

УДК 629.113

## ПАРАМЕТРЫ ШУМА И ВИБРАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

<sup>1</sup>Вахидов У.Ш., <sup>2</sup>Китов А.Г., <sup>1</sup>Согин А.В., <sup>1</sup>Шапкин В.А., <sup>1</sup>Шапкина Ю.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,  
Нижний Новгород, e-mail: from\_friends@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет  
им. Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: fromsmallshovels@mail.ru

Статья посвящена проблемам комплексного анализа виброакустических характеристик транспортных и технологических машин. Поскольку виброакустические характеристики конструкции влияют на ее надежность и долговечность, важным является их детальное изучение на всех стадиях разработки: исследования, проектирования, производства и испытаний. Наиболее экономически эффективным при создании высоко-технологичных транспортных и технологических машин является получение оптимальных вибрационных и акустических параметров на ранних стадиях процесса разработки при использовании компьютерного моделирования на базе метода конечных элементов. На основании обзора исследований виброакустических параметров транспортных и технологических машин определены задачи по оптимизации параметров конструкции. Решение рассматриваемой задачи возможно только в форме междисциплинарного инженерного анализа с использованием виртуального моделирования.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, вибронгруженность автомобиля, анализ виброакустических характеристик

## NOISE AND VIBRATION PARAMETERS OF THE TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

<sup>1</sup>Vachidov U.S., <sup>2</sup>Kitov A.G., <sup>1</sup>Sogin A.V., <sup>1</sup>Shapkin V.A., <sup>1</sup>Shapkina Y.V.

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,  
e-mail: from\_friends@mail.ru;

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod state pedagogical university of a name of Kozma Minin, Nizhny Novgorod,  
e-mail: fromsmallshovels@mail.ru

The article is devoted to the complex analysis of the vibroacoustic characteristics of the transport and technological machines. The vibrational behavior of transport and technological machines is closely relate to their reliability and durability. The most cost efficient way to obtain the optimal vibrational and acoustical parameters of the transport and technological machines is to avoid the undesirable behavior at early stage of development process by performing the finite element analysis on the virtual model of the product. Based on the research review in the field of vibroacoustic parameters of the transport and technological machines the objectives for design optimization are defined. The solution of the considered problem is possible only in the form of the multidisciplinary engineering analysis and virtual modeling.

**Keywords:** noise, vibration, harshness, vibrational behavior of the vehicle, analysis of vibroacoustic characteristics

Комплексный анализ виброакустических и прочностных характеристик является одним из наиболее важных составляющих в исследовании, проектировании, производстве и испытаниях транспортно-технологических машин. Этот анализ представляет собой два глобальных этапа (рис. 1) – моделирование жесткости и моделирование вибрации и шумов, подразделяющихся на различные подэтапы.

При использовании комплексного анализа виброакустических и прочностных характеристик пользуются тремя взаимосвязанными понятиями – шум, вибрация и жесткость, определения которых для инженеров отличаются от стандартных физических определений.

Для инженеров в области комплексного анализа виброакустических и прочностных

характеристик на основании Стандарта SAE J 670E «Комитета Динамики Транспортных Средств» приняты следующие определения [9]:

– шум определяется как любой неприятный или неожиданный звук, создаваемый вибрирующим объектом, акустические вибрации объекта характеризуется ощущением давления через уши;

– вибрация определяется как любое нежелательное повторяющееся движения объекта, вперед-назад или вверх-вниз, воспринимается тактильно на точках контакта пассажиров и водителя транспортного средства – рулевая колонка, сидения, пол и т.д.

– жесткость определяется как агрессивное ощущение подвески или отсутствие реакции в ответ на единичное воздействие, может быть воспринято как тактильно, так и на слух.



Рис. 1. Комплексный анализ виброакустических и прочностных характеристик автомобиля

Термин «жесткость» в комплексном анализе виброакустических и прочностных характеристик является спорным и трактуется разными автопроизводителями по-разному. Он может относиться к субъективному восприятию вибрации и шума и являться критерием количественной оценки «резкости» поведения узлов и агрегатов автомобиля. Другая трактовка рассматривает «жесткость» как прочность элементов конструкции.

