например, стрелочки направления) на линии графиков, что полезно для изображения векторных полей или линий тока.

⁴Описанные команды будем подсвечивать в коде светло-голубым фоном

Чтобы реализовать подрисунок 7.1 см. [6, стр. 197] необходимо задать полярную систему координат. В обязательном аргументе команды `\addplot` на 13 строке кода прописываем $\{(\backslash\text{vnsr} - \backslash\text{b} \cdot x) \cdot \cos(\deg(x))\}, \{(\backslash\text{vnsr} - \backslash\text{b} \cdot x) \cdot \sin(\deg(x))\}$. Тогда команда построит параметрическую спираль (спираль Архимеда). Указанная функция задает полярную систему координат, где угол равен x (в радианах), а радиус r зависит от угла линейно: $r = \backslash\text{vnsr} - b \cdot x$.

Команда использует параметрические уравнения для преобразования полярных координат в декартовы (x, y) : $x = (\backslash\text{vnsr} - b \cdot x) \cdot \cos(x)$ и $y = (\backslash\text{vnsr} - b \cdot x) \cdot \sin(x)$, где параметр x – текущее значение из заданного диапазона, т. е. параметр отрисовки, $\backslash\text{vnsr}$ – начальный радиус, т. е. расстояние от центра до начала витка при $x = 0$, b – коэффициент, задающий скорость раскручивания спирали, т. н. шаг спирали, $\deg(x)$ – функция перевода аргумента из радианов в градусы. Это функция используется для правильного масштабирования синуса и косинуса, так как внутренний математический алгоритм пакета *PGFplots* вычисляет тригонометрические функции в градусах.

На 14 строке кода прописана команда `\node[options]{part name}`, которая используется для размещения подписи графика. Значение `below` необязательного аргумента говорит о том, что подпись должна располагаться ниже указанной точки привязки, `at (current axis.south)` – точка привязки. Узел привязывается к центру нижней границы текущего графика `(current axis.south).{\dots}`, где внутри фигурных скобок пишется текст, который нужно отобразить. В обязательном аргументе команды значение `\hspace 50mm` сдвигает текстовый блок ровно на 50 мм. вправо от центральной оси графика, а `\textit` форматирует текстовое содержимое (в данном случае число 7.1), делая его курсивом. Таким образом, такие настройки позволяют размещать текст строго по центру под нижней границей графика.

Команды `\end{axis}` и `\end{tikzpicture}`, расположенные на 15 и 16 строках кода, завершают окружение графика и область рисования соответственно. Компилятор обрабатывает все данные, нанесенные внутри осей (линии, точки, подписи), формирует итоговый вид координатной сетки и формирует итоговый вид координатной сетки и выводит готовую векторную картинку в документ. Команда `\quad` внутри окружения *axis* создает горизонтальный фиксированного размера между рисунками.

Для реализации второго подрисунка (7.1) кроме уже описанных выше команд, на 21-й строке кода прописана команда `\foreach \angle in {0, 30, 60, ..., 330}`, которая используется для циклического создания графических элементов по кругу, перебирая значения углов с шагом в 30° . Далее на 22 строке кода прописана команда `\addplot` со значением обязательного аргумента $\{x \cdot \cos(\angle), \{x \cdot \sin(\angle)\}$, которая задает параметрический график спирали. Вместо фиксированной переменной здесь используются две формулы, зависящие от параметра x , который выступает в роли радиуса и фиксированного угла $\angle$. Абсцисса равна $x \cdot \cos(\angle)$, а ордината – $x \cdot \sin(\angle)$. Если угол $\angle$ есть `const`, а x меняется в заданном диапазоне, то при его изменении точка будет двигаться от начала координат строго по прямой линии под углом $\angle$, см. рисунок 1 подрисунок (7.1).

Заметим, что строки 27 и 89 пусты. Это сделано для того, чтобы следующие два рисунки располагались с новой строки.

