

УДК 623.4.056.4

## МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИМИТАТОРА АКСЕЛЕРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

© 2011 Е.А. Сапунов<sup>1</sup>, И.А. Прошин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко», г. Заречный

<sup>2</sup> Пензенская государственная технологическая академия

Поступила в редакцию 19.03.2011

Предложена методика моделирования имитатора акселерационных воздействий.

Ключевые слова: *тренажер, динамический стенд, привод, методика моделирования*

Моделирование имитатора акселерационных воздействий включает в себя решение целого ряда вопросов по исследованию механизма движения летательного аппарата, восприятию акселерационной информации пилотом, моделированию управляющих воздействий и приводов динамического стенда с компенсацией и без компенсации статической нагрузки. Результаты моделирования восприятия пилотом акселерационной информации необходимы для синтеза законов управления динамическим стендом. Вместе с результатами моделирования механизма движения летательного аппарата они являются основой для разработки и выбора динамического стенда. Результаты моделирования динамических режимов привода служат основанием для формирования требований и совершенствования приводов динамических стендов. Результаты моделирования привода и систем управления приводами используются для сравнительной оценки приводов с компенсацией и без компенсации статической нагрузки, выбора структуры системы управления приводами.

Предлагается следующая методика проведения исследований.

1. Моделирование механизма движения летательного аппарата.
2. Моделирование восприятия акселерационной информации пилотом.
3. Моделирование вариантов структуры систем управления приводами.
4. Исследование способов формирования задающих воздействий.
5. Исследование и оценка динамических режимов привода.
6. Сопоставительный анализ и выбор элементов и параметров имитатора акселерационных воздействий.

*Сапунов Евгений Александрович, инженер-конструктор. E-mail: sapuni@mail.ru*

*Прошин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление». E-mail: proshin@pgta.ru*

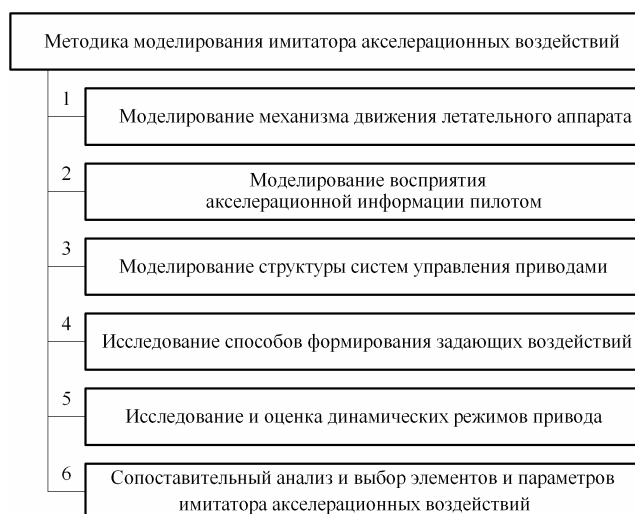


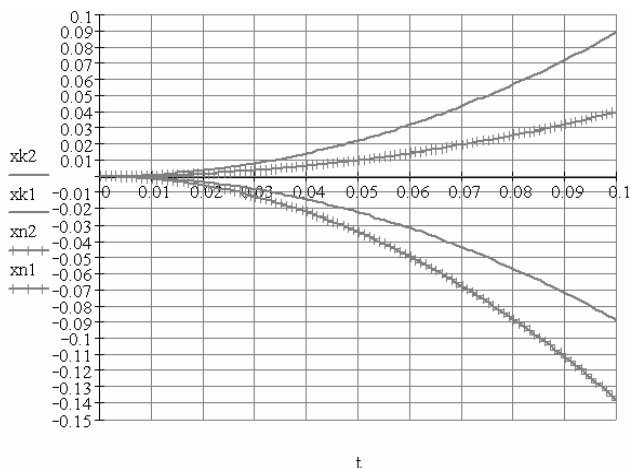
Рис. 1. Методика моделирования имитатора акселерационных воздействий

На первом этапе решается задача определения параметров необходимых воздействий. Определяют амплитуды перемещений, скоростей движения, ускорений и градиентов движения летательного аппарата [1]. Второй этап направлен на моделирование особенностей восприятия пилотом акселерационной информации. Основными параметрами вестибулярного аппарата, с точки зрения тренажеростроения, считают величину латентного периода и времени адаптации. Первая величина характеризует начало появления при воздействии стимула, вторая – длительность ощущения при прекращении воздействия. Типовым воздействием при оценке латентного времени по линейным степеням свободы является ускорение с постоянным градиентом, по угловым степеням свободы – постоянное ускорение с нулевым градиентом. При оценке времени адаптации по угловым степеням свободы используют воздействие стоп-стимул, т.е. длительное вращение с постоянной скоростью и затем мгновенная остановка или задают

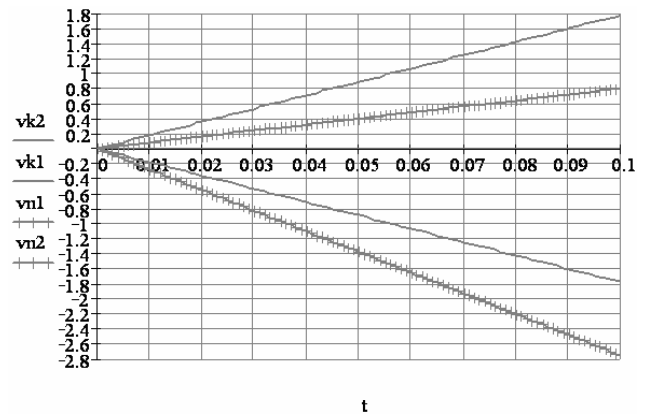
импульс ускорения. Знание функции латентного периода от величины внешнего возмущения позволяет ввести величину порога по ощущению ускорения, а не по внешнему воздействию.

