|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** | |
| Институт информационных технологий | |
| Кафедра корпоративных информационных систем  **КУРСОВАЯ РАБОТА**  по дисциплине  Структура и алгоритмы обработки данных  **Тема курсовой работы**: «Создание декларативного языка для описания GUI с автоматической генерацией кода для GUI-библиотек» | |
| Студент группы ИКБО-07-18 | Басыров Сергей Амирович |
|  |  |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись студента) |
|  |  |
| Руководитель курсовой работы | Советов Пётр Николаевич |
|  |  |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись руководителя) |
|  |  |
| Работа представлена к защите | «20» декабря 2019 г |
|  |  |
| Допущен к защите | «23» декабря 2019 г. |

# содержание

# ВВедение

Предметной областью данного курсового проекта является графические интерфейсы пользователя и их создание с помощью GUI библиотек.

Основные задачи, возникающие при создании GUI как правило, являются: изучение соответствующей библиотеки и его реализация. Первая задача как правило реализуема в относительно короткие сроки, однако, вторая задача может потребовать значительных временных затрат, ввиду как специфики языка программирования, так и библиотеки.

Если такое сравнение уместно, то, например, реализация сложного графического интерфейса на базе Qt в С++ будет быстрее и менее трудоёмкой задачей, нежели на базе Tkinter в Python.

Исходя из темы курсовой работы поставим вопрос, возможно ли создать декларативный язык, для описания графического интерфейса, который одновременной решал бы и первую задачу и вторую, за короткие сроки? Чтобы время на его изучение было минимальным и при этом реализация графического интерфейса не уступала бы аналогам.

Одним из вариантов решения является создание языка на базе существующей GUI-библиотеки. Следовательно, создаваемый предметно-ориентированный язык декларативного стиля будет решать задачу source-to-source генерации. Для решения такой задачи необходимо:

1. создать языка;
2. разработать транслятор;
3. разработать генератор кода;
4. создать приложение.

Для реализации транслятора, генератора и приложения, в рамках курсового проекта был выбран язык Python, по требованию технического задания. В качестве GUI-библиотеки, для которой будет генерироваться код, был выбран Tkinter, так как данная библиотека является «визитной карточкой» Python для создания графических приложений и входит в стандартную библиотеку языка.

Целью курсового проекта является автоматизация создания графического интерфейса с помощью декларативного языка.

Актуальность курсового проекта заключается в том, что разработчик, не знающий GUI-библиотеку Tkinter сможет для своего приложения без графического интерфейса реализовать графическую часть, в короткие сроки.

Основными этапами во время выполнения курсовой работы являются:

1. изучение декларативного подхода и существующих решений;

Данный раздел посвящён описанию декларативного подхода в программирования и изучению существующих решений для создания графического интерфейса.

1. проектирование языка;

Данный раздел посвящён описанию нового декларативного языка, в частности: синтаксис, РБНФ, компоненты.

1. изучение структуры данных – абстрактное синтаксическое дерево;

Данный раздел посвящён описанию структуры данных – абстрактного синтаксического дерева.

1. проектирование и реализация транслятора;

Данный раздел посвящён описанию внутренних компонентов транслятора, в частности: препроцессор, лексический и синтаксический анализаторы.

1. изучение GUI-библиотеки Tkinter;

Данный раздел посвящён краткому описанию библиотеки, в частности: работа с библиотекой и компонентам.

1. проектирование и реализация генератора;

Данный раздел посвящён описанию компонентов генератора кода, а также алгоритму генерации.

1. проектирование и реализация приложения.

Данный раздел посвящён созданию консольного приложения, которое представляет собой инструментальное средство.

# основная часть

## 1 Описание декларативного подхода и существующих решений

Декларативный язык программирования – это язык, с помощью которого решение задачи происходит посредством описания решаемой задачи, а не указания конкретной последовательности действий, приводящей к выполнению задачи.

Одним из примеров декларативного языка, с помощью которого описывается графический интерфейс является QML (Qt Modeling Language). Данный язык используется в рамках Qt Quick для создания динамичных приложений. Он предоставляет разработчику следующие возможности:

* описание GUI с помощью привычных компонентов;
* создание адаптивного GUI и создание анимации;
* обработка событий;
* вставка JavaScript-кода;
* интеграция с С++ логикой.

Достоинствами языка являются:

* простота удобочитаемость кода;
* интегрируемость с JavaScript;
* интегрируемость с Qt/C++.

