

4. Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н. Теория электрической тяги. – М. Транспорт, 1983. – 328 с.

Получено 11.04.2008

УДК 629.12

В.Д.ГУБЕНКО, канд. техн. наук, Н.А.ГУБЕНКО, С.В.БАТИЙ
Харьковская национальная академия городского хозяйства

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ

Рассматриваются источники виброактивности трамваев: крутильные колебания, вызванные работой тягового привода; динамика контактной системы «колесо – рельс»; структурные шумы, распространяющиеся по конструкциям; шумоизлучение рельсового пути.

Среди общественного транспорта трамвай можно отнести к перспективным видам городского электротранспорта. Сейчас на его часть приходится около 20% всех пассажироперевозок города. В ближайшее десятилетие в Украине планируется увеличить этот объем до 25% и больше. Примечателен и тот факт, что во Франции трамвай не эксплуатировался почти 50 лет. Сейчас он там возрождается, вводятся в действие линии скоростного трамвайного сообщения.

Однако, трамвай все-таки был и есть сравнительно шумным видом городского транспорта. Вибрации элементов экипажной и ходовой частей его подвижного состава, соответственно излучаемый шум, имеют высокие уровни (в частности, по структурному шуму – около 80 дБА).

В эволюции подвижного состава трамвая отметим два радикальных технических решения, которые существенным образом снизили его виброакустическую активность:

- 1) преобразование рамного экипажа на тележечную конструкцию, когда кузовная часть подрессорена центральным подвешиванием;
- 2) замена жестких ходовых колес на подрезиненные. т.е. и ходовая часть стала иметь элементы, которые амортизируют и гасят вибрацию.

При выборе цели и задач авторы руководствовались нормативно-правовыми актами по охране труда, в связи с чем цель многозначна – адаптировать и развить достижения в исследованиях динамики взаимодействия подвижного состава с рельсами и верхним строением пути – ограничить уровень колебаний (вибрация и шум) в единой системе «водитель – подвижной состав трамвая – путь».

Анализ проведенных исследований говорит о том, что благодаря высокой экономичности, провозной способности и безопасности трамвайное сообщение переживает в наше время второй бум, поэтому необходимо продолжить исследования по разработке методик прогнозирования шумо-виброактивности трамваев.

Снижение виброакустической активности трамвайных вагонов на современном уровне должно выполняться теоретико-экспериментальным методом, при котором удастся связать воедино состав исследуемых процессов шумообразования.

Исследованию источников шумообразования при движении трамвайных вагонов стали уделять внимание сравнительно недавно. Основная масса этих исследований носит экспериментальный характер. Авторами [1, 3] исследовались режимы движения: на подъеме, под уклон, на горизонтальных участках пути, разгон и торможение, характеристики шума извне, в салоне и в кабине трамвайного вагона.

На основании результатов исследований основных режимов движения рельсовых экипажей (в пределах, которые допускаются ПТЭ), самым «шумным» режимом является движение на горизонтальных участках пути. Скорость движения и динамика на таких участках во много раз выше, чем в других сравнимых режимах.

Известно, что на шумоизлучение при движении трамваев на городских маршрутах влияет жесткость основания рельсового пути, сам рельс и заполнение межрельсового и межпутевого пространств.

Нами проведены исследования шумоизлучения рельсовых экипажей при открытой, полузакрытой и закрытой укладке рельсового пути; разной жесткости основания рельсового пути (применение деревянных или железобетонных шпал); разного заполнения межрельсового и межпутевого пространства (заполнено брусчаткой, заасфальтировано, заполнено железобетонными плитами, заполнено щебнем, заполнено уплотненным грунтом).

Анализ этих экспериментальных исследований позволил сделать следующие выводы:

1) при открытой укладке уровень звука внешнего шума возрастает на 3-6 дБА в сравнении с закрытой. Внутри салона прирост уровней звука имеет соответственно меньшие значения, приблизительно 2-4 дБА;

2) преобладающее значение для виброакустической активности рельсовых экипажей при их движении имеет состояние поверхности катания колес и рельсового пути (волнообразный износ рельса, спецчасти, радиус кривых участков пути, разрывные стыки рельса, навары, ползуны на колесах и др.). Все перечисленное оказывает влияние на

увеличение уровней звуковых давлений при движении трамваев на 10-12 дБ;

3) сравнение шумовых характеристик для одинаковых скоростей движения трамваев на горизонтальных участках пути и при движении по спецчастям показали, что наличие последних оказывает влияние на увеличение уровней звуковых давлений на 6-8 дБ;

4) определяющее значение в увеличении виброакустической активности трамваев (колебание, вибрации, шум) связано с наличием стыков рельсового пути, со значительными разрывами поверхностей катания. Разрывы в стыках рельсов могут достигать значений 1-50 мм, просадки 1-15 мм. Нами установлена аналитическая зависимость ожидаемого шумового фона внутри вагона от наличия в рельсовом пути стыков и просадок:

$$L_{\text{ож}} = L_{\text{тр}} + 0,36 l_1 + 0,03 l_2 \quad (1)$$

где $L_{\text{ож}}$ – ожидаемый шумовой фон внутри вагона, дБА; $L_{\text{тр}}$ – шумовой фон при движении трамвая по пути без стыков, дБА; l_1 – средние величины просадок в стыке, мм; l_2 – средняя ширина зазора в стыке, мм.

