

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

**ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 4 курса 441 группы
направления 01.05.00 Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем
факультета компьютерных наук и информационных технологий
Деминой Надежды Александровны

Научный руководитель
старший преподаватель кафедры
информатики и программирования
должность, уч.степень, уч.звание
инициалы, фамилия

_____ М.С. Портенко
подпись, дата

Зав.кафедрой
кандидат физико-математических
наук, доцент кафедры информатики
и программирования
должность, уч.степень, уч.звание
инициалы, фамилия

_____ А.Г. Федорова
подпись, дата

ВВЕДЕНИЕ

Параметрический синтез – это процесс, который заключается в подборке параметров обратных связей, с целью обеспечения быстрого затухания переходных процессов.

В данной работе параметрический синтез будет проводиться над динамической системой, которая включает в себя внешнюю сферическую камеру, внутри которой находится сферическая платформа, между камерой и платформой протекает вязкая несжимаемая жидкость, гироскопы, турбонасос, который прокачивает жидкость, и корректирующее устройство. При изменении углов внешней камеры, требуется чтобы платформа оставалась неподвижной. С помощью параметрического синтеза нужно подобрать такие параметры корректирующего устройства, чтобы изменение углов платформы было как можно меньше и ее движение останавливалось как можно быстрее.

Таким образом, для системы плавающей гиросtabilизированной платформы с заданными параметрами требуется найти область устойчивости, подобрать начальные параметры для параллельного синтеза, провести параметрический синтез с помощью двух различных алгоритмов и реализовать параллельные версии данных алгоритмов с помощью OpenMP и параллельных шаблонов Microsoft. Провести сравнения версий по времени и качеству работы.

1 Параметрический синтез

Под *параметрическим синтезом* понимается процедура подбора величин параметров обратных связей $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_{N_p})^T \in \mathbb{R}^{N_p}$ (и, возможно, некоторых других конструктивных параметров) с целью обеспечения быстрого затухания переходных процессов, т.е. требуемого качества переходных функций $[h_{\nu_j}(t)]$.

Переходную функцию $h(t)$ можно выразить через действительную частотную характеристику

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty R(\omega, \mathbf{p}) \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega, \quad R(\omega, \mathbf{p}) = \operatorname{Re} \Phi(i\omega, \mathbf{p}).$$

Желаемая вещественная частотная характеристика имеет вид

$$R^*(\omega) = \operatorname{Re} \Phi^*(i\omega) = [1 - (t_0\omega)^2] / [1 + (t_0\omega)^4].$$

$\Omega_{st} \subset \mathbb{R}^{N_p}$ – область устойчивости в пространстве параметров обратных связей $\mathbf{p} \in \mathbb{R}^{N_p}$. Заметим, что принадлежность набора параметров обратных связей \mathbf{p} области устойчивости Ω_{st} достаточно быстро проверяется при помощи теорем об устойчивом квазимногочлене, а также об асимптотически устойчивых, неустойчивых и устойчивых, но не асимптотически квазирациональных дробях. Фактически, потребуется быстро вычислить приращение аргумента частного годографа характеристического квазимногочлена.

Далее, подбор величин параметров обратных связей \mathbf{p} требуется выполнять лишь в пределах области устойчивости Ω_{st} . Для того, чтобы по возможности приблизить вещественную частотную характеристику $\operatorname{Re} \Phi(i\omega, \mathbf{p})$ к желаемой частотной характеристике, выполним минимизацию функции $F : \mathbb{R}^{N_p} \rightarrow \mathbb{R}$.

Таким образом, алгоритм заключается в вычислении и минимизации функции F . Для обычного алгоритма функция выглядит следующим образом:

$$F(\mathbf{p}) \rightarrow \min$$

$$F(\mathbf{p}) = \begin{cases} \left[C_0 + \|R_A(0, \mathbf{p})\|^{-2} \right] \int_0^\infty \left[\|R_A(\omega, \mathbf{p}) - R_A(0, \mathbf{p})R_A^*(\omega)\|^2 + c_1 \|R_A'(\omega, \mathbf{p}) - \right. \\ \left. - R_A(0, \mathbf{p})R_A^{*'}(\omega)\|^2 + c_2 \|R_A''(\omega, \mathbf{p}) - R_A(0, \mathbf{p})R_A^{*''}(\omega)\|^2 \right] d\omega, \mathbf{p} \in \Omega_{st} \\ M \gg 1, \mathbf{p} \notin \Omega_{st} \end{cases}$$

