



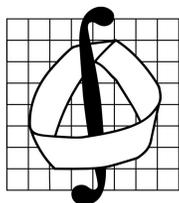
Совместное применение систем виртуальной реальности и подвижных платформ в подготовке пилотов

**проф. Лемак С.С.
н.с. Чертополохов В.А.
*VR-центр МГУ имени М.В. Ломоносова***

Синхронизированная динамическая и визуальная имитация управляемого движения ЛА

Группа акад. РАН В.А. Садовниченко и проф. В.В.Александрова

- Начиная с **1970-х годов** в МГУ создается математическое и программное обеспечение технологий виртуальной реальности, предназначенное для обучающих систем
- Разработано математическое и программное обеспечение согласованных систем динамической и визуальной имитации, предназначенное для **тренажеров нового поколения**
- С помощью предложенных методик тестирования решается задача **выработки навыков управления движением ЛА в экстремальных ситуациях**

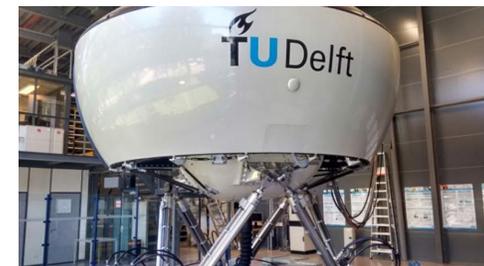


Работы велись на базе **Панорамной системы виртуальной реальности** лаборатории **МОИДС** (заведующий: проф. Лемак С.С.) механико-математического факультета МГУ

Панорамная система виртуальной реальности



Пилотажно-динамические стенды



Компактная система 3D-визуальной имитации



Синхронизированная динамическая и визуальная имитация управляемого движения ЛА

Группа акад. РАН В.А. Садовниченко и проф. В.В.Александрова

Основные результаты:

- Разрабатываются математические модели **вестибуло-окулярной системы**
 - Доказывается возможность коррекции активности информационных процессов в **афферентных первичных нейронах** в целях **улучшения установки взора** при визуальном управлении движением
 - **Проводятся эксперименты** на пилотажно-динамических стендах и в настоящее время проходит экспериментальная проверка результата на орбите – проект РОСКОСМОСА «**Вектор-МБИ-1**»
- Применяется новая технология **виртуальной реальности** – гальваническая вестибулярная стимуляция (**GVS-technology**) для имитации быстрых угловых движений на пилотажно-динамических стендах опорного типа
 - Технология позволит **улучшить подготовку пилотов гражданской авиации** навыкам пилотирования в **экстремальных ситуациях**
- Для пилотажно-динамических стендов опорного типа разрабатывается **схема экспертных оценок** качества алгоритмов динамической имитации квазистационарных и быстрых составляющих управляемого полёта с целью их применения в **тренажерных комплексах**
- Разрабатывается математическое обеспечение **Панорамной системы виртуальной реальности** для разработки алгоритмов виртуальной реальности и их применения для **сертификации пилотов**
 - Расширяется методика применения технологии виртуальной реальности - **гарантированного максиминного тестирования** операторов, пилотов и космонавтов на пилотажно-динамических тренажёрах
- Создается новая **компактная система 3D-визуальной имитации** окружающей среды для подготовки пилотов к их профессиональной деятельности и **сертификации качества выполняемых заданий**

Модификация Сото-Тихоновой-Александрова модели Ходжкина-Хаксли

Modifications:

- parameters of model for primary afferent neuron of the vestibular apparatus of mammal (rat);
- the parameter of inactivation of potassium current was added;
- the coefficient of temperature was added;
- $n(V) + h_{Na}(V) \approx c(V)$;

