Сойкин Борис Михайлович

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОБЪЕКТОВ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассмотрены основные проблемы математического моделирования напряженно-деформированного состояния тонкостенных конструкций в виде круговых цилиндрических оболочек. Представлена таблица новых формул, обеспечивающих суммирование бесконечных тригонометрических рядов, используемых для решения контактных задач механики упруго деформируемых систем. Приведен пример расчета экономической эффективности результатов внедрения выполненных исследований.

Источник
Альманах современной науки и образования
Тамбов: Грамота, 2012. № 6 (61). C. 142-147. ISSN 1993-5552.
Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html
Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/6/

Список литературы

1. **ГОСТ Р 53893-2010. Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента.** М.: Стандартинформ, 2011.
2. **Развитие интегрированных систем менеджмента предприятий нефтеперерабатывающей промышленности в России** [Электронный ресурс]: Закон Республики Италия № 212/92 от 26 февраля 1992 г. URL: http://14000.ru/integrated/ (дата обращения: 22.05.2012).
3. **Ситниченко В. М., Стоякин Е. А.** Интегрированная система менеджмента как основа устойчивого развития предприятия // Методы менеджмента качества. 2004. № 8. С. 4-5.

УДК 001
Технические науки

В статье рассмотрены основные проблемы математического моделирования напряженно-деформированного состояния тонкостенных конструкций в виде круговых цилиндрических оболочек. Представлена таблица новых формул, обеспечивающих суммирование бесконечных тригонометрических рядов, используемых для решения контактных задач механики упруго деформируемых систем. Приведен пример расчета экономической эффективности результатов внедрения выполненных исследований.

Ключевые слова и фразы: расчет и проектирование; летательные аппараты; тонкостенные оболочки; дифференциальные уравнения; двумерные задачи; двойные тригонометрические ряды; теорема разложения; металлообработка.

Борис Михайлович Сойкин, д.т.н., профессор
Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
bomsoy@yandex.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОБЪЕКТОВ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ©

Последние публикации в отечественных газетах и научно-технических журналах свидетельствует о глубочайшем кризисе, постигшем науку в области безопасного функционирования космических летательных аппаратов, средств гражданского строительства и судостроения. Особую настороженность вызывает безопасность действующих и вновь создаваемых объектов машиностроения и приборостроения. Основной причиной аварий и катастроф в объединенной авиакосмической корпорации (ОАК) академик МГУ им. Баумана И. Б. Фёдоров справедливо считает существенные погрешности компьютерных вычислений, которые закладываются в проектную конструкторскую документацию.

В расчетах объектов цилиндрической формы (тонкостенных оболочек) используются приближенные дифференциальные уравнения в лучшем случае четвертого порядка, в то время как реальное поведение конструкции описывается дифференциальным уравнением восьмого порядка в частных производных с переменными коэффициентами. Решение такого уравнения считается возможным только приближённым численным методом с привлечением простых операций, необходимых для вычисления сумм двойных тригонометрических рядов, что сопряжено с большими, часто недопустимыми, погрешностями. Разработанная автором методика расчета основана на базе точного математического решения основополагающего разрешающего уравнения восьмого порядка с переменными коэффициентами. Разработанная методика многократно проверенная на практике позволяет гарантировать работоспособность и безопасность функционирования исследуемых конструкций.

С научной точки зрения наиболее важным и сложным объектом для изучения поведения конструкций под нагрузкой является цилиндрическая оболочка, содержащая, как известно, наибольшее количество характерных свойств изделий произвольного типа и наиболее важным конструктивным типом с точки зрения практического применения.

Целью настоящей работы является обобщение результатов многолетних исследований, связанных с изучением напряженно-деформированного состояния тонкостенных изделий в виде пластин и оболочек, выполненных из изотропных и анизотропных материалов (достаточно подробная библиография опубликованных работ приведена в статье [4]). Ниже даётся систематизированное изложение методики решения прикладных задач, основанных на вычислениях двойных тригонометрических рядов, содержащих алгебраические функции. Разработанные теоретические соотношения представляют интерес для практики инженерных расчетов двумерных задач механики тонкостенных элементов.