$$C_0 = \|R_A(0, \mathbf{p}_0)\|^{-2}, \quad ()' = d() / d\omega.$$

Для адаптивного алгоритма функция выглядит:

$$F(\mathbf{p}, t_0, \alpha) = \begin{cases} f(\mathbf{p}, t_0^{(\min)}, \alpha), t_0 < t_0^{(\min)}, \mathbf{p} \in \Omega_{st} \\ f(\mathbf{p}, t_0^{(\min)}, \alpha), t_0 > t_0^{(\max)}, \mathbf{p} \in \Omega_{st} \\ f(\mathbf{p}, t_0^{(\min)}, 0), \alpha < 0, \mathbf{p} \in \Omega_{st} \\ f(\mathbf{p}, t_0^{(\min)}, \alpha), \alpha > \alpha^{(\max)}, \mathbf{p} \in \Omega_{st} \\ f(\mathbf{p}, t_0, \alpha), (t_0, \alpha) \in [t_0^{(\min)}, t_0^{(\max)}] \times [0, \alpha^{(\max)}], \mathbf{p} \in \Omega_{st} \end{cases}.$$

2 Модель гиросtabilизированной платформы

Матричное уравнение первого приближения движения системы в изображениях по Лапласу при нулевых начальных условиях записывается в виде

$$(I\lambda^2 + (\Pi_\omega(\lambda) + \Pi_L(\lambda)\Phi_u(\lambda)\Phi_k(\lambda)\Phi_1(\lambda))\lambda) \begin{bmatrix} \alpha(\lambda) \\ \beta(\lambda) \\ \gamma(\lambda) \end{bmatrix} = \Pi_\Omega(\lambda) \begin{bmatrix} \Omega_x(\lambda) \\ \Omega_y(\lambda) \\ \Omega_z(\lambda) \end{bmatrix} + \Sigma \begin{bmatrix} L_s \text{sign}(\Omega_x(t)) \\ L_s \text{sign}(\Omega_y(t)) \\ L_s \text{sign}(\Omega_z(t)) \end{bmatrix},$$

где λ – произвольная комплексная переменная интегрального преобразования Лапласа; I – момент инерции платформы относительно главных центральных осей x, y, z ; $\Pi_{\omega(\lambda)}$ – передаточная функция момента касательных гидродинамических напряжений на сферической поверхности платформы, обусловленных поворотами платформы относительно системы $Ox_0y_0z_0$; $\Pi_{L(\lambda)}$ – передаточная функция корректирующего устройства; $\Pi_{\Omega(\lambda)}$ – передаточная функция возмущающих гидродинамических моментов

M_x, M_y, M_z ; L_s – момент сил трения токопроводов платформы, скользящих по стенкам камеры, Σ – оператор интегрального преобразования Лапласа.

Математическую модель первого приближения пространственной гироскопической системы угловой стабилизации индикаторного типа плавающей платформы с гидродинамическими двигателями стабилизации, которая представима в форме

$$\begin{bmatrix} \alpha(\lambda) \\ \beta(\lambda) \\ \gamma(\lambda) \end{bmatrix} = \Phi_{\Omega}(\lambda) \begin{bmatrix} \Omega_x(\lambda) \\ \Omega_y(\lambda) \\ \Omega_z(\lambda) \end{bmatrix} + \Phi_s(\lambda)L \begin{bmatrix} L_s \text{sign}(\Omega_x(t)) \\ L_s \text{sign}(\Omega_y(t)) \\ L_s \text{sign}(\Omega_z(t)) \end{bmatrix},$$

$$\Phi_{\Omega}(\lambda) = \frac{Q_{\Omega}(\lambda)}{D(\lambda)}, \Phi_s(\lambda) = \frac{Q(\lambda)}{Q(\lambda)}, Q_{\Omega}(\lambda) = \Pi_{\Omega}(\lambda)Q(\lambda),$$

$$D(\lambda) = (I\lambda^2 + \lambda\Pi_{\omega}(\lambda))(T_u\lambda + 1)(T\lambda + 1)(\tau_2\lambda + 1) + k_u k\Pi_4(\lambda)(\tau_1\lambda + 1)$$