Основным недостатком можно выделить более долгую компиляцию, по сравнению с обычными виджетами.

Пример кода на QML приведён в таблице 1

Таблица – Примеры кода на QML

|  |
| --- |
| **Пример кода на QML** |
| import QtQuick 2.12  import QtQuick.Window 2.12  Window {  visible: true  width: 640  height: 480  title: qsTr("Window app")    Text {  anchors.centerIn: parent  text: "Hello World"  }  } |

При запуске вышеприведённого кода мы увидим (Рисунок 1) созданное приложение.



Рисунок – Пример приложения на QML

Приведённый пример показывает как можно быстро описать графический интерфейс и получить приложение.

Рассмотрим как работает QML. Предварительно разработчик создаёт файл и пишет в нём QML-код, после чего он его сохраняет. После этого разработчик запускает компиляцию приложения и в работу включается QQmlEngine, который отвечает за создание всех описанных компонентов уже в виде С++ объектов, для последующей компиляции и запуска самого приложения. Схема работы изображена на рисунке 2.



Рисунок – Схема работы QML

Файл QML проходит следующие этапы:

1. разбор;
2. компиляция;
3. создание скомпилированного файла.

В результате разбора строится синтаксическое дерево, которое отражает компонент, связанные свойства, связанные события.

В результате компиляции из полученного дерева, получается байт-код, который в последствии будет выполняться виртуальной машиной, для создания C++ объектов, в соответствии таблицей типов.

В результате создания С++ объектов, они записываются в скомпилированный файл, а после чего идёт уже запуск приложения.

## 2 Проектировании языка

Проектирование языка включается в себя следующие задачи:

1. описание синтаксиса;
2. описание структуры кода;
3. описание ключевых слов;
4. описание РБНФ.

## 2.1 Описание синтаксиса

Синтаксис представляет собой последовательное описание вложенных друг в друга компонентов, которые впоследствии будут отражены в графическом интерфейсе.

Описание компонентов начинается с названия компонента, с заглавной буквы. После чего описываются свойства и вложенные компоненты.

Для наглядности приведём пример кода, который выглядит следующим образом (Таблица 2).

Таблица – Пример кода

|  |
| --- |
| Window {  title: "Window app"  width: 200  height: 200    Label {  caption: "It's a label caption"  }  } |

В приведённом коде идёт описание компонента Window, который является основным окном приложения, и указание свойств:

1. title – заголовок окна;
2. width – ширина окна;
3. height – высота окна.

После чего, внутри компонента Window, описывается компонент Label, который является надписью, и для которого указывается свойство caption, что является самим текстом надписи.

## 2.3 Структура кода

Из приведённого выше примера, опишем общую структуру кода языка (Таблица 3).

Таблица – Структура кода языка

|  |
| --- |
| Window {  [property: value]  […]    [Component: { [property: value] }]  [Component: { … }]  } |

Такая структура удобна для восприятия и не должна вызывать трудности в понимании. В свою очередь это также позволяет структурировать код.

## 2.3 Описание ключевых слов

В качестве ключевых слов будут выступать имена компонентов и их свойства. Все компоненты делятся на четыре категории:

1. компоненты форм;
2. компоненты слоёв;
3. компоненты ввода;
4. компоненты вывода.

Стоит отметить, что для всех компонентов имеется общий набор свойств, к ним относятся свойства позиционирования и внешнего вида. Данные свойства приведены в таблице А.1-А.2.

## 2.3.1 Компоненты форм

Компонентами форм являются такие компоненты, которые описывают собой формы приложения. К примеру, это могут быть обычные окна, пользовательские диалоговые окна, стандартные диалоговые окна.

В разрабатываем языке пока будет один единственный компоненты окна – это Window. Он будет представлять собой обычное окно приложения. Именно с него начинается описание любого графического интерфейса. В таблице А.3 приведены свойства компонента Window.

## 2.3.2 Компоненты слоёв

Компонентами слоёв являются такие компоненты, которые отвечают за расположение других компонентов, вложенных в них. К таким компонентам относятся:

1. Frame – невидимый компонент для группировки;
2. Grid – компонент для сеточной группировки.

В таблице А.4 приведены свойства компонентов слоёв.