Далее переходим к написанию кода для построения следующих подрисунков. В строках 20, 30–32, 63–69, 80–83 и 94–98 прописана уже вышеописанная команда `\pgfmathsetmacro`. Выделить её в коде цветным фоном не будем, чтобы избежать загромождения. Отметим только, что в команде вместо констант можно использовать и более сложные выражения. Например, `\pgfmathsetmacro{\os}{3+3}` или `\pgfmathsetmacro{\os}{2*3}`. Далее в строках с четными номерами, с 34 по 56 и в строках с нечетными номерами, с 71-ой по 87, с 101 по 121 указаны функции, графики которых отрисовываются в подрисунках (7.2), (7.3) и (7.2). Заметим, что в строках с четными номерами с 34 по 40 и в строках с нечетными номерами с 71 по 73 и с 101 по 105 отрисовываются оси координат, а на все остальных позициях параболы для подрисунка (7.2), гиперболы для второго подрисунка (7.3) и кривые для первого подрисунка (7.3) с разными коэффициентами. Подписи ко всем подрисункам, как и для подрисунка (7.1) оформлены через команду `\node`. Следующий ниже код позволяет построить в точности рисунки, которые приведены в [6, стр. 197], а его реализация показана на рисунке 1.

Код 2. Построение рисунка 8 на стр. 197, см. [6]

```

1 \usepackage{pgfplots}%подключаем основной пакет
2 \pgfplotsset{compat=1.18}%устанавливаем версию совместимости для PGFplots
3 \usetikzlibrary{decorations.markings, arrows.meta}%подключаем дополнительные библиотеки TikZ
4 \begin{figure}[H]
5 \centering
6 \begin{tikzpicture}[scale=0.5]%подрисунок (7.1)
7 \begin{axis}[axis equal,axis lines=middle,axis line style = {-},very thick,xmin=-6,xmax=6,ymin
  =-6,ymax=6,xtick=\empty, ytick=\empty,xlabel={\mathit{y}^1},xlabel style={at={(axis description cs
    :1.025,0.45)}}, anchor=east},ylabel={\mathit{y}^2},clip=false]
8 \pgfmathsetmacro{\vnsr}{5}
9 \pgfmathsetmacro{\a}{1.5}

```

```

10 \pgfmathsetmacro{\b}{\a/(2*pi)}
11 \pgfmathsetmacro{\c}{4*pi + pi/3}
12 \addplot[very thick,domain=0:\c,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.2 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},mark=at position 1 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
13 ({(\vnspace - \b*x)*cos(deg(x))}, {(\vnspace - \b*x)*sin(deg(x))});
14 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.1) \textit{при}  $\alpha < 0$ ,  $\beta > 0$ };
15 \end{axis}
16 \end{tikzpicture}
17 \quad \% пробел
18 \begin{tikzpicture}[scale=0.5] \%подрисунк (7.1)
19 \begin{axis}[axis equal,axis lines=middle,axis line style={-},very thick,xmin=-6,xmax=6,ymin=-6,ymax=6,xtick=\empty, ytick=\empty,xlabel={y^1},xlabel style={at={(axis description cs:1.025,0.45)}},anchor=east,ylabel={y^2},clip=false]
20 \pgfmathsetmacro{\vnspace}{5}
21 \foreach \angle in {0,30,60,90,120,150,180,210,240,270,300,330} {
22 \addplot[very thick,domain=\vnspace:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
23 ({x*cos(\angle)}, {x*sin(\angle)});
24 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.1) \textit{при}  $\alpha < 0$ ,  $\beta = 0$ };
25 \end{axis}
26 \end{tikzpicture}
27 \%первая строка из двух рисунков закончилась
28 \begin{tikzpicture}[scale=0.5] \%подрисунк (7.2)
29 \begin{axis}[axis equal,axis lines=middle,axis line style={-},very thick,xmin=-6,xmax=6,ymin=-6,ymax=6,xtick=\empty, ytick=\empty,xlabel={y^1},xlabel style={at={(axis description cs:1.025,0.45)}},anchor=east,ylabel={y^2},clip=false]
30 \pgfmathsetmacro{\os}{6}
31 \pgfmathsetmacro{\parab}{5}
32 \pgfmathsetmacro{\k}{0.6}
33 \addplot[very thick,domain=\os:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
34 (x,0);
35 \addplot[very thick,domain=-\os:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
36 (x,0);
37 \addplot[very thick,domain=\os:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.55 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
38 (0,x);
39 \addplot[very thick,domain=-\os:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.55 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
40 (0,x);
41 \addplot[very thick,domain=\parab:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
42 (x,\k*0.2*x^2);
43 \addplot[very thick,domain=-\parab:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
44 (x,\k*0.2*x^2);
45 \addplot[very thick,domain=\parab:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
46 (x,-\k*0.2*x^2);
47 \addplot[very thick,domain=-\parab:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
48 (x,-\k*0.2*x^2);
49 \addplot[very thick,domain=\parab+0.7:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
50 (x,\k*0.1*x^2);
51 \addplot[very thick,domain=-\parab-0.7:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
52 (x,\k*0.1*x^2);
53 \addplot[very thick,domain=\parab+0.7:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
54 (x,-\k*0.1*x^2);
55 \addplot[very thick,domain=-\parab-0.7:0,samples=100,decoration={markings,mark=at position 0.3 with {\arrow{Triangle[length=3mm,width=1.5mm]}},postaction={decorate}]
56 (x,-\k*0.1*x^2);