$$Q(\lambda) = (T_u\lambda + 1)(\tau_2\lambda + 1)(T\lambda + 1)$$

Здесь $\Phi_{\Omega}(\lambda), \Phi_s(\lambda)$ – передаточные функции ошибок системы угловой стабилизации платформы, обусловленных соответственно гидродинамическими возмущениями моментов и моментом сил трения электрических контактов токопроводов платформы о сферическую стенку камеры; $D(\lambda)$ – характеристический квазимногочлен; $Q_{\Omega}(\lambda)$ – возмущающий квазимногочлен; $Q(\lambda)$ – возмущающий многочлен.

3 Программная реализация

3.1 Структура программного комплекса

Программный комплекс состоит из трех частей.

Основная часть – это библиотека Float_Platform. В данной библиотеке реализуется сама математическая модель гиросtabilизированной плавающей платформы, в виде полей и методов (функций), которые нужны для ее описания, поиска областей устойчивости, параметрического синтеза и получения значений переходных функций. Библиотека для точности и быстроты математических расчетов была написана на языке C++. Программный код приведен в приложениях.

Для ввода параметров платформы и вывода параметров обратных связей, времени выполнения и построения графиков было написано приложения на языке C#, которое работает с данными в документе Microsoft Excel.

Для того чтобы использовать библиотеку Float_Platform, написанную на неуправляемом C++, в приложении Windows Forms требовалось написать библиотеку-переходник To_NET на управляемом C++, и в ней класс оболочки с нужными для графиков и инициализации объекта методами и конструкторами.

3.2 Начало работы

Для того чтобы проводить параметрический синтез требовалось подобрать такие начальные параметры τ_1, τ_2 , при которых система являлась бы устойчивой. Проверка области устойчивости для заданной системы осуществляется посредством проверки равенства. Метод проверки реализован в библиотеке Float_Platform. Для подбора τ_1, τ_2 в требовалось найти область устойчивости, которая зависит от соответствующих параметров.

Для того чтобы создать математическую модель гиросtabilизированной плавающей платформы с указанными параметрами необходимо сделать следующие действия. В начале надо создать Excel-документ. В нем на первом листе указать параметры гиросtabilизированной платформы так, как изображено на рисунке 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	l	Ls	k	T	ro	mu	I	R	b	h	delt	tau1	tau2	k_u	T_u	PmP0	Q0	dzet	
2		0,25400	0,00100	2,00000	0,00200	2000,00000	0,00200	0,11800	0,15000	0,03000	0,00020	0,00010	4,00000	50,00000	1000,00000	0,00300	270000,00000	0,00003	0,19
3																			
4																			

Рисунок 1 - Входные данные параметров текущей модели.

Далее требуется запустить приложение, которое приведено на рисунке 2, нажать кнопку открыть, и через диалоговое окно выбрать Excel-документ с нужными параметрами.

