

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

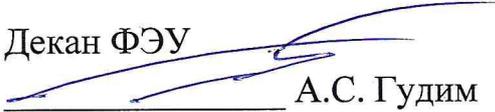
Работа выполнена в СКБ «Промышленная робототехника»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

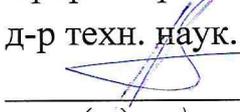

(подпись) Е.М. Димитриади
« 19 » 06 20 23 г.

Декан ФЭУ


(подпись) А.С. Гудим
« 19 » 06 20 23 г.

УТВЕРЖДАЮ

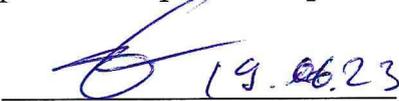
Проректор по научной работе,
д-р техн. наук, профессор


(подпись) А.В. Космынин
« 19 » 06 20 23 г.

«Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота,
направленного на сокращение времени выполнения технологических
операций»

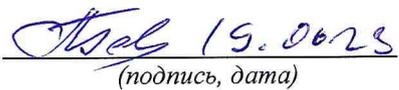
Комплект документации на управляющую программу для
автоматизированной/роботизированной системы

Руководитель СКБ


(подпись, дата)

С.И. Сухоруков

Руководитель проекта


(подпись, дата)

А.И. Горькавый

Комсомольск-на-Амуре 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

**Управляющей программы для автоматизированной/роботизированной
системы**

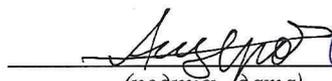
**«Программное обеспечение планирования траекторных перемещений
робота, направленного на сокращение времени выполнения
технологических операций»**

Руководитель проекта

 19.06.2023
(подпись, дата)

А.И. Горькавый

Исполнители проекта

 19.06.2023
(подпись, дата)

А.М. Щербаков

Комсомольск-на-Амуре 2023

Карточка проекта

Название	Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота, направленного на сокращение времени выполнения технологических операций
Тип проекта	Научно-исследовательский проект (с дальнейшей публикацией РИНЦ, ВАК и т.д)
Исполнители	А.М. Щербаков – 2УИм-1
Срок реализации	10.2022 – 04.2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота, направленного на сокращение времени выполнения технологических операций

Заказчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Назначение: Планирование траекторных перемещений робота в целях сокращения времени исполнения технологических операций.

Область использования: Роботизированный комплекс, САМ системы, SCADA системы

Функциональное описание устройства: обеспечение инженера-технолога инструментами прогнозирования значений отдельных показателей эффективности роботизированного процесса (в частности, времени исполнения операций) и предложения траекторий перемещения робота, сопряженных с минимальными затратами времени на выполнение технологической операции.

Техническое описание устройства: ПО строится по модульному принципу, включая такие модули, как модель кинематики робота, интерфейс пользователя, интерфейсы сенсорно-рецепторной системы, машины интеллектуального логического вывода с селективным выбором метода оптимизации; язык программирования основных библиотек и исполняемых файлов – C++/Python

Требования: Программирование, робототехника, моделирование

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ литературы и РИД по тематике проекта	10.2022
Сбор, поиск и обработка данных для формирования моделей ПО	10.2022
Разработка моделей оценки времени исполнения технологических операций	01.2023
Проектирование ПО на базе UML	02.2023
Разработка программного обеспечения минимизации времени исполнения технологических операций	03.2023
Тестирование и доработка ПО	04.2023

Комментарии:

Перечень графического материала:

Блок-схема изделия, пример траекторных перемещений манипулятора, пример массива траекторий, программный код, результаты тестирования, блок схема использования ПО

Руководитель проекта



(подпись, дата)

А.И. Горькавый

Содержание

1 Общие положения.....	7
1.1 Наименование программы.....	7
1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы	7
1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы.....	7
1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах.....	8
2 Описание программы	9
2.1 Общие сведения.....	9
2.2 Функциональное назначение программы	9
2.3 Описание логической структуры.....	9
2.4 Используемые технические средства.....	10
2.5 Вызов и загрузка.....	10
2.6 Входные данные (при наличии).....	10
2.7 Выходные данные.....	11
3 Руководство оператора.....	12
3.1 Назначение программы;.....	12
3.2 Условия выполнения программы;	12
3.3 Выполнение программы;	12
3.4 Сообщения оператору	12
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	18

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основной структурой, особенностями и правилами эксплуатации управляющей программы «Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота, направленного на сокращение времени выполнения технологических операций».» (далее «программа»).

