

Правила оформления статей в журнал «Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки», действующие с 2012 года.

1. Правила для авторов

1. Текст статьи должен быть подготовлен в формате LaTeX2e в пакетах MikTeX2.4–MikTeX2.8 с использованием стилевого файла `vum.tex` в соответствии с рекомендациями, изложенными в файле `example.tex`. Файл `vum.tex` изменять нельзя! Стилиевой файл `vum.tex` и образец оформления статьи `example.tex` находятся на сайте журнала <http://vst.ics.org.ru/>.

2. Объем статьи, как правило, не должен превышать 16 страниц в формате стилевого файла Вестника. По заказу редколлегии могут публиковаться статьи большего объема. Нельзя изменять размеры шрифтов или менять межстрочное расстояние для того, чтобы вместить больше текста в ограниченное число страниц.

3. Статья должна начинаться с индекса УДК, инициалов и фамилий авторов, названия работы, аннотации (реферата), ключевых слов на русском языке. Затем следует основной текст статьи, список литературы, информация об авторе. В конце статьи приводятся на английском языке: инициалы и фамилия авторов, название, ключевые слова, коды Mathematical Subject Classification (www.ams.org/msc/), аннотация (реферат), список литературы, информация об авторе. При переводе на английский язык следует пользоваться правилами транслитерации файла House Style Guide HSG_2011.pdf, размещенного на сайте МАИК «Наука / Интерпериодика» по адресу http://www.maik.ru/pub/files/HSG_2011.pdf.

4. Аннотация статьи (abstract). Под аннотацией понимается полноценный реферат статьи. Реферат представляет собой точное изложение содержания работы в сжатом виде. Реферат не должен быть слишком кратким. В реферате описываются предмет исследования, условия, методы, основные полученные результаты. Вся информация должна быть максимально конкретной и полной. Реферат не должен содержать ссылок на список цитируемой литературы. Рекомендуемый объем реферата на английском языке — 100–250 слов. Содержание аннотации (реферата) на русском языке должно совпадать с содержанием английского реферата. Реферат может содержать математические формулы (в «чистом» latex-e).

5. Список цитированной литературы оформляется по ГОСТ Р 7.0.5–2008. Очередность названий — в соответствии с порядком ссылок в тексте работы либо по алфавиту. Пример оформления литературы приведен в файле `example.tex`. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Список литературы не должен быть избыточным, но необходимо иметь в виду следующее: ссылаясь на своих коллег в нашем журнале, вы способствуете увеличению цитируемости нашего журнала и тем самым повышаете вероятность того, что вас прочтут. Ссылаясь на своих коллег в других журналах, вы также повышаете вероятность того, что прочитают и процитируют вас, так как многие авторы ищут статьи по цитатам на свои работы. Чем аккуратнее вы оформляете список литературы, тем лучше для вашей статьи. Следует больше цитировать современную литературу, в том числе зарубежную, и избегать цитирования мало-доступных источников.

Список литературы должен быть оформлен и на русском, и на английском языках. Требования к оформлению списка литературы на английском языке приведены ниже. Они отличаются от требований оформления списка литературы на русском языке, поскольку русскоязычный текст предназначен для российских баз данных, англоязычный — для зарубежных баз данных.

6. Рисунки принимаются только в формате .eps с разрешением не менее 600 dpi. Объем рисунков не должен превышать 0,25 объема статьи. Нечеткие рисунки с низким разрешением не принимаются. Правила оформления рисунков см. в файле `example.tex`.

7. Рукопись статьи в Вестник рекомендуется снабдить указанием на раздел, в который автор собирается поместить свою статью (Математика, Механика, Компьютерные науки).

8. Статьи в журнал представляются на русском языке. Представление статей на английском языке допускается и приветствуется. Стилиевой файл `vum_english.tex` и образец оформления статьи `example_english.tex` на английском языке находятся на сайте журнала <http://vst.ics.org.ru/>.

9. Неправильно оформленные статьи редколлегией не принимаются. Если статья оформлена в соответствии с требованиями журнала «Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки», то она передается рецензенту. При получении положительного отзыва статья передается в редакционно-издательский отдел университета. После редакторской правки статья перед публикацией направляется авторам на корректуру.

10. Адреса редакции для подачи статей:

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.

Кафедра дифференциальных уравнений, ком. 236, тел.: +7(3412)916092. E-mail: imi@uni.udm.ru, verba@udm.ru (Математика. Теория управления)

Институт компьютерных исследований, ком. 211, тел.: +7(3412)500295. E-mail: mail@ics.org.ru, editorial@rcd.ru (Механика. Теоретическая физика. Компьютерные науки)

2. Требования к оформлению

1. В качестве образца оформления статьи следует использовать файл `example.tex`. Внимательно изучите файл `example.tex` и комментарии к нему. Статьи, оформленные не по правилам, к рассмотрению не принимаются.