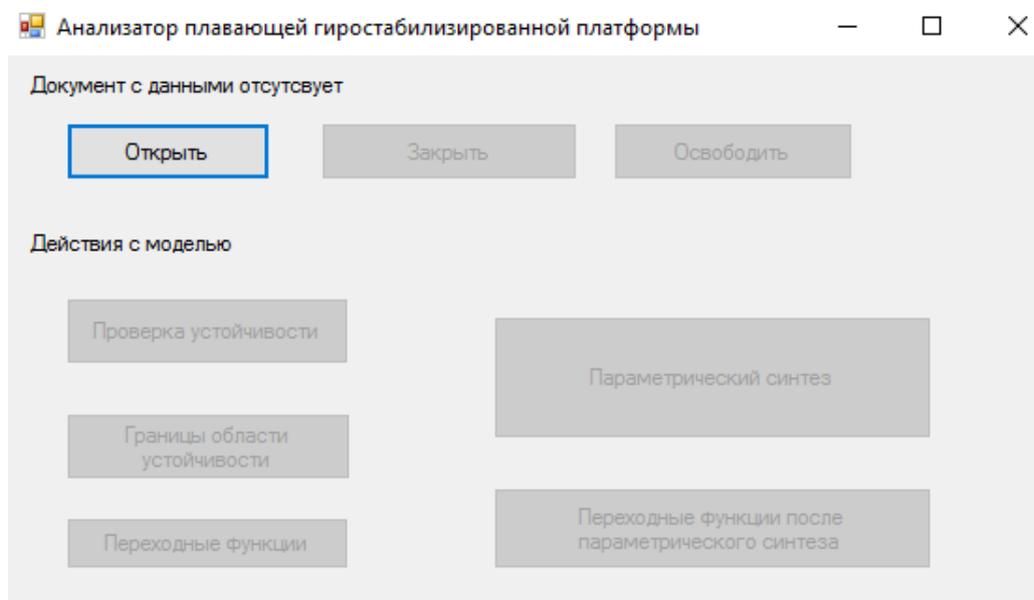


Рисунок 2 - Запуск программы.

Тогда соответствующий документ откроется, кнопка «Проверка устойчивости», как показано на рисунке 3.

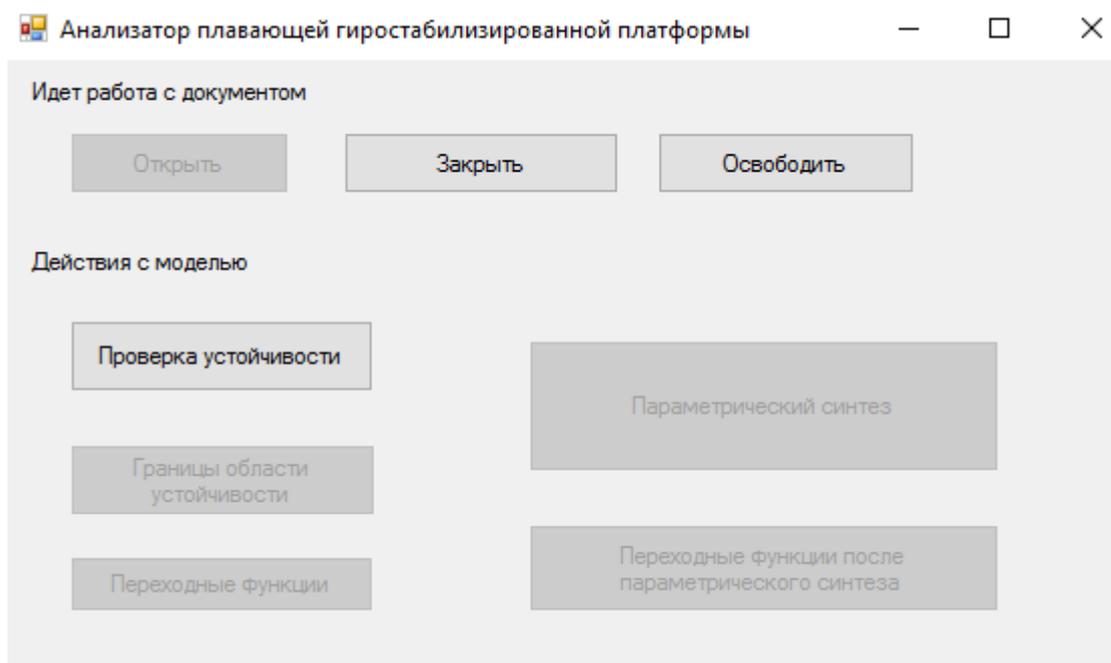


Рисунок 3 - Скриншот программы после открытия документа.

После нажатия на кнопку «Проверка устойчивости» в документе на листе 2 появляется соответствующая запись.

Когда система становится устойчивой кнопки «Переходные функции» и «Параметрический синтез» становятся доступными, как показано на рисунке 4.