```

```

57 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.2) \textit{при}  $\lambda_2 < \lambda_1 < 0$ };
58 \end{axis}
59 \end{tikzpicture}
60 \quad \% \text{ пробел}
61 \begin{tikzpicture}[scale=0.5] \% \text{ рисунок (7.3)}
62 \begin{axis}[axis equal,axis lines=middle,axis line style = {-},very thick,xmin=-6,xmax=6,ymin
=-6,ymax=6,xtick=\empty, ytick=\empty,xlabel={ $y^1$ },xlabel style={at={(axis description cs
:1.025,0.45)}, anchor=east},ylabel={ $y^2$ },clip=false]
63 \pgfmathsetmacro{\os}{5}
64 \pgfmathsetmacro{\kone}{0.5}
65 \pgfmathsetmacro{\ktwo}{4.5}
66 \pgfmathsetmacro{\kfree}{0.4}
67 \pgfmathsetmacro{\kfour}{5.0}
68 \pgfmathsetmacro{\kfive}{0.6}
69 \pgfmathsetmacro{\ksix}{4.0}
70 \addplot[very thick,domain=\os:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.25 with {\
arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
71 (0, x);
72 \addplot[very thick,domain=-\os:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.25 with
{\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
73 (0, x);
74 \addplot[very thick,domain=\kfour+0.3:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.6
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
75 (x, {-\kfive*x*(x - \kfour)});
76 \addplot[very thick,domain=\ktwo+0.4:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.65
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
77 (x, {-\kone*x*(x - \ktwo)});
78 \addplot[very thick,domain=\ksix+0.55:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.7
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
79 (x, {-\kfree*x*(x - \ksix)});
80 \pgfmathsetmacro{\kseven}{4.0}
81 \pgfmathsetmacro{\keight}{0.5}
82 \pgfmathsetmacro{\knine}{5.0}
83 \pgfmathsetmacro{\kten}{0.6}
84 \addplot[very thick,domain=-\kseven-0.45:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position
0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
85 (x, {\keight *x*(x + \kseven)});
86 \addplot[very thick,domain=-\knine-0.3:0,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.45
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
87 (x, {\kten*x*(x + \knine)});
88 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.3) \textit{при}  $\lambda < 0$ };
89 \end{axis}
90 \end{tikzpicture}
91 \% \text{ вторая строка из двух рисунков закончилась}
92 \begin{tikzpicture}[scale=0.5] \% (7.2)
93 \begin{axis}[axis equal,axis lines=middle,axis line style = {-},very thick,xmin=-6,xmax=6,ymin
=-6,ymax=6,xtick=\empty, ytick=\empty,xlabel={ $y^1$ },xlabel style={at={(axis description cs
:1.025,0.45)}, anchor=east},ylabel={ $y^2$ },clip=false]
94 \pgfmathsetmacro{\kgip}{3}
95 \pgfmathsetmacro{\dmin}{0}
96 \pgfmathsetmacro{\dmax}{6}
97 \pgfmathsetmacro{\d}{0.1}
98 \pgfmathsetmacro{\s}{0.8}
99 \addplot[very thick,domain=6:\dmin,samples=2,decoration={markings, mark=at position 0.7 with {\
arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}](x,0);
100 \addplot[very thick,domain=-\dmax:\dmin,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.7
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
101 (x,0);
102 \addplot[very thick,domain=\dmin:\dmax-1,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.5
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
103 (0,x);
104 \addplot[very thick,domain=\dmin:-\dmax+1,samples=100,decoration={markings, mark=at position 0.5
with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
105 (0,x);
106 \addplot[very thick,domain=\dmax-1.5:\dmin+0.6,samples=100,decoration={markings, mark=at
position 0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]