## 2.3.3 Компоненты ввода

Компонентами ввода являются такие компоненты, в которые пользователь может вводить данные. К таким компонентам относятся:

1. Button – кнопка;
2. Radio – радиокнопка;
3. Checkbox – флажок;
4. Combobox – выпадающий список;
5. Spinbox – выпадающий список значений;
6. Line – однострочное поле ввода;
7. Text – многострочное поле ввода;

В таблице А.5 приведены свойства компонентов ввода.

## 2.3.4 Компоненты вывода

Компонентами вывода являются такие компоненты, которые отвечают за вывод каких-либо данных. К таким компонентам относятся:

1. Label;
2. List;
3. Table;
4. Tree.

В таблице А.6 приведены свойства компонентов вывода.

## 2.4 Описание РБНФ

РБНФ (Расширенные формы Бэкуса-Наура) – это форма записи грамматики контекстно-свободных языков. Для разрабатываемого языка они будут иметь вид, приведённый в таблице 4.

Таблица – РБНФ языка

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Синтаксическое уравнение** |
| 1 | syntax = mainComponent "{" {property} {component} "}" |
| 2 | component = componentName "{" {property} {component} "}" |
| 3 | property = propertyName":" string | number |
| 4 | componentName = string | {string} |
| 5 | propertyName = string | {string} |
| 6 | mainComponent = "Window" |
| 7 | string = char | {char} |
| 8 | number = digit | {digit} |
| 9 | char = "A" | ... | "Z" |
| 10 | digit = "0" | ... | "9" |

Как правило РБНФ описывают рекурсивную структуру, следовательно для реализации синтаксического анализатора, распознающего вышеописанные РБНФ, необходимо использовать метод рекурсивного спуска.

При реализации метода рекурсивного спуска необходимо учесть, что для каждого правила надо написать собственную процедуру.

Приведём реализацию по вышеописанным правилам с помощью псевдокода (Таблица 5).

Таблица – Реализация МРС с помощью псевдокода

|  |
| --- |
| **Реализация правила syntax** |
| procedure syntax() {  token = tokens.next()  if (token != MAIN\_COMPONENT)  error()    token = tokens.next()  if (token != OBRACE)  error()    parseProperty(st) // Add properties to root component    token = tokens.next()  while (token == COMPONENT) {  component = ComponentNode(token)    parseComponent(component) // Add components to root component    st.append(component)  token = tokens.next()  }    token = tokens.next()  if (token != CBRACE)  error()  return st  } |
| **Реализация правила component** |
| procedure parseComponent(component) {  token = tokens.next()  if (token != OBRACE)  error()    parseProperty(component) // Add properties to component    token = tokens.next()  while (token == COMPONENT) {  subComponent = ComponentNode(token) // Create component node    parseComponent(subComponent) // Add components to component    component.append(subComponent)    token = tokens.next()  }    token = tokens.next()  if (token != CBRACE)  error()  } |
| **Реализация правила property** |
| procedure parseProperty(component) {  token = tokens.next()  while (token.type == PROPERTY\_NAME) {  if (token != component.getProperty(token)) {  error()  }    property = token    token = tokens.next()  if (token!= PROPERTY\_STR\_VALUE or token != PROPERTY\_INT\_VALUE) {  error()  }    component.properties[property] = token    token = tokens.next()  }    tokens.append(token)  } |

Для проверки правил: componentName, propertyName, string и number использовались функции для проверки правильности регулярных выражений. Соответственно, данные регулярные выражения приведены в таблице 6.

Таблица – Регулярные выражения для проверки правил

|  |  |
| --- | --- |
| **Правило** | **Регулярное выражение** |
| componentName | ^[A-Z][a-z]+$ |
| propertyName | ^[a-z]\*[a-z-]+:$ |
| string | \d+ |
| number | ^\"[\S\w ]+\"$ |

## 3 Изучение абстрактного синтаксического дерева

Абстрактное синтаксическое дерево (АСД) – это структура данных, используемая для представления структуры синтаксических уравнений в виде дерева.

АСД строится на этапе синтаксического анализа и отражает структуру написанного кода. По описанным синтаксическим уравнениям в разделе 2.4 построим синтаксическое дерево. Корнем такого дерева будет является один из оконных компонентов. Листьями корня будут:

* список свойств в формате словаря;
* список вложенных компонентов.

При этом каждый элемент списка компонентов будет иметь такую же структуру. То есть вершиной будет компонент, а листьями свойства и список компонентов. Пример синтаксического дерева изображён на рисунке 3.



Рисунок – Общее синтаксическое дерево

В качестве примера, приведём кода, в котором будут описанные вложенные компоненты (Таблица 7).