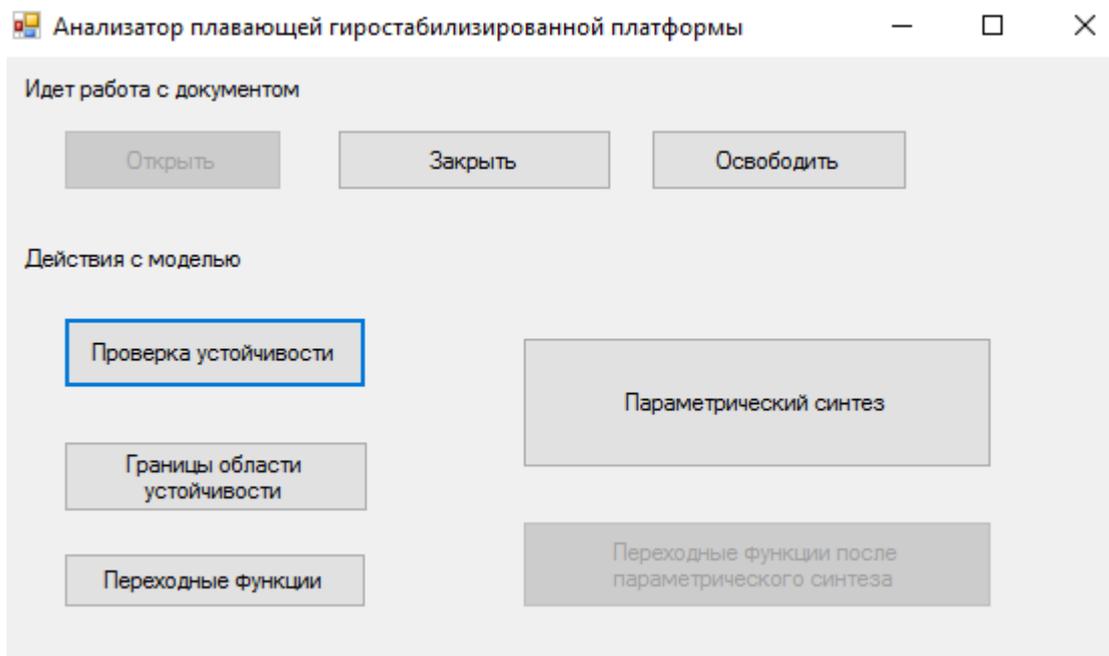


Рисунок 4 – Скриншот программы, после прохождения модели проверки на устойчивость.

3.3 Реализация параметрического синтеза

Параметрический синтез будет проводиться по трем параметрам гиросtabilизированной платформы τ_1, τ_2, k_u . Перед тем, как запустить процесс параметрического синтеза, построим график переходных функций при начальных параметрах обратных связей, нажав на кнопку «Переходные функции». График можно увидеть на рисунке 5.

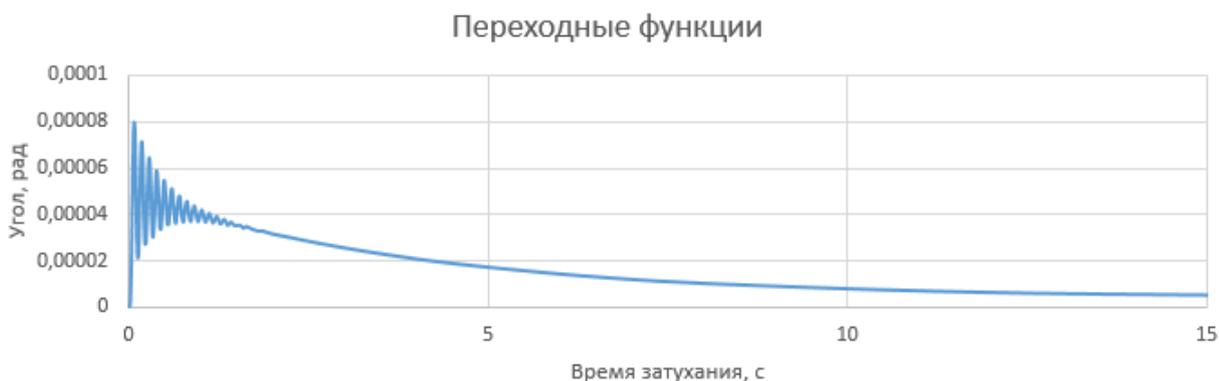


Рисунок 5 – Переходные функции до параметрического синтеза.

При реализации параметрического синтеза использовались алгоритмы, приведенные в пункте 1. Для вычисления интеграла использовался численный метод Гаусса, а для минимизации функции использовался метод Нелдера-Мида. Для того, чтобы запустить параметрический синтез требуется, задать нужные параметры в Excel-документе и нажать на кнопку «Параметрический синтез». В листе документа будут содержаться данные о проведенном параметрическом синтезе. Это показано на рисунке 6.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Параметрический синтез			Время параметрического синтеза, с			
2				15,67258			
3	Симплекс	0,5					
4	Точность	0,001					
5	t_0	1					
6							
7	Целевая функция						
8	141745						
9							
10	τ_1	τ_2	k_u				
11	0,012518	3,33E-09	723,7954				
12							
13	Целевая функция после синтеза						
14	85,02669						
15							

Рисунок 6 – Данные о параметрическом синтезе.

