

УДК 629.3

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КАК МЕТОДОЛОГИЯ И ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Акулов В.А., Шуджаири М.А.Х.

Самарский университет, Самара, Россия, vladislav.a.akulov@gmail.com

Ключевые слова: управление проектами, прототипирование, виброакустический комфорт, цифровое моделирование динамических систем.

Автоматизированное проектирование пассажирских транспортных средств (ПТС), в числе которых воздушные суда и наземный общественный транспорт, с обеспечением заданных свойств является традиционной задачей машиностроения. В то же время она требует постоянного развития и совершенствования, что обусловлено рядом факторов, в числе которых насыщенность рынка, высокий уровень конкуренции между производителями, а также результаты технического и технологического прогресса. Так, например, получают распространение новые компоновочные схемы объектов ПТС, новые материалы, технологии сборки, глубоко модернизированные силовые установки и т. д. Одним из показателей конкурентоспособности ПТС является комфорт, под которым понимается обеспечение приемлемого уровня интенсивности низкочастотной вибрации и акустических шумов, возникающих при работе силовой установки и движении транспорта. Причём требования к уровню комфорта постоянно повышаются.

В соответствии с технологиями современного машиностроения, задача по обеспечению заданных свойств изделия, включая комфорт, должна решаться, начиная с ранних этапов проектирования. Что касается узлов, определяющих комфорт ПТС и именуемых подвесками, они отличаются значительным разнообразием. В то же время, им присуща общность. Являясь колебательными системами, они принадлежат к объектам теории автоматического управления (ТАУ). Указанная специфика определяет целесообразность разработки единого подхода к управлению проектами комфортабельных ПТС, основанного на законах ТАУ.

Цель исследований. Разработка, апробация методологии и цифровой технологии управления проектами перспективных ПТС, основанная на воспроизведении на новом объекте параметров переходного процесса прототипа, уровень комфорта которого принят за эталон.

Для достижения поставленной цели разработан и апробирован подход, сочетающий в себе методы ТАУ, прототипирования и состоящий из следующих этапов.

1. Выбирается объект – прототип, уровень комфорта которого принимается за эталон. К таким объектам относятся самолёты, вертолёты, автобусы и другие ПТС. По соображениям доступности и стоимости исследований далее в качестве прототипа выбран один из современных автобусов с пневматической подвеской.

2. Расчётно-экспериментальным путём определяются показатели переходных процессов, возникающих в прототипе при скачкообразном воздействии на его подвеску умеренной интенсивности.

3. Полученные данные пересчитываются на условия вновь проектируемого объекта. В итоге задача по обеспечению выбранного уровня комфорта сводится к воспроизведению на

проектируемом объекте свойств упругих элементов (рессоры, пружины, пневмобаллоны) и элементов, осуществляющих диссипацию энергии (опоры, продольные и поперечные амортизаторы).

Результаты исследований. Предлагаемая методология состоит из шести разделов: теоретических основ динамики колебательных систем с трением, выбора объекта испытаний, создания лабораторной установки, синтеза информационной системы, разработки технологии испытаний, обработки результатов натурных экспериментов, выдачу исходных данных и рекомендаций проектировщикам ПТС. Важно отметить, что предлагаемый подход обеспечивает управление процессом проектирования, начиная с ранних этапов. Кроме того, он является универсальным, так как применим к разнообразным кинематическим схемам подвесок, в числе которых рессорные, пружинные и пневматические.

Теоретическую основу предлагаемой методологии составляет математическая модель переходного процесса в колебательной системе с учётом диссипации энергии, согласно которой переходный процесс характеризуется двумя основными параметрами: периодом затухающих колебаний T и логарифмическим декрементом колебаний λ . Для их определения осуществляется съезд автобуса с прямоугольного препятствия при выключенном двигателе.

Возникающий в результате импульсного воздействия переходный процесс регистрируется и представляется в виде зависимости мгновенной скорости от времени. В качестве типового примера на рис. 1 приведен процесс, построенный по показаниям датчика, установленного на полу пассажирской площадки автобуса – прототипа.