Излагаемый метод эффективно использовать для решения классических уравнений Доннелла и С. П. Тимошенко [2; 5].

Предлагаемый подход позволяет заложить фундамент для решения самых разнообразных задач, связанных с оптимизацией машиностроительных конструкций и прогрессивных технологических процессов их изготовления, что представляется весьма важным для научно-технической подготовки современного производства.

Рассмотрим сначала общие вопросы теории пластин и оболочек, изложенные в монографиях [Там же]. В классической постановке напряженно-деформированное состояние тонкостенных пластин и оболочек может быть описано линейным дифференциальным уравнением в частных производных с переменными коэффициентами

$$\sum_{i,j} a_{ij} \frac{\partial^{(i+j)} F}{\partial x^i \, \partial y^j} = V(x,y) \tag{1}$$

где a_{ij} - переменные коэффициенты, зависящие от геометрических размеров и физико-механических свойств материала пластины или оболочки;

F - искомая функция в виде напряжений или перемещений;

$V(x,y)$ - функция внешних объемных сил, действующих на пластину или оболочку;

x, y - координаты исследуемой точки;

i, j - натуральные числа.

Для круговых цилиндрических оболочек данное уравнение имеет наибольший порядок, т.е. $i+j=8$, для пластин $i+j=4$.

Обратимся к рассмотрению наиболее сложной двумерной задачи, связанной с решением дифференциального уравнения восьмого порядка в частных производных.

Решение уравнения (1) обычно осуществляется в перемещениях методом двойных тригонометрических рядов, представляемых в следующем виде:

$$\begin{aligned} u &= \sum_m \sum_n C_{mn} \cos\frac{m\pi x}{\ell} \cos n\phi \\ \vartheta &= \sum_m \sum_n D_{mn} Sin\frac{m\pi x}{\ell} Sinn\phi \\ w &= \sum_m \sum_n A_{mn} Sin\frac{m\pi x}{\ell} Cosn\phi \end{aligned} \tag{2}$$

где u, ϑ, w - перемещения срединной поверхности цилиндрической оболочки в осевом, окружном и радиальном направлениях соответственно;

ϕ - угловая координата;

C_{mn}, D_{mn}, A_{mn} - амплитудные значения перемещений;

m, n - натуральные числа (индексы суммирования).

Примеры конкретного применения тригонометрических рядов приведены в работах, цитируемых в статье [4]. Некоторые приближенные значения сумм двойных тригонометрических рядов (2) для частных задач содержатся в монографии С. П. Тимошенко [5].

Наиболее сложные по структуре ряды, содержащие алгебраические функции, вычисляют численным методом, основанном на использовании быстродействующих ЭВМ. Стандартный расчет отличается большой трудоемкостью и неоправданно большими затратами машинного времени (до 40 часов и более, Табл. 4, Рис. 1). Автором установлено, что суммирование даже самых сложных двойных тригонометрических рядов может быть осуществлено и аналитически. Для этих целей была разработана эффективная методика разложения алгебраических дробей со знаменателем в виде многочлена четвертой и восьмой степени [4]. Нахождение искомых сумм (2) проводилось с применением операции двойного интегрирования исследуемых функций с бесконечными пределами изменения независимых переменных *m* и *n*. При замене суммы на интеграл вносится определенная погрешность, поэтому все решения, приведенные в работе, были проверены на адекватность, для чего использовались быстродействующие ЭВМ первого поколения.

Результаты выполненных исследований представлены в виде нижеследующей таблицы, составленной по аналогии с таблицей основных интегралов [1].