Паспорт входит в комплект поставки программы. Перед запуском программы внимательно изучите правила ее эксплуатации.

1.1 Наименование программы

«Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота, направленного на сокращение времени выполнения технологических операций» (ПО СВТО).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы

Создание программы «ПО СВТО» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы

Заказчиком создания программы «ПО СВТО» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 27.

Исполнителями работ по созданию программы «ПО СВТО» являются Конструктор студенческого конструкторского бюро (далее СКБ), студент групп 2УИм-1, Щербаков А.М.

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

2 Описание программы

2.1 Общие сведения

Принцип работы программы основан на анализе отдельных параметров траекторных перемещений робота (рис.1) и выборе самой эффективной траектории по временному критерию.

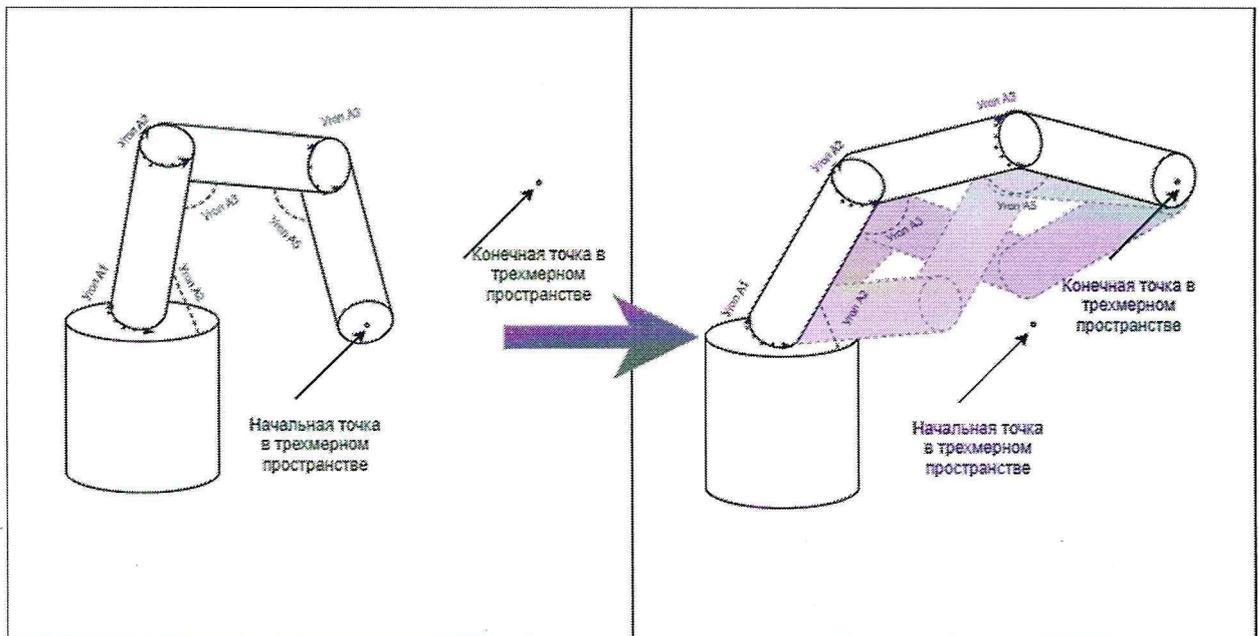


Рисунок 1 - Пример траекторных перемещений манипулятора в трехмерном пространстве

2.2 Функциональное назначение программы

Программная система может быть применена в роботизированных технологических комплексах, оснащенных как промышленными роботами, так и коллаборативными. Разработка системы велась в контексте сварочных, фрезеровочных и погрузочных производственных процессов, но может найти применение в любых роботизированных системах.

2.3 Описание логической структуры

Программное обеспечение состоит из набора функций, обеспечивающих выбор наилучших траекторий перемещения по временному критерию. Упрощенная блок-схема изделия представлена на рисунке 2.