```

```

107 (x+\d,\kkip/x+\d);
108 \addplot[very thick,domain=\dmax-2:\dmin+0.7,samples=100,decoration={markings, mark=at position
    0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
109 (x+\s,\kkip/x+\s);
110 \addplot[very thick,domain=-\dmax+1.5:\dmin-0.6,samples=100,decoration={markings, mark=at
    position 0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
111 (x+\d,-\kkip/x+\d);
112 \addplot[very thick,domain=-\dmax+2:\dmin-0.7,samples=100,decoration={markings, mark=at position
    0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
113 (x-\s,-\kkip/x+\s);
114 \addplot[very thick,domain=-\dmax+1.5:\dmin-0.6,samples=100,decoration={markings, mark=at
    position 0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
115 (x+\d,\kkip/x+\d);
116 \addplot[very thick,domain=-\dmax+2:\dmin-0.7,samples=100,decoration={markings, mark=at position
    0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
117 (x-\s,\kkip/x-\s);
118 \addplot[very thick,domain=\dmax-1.5:\dmin+0.6,samples=100,decoration={markings, mark=at
    position 0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
119 (x+\d,-\kkip/x+\d);
120 \addplot[very thick,domain=\dmax-2:\dmin+0.7,samples=100,decoration={markings, mark=at position
    0.5 with {\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}},postaction={decorate}]
121 (x+\s,-\kkip/x-\s);
122 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.2) \textit{при}  $\lambda_1 < 0 < \lambda_2$  };
123 \end{axis}
124 \end{tikzpicture}
125 \begin{tikzpicture}
126 \node[below, yshift=-0.5cm] at (current axis.south) {Р и с. 8.};
127 \end{tikzpicture}
128 \end{figure}

```

Можно заметить, что в коде 1 одинаковые параметры заданы для каждой из команды `\applot`, `\begin{tikzpicture}` и `\begin{axis}`, что делает код даже для построения всего пяти графиков довольно громоздким и информационно загруженным. Кроме того, при написании такого кода достаточно монотонно и утомительно прописывать значения для всех параметров команд. В следующем пункте обсудим выход из такого положения.

3. Создание шаблона для иллюстраций. Для научных работ, содержащих большое количество рисунков с одинаковыми параметрами (вид осей координат, толщина линий, подписи осей и пр.) имеет смысл использован предварительно составленный шаблон, чтобы не прописывать одни и те же настройки для каждой линии. Такой шаблон для нашего случая представлен в коде 2. Заметим, что форма стрелки на всех графиках одинаковая, поэтому имеет смысл создать новую команду `\newcommand{\myarrow}{\arrow{Triangle[length=3mm, width=1.5mm]}}` и использовать её в коде для построения графиков. Это удобно и тогда, когда везде, на осях координат или кривых, нужно поменять форму или размер стрелки.