В [1] была поставлена и решена задача по установлению функциональной зависимости прироста шумоизлучения трамваев от увеличения числа стыков на 100 м рельсового пути. Нами были аппроксимованы эмпирические данные с приемлемой сходимостью результатов. Для аппроксимации были подобраны четыре теоретические функции.

После уточнения было установлено, что в наибольшей мере удовлетворяет предлагаемым требованиям зависимость с использованием функции натурального логарифма.

$$v = 0,0622 + 1,289 \ln x, \quad (2)$$

где x – количество стыков на 100 м рельсового пути; v – средний прирост шумоизлучения трамваев, Δ дБА.

Эмпирические данные и теоретические функции представлены на рис.1.

На рис.2 приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) основных источников шума трамваев, построенные на основании экспериментальных данных в зависимости от частоты вращения вала тяговых электродвигателей (ТЭД), в пересчете на линейную скорость движения вагона.

Как видно из АЧХ, при увеличении скорости движения трамваев наблюдается общая тенденция роста шума. Тем не менее, максимумы по составляющим шума от отдельных источников не обязательно совпадают с максимумом излучения шума от всего тягового привода в сборе. Например, экстремальное значение шума от работы ТЭД, при

сравнимой скорости 10 км/ч, «отстает» от максимума для всего привода на частотах, которые отвечают движению рельсовых экипажей на городских маршрутах, и почти целиком совпадает при скорости 40 км/ч.

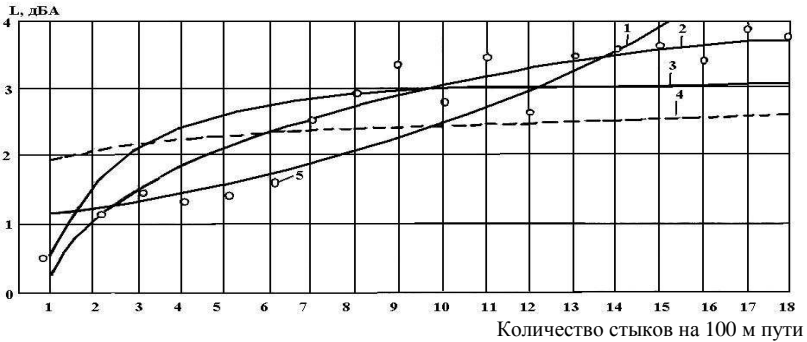


Рис.1 – Графики вариантов аппроксимации экспериментальных данных для установления функциональной зависимости между приростом шумоизлучения и количеством стыков на 100 м рельсового пути:

- 1 – $v = 1,01e^{0,09x}$; 2 – $v = 0,0622 + 1,289 \ln x$; 3 – $v = 3,37 - 3,62/x$; 4 – $v = 1,98 x^{0,09}$;
- 5 – исходные эмпирические данные.

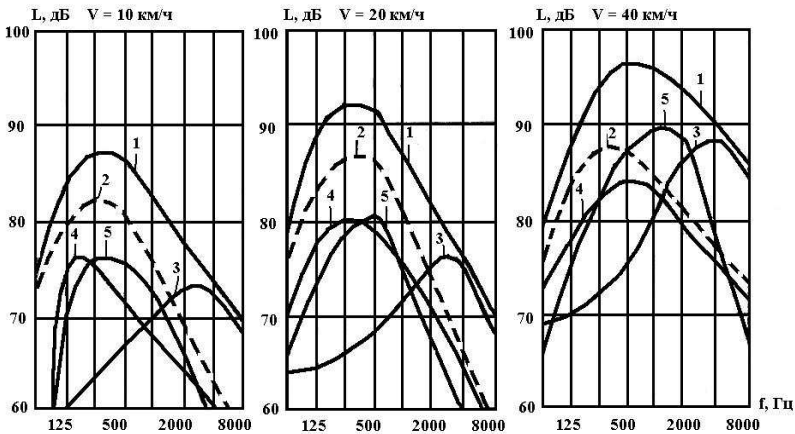


Рис.2 – Амплитудно-частотные характеристики основных источников шума трамвая в функции скорости:

- 1 – тележка в сборе; 2 – тяговый редуктор; 3 – процесс катания;
- 4 – тяговый электродвигатель; 5 – карданный вал.