Теперь можно увидеть, как изменился график переходных функций после параметрического синтеза с новыми параметрами обратных связей. Для этого необходимо нажать на соответствующую кнопку «Переходные функции после параметрического синтеза». График переходных функций приведен на рисунке 7.

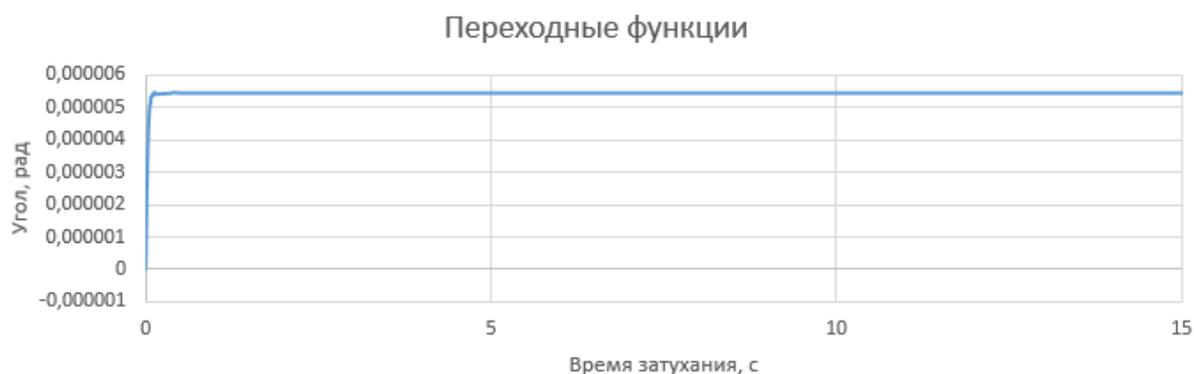


Рисунок 7 – Переходные функции после параметрического синтеза.

Как можно увидеть на рисунках 7 и 5, с помощью параметрического синтеза удалось подобрать такие параметры, что угол ошибки сменился с 0,000008 радиан на 0,0000055, что в 10 раз меньше. И время затухания колебаний значительно уменьшилось, как можно увидеть на графиках. Таким образом, параметрический синтез намного улучшил нужные параметры.

Параметрический синтез был распараллелен. А именно, было распараллелено вычисление интеграла функции.

Рассмотрено две параллельные реализации с помощью технологии OpenMP и библиотеки параллельных шаблонов Microsoft PPL [9, 10]. Данные технологии были рассмотрены в разделе 3. Вычисления проводились с помощью процессора Intel Core i7 3610 QM x4 (2.3/3.1 ГГц). Время работы последовательной и параллельных версий приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Время работы последовательной и параллельных версий.

Serial, с	OpenMP, с	PPL, с
75,95668	15,626	15,438
76,12853	15,86	15,61
76,11558	15,782	15,594
76,129	15,719	15,626
76,912	15,751	15,673

Таким образом, из таблицы 1 можно увидеть, что время работы параллельных версий в 4,5 раза меньше чем время работы последовательной версии. Параллельные версии OpenMP и PPL работают по времени примерно одинаково.

В работе был реализован адаптивный алгоритм параметрического синтеза, описанный в разделе 1.5. Реализация приведена в приложении Б. В отличие от параметрического синтеза в предыдущих разделах, подбирались 5 параметров обратных связей $\tau_1, \tau_2, k_u, t_0, \alpha$. Результаты адаптивного параметрического синтеза приведены на рисунке 8.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Параметрический синтез			Время параметрического синтеза, с			
2				22,41231			
3	Симплекс	5	t_{0_Max}	3	t_{0_Min}	0,05	
4	Точность	0,001	α_{Max}	4	α_{Min}	0	
5							
6							
7	Целевая функция						
8	141724,1						
9							
10	τ_1	τ_2	k_u	t_0	α		
11	0,009841	7,65E-09	790,664	0,05	4		
12							
13	Целевая функция						
14	114,8912						

Рисунок 8 – Результаты адаптивного параметрического синтеза.