Код 3. Шаблон с пользовательскими стилями

```

1 \tikzset %настройки стилей, параметров и свойств графических элементов
2 {
3 %единый стиль для всех рисунков
4 every picture/.style={
5 scale=1.05, %используется для пропорционального изменения размеров графических элементов
6 },
7 % настройки для необязательного аргумента среды begin{axis}[...], стиль для осей координат,
    красивая стрелка
8 every axis/.style=
9 {
10 axis equal,% используется в библиотеке pgfplots для пакета TikZ и заставляет LaTeX сохранять
    одинаковый масштаб единиц измерения по обеим осям x и y.
11 axis lines=middle,%превращает оси графика в классическую систему координат с пересечением в
    начале отсчета
12 axis line style = {-},%отменяет автоматические стрелочки на концах осей, оставляя обычные прямые
    линии
13 very thick, %делает линии осей <<очень толстыми>>;
14 xmin=-6,xmax=6,%задают границы координатной сетки графика.
15 ymin=-6,ymax=6,

```

```

16 xtick=\empty, ytick=\empty, %полностью убирают все деления (засечки) и соответствующие им
    числовые подписи на осях x и y
17 xlabel={\mathstrut$y^1$}, %подписи горизонтальной оси
18 xlabel style={at={(axis description cs:1.025,0.45)}, anchor=east}, %положение подписи y^1
19 ylabel={\mathstrut$y^2$}, %подписи вертикальной оси
20 clip=false, %отключает автоматическую обрезку (клиппинг) графических элементов по границам
    графика или заданной области
21 },
22 %задания глобального стиля всех графиков: одинаковые настройки (толщина линий, цвет, маркеры) ко
    всем командам \addplot внутри текущего блока. Избавляет от необходимости прописывать их
    вручную для каждой кривой.
23 every axis plot/.style=
24 {
25     very thick, %толщина линий
26     samples=100, %задает количество точек
27 }
28 }

```

Ниже представлен код, с применением стилей. Строки, в которых произошли изменения подсвечены светло-голубым фоном. Реализация кода 3 представлена на рисунке 1.

Код 4. Построение рисунка 8 на стр. 197, см. [6] с применением пользовательского стиля

```

1 \begin{figure}[H]
2 \centering
3 \begin{tikzpicture}[every picture] %подрисунк (7.1)
4 \begin{axis}[every axis]
5 \pgfmathsetmacro{\vnsp}{5}
6 \pgfmathsetmacro{\a}{1.5}
7 \pgfmathsetmacro{\b}{\a/(2*pi)}
8 \pgfmathsetmacro{\c}{4*pi + pi/3}
9 \addplot[domain=0:\c, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.2 with \myarrow,
    mark=at position 1 with \myarrow}, postaction={decorate}] ({(\vnsp - \b*x)*cos(deg(x))},
    {(\vnsp - \b*x)*sin(deg(x))});
10 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.1) \textit{при} $\alpha<0$, $\beta>0$};
11 \end{axis}
12 \end{tikzpicture}
13 \quad % пробел
14 \begin{tikzpicture}[every picture] %подрисунк (7.1)
15 \begin{axis}[every axis]
16 \pgfmathsetmacro{\vnsp}{5}
17 \foreach \angle in {0,30,60,90,120,150,180,210,240,270,300,330} {
18 \addplot[domain=\vnsp:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] ({x*cos(\angle)}, {x*sin(\angle)});
19 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.1) \textit{при} $\alpha<0$, $\beta = 0$};
20 \end{axis}
21 \end{tikzpicture}
22
23 \begin{tikzpicture}[every picture] %подрисунк (7.2)
24 \begin{axis}[every axis]
25 \pgfmathsetmacro{\os}{6}
26 \pgfmathsetmacro{\parab}{5}
27 \pgfmathsetmacro{\k}{0.6}
28 \addplot[domain=\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \myarrow
    }, postaction={decorate}] (x,0);
29 \addplot[domain=-\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \myarrow
    }, postaction={decorate}] (x,0);
30 \addplot[domain=\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.55 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (0,x);
31 \addplot[domain=-\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.55 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (0,x);
32 \addplot[domain=\parab:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, \k*0.2*x^2);
33 \addplot[domain=-\parab:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, \k*0.2*x^2);
34 \addplot[domain=\parab:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, -\k*0.2*x^2);