2. Файлы должны быть набраны в кодировке Win [cp1251] или DOS [cp866]. Статью следует представить в формате `tex` и для сверки в формате `ps` или `pdf`. Файл `vum.tex` высылать не надо. Имена всех высылаемых файлов (`*.tex`, `*.ps`, `*.pdf` и рисунков `*.eps`), касающихся вашей статьи, должны состоять из написанной латиницей фамилии первого автора и его первого инициала (например, `IvanovA.tex`, `IvanovA.ps`, `IvanovA.pdf`, `IvanovA_ris1.eps`).

3. В аннотации не должно быть ссылок на список литературы.

4. Ссылка на грант оформляется с помощью `\footnote{}` в заголовке статьи.

5. Для корректного оформления ссылок на литературу в стилевом файле подключен пакет `cite`. При оформлении ссылок используйте команду `\cite{1,2,3,4,5,8,9,10,12}`, ссылки будут оформлены в виде [1–5, 8–10, 12].

6. Не ставятся точки в конце заголовка статьи и разделов.

7. В утверждениях, набранных курсивом, следует выпрямлять скобки и номера формул и теорем. Правильно: *Всякое решение уравнения (1.3) имеет бесконечное число нулей (то есть является колеблющимся) на числовой прямой \mathbb{R} ,*

`{\it Всякое решение уравнения {\rm(1.3)} имеет бесконечное число нулей {\rm(}то есть является колеблющимся{\rm)} на числовой прямой \mathbb{R} },`

Неправильно: *Всякое решение уравнения (1.3) имеет бесконечное число нулей (то есть является колеблющимся) на числовой прямой \mathbb{R} .*

`{\it Всякое решение уравнения (1.3) имеет бесконечное число нулей (то есть является колеблющимся) на числовой прямой \mathbb{R} }.`

8. В Теоремах, Леммах, Предложениях, Утверждениях, Следствиях, Гипотезах их содержимое выделяется курсивом `{\it }` с упомянутыми выше оговорками о выпрямлении скобок и прямом написании формул. В Определениях курсивом выделяется только определяемое понятие. В Замечаниях, Примерах, Предположениях, Условиях содержимое курсивом не выделяется.

9. Доказательство оформляется с помощью команды `\doc`, в конце ставится точка. Если нужно написать «Доказательство теоремы 1.», то следует воспользоваться конструкцией `\doc \; т е о р е м ы \; 1.` Конец доказательства оформляется так: `\hfill \square`

10. Необходимо различать дефис «-» = «-», короткое (en-) тире «-» = «--», длинное (em-) тире «-» = «---» и знак «минус» «-» = «-\$» . Дефис используется в составных словах («что-то»); en-тире — для указания диапазонов чисел и в названиях, составленных из нескольких фамилий («теорема Остроградского–Гаусса»); em-тире — это знак пунктуации (например: Пусть X — банахово пространство ...). Длинное тире после доллара пишется так: Пусть $\$X^{\text{---}}$ банахово пространство. Короткое так же. Дефис после доллара пишется так: $\$n^{\text{-}}$ -й член последовательности.

11. Используйте «русские» кавычки и «русские» обозначения неравенств (\leq , \geq).
12. Не надо сокращать и писать т.е., т.к., в т.ч., следует писать полностью «то есть», «так как», «в том числе».
13. Запрещено использовать принудительные переносы типа `\linebreak` или `\newline` и т.п.
14. Функции типа `rank`, `det`, `dim`, `conv`, `int` и т.п. должны отображаться прямым шрифтом (при этом следует ставить знак `\`,)
 Правильно: `\mathrm{int}\,B`, `\mathrm{dim}\,M` — `int B dim M`
 Неправильно: `int L` `dim M` — `intL dimM`
15. В списках-перечислениях желательно использовать метки, заключенные слева и справа в круглые скобки:
 - (1)
 - (2)
 - (3)
 или
 - (a)
 - (b)
 - (c)
16. Рисунки и список литературы оформляются в соответствии с файлом `example.tex`

3. Основные правила оформления математических выражений

1. Не допускается использование русских букв в математических выражениях.
 2. Обязательна автоматическая нумерация формул и утверждений и автоматические ссылки на формулы, утверждения и литературу. На все нумерованные формулы и указанную в конце статьи литературу должны быть ссылки в тексте. Не должно быть многократно определенных меток (проверяется при транслировании тех-файла).
 3. Чаще всего математические выражения выравниваются по центру, однако в системах их необходимо выравнивать по левому краю.
 4. Если несколько выключных формул идут подряд, они разделяются знаками препинания (, или ;)
 5. В системах уравнений знак препинания ставится после каждой строчки (кроме последней). После последней строки знак препинания ставится в зависимости от контекста и (в этом случае) относится ко всей формуле.
 6. Следите за размером скобок в математических выражениях. Используйте конструкции `\left\{ \right\}`, `\left[\right]`. Если скобки, полученные `\left \right` большие, подберите нужный размер конструкциями `\big \Big \bigg \Bigg`. Не делайте неоправданно больших скобок. При наборе формул с большим количеством скобок, используйте разную высоту скобок:
- $$F\left(t_1 - D\left(t_2 - C\left(t_3 - B\left(t_4 - a(t_5 - x)\right)\right)\right)\right).$$
7. В выключных формулах, состоящих из нескольких частей, отдельные части формулы отделяются пробелами `\quad`. Если формула не вмещается в строку, то пробелы `\quad` заменяются на `\;` и далее, по убыванию величины пробела `\ \`: `\ ,`. Строчные формулы, состоящие из нескольких частей, предпочтительнее не разделять пробелами, а заключать каждую часть в доллары как отдельную формулу.
 8. Для операции `\int` в выключной формуле команда `\limits` не применяется.