Важным этапом моделирования является исследование, выбор и определение основных параметров движения платформы динамического стенда при использовании различных структур систем управления. Поэтому на третьем этапе проводится анализ возможных структур построения систем управления приводами. По результатам первых трёх этапов выбирают возможные способы формирования задающих воздействий и проводят их предварительное моделирование и анализ. Пятый этап направлен на моделирование и оценку динамических режимов привода. Основа выполнения этого этапа – математические модели привода, выбранные способы формирования задающих воздействий, законов управления и структуры систем управления приводом. По результатам моделирования на всех этапах проводится сопоставительный анализ и выбор элементов и параметров имитатора акселерационных воздействий.

Важным является исследование и сравнительный анализ гидропривода с компенсацией и без компенсации веса платформы динамического стенда. На рис. 2 и 3 приведены результаты расчёта перемещений и скоростей платформы в шарнирном узле при её движении вверх и вниз при действующих на платформу в каждом узле равных сил для системы с компенсацией статической нагрузки и без её компенсации [2].



**Рис. 2.** Изменение перемещения и скорости в системе без компенсации и с компенсацией при одинаковой силовом воздействии



**Рис. 3.** Изменение скорости в системе без компенсации и с компенсацией при одинаковом силовом воздействии

Как видно из рисунка, платформа в системе с компенсацией статической нагрузки приобретает ускорение, превышающее более чем в два раза ускорение платформы в системе без компенсации, что позволяет повысить более чем в два раза быстродействие системы с компенсацией при одинаковых мощностях приводов. Характеристики движения и по перемещению и по скорости для системы без компенсации несимметричны относительно оси времени, для системы с компенсацией обеспечивается полная симметрия характеристик.

Рис. 4 и 5 иллюстрируют результаты расчёта перемещений и скоростей платформы в том же узле при её движении вверх с одинаковыми ускорениями для системы с компенсацией статической нагрузки и без её компенсации. При этом в системе с компенсацией статической нагрузки обеспечивается движение как вверх, так и вниз с одинаковым ускорением, а характеристики движения симметричны. В системе без компенсации ускорение платформы при движении вниз значительно превышает её ускорение при движении вверх, что и определяет несимметрию характеристик. Для перемещения платформы с заданными ускорениями в системе с компенсацией со стороны привода необходимо обеспечить определенное усилие, в то время как для создания такого же ускорения в системе без компенсации требуется значительно большее усилие [2]. При движении платформы с меньшими ускорениями эффективность введения компенсации статической нагрузки значительно возрастает.

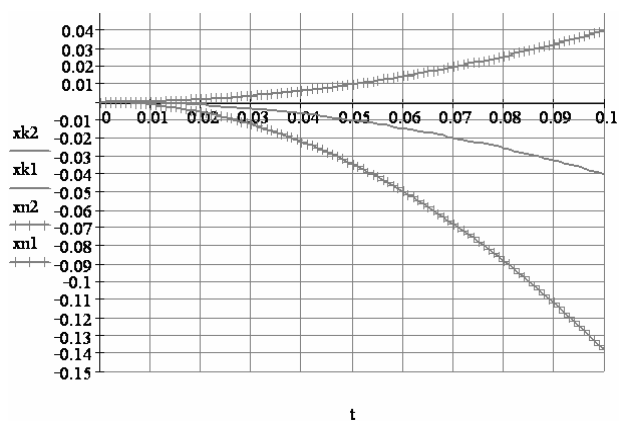


Рис. 4. Изменение перемещения в системе без компенсации и с компенсацией при одинаковом ускорении

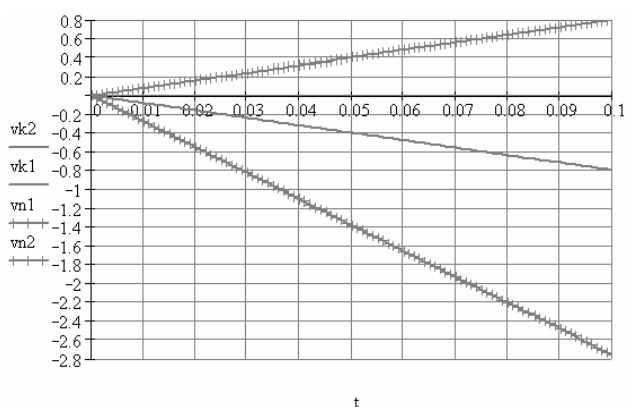


Рис. 5. Изменение скорости в системе без компенсации и с компенсацией при одинаковом ускорении

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Прошин, И.А. Моделирование законов управления динамическими системами / И.А. Прошин, Е.А. Сапунов // Материалы II международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век», часть 1, Курск, 2010. С. 161-165.
2. Прошин, И.А. Моделирование движения динамического стенда авиационного тренажера с компенсацией нагрузки / И.А. Прошин, В.М. Тимаков, А.В. Савельев, Е.А. Сапунов // Труды шестой Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи», часть 2, Самара, 2009. С. 152-154.

## TECHNIQUE OF ACCELERATION INFLUENCES SIMULATOR MODELING

© 2011 E.A.Sapunov<sup>1</sup>, I.A. Proshin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FSPC «IC «Start» named after M.V. Protsenko», Zarechniy

<sup>2</sup> Penza State Technological Academy

The technique of modeling the acceleration influences simulator is offered.

Key words: *training simulator, dynamic stand, drive, modeling technique*