```

```

35 \addplot[domain=-\parab:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, -\k*0.2*x^2);
36 \addplot[domain=\parab+0.7:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, \k*0.1*x^2);
37 \addplot[domain=-\parab-0.7:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with
    \myarrow}, postaction={decorate}] (x, \k*0.1*x^2);
38 \addplot[domain=\parab+0.7:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, -\k*0.1*x^2);
39 \addplot[domain=-\parab-0.7:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.3 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, -\k*0.1*x^2);
40 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.2) \textit{при}  $\lambda_2 < \lambda_1 < 0$ };
41 \end{axis}
42 \end{tikzpicture}
43 \quad \% \text{ пробел}
44 \% (7.3)
45 \begin{tikzpicture}[every picture]
46 \begin{axis}[every axis]
47 \pgfmathsetmacro{\os}{5}
48 \pgfmathsetmacro{\kone}{0.5}
49 \pgfmathsetmacro{\ktwo}{4.5}
50 \pgfmathsetmacro{\kfree}{0.4}
51 \pgfmathsetmacro{\kfour}{5.0}
52 \pgfmathsetmacro{\kfive}{0.6}
53 \pgfmathsetmacro{\ksix}{4.0}
54 \addplot[domain=\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.25 with \myarrow
    }, postaction={decorate}] (0, x);
55 \addplot[domain=-\os:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.25 with \myarrow
    }, postaction={decorate}] (0, x);
56 \addplot[domain=\kfour+0.3:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.6 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, { -\kfive*x*(x - \kfour) });
57 \addplot[domain=\ktwo+0.4:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.65 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, { -\kone * x * (x - \ktwo) });
58 \addplot[domain=\ksix+0.55:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.7 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, { -\kfree * x * (x - \ksix) });
59 \pgfmathsetmacro{\kseven}{4.0}
60 \pgfmathsetmacro{\keight}{0.5}
61 \pgfmathsetmacro{\knine}{5.0}
62 \pgfmathsetmacro{\kten}{0.6}
63 \addplot[domain=-\kseven-0.45:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5 with
    \myarrow}, postaction={decorate}] (x, { \keight * x * (x + \kseven) });
64 \addplot[domain=-\knine-0.3:0, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.45 with
    \myarrow}, postaction={decorate}] (x, { \kten*x*(x + \knine) });
65 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.3) \textit{при}  $\lambda < 0$ };