$$\frac{d}{dt} \int_{a(t)}^{b(t)} f(t, s) ds.$$

Формула набирается так: `$$\dfrac{d}{dt}\int_{a(t)}^{b(t)}f(t,s)\,ds.$$`

В формулах в тексте операция `\int` набирается следующим образом. Неправильно `\int_a^b f(t, s) ds`, и `\int_a^b f(t, s) ds`, то есть `\int_{a}^{b}f(t,s)\,ds`, и `\int\limits_{a}^{b}f(t,s)\,ds`, правильно `\int_a^b f(t, s) ds`, то есть `\displaystyle{\int_{a}^{b}}f(t,s)\,ds`,

В формулах в тексте операции типа `\sum` набираются следующим образом. Из трех возможных вариантов $\sum_{i=1}^n a_i$, $\sum_{i=1}^n a_i$, $\sum_{i=1}^n a_i$, которые набираются соответственно `\sum_{i=1}^n a_i`, `\sum\limits_{i=1}^n a_i`, и `\displaystyle{\sum_{i=1}^n a_i}`, первый вариант не годится, второй предпочтительней третьего. Однако если под знаком суммы стоит высокое выражение, например, дробь, то из двух последних вариантов $\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{b_i}$, $\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{b_i}$, которые набираются соответственно `\sum\limits_{i=1}^n \dfrac{a_i}{b_i}`, и `\displaystyle{\sum_{i=1}^n \dfrac{a_i}{b_i}}`, предпочтителен последний.

9. Перед dx, dy и т. п. в интегралах, дифференциалах следует ставить небольшой пробел `\, ,`

10. В формуле §1 ставится небольшой пробел: `\S\,1`

11. Многоточия и в тексте, и в формулах ставятся командой `\ldots`. Примеры написания с перечислением: функции u^1, \dots, u^p образуют базис — функции `u^1, \ldots, u^p` образуют базис; $n = 1, 2, \dots$ — `n=1, 2, \ldots`.

12. Скобки \langle, \rangle набираются с помощью команд `\langle, \rangle`.

13. Текст в формулах необходимо помещать в аргумент команды `\text{}`.

14. Для обозначения пустого множества используется команда `\varnothing` (а не `\emptyset, \oslash`).

15. Вместо команд `\bar, \tilde, \hat` следует использовать `\overline, \widetilde, \widehat`.

4. Правила оформления английского текста

1. Транслитерация. Используются следующие правила транслитерации (House Style Guide)

а	a	ж	zh	н	n	ф	f	ы	y
б	b	з	z	о	o	х	kh	ь	'
в	v	и	i	п	p	ц	ts	э	e
г	g	й	i	р	r	ч	ch	ю	yu
д	d	к	k	с	s	ш	sh	я	ya
е	e	л	l	т	t	щ	shch		
ё	e	м	m	у	u	ъ	"		

Существуют исключения в написании отдельных имен и географических названий. К примеру, Екатеринбург пишется как Yekaterinburg. Подробнее см. файл House Style Guide, стр. 12–15, 52–54.

2. Данные об авторе. Используется официальное (без сокращений) название организации (места работы автора) на английском языке. Список названий организаций с адресами (на английском языке) можно найти на сайте www.mathnet.ru

Список некоторых должностей, званий, степеней, подразделений с переводом на английский язык:

Russian	English Translation
Доктор физ.–мат. наук	Doctor of Physics and Mathematics
Кандидат технических наук	Candidate of Engineering
Академик	Academician
Профессор	Professor
Доцент	Associate Professor
Старший преподаватель	Lecturer
Ассистент	Assistant Lecturer
Председатель	Chair (of ...)
Директор	Director (of ...)
Заместитель директора	Deputy Director
Член РАН	Member, Russian Academy of Sciences

Член-корреспондент РАН	Corresponding Member, Russian Academy of Sciences
Главный редактор	Editor-in-Chief
Заместитель Глав. Редактора	Deputy Editor-in-Chief
Ответственный Секретарь	Assistant Editor
Заведующий лаборатории	Head of (the) Laboratory (of ...)
Заведующий отделом	Head of (the) Department (of ...)
Младший научный сотрудник	Junior Researcher
Старший научный сотрудник	Senior Researcher
Ведущий научный сотрудник	Leading Researcher
Студент	Student
Аспирант	Post-graduate student
Декан	Dean
Проректор	Vice rector
Ректор	Rector
Кафедра дифференциальных уравнений	Department of Differential Equation
Математический факультет	Faculty of Mathematics

3. Требования к аннотациям на английском языке к русскоязычным статьям.