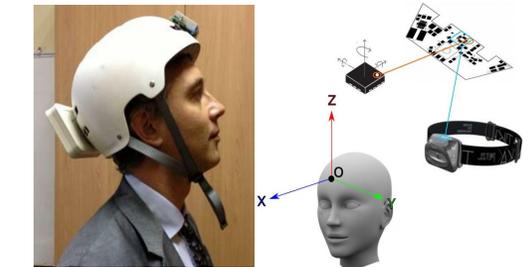
$$\begin{cases} C_m \frac{dV}{dt} = I_{syn} - I_{Na} - I_K - I_L; \\ \frac{dn}{dt} = \frac{n_{\infty}(V) - n}{\tau_n(V)} Q_{10}(a, T) \\ \frac{dh_K}{dt} = \frac{h_{K\infty}(V) - h_K}{\tau_{h_K}(V)} Q_{10}(a, T); \end{cases}$$

$$I_{Na} = g_{Na}(m_{\infty}(V)^3)(V - V_{Na})(C(V) - n);$$

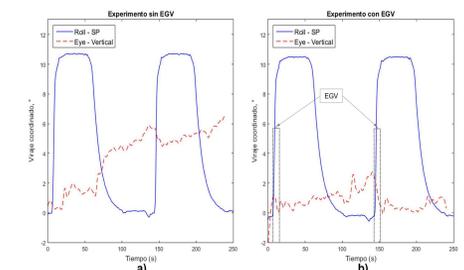
$$I_K = g_K n^4 h_K (V - V_K);$$

$$I_L = g_L (V - V_L);$$

Прототип НА «Вектор-МБИ-1»

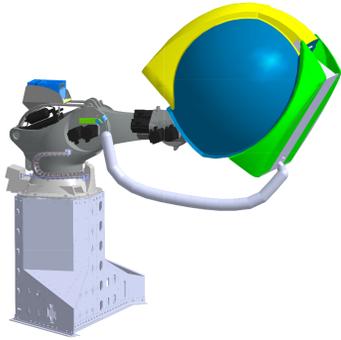


Результаты экспериментов



Основные задачи МГУ в составе лаборатории «Искусственный интеллект и безопасность полетов»

Прикладные направления исследований



Тренажерные системы

- Разработка **новых алгоритмов динамической и визуальной имитации** для перспективного **пилотажного стенда СПС** с расширенными возможностями имитации перегрузок
- Разработка и применение **компактных VR-систем**
- Развитие технологии **гальванической коррекции** выхода вестибулярного аппарата
- Применение **методики максиминного тестирования** качества управления СПС



Объективная оценка пространства кабины СПС

- Интеграция **шлема виртуальной реальности, системы отслеживания взора и движений** в составе исследовательского стенда для проведения **оценки** информационно-управляющего поля СПС
- Совместное применение **компактных VR-систем и подвижного стенда** для оценки действий пилота в процессе пилотирования



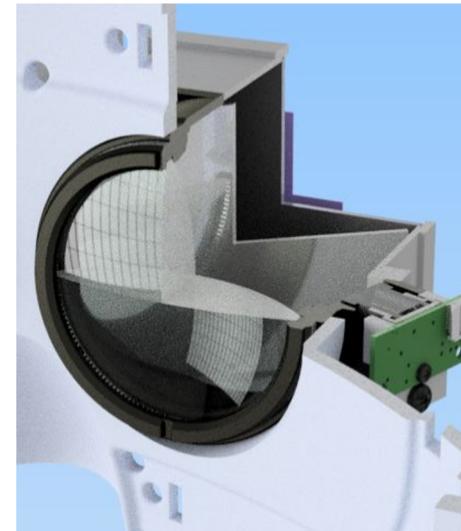
Информационная поддержка пилота

- Проработка **возможности применения компактных носимых систем дополненной реальности** в составе информационного контура СПС
- **Оценка эффективности** индикации информационного поля СПС, выдаваемого **средствами дополненной реальности** во время выполнения **выполнения инструментальных CAT III и выше заходов на посадку**