Поскольку шумоизлучение кинематической пары «колесо-рельс» в наибольшей мере зависит от скорости движения трамваев, то понятно, что при скоростях движения 40 км/ч и больше начинает сказываться эффект маскировки этой парой всех других шумов от работы тягового привода [1].

В [2], используя методы механико-, электро-, акустических аналогий, описано прохождение структурных колебаний по конструкциям тележки, кузова, а также шумоизлучение в окружающее пространство. Для снижения виброакустической активности трамваев предложено заполнять продольную балку вагона пенопластмассой, а также проводить смазку поверхности катания рельса и обода колеса вагона.

Коллективом зарубежных авторов проведены исследования по оценке акустической эффективности применения подрезиненной облегченной колесной пары [4]. Как критерий оценки уровня динамического взаимодействия ходовых частей с рельсовым полотном были приняты вертикальные виброускорения буксовых узлов, а также динамические напряжения, которые учитывают как нормальные, так и тангенциальные нагрузки в зоне контакта колеса с рельсом. Анализ АЧХ показывает, что в рассмотренных АЧХ в исследуемом диапазоне частот есть резонансные максимумы, обусловленные собственными вертикальными колебаниями центра колесной пары на радиальной жесткости ее упругих элементов вследствие разной массы центров. Эти максимумы имеют следующие значения собственных частот колебаний: 45 Гц для существующей колесной пары и 65 Гц для облегченной подрезиненной. АЧХ динамических показателей облегченной колесной пары в диапазоне частот до 63 Гц значительно ниже уровней тех же динамических показателей существующей колесной пары.

Таким образом, применение облегченных подрезиненных колесных пар из алюминиевых и титановых сплавов является одной из наиболее эффективных мер относительного снижения динамического влияния ходовых частей на верхнее строение рельсового пути.

Альтернативными традиционными методами шумозащиты являются технические защитные мероприятия, реализуемые непосредственно в месте возникновения шума, т.е. на подвижном составе и пути. Они получили название технологии Low-Noise (LNT) [5]. Основу технологии LNT представляют следующие мероприятия: шлифование рельсов; обработка поверхности катания колес; оптимизация конструкции подвижного состава с точки зрения акустики; установка шумозащитных фартуков, которые экранируют ходовую часть подвижного состава; устройство близко к пути низких шумозащитных стенок.

Реализация всех этих мероприятий может снизить уровни звуко-

вых давлений более чем на 20 дБ.

Необходимо отметить, что при значительном снижении виброакустической активности трамваев соответственно изменится и итоговое загрязнение по шуму на транспортных магистралях городов и промышленных центров, а значит, создадутся предпосылки для обеспечения безопасности пассажирских и грузовых перевозок.

1. Губенко В.Д. Исследование процессов шумоизлучения рельсового городского транспорта с целью снижения их вредного воздействия на организм человека: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / ХИИКС. – Харьков, 1991. – 141 с.

2. Данова К.В. Исследование линейных источников шума с целью снижения их шумоизлучения: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Днепропетровский инж.-строит. ун-т. – Днепропетровск, 2005. – 20 с.

3. Берестюков А.Н. Исследование шума трамвайного вагона и разработка рекомендаций по его уменьшению: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07. – М., 1982. – 162 с.

4. Accalfatis F., Colletis G., Cjrridori H.P.I., Malavasis G., Sappino P. Interazioni vaicolo-armamenthelle ferrovic metropolitane. Stud ed esperienze per un approcio globale // Ing. Ferro. – 1995 - 50, № 4. – P.251-283, 306.

5. Datoussaid S., De Saedeleer B., Verlinder O., Conti C. Eur. Vehicle-track interaction and ground propagation of vibrations for urban railway vehicles // J. Mech. and Environ. Eng. – 2000. 45, № 2. – P.87-93.

Получено 04.03.2008

УДК 658

Д.А.КОРОЛЕВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСА В г.ХАРЬКОВЕ

Рассматривается современное состояние и перспективы развития городского электротранспорта (ГЭТ) в г.Харькове.

До 2000 г. 56% пассажиров г. Харькова перевозилось наземным ГЭТ. Постоянное увеличение количества автомобилей, недостаточное финансирование ГЭТ, ухудшение эксплуатационных параметров ГЭТ и снижение уровня обслуживания пассажиров, а также другие факторы стали причиной уменьшения спроса пассажиров на пользование ГЭТ.

Анализ литературных источников показывает, что уровень транспортного обслуживания зависит от многих факторов [1, 2].

Целью данной работы является исследование влияния автомобилизации населения на эксплуатационные параметры движения троллейбуса в г.Харькове и объем пассажироперевозок, выполняемых данным видом ГЭТ.