Необходимо иметь в виду, что аннотации (рефераты, авторские резюме) на английском языке в русскоязычном издании являются для иностранных ученых и специалистов основным и, как правило, единственным источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований. Зарубежные специалисты по аннотации оценивают публикацию, определяют свой интерес к работе российского ученого, могут использовать ее в своей публикации и сделать на неё ссылку, открыть дискуссию с автором, запросить полный текст и т. д. К примеру, в требованиях зарубежных издательств к статьям на английском языке указывается на объем аннотации в размере 100–250 слов. Перечислим обязательные качества аннотаций на английском языке к русскоязычным статьям. Аннотации должны быть:

- информативными (не содержать общих слов);
- содержательными (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированными (следовать логике описания результатов в статье);
- «англоязычными» (написаны качественным английским языком);
- компактными (укладываться в объем до 250 слов).

В аннотации (реферате) допускается использование математических формул. Однако следует иметь в виду, что этот реферат может быть представлен в различных базах данных в текстовом формате. Поэтому математические формулы в реферате должны быть написаны в «чистом» latex-е, без макросов и сокращений, так чтобы можно было «прочитать» tex-овский текст.

4. Требования к оформлению списка литературы на английском языке.

Наличие пристатейного списка цитированной литературы в романском алфавите (латиницей) является одним из необходимых требований для включения журналов в международные базы данных. Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее авторов. По цитированию журнала определяется его научный уровень, авторитетность, эффективность деятельности его редакционного совета и т. д. Наиболее значимыми составляющими в библиографических ссылках являются фамилии авторов и названия журналов. Причем для того, чтобы все авторы публикации были учтены в системе, необходимо в описание статьи вносить всех авторов, не сокращая их тремя, четырьмя и т. п.

При оформлении списка цитированной литературы следует иметь в виду, что российский стандарт оформления списка литературы неприемлем для зарубежных баз данных. При составлении списков литературы для зарубежных БД важно понимать, что чем больше будут ссылки на российские источники соответствовать требованиям, предъявляемым к иностранным источникам, тем легче они будут восприниматься системой. И чем лучше в ссылках будут представлены авторы и названия журналов (и других источников), тем точнее будут статистические и аналитические данные о них в БД.

Наиболее приемлемым является использование стандартов и правил, принятых в переводных российских журналах:

Авторы (транслитерация), перевод названия статьи на английский язык, название источника (транслитерация) — курсивом, выходные данные.

Пример ссылки на статью:

Popova S.N. Global reducibility of linear control systems to systems of a scalar type, *Differ. Uravn.*, 2004, vol. 40, no. 1, pp. 41–46.

В отличие от российского ГОСТа отдельные элементы библиографического описания (название статьи, название журнала, год, том, номер, страницы) отделяются не точкой, а запятой, при этом запятую ставить не надо между фамилией и инициалами (как это делается во многих журналах), и между инициалами и названием статьи; также не используются знаки — (тире) и // . Слова vol и no пишутся с маленькой буквы, после них ставится точка. Между инициалами пробел не ставится. Название статьи на английском языке пишется прямым шрифтом, название журнала пишется курсивом. В названии журнала слова пишутся с заглавной буквы (кроме служебных), в названии статьи — с маленькой.

Неприемлем такой вариант:

Popova S.N. *Global'naya privodimost' lineinykh upravlyaemykh sistem k sistemam skalyarnogo tipa*, *Differ. Uravn.*, 2004, vol. 40, no. 1, pp. 41–46.

В зарубежной БД простая транслитерация заглавия статьи без ее перевода не имеет смысла.

В названии транслитом русскоязычных журналов лучше писать не полное название *Differentsial'nye Uravneniya*, а сокращенное *Differ. Uravn.* (или *Differents. Uravn.*), поскольку в окончаниях названий русскоязычных журналов в разных источниках могут возникать расхождения в силу различных правил транслитерации. Пример:

Zaitsev V.A. Quasidifferential equation controllability, *Vestn. Udmurt. Univ. Mat. Mekh. Komp'yut. Nauki*, 2009, no. 1, pp. 90–100.