Основные задачи МГУ в составе лаборатории «Искусственный интеллект и безопасность полетов»
Алгоритмы для подвижных стендов и систем визуализации нового поколения



- Использование промышленных **роботов-манипуляторов** для динамической имитации позволит существенно **расширить динамический диапазон** тренажерных систем
- **Отечественный шлем виртуальной реальности**, разрабатываемый при участии коллектива лаборатории МОИДС МГУ, позволит в **высоком качестве** отображать кабину и закабинную обстановку при имитации пилотирования СПС



Основные задачи МГУ в составе лаборатории «Искусственный интеллект и безопасность полетов»

Оценка информационно-управляющего поля СПС



Система 3D визуализации:

- создаёт в пространстве виртуальной или дополненной реальности максимально приближенную к реальности **трёхмерную модель объекта** (кабины)
- позволяет команде разработчиков увидеть, каким образом пользователь (пилот) будет взаимодействовать с объектом, чтобы при необходимости **скорректировать его параметры**
- интегрируется с комплексом математического моделирования, с помощью которого можно провести **виртуальное тестирование**

Предполагается разработать методику оценка действий, которую возможно использовать при моделировании типичных штатных и нештатных летных ситуаций, в том числе:

- взлет
- аварийное прекращение взлета
- посадка
- посадка в сложных метеоусловиях
- уход на второй круг
- отказ пилотажно-навигационного оборудования
- отказ двигательной установки или механизации
- пожар на борту
- отказ гидросистем
- отказ бортового вычислительного комплекса

Изучение возможностей дополненной реальности как средства информационной поддержки