Комплексный виброакустический и прочностной анализ относится к области инженерной механики, направлен на измерение и оптимизацию шумовых и вибрационных характеристик автомобилей, повышает роль виртуальных прототипов автомобилей для сокращения цикла разработки и сокращения затрат при сохранении качества и способствует разработке большого числа вариантов автомобилей на базе небольшого количества платформ [5].

Комплексный виброакустический и прочностной анализ приобретает важное значение ввиду взаимо-противоречивых требований, предъявляемых к автопроизводителям потребителями и государственными органами:

- потребители становятся более требовательны в отношении виброакустических характеристик транспортного средства,
- требования по экономии топлива вынуждают разрабатывать более легкие автомобили, что приводит к тому, что проблемы

шума и вибраций становятся более очевидными и критическими,

- шумовое воздействие на окружающую среду строго регламентируется законодательством большинства государств (в том числе и России), так как это является нагрузкой на окружающую среду и влияет на здоровье граждан.

Важность вибрационной и акустической безопасности подтверждает наличие большого количества требований по виброакустике. Общая и локальная вибрация нормируется предписаниями 34 международных стандартов ИСО (ISO), шестью европейскими нормами (EN), шум – восьмью Правилами ЕЭК ООН «О единообразных технических предписаниях для колесных транспортных средств...». Основными из них являются требования к общей (ГОСТ 31191.2-2004 [1]), локальной (ГОСТ 31192.2-2005 [2]) вибрации и внешнему шуму [3, 4].

Проведение расчетного анализа вибрации и шума, а тем более оптимизация параметров конструкции требует решения задач по исследованию разнородных по своей природе физических явлений в различной постановке:

- кинематический и динамический анализ механизмов, входящих в проектируемое изделие;
- определение упруго-демпфирующих характеристик виброизолирующих компонентов конструкции;

– моделирование напряжённо-деформированного состояния сложных пространственных конструкций (кузова, рамы, элементов корпуса и т.п.);

– моделирование взаимодействия конструктивных элементов изделия с акустическими объёмами и распространения в них звука.

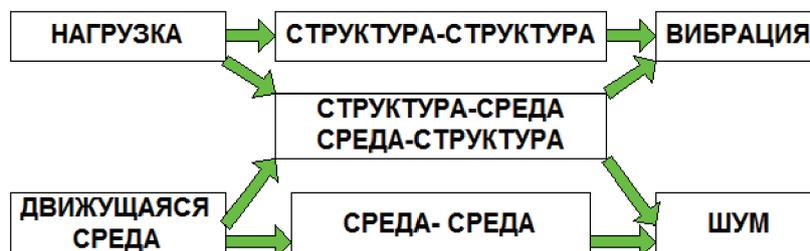


Рис. 2. Возникновение вибрации и шума в транспортно-технологических машинах

Комплекс проводимых исследований по уменьшению шума и вибронегруженности транспортно-технологических машин включает в себя, во-первых, борьбу с шумом и вибрациями в источнике и, во-вторых, на путях их распространения. При этом исследуемые колебательные процессы имеют различный характер. Такие источники, как двигатель и трансмиссия

создают периодические возмущения, зависящие от конструкции и режимов работы, а, например, шины при воздействии с дорожным полотном возбуждают колебания, имеющие случайный характер (рис. 2, 3). Именно эти колебания и передаются затем силовой установке, трансмиссии, панелям кузова и другим узлам и деталям автомобиля [6].