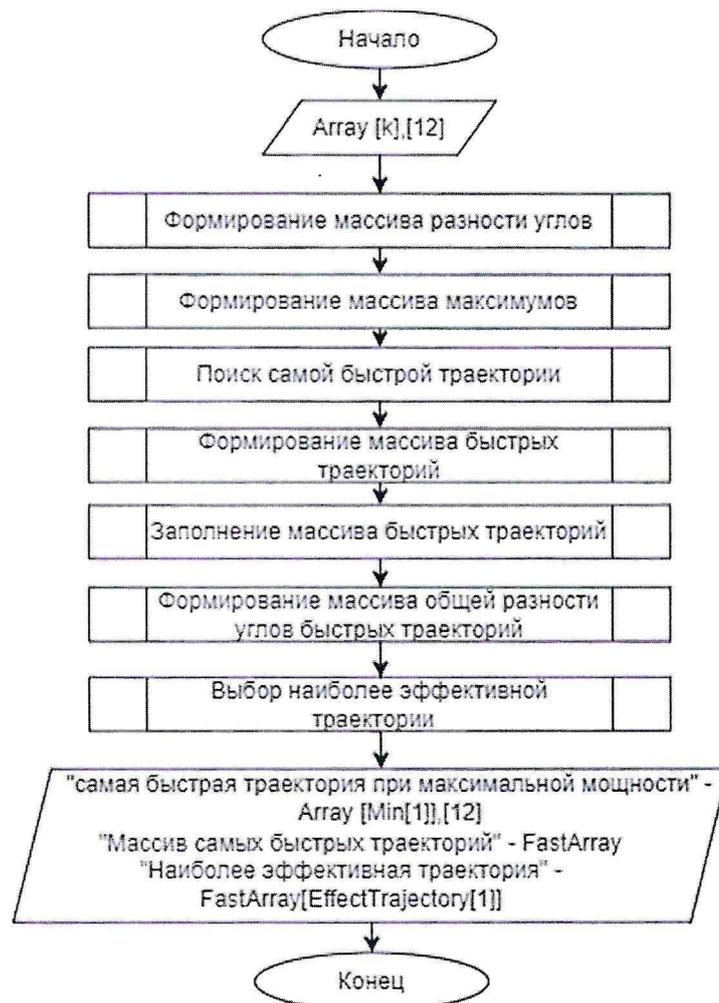


Рисунок 2 – Логическая структура программы

2.4 Используемые технические средства

Минимальные системные требования:

Десктопные ОС: Windows 10 и Windows 11

Серверные ОС: Windows Server 2012 R2 / Windows Server 2019 /
Windows Server 2022

Процессор: Процессор: Intel Core i3-1000G1 / AMD Athlon 64 3200+

ОЗУ 8 Гб

2.5 Вызов и загрузка

Для выполнения программы необходим компилятор C++ (например MS Visual Studio 2022). После установки компилятора, необходимо разархивировать файлы и запустить main.cpp

2.6 Входные данные (при наличии)

На вход в программу поступает установленное пользователем, либо специальным программным обеспечением количество траекторий перемещения робота в пространстве (рис.3), выраженное начальными и конечными углами между звеньями манипулятора (табл.1).

Таблица 1 – Пример массива траекторий

№	A1 нач.	A2 нач.	A3 нач.	A4 нач.	A5 нач.	A6 нач.	A1 кон.	A2 кон.	A3 кон.	A4 кон.	A5 кон.	A6 кон.
1	-10	0	0	0	0	0	-40	30	10	1	2	0
2	-10	0	0	0	-2	0	-40	30	10	1	2	0
3	-10	0	0	0	-4	0	-40	30	10	1	2	0
4	-10	0	0	0	-6	0	-40	30	10	1	2	0
5	-10	0	0	-3	0	0	-40	30	10	1	2	0