Табл. 1. *Важнейшие суммы двойных рядов с тригонометрическими и алгебраическими функциями*

I. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty} \sum_{n=0,1,2,..}^{\infty} \frac{m^2 \cos m\pi x}{\left(A^2 m^2 + n^2\right)^2 + B^4} = \frac{\pi^2}{4A}\left(1-\sqrt{2}Bx\right)e^{-\sqrt{2}Bx}$$

II. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty} \sum_{n=0,1,2,..}^{\infty} \frac{\cos m\pi x}{\left(A^2 m^2 + n^2\right)^2 + B^4} = \frac{\pi^2}{8AB^2}\left(1+\sqrt{2}Bx\right)e^{-\sqrt{2}Bx}$$

III. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2..}^{\infty}\frac{m^2\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2\sin m\pi x_0\sin m\pi x}{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^4+ABm^4}=\frac{0,01819}{(AB)^{\frac{3}{8}}}\left(\ (x_0-x)^{-\frac{3}{2}}-(x_0+x)^{-\frac{3}{2}}\ \right)$$

IV. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1.2..}^{\infty}\frac{n^2\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2\sin m\pi x_0\cdot\sin m\pi x}{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^4+ABm^4}=\frac{0,7256}{(AB)^{\frac{1}{8}}}\left((x_0-x)^{-\frac{1}{2}}-(x_0+x)^{-\frac{1}{2}}\right)$$

V. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2,..}^{\infty}\frac{m^2\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2\cos m\pi x}{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^4+ABm^4}=\frac{0,04782}{(AB)^{\frac{3}{8}}}\cdot x^{-\frac{3}{2}}$$

VI. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2,..}^{\infty}\frac{n^2\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2\cos m\pi x}{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^4+ABm^4}=\frac{0,7256}{(AB)^{\frac{1}{8}}}\cdot x^{-\frac{1}{2}}$$

VII. $$\sum_{m=1,3,.}^{\infty}\sum_{n=0,1,2,.}^{\infty}\frac{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2\sin m\pi x_0\sin m\pi x}{\left(\ \sqrt{A}m^2+n^2\ \right)^4+ABm^4}=\frac{0,71826}{(AB)^{\frac{3}{8}}}\left((x_0+x)^{\frac{1}{2}}-(x_0-x)^{\frac{1}{2}}\right)$$

VIII. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2,.}^{\infty}\frac{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^2}{\left(\sqrt{A}m^2+n^2\right)^4+ABm^4}=\frac{0,71826}{(AB)^{\frac{3}{8}}}$$

IX. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2,.}^{\infty}\frac{1}{\left(A^2m^2+n^2\right)^2+B}=\frac{0,71826}{A\sqrt{B}}$$

X. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,2}^{\infty}\frac{m^2}{\left(Am^2+n^2\right)^2+B}=\frac{\pi^2}{4\sqrt{A}}$$

XI. $$\sum_{m=1,3,..}^{\infty}\sum_{n=0,1,..}^{\infty}\frac{\left(A^2m^2+n^2\right)^2}{\left(A^2m^2+n^2\right)^4+\left(A^2m^2+n^2\right)^2B+A^4Cm^4}=\frac{\pi^2}{16A\sqrt[4]{B+AC^{\frac{3}{4}}}}$$

В прикладных задачах общей теории цилиндрических оболочек переменные параметры обозначают:
- в формулах I-X Табл. 1:

$$A=\frac{\pi^4R^4}{\ell^4}\frac{E_1}{E_2};\ \ B=12(1-\nu_1\nu_2)\left(\frac{R}{h}\right)^2$$

где R,ℓ,h - радиус, длина и толщина оболочки;

$E_{1,}E_2$ - модули нормальной упругости материала оболочки в осевом и окружном направлениях;

$\nu_{1,}\nu_2$ - коэффициенты Пуассона;

- в формуле XI Табл. 1:

$$A=\frac{\pi R}{\ell};\ \ B=\frac{KR^4}{D};\ \ C=12\left(\frac{R}{h}\right)^2$$

где K - модуль упругого основания оболочки с заполнителем (коэффициент постели);

D - цилиндрическая жесткость оболочки.

Другие символы ракрыты выше.

На Рис. 1 (а, б) представлены расчетные зависимости, вычисленные по формуле I Табл. 1.

Сплошная кривая построена по аналитической формуле S_2, а расчетные точки в виде треугольников получены методом численного суммирования двойного ряда S_1 Табл. 1. Расчеты выполнялись с помощью ЭВМ IBM PC-AT с 286 процессором. Суммирование ряда по индексу *n* велось до 10000 циклов, а по индексу *m* до 1000 циклов. Расчет осуществлялся по 15 точкам. Трудоемкость расчетов составила 40 часов машинного времени.