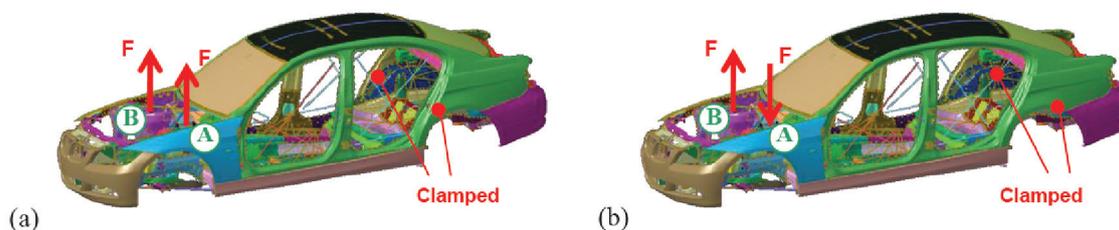


Рис. 3. Примеры статического нагружения, установленные для оценки жесткости чернового варианта кузова (а) кручение и (б) изгиб

На данный момент не существует стандарта по проведению комплексного виброакустического и прочностного анализа и по методам получения данных. Каждый производитель транспортно-технологических машин пользуется собственными методами, которые являются корпоративной информацией и не распространяются вне компаний. Однако общей чертой для проводимых всеми исследователями комплексных анализов виброакустических и прочностных характеристик автомобилей является деле-

ние этого анализа на внешний и внутренний [7].

Внутренний анализ виброакустических и прочностных характеристик (рис. 4) изучает шумовые и вибрационные явления, с которыми сталкиваются пассажиры транспортных средств, в то время как в рамках внешнего анализа виброакустических и прочностных характеристик исследуют шумы, излучаемым автомобилем и их влияние на человека и окружающую среду снаружи транспортного средства.



Рис. 4. Структура внутреннего комплексного виброакустического и прочностного анализа автомобиля

При проведении комплексного виброакустического и прочностного анализа вибрации и шума автомобиля условно делят на три частотных диапазона (таблица), обосновывая раз-

личными способами их передачи и восприятия, и различным виброакустическим поведением узлов и агрегатов транспортного средства в этих трех частотных диапазонах [8].

#### Классификация вибраций и шумов автомобиля

Описание	Способ передачи	Частотный диапазон
Низкочастотные	Производимые деталями и агрегатами	0 – 150 Гц
Среднечастотные	Производимые деталями и агрегатами и воздухом	150 – 1000 Гц
Высокочастотные	Производимые воздухом	Более 1000 Гц

Решение задачи по оптимизации параметров конструкции транспортно-технологических машин возможно только в форме междисциплинарного инженерного анализа и виртуального моделирования в соответствующих частотных диапазонах.

#### Список литературы

- ГОСТ 31191.2-2004 (ИСО 2631-2:2003). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2008. – 12 с.
- ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2007. – 24 с.
- Правила ЕЭК ООН № 51 (02)/Пересмотр 1. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом – ЕЭК ООН, 1996 – 132 с.
- Правила ЕЭК ООН №117. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения шин в отно-

шении звука издаваемого ими при качении и их сцепления на мокрых поверхностях. – ЕЭК ООН, 2010 – 80 с.

- Шапкина, Ю.В. Применение инновационной системы численного моделирования (FEM) для исследования виброакустических характеристик (NVH) деталей автомобиля / Ю.В. Шапкина, А.Г. Китов, У.Ш. Вахидов, В.А. Шапкин // Вестник Мининского университета. № 1 (4) – ISSN 2307–1281/ НГПУ, Н. Новгород, 2013 – С. 374-385.
- Шапкина, Ю.В. Сравнительный анализ картин распределения вибрационной энергии при различных видах нагрузки прикладываемой к модели / Ю.В. Шапкина, У.Ш. Вахидов // Будущее технической науки: материалы XII международной молодежной научно-технической конференции, НГТУ – Н. Новгород, 2013.– С. 147-150.
- Шапкина, Ю.В. Анализ виброакустических параметров автомобиля / Ю.В. Шапкина, У.Ш. Вахидов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– 2013.– № 4.– С.104-109.
- Bianchini B. Active Vibration Control of Automotive Steering Wheels. In SAE Noise and Vibration Conference Proceedings, number 2005-01-2546, Traverse City, MI, USA, 2005.
- SAE J 670E // <http://www.vniiki.ru/document/4457742.aspx>.