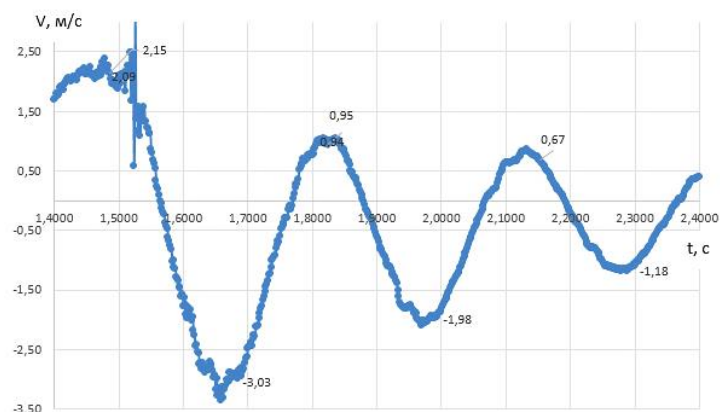


Рис. 1. Типовой переходный процесс: зависимость мгновенной скорости от времени

В результате исследований установлены следующие закономерности. Во-первых, переходный процесс является нелинейным. Осевая линия, соответствующая положению равновесия смещена в сторону положительных отклонений. Во-вторых, декременты λ , определённые по положительным и отрицательным отклонениям относительно осевой линии, отличаются как по величине, так и по тенденции изменения по времени. Диапазон изменения λ , вычисленный по положительным отклонениям $A (+)$, составляет по величине от 0,253 до 0,629, причём с течением времени возрастает. Среднее значение $\lambda_{ср} = 0,39 \pm 0,2$. Диапазон изменения λ , вычисленный по отрицательным отклонениям $A (-)$ составляет по величине от 0,553 до 0,363, причём по времени убывает. Среднее значение $\lambda_{ср} = 0,455 \pm 0,1$. В - третьих, средние значения периода колебаний, вычисленные по $A (+)$ и $A (-)$ составляют соответственно $T (+) = 0,3016 \pm 0,02$ с и $T (-) = 0,3037 \pm 0,004$ с, т. е. в отличие от λ они близки.

Заключение. Практическая значимость выполненных исследований состоит в следующем.

Разработана и апробирована методология и цифровая технология управления проектами ПТС в части обеспечения их комфорта. Основу методологии составляет сочетание методов прототипирования и теории автоматического управления. В качестве объекта исследований выбран современный автобус как наиболее доступный представитель ПТС по сравнению с самолётами и вертолётами. Методология рассчитана на применение при начальных этапах проектирования, что означает соответствие требованиям, предъявляемым к современному машиностроению. Обеспечение требуемого уровня комфорта достигается за счёт воспроизведения динамических характеристик прототипа, принятого за эталон. В качестве характеристик подвески ПТС, как узла, обеспечивающего комфорт в условиях низкочастотной вибрации, приняты параметры переходного процесса, возникающего при умеренном воздействии на подвеску со стороны дорожного покрытия и которыми являются период T и логарифмический декремент колебаний λ . Методология является универсальной и применимой к разнообразным конструктивным решениям подвески ПТС, включая рессорную, пружинную и пневматическую. Установлено, что одним из условий комфорта наземных ПТС являются следующие параметры подвески: период затухающих колебаний $T \sim 0,3$ с ($f \sim 3,3$ Гц) и логарифмический декремент затуханий $\lambda \sim 0,4$. Сформулированы направления исследований на перспективу. Основные из них: более подробное исследование нелинейных свойств выбранного прототипа с учётом конструкции подвески (рычаги, узлы крепления, характеристики амортизаторов, жёсткость пневматической подвески и колёс); исследование влияния загрузки салона пассажирами на динамику системы с измерением вариации давления в опорной подушке подвески при колебаниях.

PROTOTYPING AS A METHODOLOGY AND DIGITAL TECHNOLOGY FOR PASSENGER VEHICLE PROJECT MANAGEMENT

Akulov V.A., Shujairi M.A.X.

Samara University, Samara, Russia, vladislav.a.akulov@gmail.com

Keywords: project management, prototyping, vibroacoustic comfort, digital modeling of dynamic systems.

A methodology has been developed and tested for obtaining the initial data necessary to manage the projects of new passenger vehicles with the required level of comfort under the shock load that occurs when driving over bumps. The methodology is based on the method of prototyping, according to which an object is selected - a prototype, the level of comfort of which is taken as a standard. Calculation-experimentally, the indicators of transient processes that occur in it under a spasmodic impact of moderate intensity (imitation of exit from a rectangular obstacle) are determined. The data obtained are recalculated for the conditions of the newly designed facility. It is planned to increase the level of comfort due to the choice of a prototype with improved characteristics. Directions for further research are formulated. The main ones are: a more detailed study of the nonlinear properties of the selected prototype, taking into account the suspension design (levers, attachment points, shock absorber characteristics, air suspension and wheel stiffness); study of the effect of passenger compartment loading on the dynamics of the system with the measurement of pressure variations in the support pad of the suspension during vibrations.