



## Тема дипломной работы:

Разработка программного обеспечение и методики для эргономической оценки кабины самолета на основе теста психомоторной бдительности, методики PVT и NASA-TLX

---

Выполнил: студент группы М7О-606С-19  
Курнаев Данила Владимирович

Руководитель: к.т.н., доцент, доцент кафедры 703  
Киреев Алексей Алексеевич

Консультант: начальник отдела интеграции КБО АО «Туполев»  
Кучук Антон Сергеевич

## Актуальность дипломной работы

В условиях роста требований к безопасности полетов и эффективности работы пилотов особую актуальность приобретает задача объективной оценки эргономических характеристик кабины самолета. Эргономическая оценка с использованием современных методик, таких как PVT и NASA-TLX, позволяет выявить слабые места во взаимодействии человека и машины, минимизировать влияние человеческого фактора и снизить вероятность ошибок. Разработка системы, обеспечивающей автоматизацию такого анализа, актуальна для повышения надежности авиационных систем и улучшения условий работы экипажа в условиях высокой когнитивной нагрузки.

## Цель работы

Целью дипломной работы является разработка программного обеспечения для проведения эргономической оценки кабины самолета. ПО реализует тесты PVT для анализа скорости реакции и психомоторной бдительности пилотов, а также методику NASA-TLX для оценки субъективной рабочей нагрузки. Система обеспечивает автоматизацию сбора данных, их обработку и визуализацию результатов, предоставляя удобный инструмент для анализа когнитивной и физической нагрузки на пилотов.

## Постановка задач

- Сформировать требования к системе.
- Выбор стека технологий для реализации ПО.
- Разработать ключевые модули системы.
- Создать графический пользовательский интерфейс.
- Обеспечить сохранение и управление данными.
- Провести интеграцию разработанной системы со стендом.
- Провести тестирование разработанного приложения, подтверждающее корректность его работы.

# Используемые методы оценки эргономики

- **PVT (Psychomotor Vigilance Task):** метод измеряет скорость реакции оператора на визуальные стимулы, что позволяет оценить его психомоторную бдительность и усталость.
- **NASA-TLX (Task Load Index):** методика субъективной оценки рабочей нагрузки, которая включает шкалы умственной и физической нагрузки, временного давления и других факторов.

# Архитектура системы

Приложение построено на основе архитектурного паттерна **MVC (Model-View-Controller)**, который обеспечивает чёткое разделение обязанностей между слоями системы.