При ссылке на статьи из российских журналов, имеющих переводную версию, лучше давать ссылку на переводную версию статьи. Если в русскоязычном списке литературы имеется следующая ссылка:

Родионов В.И. Присоединенный интеграл Римана–Стилтьеса // Известия вузов. Математика. 2007. № 2 (537). С. 79–82

то в англоязычном списке литературы следует привести ссылку на эту статью в переводном журнале:

Rodionov V.I. The adjoint Riemann–Stieltjes integral, *Russian Mathematics (Iz. VUZ)*, 2007, vol. 51, no. 2, pp. 75–79.

Статьи из электронных журналов описываются аналогично печатным изданиям с дополнением данных об адресе доступа.

Swaminathan V., Lepkoswka–White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange, *Journal of Computer–Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/>

Наиболее точную идентификацию статей из электронных журналов можно получить, если указать уникальный идентификатор, который используют практически все ведущие зарубежные журналы для идентификации своих статей (Digital Object Identifier — DOI), в том числе и российские переводные журналы. Система DOI является международным ISO стандартом (<http://www.doi.org/>). Поэтому при наличии в статье DOI, в списке литературы желательно указывать ее идентификатор. Пример:

Zaitsev V.A. Spectrum control in linear systems with incomplete feedback, *Differential Equations*, 2009, vol. 45, no. 9, pp. 1348–1357. DOI: 10.1134/S0012266109090109

Пример ссылки на русскоязычную монографию:

Bylov B.F., Vinograd R.E., Grobman D.M., Nemytskii V.V. *Teoriya pokazatelei Lyapunova i ee prilozheniya k voprosam ustoychivosti* (Theory of Lyapunov exponents and its application to problems of stability), Moscow: Nauka, 1966, 576 p.

Здесь сначала идут фамилии авторов, затем курсивом название книги транслитом, затем в скобках перевод названия на английский язык прямым шрифтом, Город: Издательство, год, количество страниц.

Пример ссылки на англоязычную книгу:

Chentsov A.G. *Finitely additive measures and relaxations of extremal problems*, New York–London–Moscow: Plenum Publishing Corporation, 1996, 244 p.

При ссылке на книгу на русском языке, переведенную с английского, следует указать первоисточник. Если, к примеру, в списке литературы на русском языке имеется следующая ссылка:

Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. М.: Едиториал УРСС, 2004. 400 с.

то в англоязычном списке литературы следует привести ссылку на эту книгу в оригинале:

Kalman R., Falb P., Arbib M. *Topics in mathematical system theory*, New York: McGraw–Hill, 1969, 358 p. Translated under the title *Ocherki po matematicheskoi teorii sistem*, Moscow: Editorial URSS, 2004, 400 p.

Информацию о выходных данных оригинала (а также другую информацию, касающуюся переводов источников с русского языка на английский и наоборот) можно найти в Интернете.

Пример ссылки на диссертацию:

Filippova T.F. Problems of viability for differential inclusions, *Dr. Sci. (Phys.–Math.) Dissertation*, Yekaterinburg, 1992, 266 p.

Пример ссылки на автореферат диссертации:

Popova S.N. Control over asymptotic invariants of linear systems, *Abstract of Dr. Sci. (Phys.–Math.) Dissertation*, Yekaterinburg, 2004, 34 p.

Материалы и тезисы докладов конференции. Главное в описаниях конференций — название конференции на языке оригинала (в транслитерации, если нет ее английского названия), выделенное курсивом. В скобках дается перевод названия на английский язык. Выходные данные (место проведения конференции, место издания, год, страницы) должны быть представлены на английском языке.

Пример оформления тезисов международной конференции, имеющей официальное английское название:

Rodina L.I., Tonkov E.L. The almost invariant sets of controlled systems, *Differential Equation and Topology: Abstracts of Int. Conf. Dedicated to the Centennial Anniversary of Lev Semenovich Pontryagin*, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 2008, pp. 392–393.

Название тезисов пишется прямым шрифтом, название конференции пишется курсивом. Все слова (кроме первого) в названии тезисов пишутся с маленькой буквы. В официальном английском названии конференции слова пишутся с заглавной буквы (кроме служебных).

Пример оформления тезисов конференции, не имеющей официального английского названия:

Borisov A.V., Mamaev I.S., Bolsinov A.V. Topology and stability of dynamic systems, *Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika: tez. dokl. Vserossiiskoi konferentsii* (Regular and chaotic dynamics: abstracts of All-Russian conference), Udmurt State University, Izhevsk, 2010, p. 11.

Название тезисов переводится на английский язык (а не пишется транслитом). Слова в названии конференции транслитом пишутся с маленькой буквы (а точнее, повторяют по написанию русскоязычный текст), слова в переводе названия конференции на английский пишутся с маленькой буквы (кроме первого). Затем следует название организации (полностью, без аббревиатур и сокращений), город, год, страницы. В указаниях страниц пишется одна буква р, если страница одна (и две буквы рр, если страниц больше, чем одна).

Материалы (труды) конференций оформляются аналогично, только вместо слова Abstracts пишется Proceedings (или сокращенно Proc.). Сборники статей оформляются аналогично, только вместо слова Abstracts, пишется Transactions (или сокращенно Trans.).