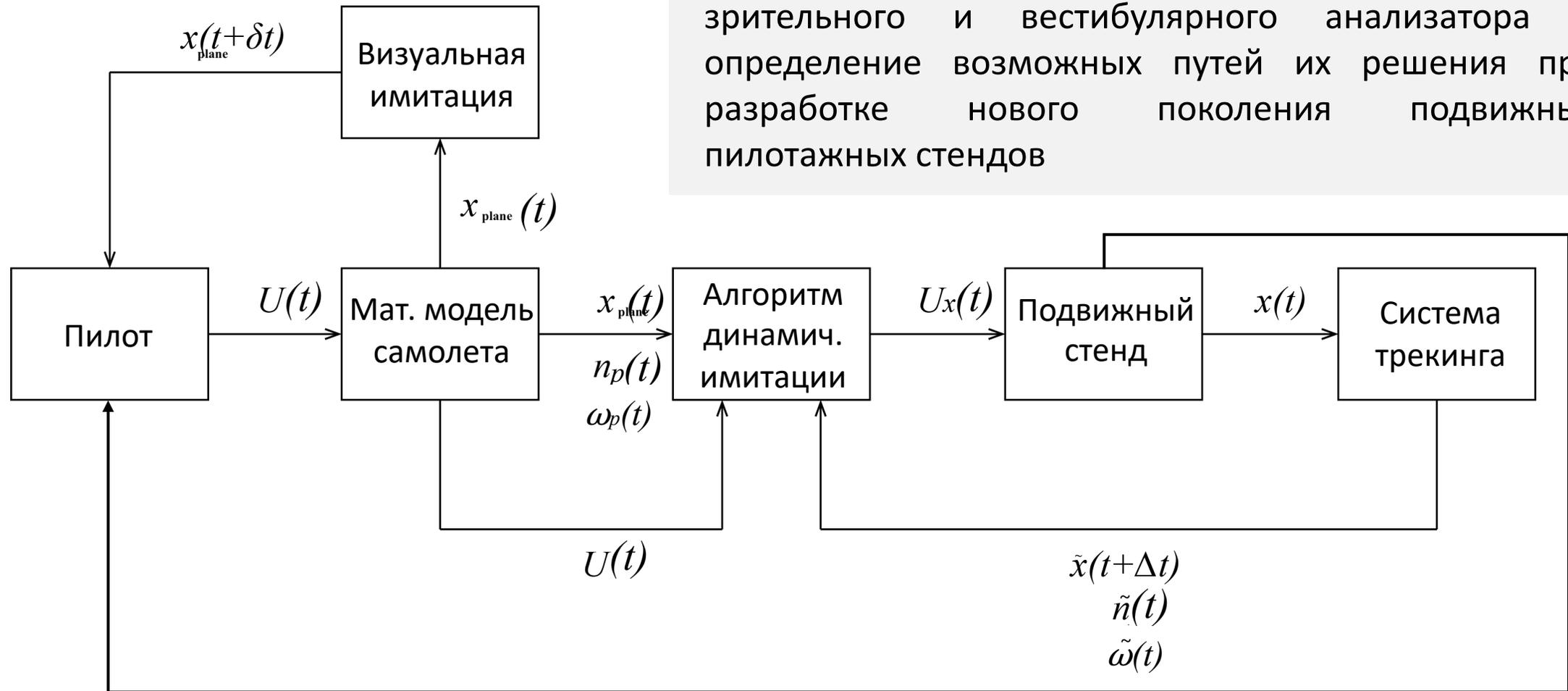


- Применение дополненной реальности имеет потенциал для **повышения эргономического качества** информационно-управляющего поля кабины
- Улучшение индикации требуется для **сокращения нагрузки на экипаж** и уменьшения количества членов экипажа

Разработанная в МГУ **методика максиминного тестирования** позволит определить эффективность применения дополненной реальности при пилотировании **в критических условиях и при посадке СПС** за счет моделирования операций в виртуальной среде и оценки отклонения модели СПС от траектории захода на посадку (на этапах полета начиная с расчетной точки начала снижения до окончания пробега, включая снижение по глиссаде)