Тригонометрические ряды I Табл. 1 обладают чрезвычайно медленной сходимостью, а в точке с координатой $\frac{x}{\ell}=0$ становятся расходящимися. Для получения достаточно точного результата численным методом 40 часов машинного времени здесь явно недостаточно. Аналитическая формула для S_2 (Рис. 1) дает для этого случая вполне конкретные конечные результаты.

Результаты численного анализа других формул приведены в Табл. 2, 3. Данные об экономической эффективности предлагаемых формул содержатся в Табл. 4.

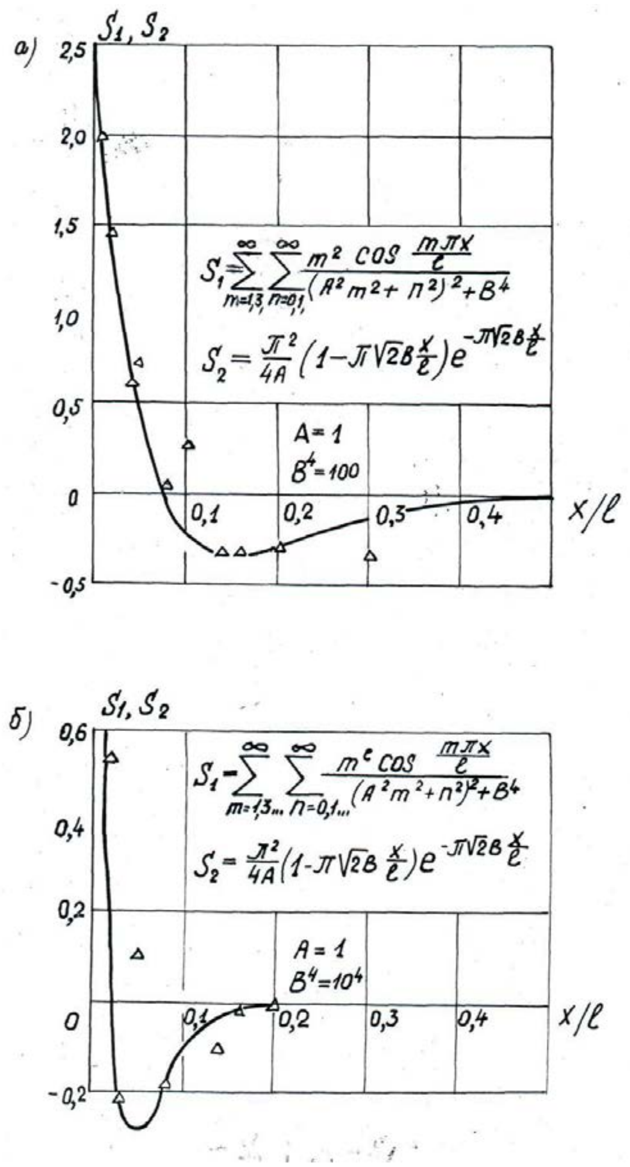

Рис. 1

Табл. 2. *Сравнительный анализ формулы VIII Табл. 1, выполненный с помощью ЭВМ*

A	B	S_1	S_2	δ, %
1,00	10000	0,02266901	0,02271337	-0,2
1,00	25000	0,01604321	0,01610846	-0,4
1,00	1000000	0,00399054	0,00403907	-1,2
1,00	9000000	0,00172937	0,00177190	-2,4
1,00	25000000	0,00116627	0,00120796	-2,6
0,10	10000	0,05400549	0,05386190	+0,2
0,10	25000	0,03802338	0,03819919	-0,5
0,10	1000000	0,00949797	0,00957815	-0,8
0,10	10000000	0,00396470	0,00403907	-1,8
0,10	50000000	0,00213456	0,00220885	-3,4
0,01	10000	0,12627008	0,12772669	-1,1
0,01	100000	0,05378073	0,05386190	-0,2
0,01	1000000	0,02259894	0,02271337	-0,5
0,01	10000000	0,00944733	0,00957815	-1,4
0,01	100000000	0,00399653	0,00403907	-1,0

Примечание к таблице:
S_1 - левая часть табличной формулы VIII;
S_2 - правая часть формулы VIII.
Вычисление S_1 осуществлялось с погрешностью $E=10^{-8}$.