Ниже приведен образец оформления статьи.

УДК 517.917

© П. С. Иванов

СОГЛАСОВАННОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ СПЕКТРОМ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ¹

Рассматривается линейная управляемая система с неполной обратной связью

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad y = C(t)x, \quad u = U(t)y.$$

Исследуется задача управления асимптотическим поведением замкнутой системы

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t)C(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n. \quad (1)$$

Для такой системы вводится понятие согласованности. Это понятие является обобщением понятия полной управляемости на системы с неполной обратной связью. Исследовано свойство согласованности системы (1), получены новые необходимые условия и достаточные условия согласованности системы (1), в том числе в стационарном случае.

Для стационарной системы вида (1) исследуется задача о глобальном управлении спектром собственных значений, которая заключается в приведении характеристического многочлена матрицы стационарной системы (1) с помощью стационарного управления U к произвольному наперед заданному полиному. С помощью методов линейной алгебры получены необходимые и достаточные условия глобальной управляемости спектра в случае, когда коэффициенты системы имеют специальный вид. Установлено, что в этом случае свойство согласованности является достаточным, а при определенных предположениях и необходимым условием глобальной управляемости спектра.

Ключевые слова: линейные системы с последствием, приводимость, показатели Ляпунова, ляпуновские инварианты.

Введение

Данная работа посвящена изучению свойств решений дифференциального включения

$$\dot{x} \in F(f^t \sigma, x), \quad \sigma \in \Sigma, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad (0.1)$$

где $F(\sigma, x)$ представляет собой компактное множество в \mathbb{R}^n , а Σ — компактное метрическое пространство, минимальное относительно потока f^t . В работах [1, 3–5, 8–10] рассматривались системы ...

Следует отметить, что пока отсутствует «принцип плотности» для рекуррентных решений.

Рассматриваемая здесь система уравнений с последствием порождает полупоток на некотором банаховом пространстве функций. Это обстоятельство впервые отметил Н. Н. Красовский [1, глава 3].

§ 1. Основные обозначения и определения

Пусть \mathbb{R}^n — стандартное евклидово пространство размерности n , и пусть $|x| = \sqrt{x^*x}$ — норма в \mathbb{R}^n

Рассмотрим систему уравнений с последствием, то есть систему

$$\dot{x}(t) = \int_{-r}^0 dA(t, s)x(t+s), \quad t \in \mathbb{R} = (-\infty, \infty). \quad (1.1)$$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке конкурсного центра Минобразования России (гранты Е06-1.0-5, Е07-1.0-100) и РФФИ (грант 06-01-00014).

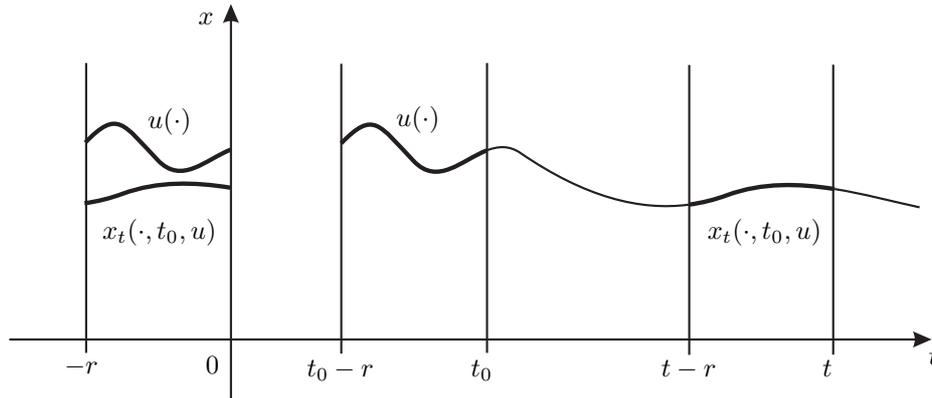


Рис. 1. Движение, порожденное решением системы (1.1)

В дальнейшем систему (1.1) будем отождествлять

$$\dot{y}(t) = \int_{-r}^0 dB(t, s)y(t + s), \quad t \in \mathbb{R} = (-\infty, \infty). \tag{1.2}$$

Замечание 1. Н. Н. Красовский предлагает [1, с. 131] характеризовать асимптотическое поведение системы $\dot{y}(t) = \int_{-r}^0 dB(t, s)y(t + s) \dots$

§ 2. Инвариантные и вполне регулярные множества

Определение 1 (см. [8], [9, с. 110]). Подмножество \mathcal{X}_0 будем называть *регулярным* относительно системы (1.2), введенной в § 1

Лемма 1 (см. [13, с. 123]). Пусть \mathcal{X}_0 — фиксированное конечномерное линейное подпространство

Д о к а з а т е л ь с т в о. Покажем, что □

§ 3. Теорема о приводимости

Мы предполагаем (см. рис. 1), что множество попарно различных показателей Ляпунова системы A не более чем счетно и их можно упорядочить в порядке убывания. Расположим функции u^1, \dots, u^p , образующие базис² в порядке возрастания

Теорема 1 (о триангуляции). Если \mathbb{S}^p вполне регулярно, то:

- а) найдутся система B (с ограниченной на \mathbb{R}_+ матрицей $B(t)$) и ляпуновское преобразование, приводящее (A, \mathbb{S}^p) к B ;
- б) в множестве $\{B\}$ всех систем, кинематически подобных (A, \mathbb{S}^p) , найдется система с непрерывной и ограниченной верхней треугольной матрицей $B(t)$.