66 \end{axis}
67 \end{tikzpicture}
68
69 \begin{tikzpicture}[every picture] \% \textit{подрисунк} (7.2)
70 \begin{axis}[every axis]
71 \pgfmathsetmacro{\kkip}{3}
72 \pgfmathsetmacro{\dmin}{0}
73 \pgfmathsetmacro{\dmax}{6}
74 \pgfmathsetmacro{\d}{0.1}
75 \pgfmathsetmacro{\s}{0.8}
76 \addplot[domain=6:\dmin, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.7 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, 0);
77 \addplot[domain=-\dmax:\dmin, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.7 with \
    myarrow}, postaction={decorate}] (x, 0);
78 \addplot[domain=\dmin:\dmax-1, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5 with
    \myarrow}, postaction={decorate}] (0, x);
79 \addplot[domain=\dmin:-\dmax+1, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5 with
    \myarrow}, postaction={decorate}] (0, x);
80 \addplot[domain=\dmax-1.5:\dmin+0.6, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x+\d, \kkip/x+\d);
81 \addplot[domain=\dmax-2:\dmin+0.7, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x+\s, \kkip/x+\s);
82 \addplot[domain=-\dmax+1.5:\dmin-0.6, every axis plot, decoration={markings, mark=at position

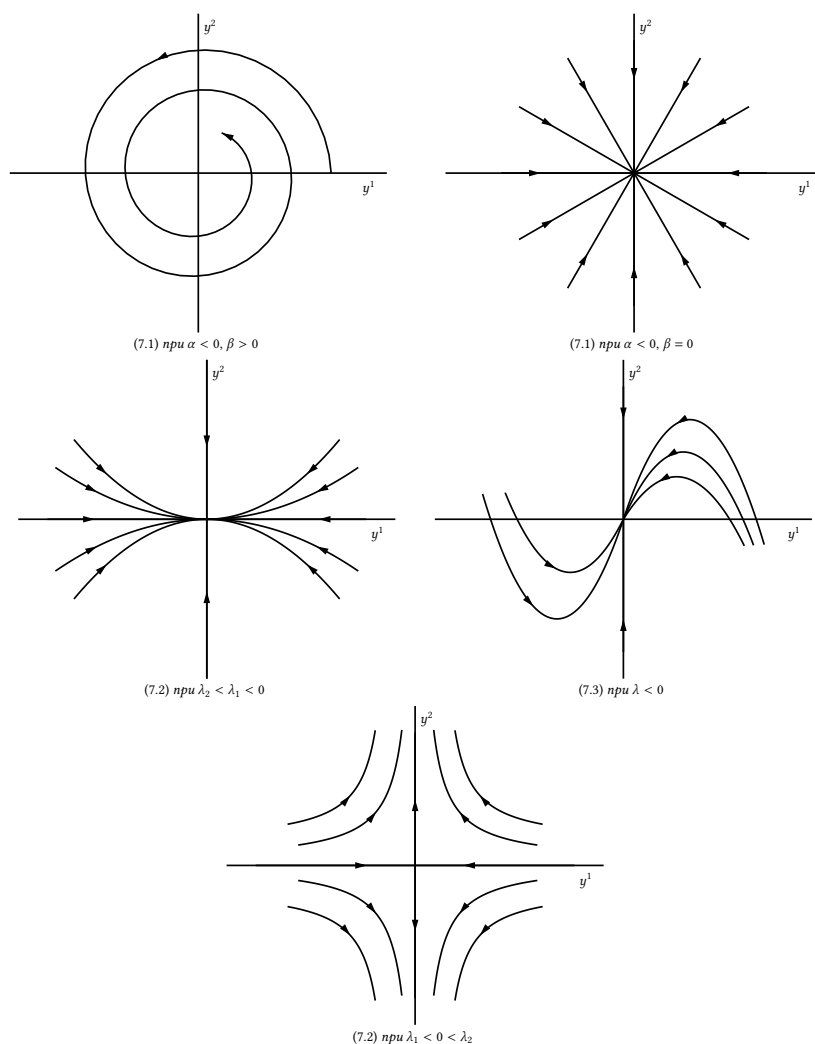
```

```

0.5 with \myarrow}, postaction={decorate}] (x+\d, -\kkip/x+\d);
83 \addplot[domain=-\dmax+2:\dmin-0.7, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x -\s, -\kkip/x +\s);
84 \addplot[domain=-\dmax+1.5:\dmin-0.6, every axis plot, decoration={markings, mark=at position
    0.5 with \myarrow}, postaction={decorate}] (x+\d, \kkip/x+\d);
85 \addplot[domain=-\dmax+2:\dmin-0.7, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x -\s, \kkip/x -\s);
86 \addplot[domain=-\dmax-1.5:\dmin+0.6, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x+\d, -\kkip/x+\d);
87 \addplot[domain=-\dmax-2:\dmin+0.7, every axis plot, decoration={markings, mark=at position 0.5
    with \myarrow}, postaction={decorate}] (x +\s, -\kkip/x -\s);
88 \node[below] at (current axis.south) {\hspace{50mm} (7.2) \textit{при} $\lambda_1 < 0 < \lambda_2$
    _2 $ };
89 \end{axis}
90 \end{tikzpicture}

91
92 \begin{tikzpicture}
93 \node[below, yshift=-0.5cm] at (current axis.south) {Р и с. 8.};
94 \end{tikzpicture}
95 \label{ris1}
96 \begin{center}
97 {\small Рис. 1. Реализация кода \ref{lst:code1}}
98 \end{center}
99 \end{figure}