Таблица – Пример кода

|  |
| --- |
| Window {  title: "Window app"  width: 150  height: 200    Button {  caption: "Click!"  }    Grid {  Row {  Label {  caption: "It's mine Label"  }    List {  data: lst  }  }  }  } |

По приведённому коду построим синтаксическое дерева, которое должно сформироваться после синтаксического анализе. На рисунке 4 изображено построенное дерево.

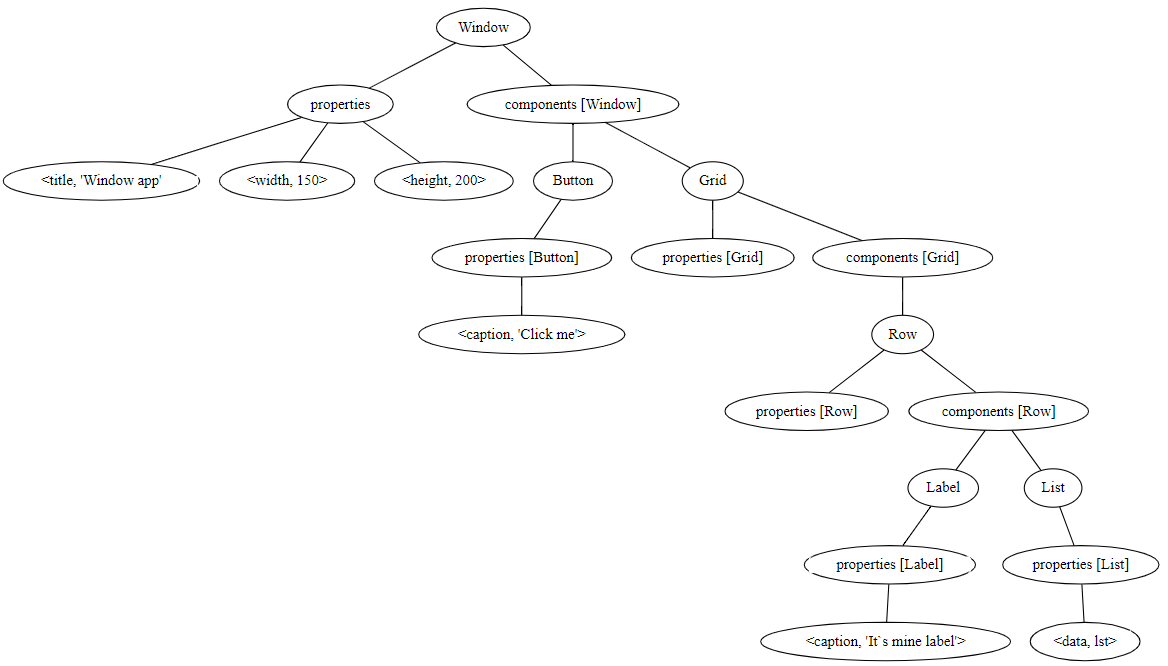


Рисунок – Построенное по коду АСД

На рисунке 3 изображён результат работы синтаксического анализатора, реализованного на Python. В окне вывода результата выведено построенное синтаксическое дерево.

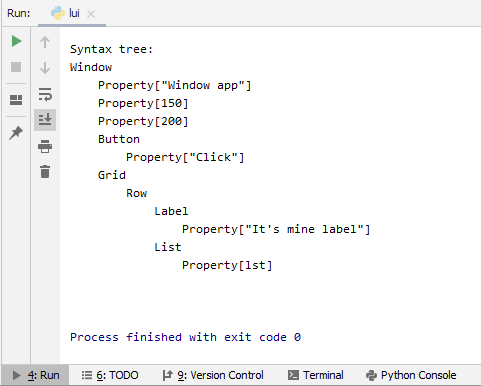


Рисунок – Результат работы синтаксического анализа

## 4 Проектирование и реализация транслятора

Транслятор представляет собой программу, которая осуществляет процесс трансляции из одного языка в другой.

В нашем случае транслятор осуществляет трансляцию из исходного языка в сгенерированный Tkinter-код.

Основными модулями разрабатываемого транслятора будут:

1. препроцессор;

Разделяет пользовательский код (затем передаёт его в генератор) и код описания графического интерфейса (затем передаёт его в лексический анализатор).

1. лексический анализатор;

По полученному код составляет список токенов, классифицируя их по типу и значению. Затем передаёт список токенов в синтаксический анализатор.