Математическое обеспечение визуальной и динамической имитации движения СПС

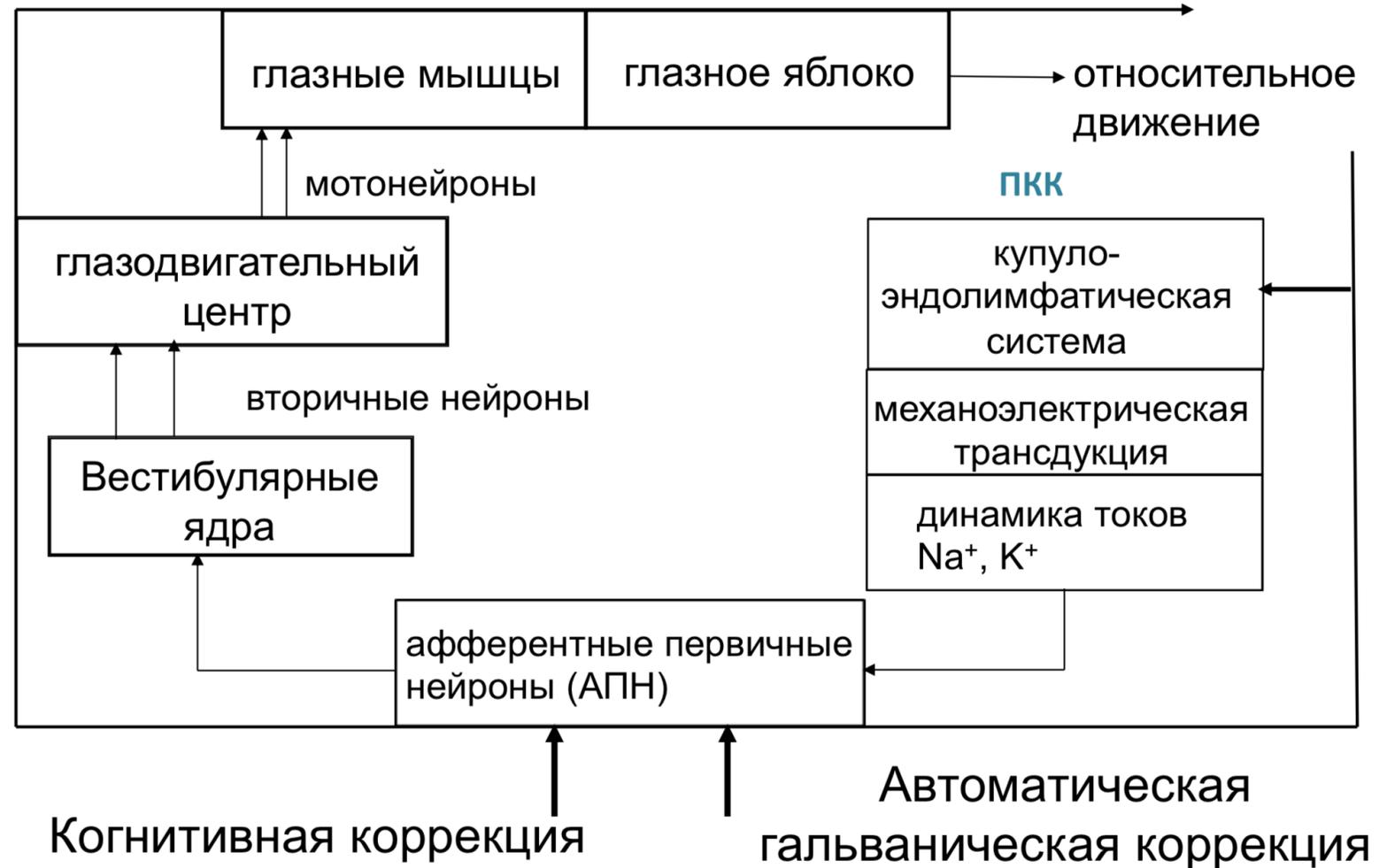
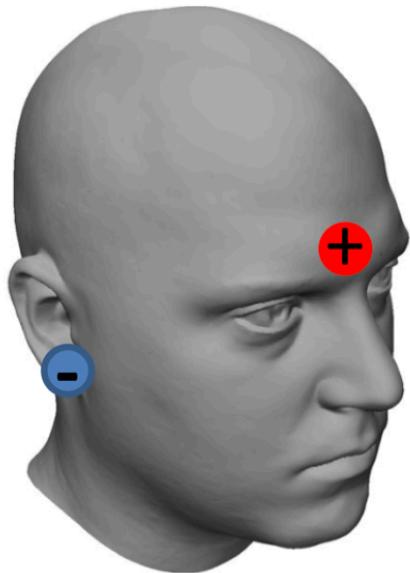
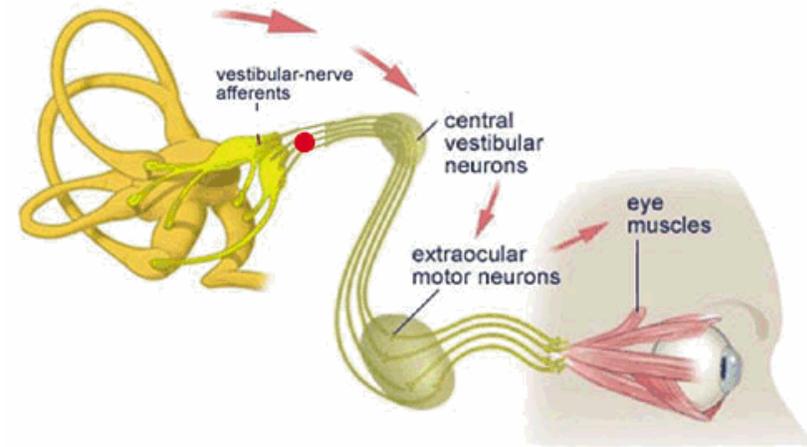
Требуется изучение проблем совместной работы зрительного и вестибулярного анализатора и определение возможных путей их решения при разработке нового поколения подвижных пилотажных стендов