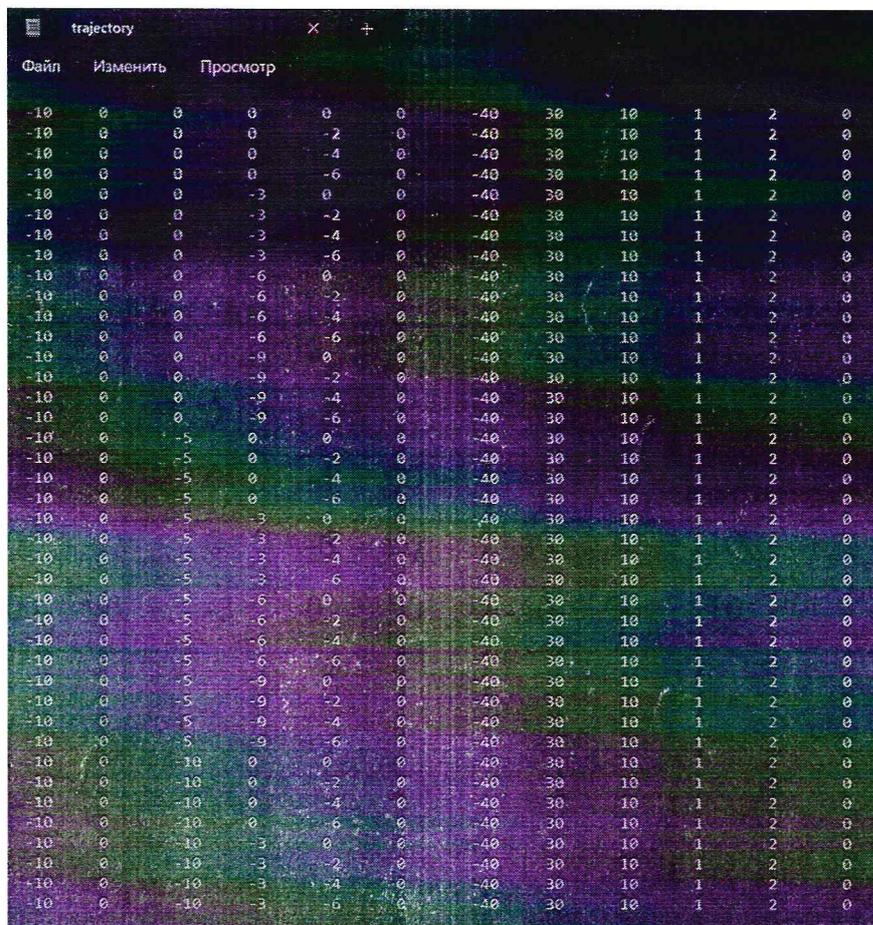


Рисунок 3 – Пример формата входных данных

2.7 Выходные данные

Пример выходных данных представлен в приложении Б на рисунке Б.1

3 Руководство оператора

3.1 Назначение программы;

Результат выполнения программы приведен в Приложении Б.

3.2 Условия выполнения программы;

Для выполнения программы необходим сформированный массив траекторий со значением начальных и целевых углов для каждого электропривода. Формирование таких значений достигается при помощи использования ПО, позволяющего смоделировать роботизированный процесс и включающего в себя такие модули, как модель кинематики робота и модель рабочего пространства, полученную при помощи интерфейсов сенсорно-рецепторной системы робота.

3.3 Выполнение программы;

- 1) Сформировать массив траекторий передвижения манипулятора;
- 2) Запустить программное обеспечение;
- 3) Выбрать режим ввода, ввести массив в ручную, либо поместить файл с сформированными траекториями в папку с программой;
- 4) По завершению выполнения программы открыть корневую папку;
- 5) Использовать полученный файл `output.txt` для дальнейшей оптимизации роботизированного процесса.

3.4 Сообщения оператору

Пример сообщений для оператора при вводе информации (запуске программного обеспечения) представлен на рисунке 4.

Пример сообщений для оператора при выводе информации (завершении работы программного обеспечения) представлен на рисунке 5.

```
1 - ручной ввод, 2 - введите имя файла
1
Введите количество строк массива
2
Введите строку
█
Введите имя файла (Имя_файла.txt)
test.txt
Неверный формат файла
Выберите другой файл
```

Рисунок 4 – Пример вывода сообщений оператору в пользовательском интерфейсе

```
Ошибка выполнения программы
Данные сохранены в файл в папке с программой (output.txt)
```

Рисунок 5 – Пример вывода сообщений при завершении программы

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <math.h>
using namespace std;

int main() {
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    string filename; // название файла
    int count_lines = 0; // количество строк в файле
    int i, j; // счетчики для циклов