1. синтаксический анализатор;

По полученному списку токенов строит синтаксическое дерево. Затем передаёт синтаксическое дерево в генератор.

1. генератор;

По полученному синтаксическому дереву генерирует готовый Tkinter-код. Затем передаёт сгенерированный код в препроцессор.

1. постпроцессор.

Завершает работу транслятора, создавая файл и записывая в него пользовательский и сгенерированный код.

Схема работы транслятора изображена на рисунке (…)

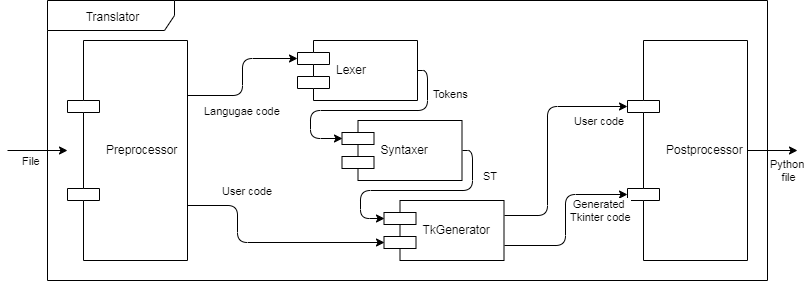


Рисунок – Схема работы транслятора

## 4.1 Препроцессор

Препроцессор отвечает за разделение пользовательского кода и кода графического интерфейса. Однако задача заключается в том, как понять, какой код пользовательский. Для решения данной задачи было решено использовать макросы.

Соответственно были определены следующие макросы (таблица …). Они позволяют отделить код приложения от описания графического интерфейса.

Таблица – Описание макросов препроцессора

|  |  |
| --- | --- |
| **Макрос** | **Описание** |
| LUI | Разделяет пользовательский код от кода графического интерфейса |
| FILENAME | Указывает имя целевого Python файла |

## 4.2 Лексический анализатор

Лексический анализатор разбирает код на лексемы и по ним он создаётся список токенов. В свою очередь, токен – это структурная единица, которая содержит лексему и тип.

В разрабатываемом языке основными типами токенов будут:

1. COMPONENT;
2. PROPERTY\_NAME;
3. PROPERTY\_STRING\_VALUE;
4. PROPERTY\_NUMBER\_VALUE;
5. PROPERTY\_VAR\_VALUE;
6. OBRACE;
7. CBRACE.

При разборе кода, для каждой лексемы присваивается вышеперечисленный тип, в зависимости от содержания лексемы. К примеру, если встречено имя компонента, то будет создан токен с типом COMPONENT, а в качестве лексемы будет выступать само имя компонента.

Приведём UML-диаграмму, на которой будет изображён класс Lexer, Token и TokenType.

## 4.3 Синтаксический анализатор

## 4.4 Генератор

## 4.5 Постпроцессор

## 5 Изучение GUI-библиотеки Tkinter

## 6 Проектирование и реализация генератора

## 7 Проектирование и реализация приложения

В качестве приложения будет выступать консольное приложение, которое принимает на вход команды, а выдаёт Python файл со сгенерированным кодом. По существу, данное приложение является транслятором языка. Список принимаемых команд приведен в таблице.

Таблица – Команды консольного приложения

|  |  |
| --- | --- |
| **Команда** | **Описание** |
| --help | Выводит справку по командам |
| --file=[filename] | Путь до файла \*.lui файла |
| --debug | Включает режим отладки, записывая все шаги в файл |
| --version | Выводит текущую версию приложения |

Схема работы с приложением представляется следующим образом (Рисунок …):

1. разработчик создаёт файл и пишет код на Lui;
2. передаёт файл на вход консольного приложения;
3. если во время трансляции ошибок нет, то получает Python файл;
4. запускает Python файл;
5. иначе ему выводится сообщение об ошибке.

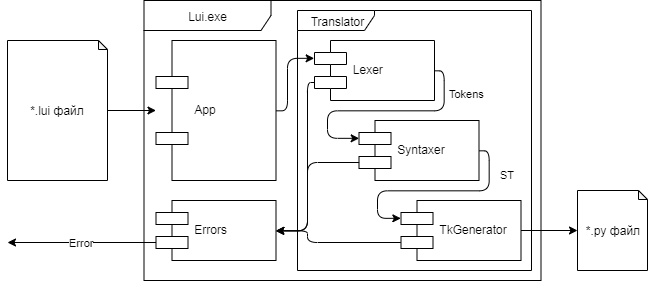


Рисунок – Схема работы консольного приложения Lui

# заключение

В результате выполнения курсового проекта был спроектирован и разработан языка декларативного описания GUI Lui, позволяющий автоматически сгенерировать код под GUI-библиотеку Tkinter.