Движение стенда

Когнитивная и гальваническая коррекция активности вестибулярного аппарата

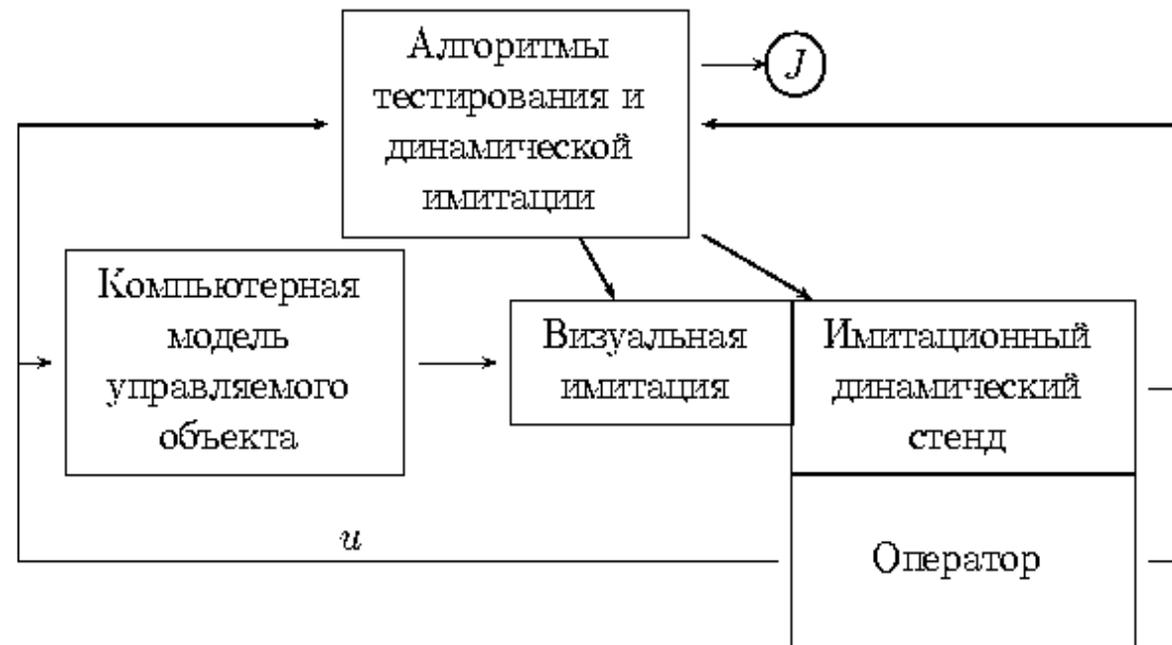
Абсолютное движение головы



Методика максиминного тестирования качества управления движением СПС

$$\dot{y} = f(y, u, v, t), \quad y(t_0) \in Y, \quad u(\cdot) \in U, \quad v(\cdot) \in V$$

Этапы тестирования алгоритма $\tilde{u}(x, t)$.