---

**Гибкость:** Лёгкость добавления новых функций или изменения существующих.

---

**Тестируемость:** Возможность тестирования каждого слоя отдельно.

---

**Чёткость структуры:** Упрощение поддержки благодаря разделению обязанностей.

# Архитектура системы

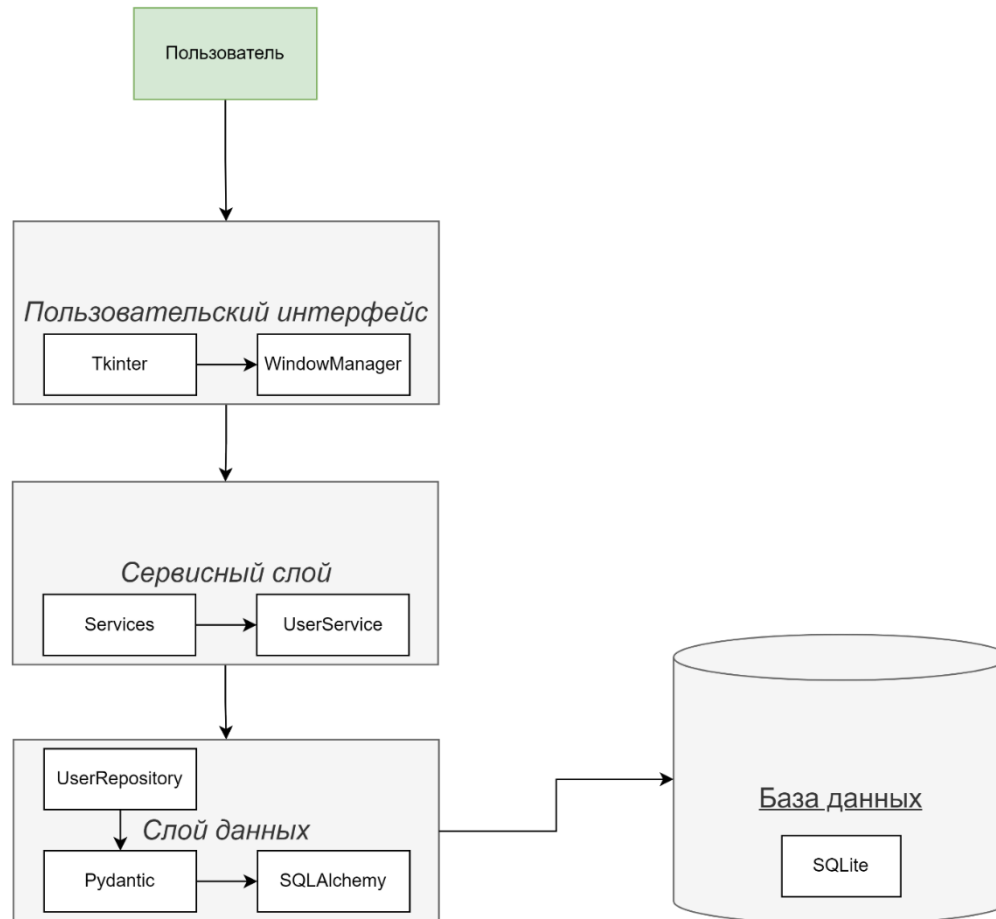


Рисунок 1 - Архитектура приложения на основе MVC

# Разработка системы

---

**Python 3.10:** Выбран за его универсальность, наличие обширной экосистемы библиотек и удобство для прототипирования.

---

**SQLite:** Простая, надёжная реляционная база данных для хранения пользовательских данных и результатов тестов.

---

**SQLAlchemy:** ORM для работы с базой данных, позволяющая писать код на Python без необходимости написания сложных SQL-запросов.

---

**Tkinter:** Инструмент для создания графического интерфейса пользователя, который обеспечивает простоту разработки и кросс-платформенность.

---

**Pydantic:** Используется для валидации данных, чтобы гарантировать корректность информации на входе и выходе приложения.

---

**PyInstaller:** Сборщик приложения в единый исполняемый файл, позволяющий упаковать все зависимости и сделать программу готовой к запуску без необходимости установки Python.



# Реализация теста PVT



Psychomotor Vigilance Test (PVT) оценивает когнитивные способности пользователя.



Пользователь реагирует на случайные визуальные стимулы, время реакции фиксируется.



**Этапы выполнения:**



Генерация случайных стимулов с задержкой 2–5 секунд.



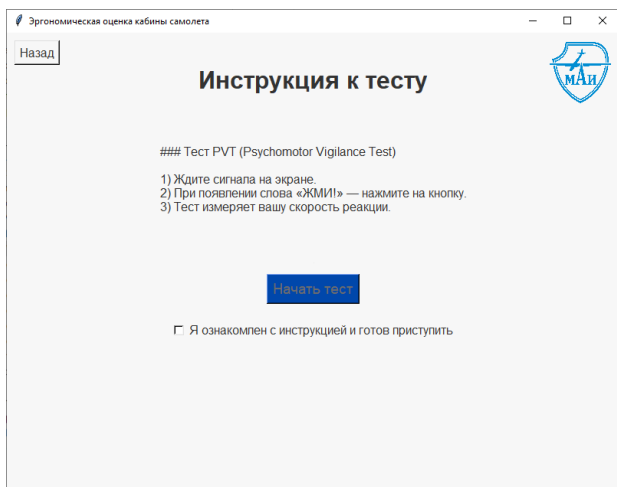
Фиксация времени реакции и сохранение в базе данных.