Табл. 3. *Численный анализ формулы XI Табл. 1*

A	B	C	S_1	S_2
1,0	100 1000 1000 1000000	1000 10000 100000 100000	0,0373 0,0120 0,0039 0,00057	0,0370 0,0138 0,0049 0,0006
0,5	100 10000 1000000	100000 10000 1000	0,0226 0,0011 0,0012	0,0229 0,0012 0,0012
0,1	100 100 10000 10000 1000000	10000 1000 1000 10000 100000	0,4314 0,3869 0,0427 0,0552 0,0058	0,4362 0,5684 0,062 0,0614 0,062

Примечания к таблице:

1. S_1 - левая, S_2 - правая часть формулы XI Табл. 1.
2. Расчет S_1 проводился на ЭВМ COMMODORE 128 ROBOTRON с удержанием 100 членов ряда с индексами *m* и *n*.
3. Машинное время выполнение программы для S_1 - 15 мин.

Табл. 4. *Сравнительный анализ трудоемкости решения задачи численным методом S_1 и по аналитической формуле S_2 (правая часть) формулы I Табл. 1*

Наименование работы	Трудоемкость, час.	
	S_1	S_2
1. Разработка алгоритма решения задачи 2. Составление программ 3. Отладка программы и проверка на синтаксис 4. Расчет пробных вариантов и поиск оптимального 5. Расчет конкретного варианта для одной точки на графике (Рис. 1)	5,0 3,0 2,0 8,0 3,0	- 0,5 0,3 - 0,0005 (2с)
Итого Общее время на решение задачи Из них машинное время ЕС - 1046 Затраты, связанные с непосредственным расчетом, руб.	21,0 13,0 $13{,}0 \times 100$ =1300	0,8 0,0005 $0{,}0005 \times 100$ =0,05

Примечания к Таблице 4:

1. Стоимость одного часа машинного времени ЕС-1046 - 100 руб. (по ценам 1980 г.).
2. Расчет S_1 по формуле двойной суммы проводился с погрешностью $E=10^{-12}$.

Из Табл. 4 следует, что общее время решения задачи по вычислению двойного тригонометрического ряда I по стандартной методике составило 21 час, в том числе 13 час. машинного времени, в то время как по предлагаемой аналитической формуле потребовалось менее одного часа общего и три секунды машинного времени. В денежном выражении экономический эффект от предложенной разработки составил свыше 1300 руб. на одну расчетную точку (при однозначных значениях параметров A и B и фиксированной координате X). Результаты экспериментальных исследований по изучению деформированного состояния ортотропной оболочки приведены в работе [5].

Выводы

1. Установлена техническая и экономическая целесообразность развития и применения аналитического метода решения научно-практических задач, связанных с вычислением бесконечных сумм двойных рядов, содержащих тригонометрические и алгебраические функции.

2. Получены новые аналитические соотношения, позволяющие упростить процесс решения двумерных задач механики деформируемого твердого тела.

3. Научные результаты работы доведены до конечных формул и представлены в виде таблицы, содержащей важнейшие суммы двойных рядов с тригонометрическими и алгебраическими функциями (Табл. 1).

4. В работах, цитируемых в статье [3; 4], приведены примеры практического использования соотношений, приведенных в Табл. 1.

5. Разработаны новые принципы построения теории оболочек, максимально упрощено написание исследуемых параметров.

Впервые публикуемые соотношения позволяют унифицировать методику решения дифференциальных уравнений восьмого и четвертого порядков в частных производных и уменьшить (на три-пять порядков) трудоемкость вычислительных операций; связанных с определением перемещений и напряжений в тонкостенных оболочках.

6. Достоверность найденных аналитических решений подтверждена данными численных расчетов на ЭВМ, Табл. 2, 3, Рис. 1 (а, б).