    // получаем имя файла от пользователя
    cout << "Введите имя файла: ";
    cin >> filename;

    // пытаемся открыть файл на чтение
    ifstream file(filename);
    if (!file.is_open()) {
        cout << "Ошибка открытия файла" << endl;
        return 1;
    }

    // считаем количество строк в файле
    char** array = new char* [count_lines];

    for (string line; getline(file, line); ) {
        count_lines++;
    }

    // создаем массив для хранения значений
    for (int i = 0; i < count_lines; i++) {
        array[i] = new char[12];
    }

    // сбрасываем позицию чтения в начало файла
    file.clear();
    file.seekg(0, ios::beg);

    // считываем значения из файла и сохраняем в массив
    for (i = 0; i < count_lines; i++) {
        for (j = 0; j < 12; j++) {
            file >> array[i][j];
        }
    }
}
```

Рисунок А.1 – Фрагмент программного кода на языке C++

```

EffectTrajectory[1] = Effect[0];
while (n < h) {
    if (EffectTrajectory[1] > Effect[n]) {
        EffectTrajectory[0] = n;
        EffectTrajectory[1] = Effect[n];
    }
    n++;
}

//Вывод данных в файл
ofstream file("output.txt");

// вывод самой быстрой траектории
file << "FastTrajectory:" << endl;
for (int i = 0; i < 2; i++) {
    file << Min[i] << " ";
}
file << endl << endl;

// записываем массив быстрых траекторий
file << "FastArray:" << endl;
for (int i = 0; i < NUMBER+1; i++) {
    for (int j = 0; j < 12; j++) {
        file << FastArray[i][j] << " ";
    }
    file << endl;
}
file << endl << endl;

// записываем третий массив
file << "EffectTrajectory:" << endl;
for (int i = 0; i < 2; i++) {
    file << EffectTrajectory[i] << " ";
}
file << endl;

// закрываем файл
file.close();
return 0;
}

```

Рисунок А.2 – Фрагмент программного кода на языке C++

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Результаты выполнения программы

```
output.txt trajectory
Файл  Изменить  Просмотр

FastTrajectory:
18 -10 0 -15 -6 -6 0 -40 30 10 1 2 0

FastArray:
18 -10 5 -10 -9 -6 0 -40 30 10 1 2 0
88 -10 5 -5 -3 -4 0 -40 30 10 1 2 0
122 -10 5 -15 -6 -2 0 -40 30 10 1 2 0
173 -10 10 -10 -9 0 0 -40 30 10 1 2 0
205 -10 15 0 -6 -6 0 -40 30 10 1 2 0
235 -10 15 -10 -6 -4 0 -40 30 10 1 2 0
246 -10 15 -15 -3 -2 0 -40 30 10 1 2 0
256 -10 15 -15 -9 -6 0 -40 30 10 1 2 0

EffectTrajectory:
88 -10 5 -5 -3 -4 0 -40 30 10 1 2 0
```

Рисунок Б.1 – Результат выполнения программы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС


(подпись) Е.М. Димитриади

« 19 » 06 20 23 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
д-р техн. наук, профессор


(подпись) А.В. Космынин

« 19 » 06 20 23 г.

Декан ФЭУ


(подпись) А.С. Гудим

« 19 » 06 20 23 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта
«Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота,
направленного на сокращение времени выполнения технологических
операций»»

г. Комсомольск-на-Амуре

« 19 » 06 2023 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ,
- А.С. Гудим – декан ФЭУ

со стороны исполнителя

- А.И. Горькавый – руководителя проекта,
- А.М. Щербаков – 2УИм-1

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «ПО СВТО», в составе:

1. Программное обеспечение планирования траекторных перемещений робота, направленного на сокращение времени выполнения технологических операций»

2. Программный код обеспечивающий работу алгоритма оптимизации на языке C++;

3. Комплект документации на управляющую программу для автоматизированной/роботизированной системы;

Руководитель проекта	 <u>19.06.2023</u> (подпись, дата)	А.И. Горькавый
Исполнители проекта	 <u>19.06.2023</u> (подпись, дата)	А.М. Щербаков