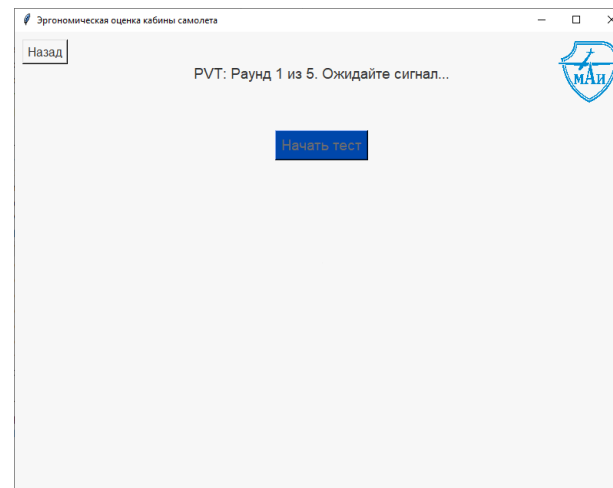
Анализ результатов

# Внешний вид кадров прохождения теста PVT

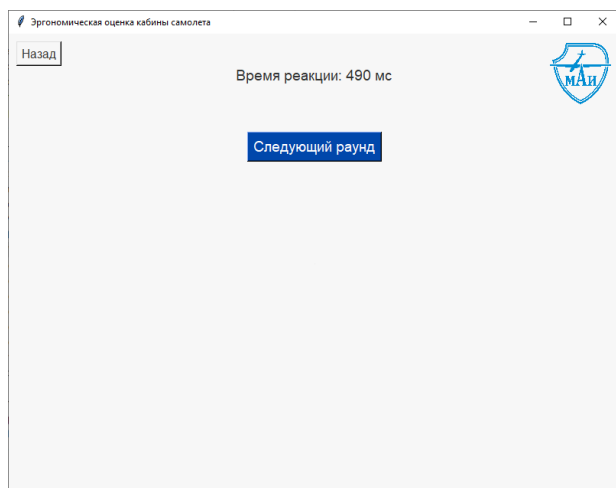
## Шаг №1



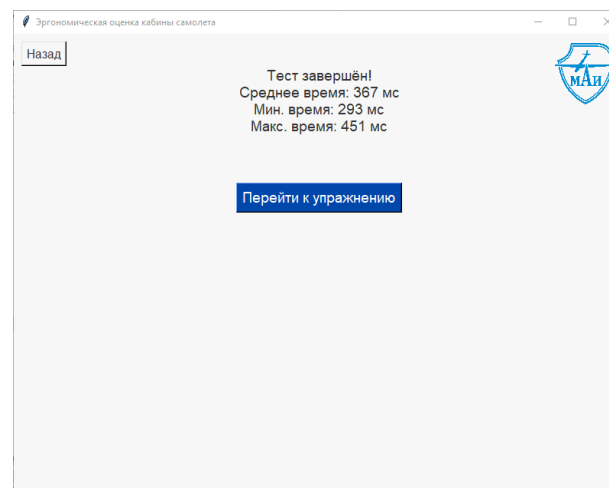
## Шаг №2



## Шаг №3



## Шаг №4



# Реализация NASA-TLX

Тест NASA-TLX (Task Load Index) разработан для субъективной оценки рабочей нагрузки, испытываемой пользователем при выполнении задачи. В моём приложении этот тест используется для анализа восприятия нагрузки после выполнения упражнений, что позволяет оценить изменения в умственной и физической нагрузке, а также уровень стресса.

Пользователь вводит субъективные оценки по шести шкалам:

- Умственная нагрузка.
- Физическая нагрузка.
- Временная нагрузка.
- Уровень усилий.
- Уровень стресса (фрустрация).
- Восприятие эффективности выполнения задачи.

Каждая шкала оценивается от 0 (минимальная нагрузка) до 20 (максимальная нагрузка).

# Реализация NASA-TLX

После ввода оценок программа предлагает пользователю сравнить важность каждой пары шкал.

Например, пользователь выбирает, что для него более значимо: умственная нагрузка или временные ограничения.

На основе ответов программа рассчитывает веса каждой шкалы, что позволяет учитывать индивидуальные приоритеты пользователя.

$$\text{Weighted TLX} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$S_i$  — оценка пользователя по  $i$ -й шкале (например, умственная нагрузка, физическая нагрузка и т.д.);

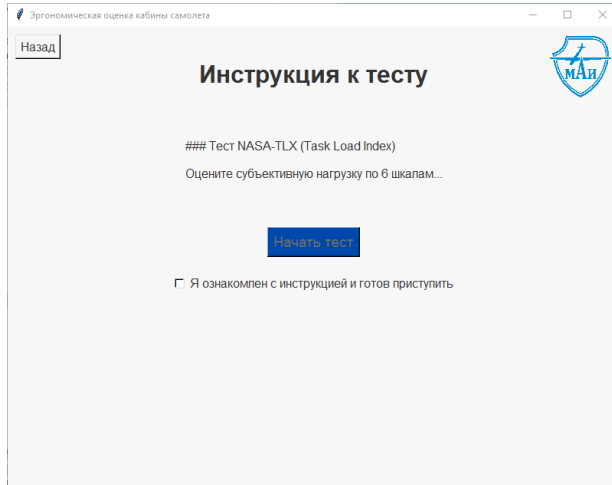
$W_i$  — вес  $i$ -й шкалы, полученный в результате парных сравнений;

$n$  — количество шкал (в данном случае  $n=6$ );

$\sum_{i=1}^n W_i$  — сумма всех весов для нормализации итогового показателя.