§ 4. Доказательство теоремы 1

1. Еще раз поясним смысл некоторых обозначений. Зафиксируем в подпространстве
 2. Выберем пока произвольную непрерывную функцию
 3. Построим теперь функцию $t \rightarrow \hat{B}(t)$ так,
- Далее, из равенства $\hat{Y}(t, 0) = V(t)$ следует неравенство

$$|\hat{Y}(t, 0)| \leq \alpha |V(t)Z(t)| = \dots = \alpha |Z(t)| \leq \alpha \sqrt{r} \|U_t\|_{\mathbb{R}^p \rightarrow \mathfrak{S}}, \tag{4.1}$$

что и требовалось доказать. □

Теорема 2. Пусть выполнены условия предположения 1. Тогда ...

²При каждом t запись $\hat{L}(t)$ означает

Лемма 2. Пусть

Предложение 1. Пусть

Утверждение 1. Пусть

Следствие 1. Пусть

Гипотеза 1. Теорема 2 верна.

Определение 2. Множество A называется *регулярным*, если

Замечание 2. Заметим, что

Пример 1. Рассмотрим пример

Предположение 1. Функции $\xi_i(t)$ являются почти периодическими в смысле Бора.

Условие 1. Начальные позиции участников таковы, что

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. М.: Физматгиз, 1959. 550 с.
2. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. М.: Едиториал УРСС, 2004. 400 с.
3. Былов Б.Ф., Виноград Р.Э., Гробман Д.М., Немыцкий В.В. Теория показателей Ляпунова. М.: Наука, 1966. 576 с.
4. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1. М.: Наука, 1966. 608 с.
5. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. 10-е изд. М.: Наука, 1990. 624 с.
6. Филишова Т.Ф. Задачи о выживаемости для дифференциальных включений: дис. ... д-ра физ.-матем. наук / ИММ УрО РАН. Екатеринбург, 1992. 266 с.
7. Попова С.Н. Управление асимптотическими инвариантами линейных систем: автореф. дис. ... д-ра физ.-матем. наук. Екатеринбург, 2004. 34 с.
8. Stokes A. A Floquet theory for functional-differential equations // Proc. Nat. Ac. of Sci. 1962. Vol. 48. № 8. P. 1330–1334.
9. Шиманов С.Н. К теории линейных дифференциальных уравнений с последействием // Дифференциальные уравнения. 1965. Т. 1. № 1. С. 102–116.
10. Данилов Л.И. О почти периодических сечениях многозначных отображений // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2008. Вып. 2. С. 34–41.
11. Дерр В.Я. Об одном обобщении интеграла Римана–Стилтьеса // Известия Института математики и информатики УдГУ. Ижевск, 1997. Вып. 3 (11). С. 3–29.
12. Данилов Л.И. О почти периодических по Вейлю сечениях многозначных отображений / УдГУ. Ижевск, 2004. 104 с. Деп. в ВИНТИ 09.06.2004, № 981-B2004.
13. Родина Л.И., Тонков Е.Л. Почти инвариантные множества управляемых систем // Дифференциальные уравнения и топология: тез. докл. Междунар. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Л.С. Понтрягина. МГУ. М., 2008. С. 392–393.
14. Борисов А.В., Мамаев И.С., Болсинов А.В. Топология и устойчивость динамических систем // Регулярная и хаотическая динамика: тез. докл. Всероссийской конференции. УдГУ. Ижевск, 2010. С. 11.
15. Зайцев В.А. Достижимость и ляпуновская приводимость линейных управляемых систем // Оптимизация, управление, интеллект: сб. статей. ИДСТУ СО РАН. Иркутск, 2005. № 2 (10). С. 76–84.
16. Bell M.G. Compact ccc non-separable spaces of small weight // Topology Proceedings. 1980. Vol. 5. P. 11–25. URL: <http://topo.math.auburn.edu/tp/reprints/v05/tp05002s.pdf>

Иванов Петр Сидорович, д. ф.-м. н., профессор, кафедра дифференциальных уравнений, Удмуртский государственный университет, 426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1.
E-mail: psi@usu.mat.com

P. S. Ivanov

Consistency and control over eigenvalue spectrum

Keywords: linear systems with delay, reducibility, Lyapunov exponents, Lyapunov invariants.