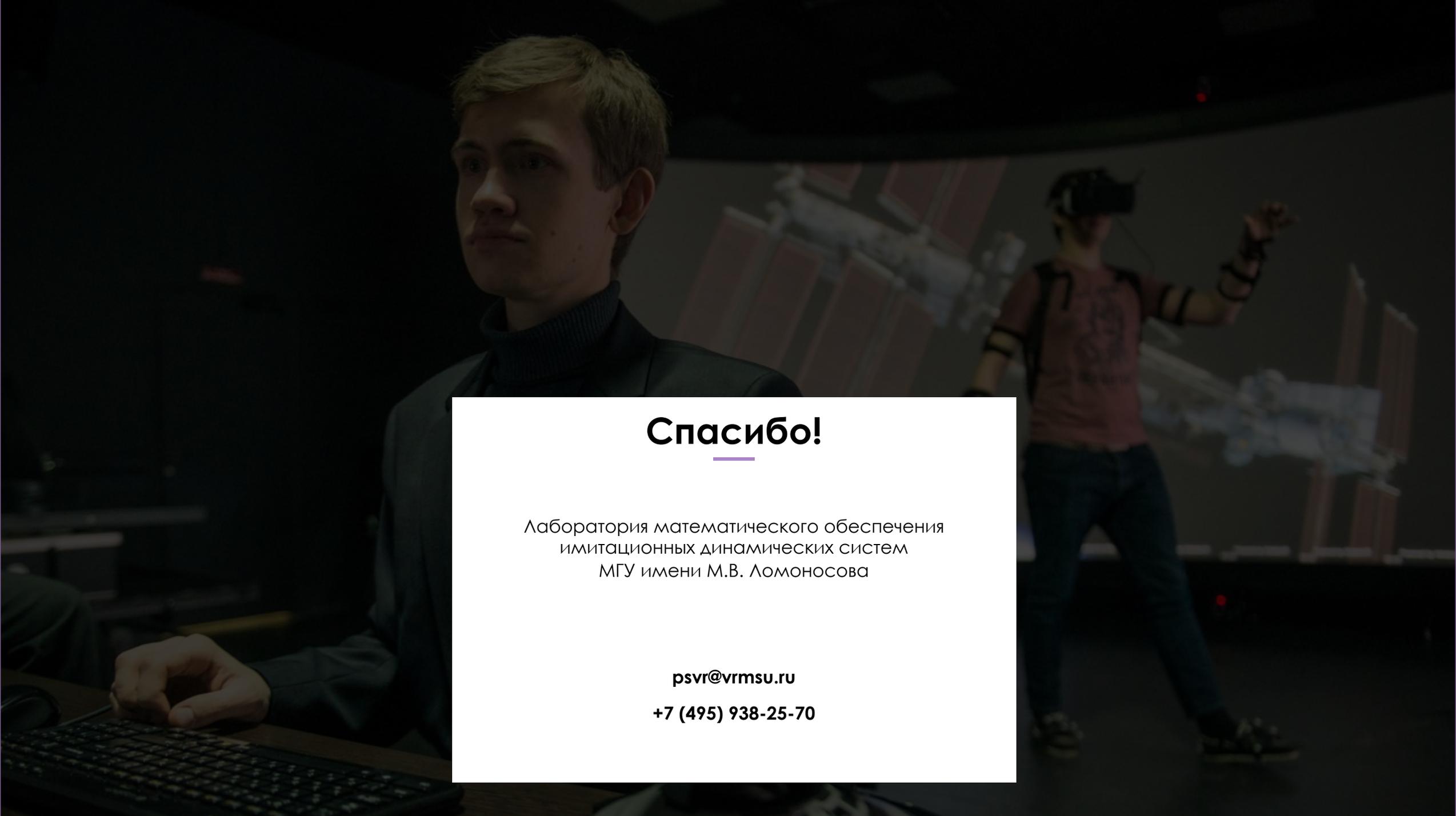
1-й этап:

$$J_0^0 = \max_{w(\cdot) \in W} \min_{u(\cdot) \in U_0} J = \min_{u(\cdot) \in U_0} \max_{w(\cdot) \in W} J = J(u^0, w^0) \leq J(\tilde{u}, w^0) = \tilde{J}$$

нижняя оценка («отличный» результат)

2-й этап: стендовое (компьютерное) тестирование и вычисление $\tilde{J}(\tilde{u}, w^0)$

3-й этап: «мягкая» оценка $\kappa^* = 10 \cdot \frac{J_0^0}{\tilde{J}}$



Спасибо!

Лаборатория математического обеспечения
имитационных динамических систем
МГУ имени М.В. Ломоносова

psvr@vrmsu.ru

+7 (495) 938-25-70