График переходных функций после адаптивного параметрического синтеза можно увидеть на рисунке 9.

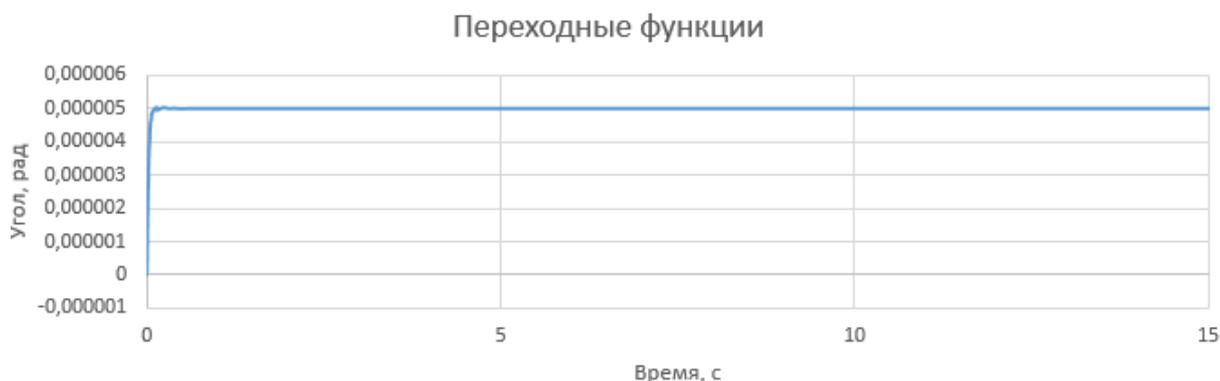


Рисунок 9 – График переходных функций после адаптивного параметрического синтеза

Параллельная реализация данного алгоритма была сделана методом, аналогичным предыдущему алгоритму параллельного синтеза. Использовались аналогичные технологии OpenMP и библиотека параллельных шаблонов Microsoft. Время работы последовательной и параллельных версий приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Время работы последовательной и параллельных версий.

Serial, с	OpenMP, с	PPL, с
107,7864	22,27139	21,92412
108,0214	22,11611	22,30379
108,4018	22,79922	22,68221
109,186	22,85306	22,69676
109,1585	22,68882	22,41231

Таким образом, ускорение при параллельной версии составляет 4,8. При параллельной версии OpenMP и PPL время работы примерно одинаково.

Сравним время работы последовательной и параллельных реализаций алгоритма параметрического синтеза последовательной и параллельных реализаций адаптивного алгоритма параметрического синтеза из раздела. Результаты можно увидеть в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение времени работы двух алгоритмов.

	Serial, с	OpenMP, с	PPL, с
Алгоритм параметрического синтеза	76,448	15,74	15,58
Адаптивный алгоритм	108,47	22,54544	22,40382

параметрического синтеза			
-----------------------------	--	--	--

Как видно из таблицы 3, время работы последовательной версии обычного алгоритма в 1,4 раза меньше, чем время работы последовательной версии адаптивного алгоритма, время работы параллельной версии OpenMP и PPL обычного алгоритма так же в 1,4 раза меньше, чем время работы параллельной версии адаптивного алгоритма.

Можно сказать, что адаптивный алгоритм показал результаты несколько лучше обычного, но по времени работает медленнее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была программным путем реализована математическая модель гиросtabilизированной плавающей платформы на языке C++. Так же была написана программа на языке C# для взаимодействия пользователя с моделью.

Программным образом для заданной системы была найдена область устойчивости, и с помощью нее были подобраны нужные параметры. Было реализовано два алгоритма параметрического синтеза. Для каждого алгоритма были реализованы последовательная версия и параллельные версии с использованием OpenMP и параллельных шаблонов Microsoft. С помощью параметрического синтеза удалось добиться улучшения затухания переходных процессов. Проведен сравнительный анализ времени и качества работы обычного алгоритма параметрического синтеза и адаптивного алгоритма параметрического синтеза. Таким образом, адаптивный алгоритм показал результаты несколько лучше обычного, но по времени работает медленнее.