Mathematical Subject Classifications: 34D08, 93C15

We consider a linear control system with an incomplete feedback

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad y = C(t)x, \quad u = U(t)y.$$

We study the problem of control over asymptotic behaviour of the closed-loop system

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t)C(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n. \quad (1)$$

For the above system, we introduce the concept of consistency, which is a generalization of the concept of complete controllability onto systems with incomplete feedback. The focus is on the consistency property of system (1). We have obtained new necessary conditions and sufficient conditions for the consistency of the above system including the case when the system is time-invariant.

For time-invariant system (1), we study the problem of global control over eigenvalue spectrum. The objective is to reduce a characteristic polynomial of a matrix of stationary system (1) to any prescribed polynomial by means of time-invariant control U . By methods of linear algebra, we obtain necessary and sufficient conditions for global controllability over the spectrum in the case where the system coefficients have a special form. In that case, we establish that the property of consistency is sufficient for the global controllability over the spectrum, and under certain assumptions it is necessary too.

REFERENCES

1. Krasovskii N.N. *Nekotorye zadachi teorii ustoychivosti dvizheniya* (Some problems of the theory of stability of motion), Moscow: Fizmatgiz, 1959, 550 p.
2. Kalman R., Falb P., Arbib M. *Topics in mathematical system theory*, New York: McGraw-Hill, 1969, 358 p. Translated under the title *Ocherki po matematicheskoi teorii sistem*, Moscow: Editorial URSS, 2004, 400 p.
3. Bylov B.F., Vinograd R.E., Grobman D.M., Nemytskii V.V. *Teoriya pokazatelei Lyapunova i ee prilozheniya k voprosam ustoychivosti* (Theory of Lyapunov exponents and its application to problems of stability), Moscow: Nauka, 1966, 576 p.
4. Fikhtengol'ts G.M. *Kurs differentsial'nogo i integral'nogo ischisleniya* (A course of differential and integral calculus), vol. 1, Moscow: Nauka, 1966, 608 p.
5. Demidovich B.P. *Sbornik zadach i uprazhnenii po matematicheskomu analizu* (A collection of problems and exercises in mathematical analysis), Moscow: Nauka, 1990, 624 p.
6. Filippova T.F. Problems of viability for differential inclusions, *Dr. Sci. (Phys.-Math.) Dissertation*, Yekaterinburg, 1992, 266 p.
7. Popova S.N. Control over asymptotic invariants of linear systems, *Abstract of Dr. Sci. (Phys.-Math.) Dissertation*, Yekaterinburg, 2004, 34 p.
8. Stokes A. A Floquet theory for functional-differential equations, *Proc. Nat. Ac. of Sci.*, 1962, vol. 48, no. 8, pp. 1330–1334.
9. Shimanov S.N. To the theory of the linear differential equations with aftereffect, *Differ. Uravn.*, 1965, vol. 1, no. 1, pp. 102–116.
10. Danilov L.I. On almost periodic selections of multivalued maps, *Vestn. Udmurt. Univ. Mat. Mekh. Komp'yut. Nauki*, 2008, no. 2, pp. 34–41.

11. Derr V.Ya. On a generalization of Riemann—Stieltjes integral, *Izv. Inst. Mat. i Inform. Udmurt. Gos. Univ.*, Izhevsk, 1997, no. 3 (11), pp. 3–29.
12. Danilov L.I. On Weyl almost periodic selections of multivalued maps, UdSU, Izhevsk, 2004, 104 p. Deposited in VINITI 09.06.2004, no. 981-B2004.
13. Rodina L.I., Tonkov E.L. The almost invariant sets of controlled systems, *Differential Equation and Topology: Abstracts of Int. Conf. Dedicated to the Centennial Anniversary of Lev Semenovich Pontryagin*, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 2008, pp. 392–393.
14. Borisov A.V., Mamaev I.S., Bolsinov A.V. Topology and stability of dynamic systems, *Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika: tez. dokl. Vserossiiskoi konferentsii* (Regular and chaotic dynamics: abstracts of All-Russian conference), Udmurt State University, Izhevsk, 2010, p. 11.
15. Zaitsev V.A. Attainability and Lyapunov reducibility of linear control systems, *Optimizatsiya, upravlenie, intellekt: sbornik statei* (Optimization, control, intelligence: Transactions), Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 2005, no. 2 (10), pp. 76–84.
16. Bell M.G. Compact ccc non-separable spaces of small weight, *Topology Proceedings*, 1980, vol. 5, pp. 11–25. <http://topo.math.auburn.edu/tp/reprints/v05/tp05002s.pdf>

Received 01.02.2012

Ivanov Petr Sidorovich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Department of Differential Equations, Udmurt State University, ul. Universitetskaya, 1, Izhevsk, 426034, Russia.
E-mail: psi@usu.mat.com