```



Р и с. 8.

Рис. 1. Реализация кодов 1 и 3

Заметим, что применяя пользовательский стиль код 3 стал короче кода 1. Кроме того, убрался весь т. н. «визуальный мусор» и текста кода 3 выглядит менее информационно нагруженным.

4. Заключение. Работа над материалами для подготовки данной статьи показала, что пакет *PGFPlots* идеально подходит для академических публикаций, где важна воспроизводимость, автоматическая подгонка легенд, сеток и подписей, а также для массовой генерации однотипных иллюстраций. Также пакет *PGFPlots* хорошо применим, когда необходимо: визуализировать экспериментальные данные, строить диаграммы рассеяния и гистограммы; выполнить построение сложных математических функций. Например, построить график для функции, заданной параметрически или в полярной системе или построить функцию координат двух переменных и пр.; выполнить интеграцию с *TikZ*, т. е. комбинировать графики с произвольными *TikZ*-элементами: подписи, стрелки, геометрические фигуры и т. д.

Однако *PGFPlots* становится менее эффективным при работе с чрезмерно большими наборами данных (миллионы точек) из-за роста времени компиляции и требований к памяти. В таких случаях лучше использовать пакет *PGFPlots* в связке с внешней обработкой данных, либо обратиться к пакету *TikZ* с ручной отрисовкой для художественных или концептуальных схем, не связанных с числовыми зависимостями. Для интерактивных трёхмерных сцен или сложных объёмных визуализаций, требующих вращения и динамики, разумнее применять связку *Asymptote* или внешние инструменты (*Python* + *Matplotlib*) с последующим импортом векторного формата PDF. Таким образом, выбор инструмента внутри $\text{\LaTeX}$ диктуется объёмом данных, сложностью геометрии и требуемой интерактивностью, а *PGFPlots* остаётся золотым стандартом для статической научной графики умеренного размера.

Использование единого шаблона на базе пакета *PGFPlots* позволяет полностью автоматизировать процесс построения научной графики, благодаря чему исключаются ошибки ручного переноса данных и гарантируется точное соответствие иллюстраций исходным числовым результатам. Это обеспечивает высокий уровень воспроизводимости исследований: любой соавтор или рецензент, запустив компиляцию $\text{\LaTeX}$ -документа, получит идентичные графики без необходимости повторной настройки в сторонних редакторах.

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю Черновой Ольге Викторовне за ценные советы и терпение, проявленные при подготовке данной статьи, а также постоянное внимание к работе и поддержку на всех этапах её выполнения.

Список литературы

1. Балдин Е. Каталог классов и стилей $\text{\LaTeX}$. Часть 4. Подготовка научных публикаций [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/latex_styles_04/. – Дата обращения: 15.02.2026.
2. Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия» – Режим доступа: <https://bigenc.ru/>
3. Львовский С.М. Набор и верстка в системе $\text{\LaTeX}$. М.: МЦНМО; 2014. 398 с.
4. Спивак М. Восхитительный $\text{\TeX}$: руководство по комфортному изготовлению научных публикаций в пакете AMS-TEX. М.: Мир. 1993. 285 с.
5. Фойерзангер К. Руководство по пакету PGFPlots 2D/3D-графики в $\text{\LaTeX}$. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://github.com/pgf-tikz/pgfplots> – Дата обращения: 15.02.2026.
6. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Мир; 1970. 720 с.
7. Deerp Benson Визуализация научных данных: введение в PGF/TikZ [Электронный ресурс] Режим доступа: https://rus-linux.net/MyLDP/soft/An_introduction_to_pgf_tikz.html – Дата обращения: 10.11.2025.

Поступила в редакцию 10.04.2026

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Золотухин Денис Вячеславович – магистрант 2-го года обучения, Белгородский государственный национальный исследовательский университет

РУКОВОДИТЕЛЬ

Чернова Ольга Викторовна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования, Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Chernova_Olga@bsuedu.ru

[К содержанию](#)