В процесс выполнения были выполненные следующие этапы:

1. анализ декларативного подхода и существующих решений
2. проектирование декларативного языка;
3. проектирование и реализация транслятора;
4. изучение GUI-библиотеки Tkinter;
5. проектирование и реализация генератора кода;
6. проектирование и реализация консольного приложения
7. тестирование.

Как и любое программное решение, данный язык имеет свои достоинства и недостатки.

Из достоинств стоит отметить:

* простоту декларативного языка;
* наличие документации;
* открытый исходный код языка;
* кроссплатформенность.

Из недостатков стоит отметить:

* отсутствие поддержки обработки событий;
* поддерживает только библиотеку Tkinter.

# список используемых источников

Нормативные документы:

1. ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ, 2017. – 32 с.;

2. Методические указания по курсового проекта. – М.: РТУ МИРЭА, 2019. – 45 с.;

3. О введении в действие Инструкции по организации и проведению курсового проектирования. – М.: РТУ МИРЭА, Приказ №1325 от 05.10.2018. – 17 с..

Книги:

1. Построение компиляторов [Текст]: / Н. Вирт – М.: ДМК Пресс, 2016. – 272 с.;

2. Алгоритмы и структуры данных [Текст]: / Н. Вирт – М.: ДМК Пресс, 2014. – 192 с..

Электронные ресурсы:

1. Graphical widget [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Widget\_(GUI);

2. Writing a C Compiler, Part 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://norasandler.com/2017/11/29/Write-a-Compiler.html;

3. An Introduction to Tkinter (Work in progress) [Электронный ресурс]. – URL: http://effbot.org/tkinterbook/;

4. tkinter – Python interface to Tcl/Tk [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.7/library/tkinter.html;

5. unittest – Unit testing framework [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.7/library/unittest.html;

6. pydoc – Documentation generator and online help system [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.7/library/pydoc.html;

7. Built-in Functions [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3/library/functions.html#exec;

8. QML Syntax Basics [Электронный ресурс]. – URL: https://doc.qt.io/qt-5/qtqml-syntax-basics.html;

9. QML Engine Internals, Part I [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kdab.com/qml-engine-internals-part-1-qml-file-loading/.

# приложение а

**Свойства компонентов**

Таблица А.1 – Свойства позиционирования компонентов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Свойство** | **Описание** | **Значения** |
| x | Значение x | int |
| y | Значение y | int |
| position | Позиция элемента | LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM |
| padding-x | Отступ относительно x | int |
| padding-y | Отступ относительно y | int |

Таблица А.2 – Свойства оформления компонентов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Свойство** | **Описание** | **Значения** |
| x | Значение x | int |
| y | Значение y | int |
| position | Позиция элемента | LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM |
| padding-x | Отступ относительно x | int |
| padding-y | Отступ относительно y | int |

Таблица А.3 – Свойства компонента Window

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Свойство** | **Описание** | **Значение** |
| title | Заголовок окна | string |
| width | Ширина | int |
| height | Высота | int |

Таблица А.4 – Свойства компонентов слоёв

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компонент** | | |
| **Свойство** | **Описание** | **Значение** |
| **Frame** | | |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Grid** | | |
|  |  |  |

Таблица А.5 – Свойства компонентов ввода

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компонент** | | |
| **Свойство** | **Описание** | **Значение** |
| **Button** | | |
| caption | Текстовая надпись |  |
|  |  |  |
| **Radio** | | |
| caption | Текстовая надпись |  |
| selected |  |  |
| **Checkbox** | | |
| caption | Текстовая надпись |  |
| checked |  |  |
| **Combobox** | | |
| data | Список элементов |  |
| **Spinbox** | | |
| data | Список значений |  |
| **Line** | | |
| text | Текст |  |
| **Text** | | |
| text | Текст |  |

Таблица А.6 – Свойства компонентов вывода

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компонент** | | |
| **Свойство** | **Описание** | **Значение** |
| **Label** | | |
| caption | Текст |  |
| **List** | | |
| data | Список элементов |  |
| **Table** | | |
|  |  |  |
| **Tree** | | |
|  |  |  |