7. Приведенные в статье результаты теоретических исследований хорошо согласуются с данными экспериментов [5].

Новые теории и методы открывают неограниченные возможности для совершенствования научного аппарата. Большое значение при этом является внедрение математических методов в сферу технических средств и технологическую науку, открывая дополнительные возможности применения существующей справочно-методической литературы, используемой для научно-технической подготовки производства.

Общие вопросы из теории суммирования двойных тригонометрических рядов могут быть полезны для математиков-прикладников, вычислителей, механиков, инженеров-конструкторов, технологов, аспирантов и студентов вузов.

Список литературы

1. **Градштейн И. С., Рыжик И. М.** Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Наука, 1971. 1108 с.
2. **Доннелл Л. Г.** Балки, пластины и оболочки / пер. с англ.; под ред. Э. И. Григолюка. М.: Наука (Главная редакция физико-математической литературы), 1982. 568 с.
3. **Сойкин Б. М.** Актуальные проблемы механической обработки тонкостенных цилиндрических оболочек, выполненных из ортотропных материалов // Металлообработка. 2004. № 3 (21). С. 2-6.
4. **Сойкин Б. М.** Теорема разложения: развитие и использование при решении актуальных проблем металлообработки // Проблемы машиноведения и машиностроения: межвуз. сб. СПб.: СЗТУ, 2008. Вып. 38. С. 15-23.
5. **Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С.** Пластинки и оболочки / пер. с англ.; под ред. Г. С. Шапиро. М.: Наука (Главная редакция физико-математической литературы), 1966. 636 с.

УДК 81'243
Педагогические науки

В данной статье рассматривается проблема влияния знания первого иностранного языка на изучение второго иностранного языка в высших учебных заведениях. На основании анализа результатов исследования устанавливается, что влияние может быть как положительным, так и отрицательным. В статье изучаются основные факторы, оказывающие влияние на изучение второго иностранного языка. Автором предложены некоторые методы работы, позволяющие уменьшить отрицательное влияние.

Ключевые слова и фразы: первый иностранный язык; второй иностранный язык; влияние; интерференция; трансференция; психологические особенности.

Наталия Анатольевна Стрекалова
Кафедра иностранных языков экономических и юридических специальностей
Сыктывкарский государственный университет
kafinjaseus@syktsu.ru

ВЛИЯНИЕ ПЕРВОГО ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА НА ИЗУЧЕНИЕ ВТОРОГО ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА©

Значимость иностранного языка была доказана неоднократно. Однако еще большее значение приобретает знание нескольких иностранных языков. Еще Карл V, римский император, говорил, «испанским языком прилично говорить с Богом, французским с друзьями, немецким - с неприятелем, итальянским - с женским полом». Не стоит забывать и о русском классике А. П. Чехове, который говорил: «Сколько языков ты знаешь - столько раз ты человек». В современном мире с развитием и укреплением культурных, деловых и научных контактов, знание нескольких иностранных языков становится уже необходимостью. Действительно, знание иностранных языков облегчает путешествия, расширяет возможности карьерного роста, а также позволяет больше узнать о различных народах и культурах. Поэтому уже в школах, а также и в высших учебных заведениях начинают изучать второй иностранный язык.

Однако, несмотря на все положительные стороны изучения второго иностранного языка, у студентов возникает неоднозначное отношение к данному предмету. Это доказывает анкетирование, проведенное среди студентов 1 курса, которые начали изучать второй иностранный язык (английский). О положительном влиянии знаний первого иностранного языка на изучение второго свидетельствуют такие ответы: «перевод слов может быть одинаковым», «иногда грамматические правила почти похожи», «схожее построение предложений», «есть похожие слова, поэтому их легче запомнить», «буквы алфавита одинаковые». Отрицательное влияние проявляется в следующих высказываниях: «произношение совсем другое, иногда хочется прочитать на французском языке», «происходит путаница звуков», «буквы иногда путаешь», « грамматика отличается, что иногда вызывает затруднения и путаницу», «при разговоре присутствует акцент». При личной