# Внешний вид кадров прохождения NASA-TLX

## Шаг №1



Эргономическая оценка кабины самолета

Назад

**Инструкция к тесту**

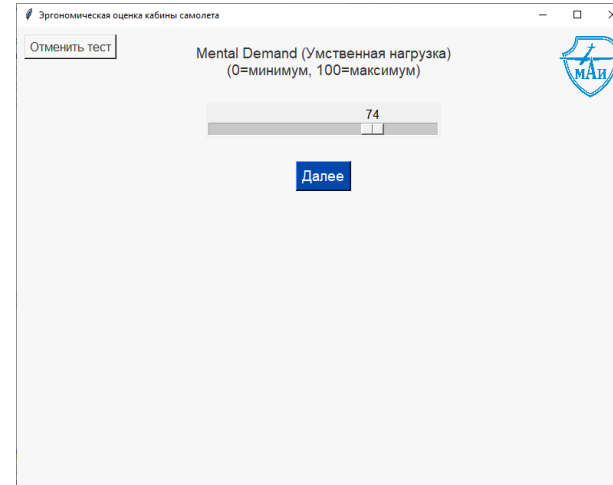
### Тест NASA-TLX (Task Load Index)

Оцените субъективную нагрузку по 6 шкалам...

**Начать тест**

☐ Я ознакомлен с инструкцией и готов приступить

## Шаг №2



Эргономическая оценка кабины самолета

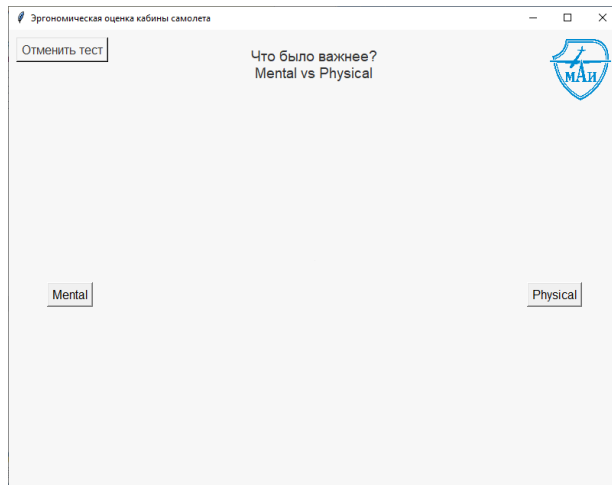
Отменить тест

Mental Demand (Умственная нагрузка)  
(0=минимум, 100=максимум)

74

**Далее**

## Шаг №3



Эргономическая оценка кабины самолета

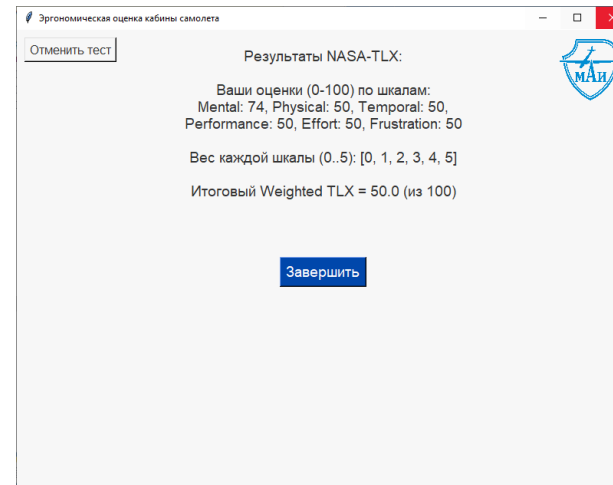
Отменить тест

Что было важнее?  
Mental vs Physical

Mental

Physical

## Шаг №4



Эргономическая оценка кабины самолета

Отменить тест

**Результаты NASA-TLX:**

Ваши оценки (0-100) по шкалам:  
Mental: 74, Physical: 50, Temporal: 50,  
Performance: 50, Effort: 50, Frustration: 50

Вес каждой шкалы (0..5): [0, 1, 2, 3, 4, 5]

Итоговый Weighted TLX = 50.0 (из 100)

**Завершить**

# Выводы по дипломной работе

- Сформулированы требования к системе эргономической оценки кабины самолета;
- Проведен анализ существующих решений и обоснован выбор стека технологий для реализации тестов PVT и NASA-TLX;
- Разработаны ключевые модули системы, включая проведение тестов психомоторной бдительности (PVT) и субъективной оценки рабочей нагрузки (NASA-TLX);
- Создан графический пользовательский интерфейс (GUI), обеспечивающий интуитивно понятное взаимодействие с системой и визуализацию результатов;
- Проведено тестирование разработанной системы, подтвердившее корректность ее работы и соответствие поставленным требованиям.

# Заключение

Реализация данной системы в будущем позволит эффективно анализировать эргономические характеристики кабины самолета, снизить число ошибок, связанных с человеческим фактором, и повысить безопасность полетов, обеспечив оптимальные условия работы для пилотов в условиях высокой нагрузки.

**Спасибо за внимание!**