

**Е.А. Волков, П.А. Третьякова, О.А. Шутова**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТОВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВИБРАЦИИ, СОЗДАВАЕМОЙ АВТОТРАНСПОРТОМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА**

В современных городах растет воздействие вибраций, вызванных транспортными потоками, на грунтовые основания и фундаменты зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** вибрационное воздействие, изменение свойств грунтов.

Несмотря на то, что вибрация оснований и фундаментов зданий, вызываемая автотранспортом, мала, она также может вызвать целый ряд проблем, например, изменение свойств грунта основания. Так как интенсивность транспортного потока в городах растет, то и его вибрационное воздействие увеличивается, поэтому исследование вибрационной нагрузки на территорию города становится актуальным.

Ранее были выявлены параметры, которые, предположительно, являются основными в вибрационном воздействии автотранспорта. К ним относятся расстояние от источника до точки измерения, вид транспортного средства, геологические условия и т.д.

Для проведения тестового эксперимента были выбраны два параметра: расстояние от источника до точки замера и вид транспортного средства, также был введен параметр «расстояние от поверхности земли до датчика». Параметр позволяет имитировать крепление датчика на уровне земли, на конструкции фундамента и на стене сооружения.

К характеристикам, позволяющим оценить уровень вибрации, относятся виброскорость и виброускорение. На основании анализа проведенных ранее исследований [1], [2] был сделан вывод о возможных величинах этих характеристик. Также на основании анализа существующих приборов для измерения вибрации был сделан вывод о том, что предлагаемое оборудование не позволяет получить достоверные результаты из-за недостаточной чувствительности, поэтому было принято решение о сборе установки, отвечающей этим требованиям.

Для проведения эксперимента была собрана установка, состоящая из датчика – пьезоэлектрического преобразователя ДН-3М1, усилителя заряда РШ2731Э, аккумулятора для усилителя заряда, внешнего модуля АЦП/ЦАП Е14-440 (Л Кард) и ноутбука.

Также для установки датчика была изготовлена металлическая стойка длиной 40 см из таврового проката 35 мм, имеющая в верхней части горизонтальную полку из уголка 40 мм. В полке и стойке сделаны отверстия с резьбой М4,5 для крепления датчика с помощью винтов или шпилек. Нижняя часть стойки заострена.

На ноутбуке установлена программа LGraph2. Она позволяет просматривать информацию, снимаемую датчиком, в режиме реального времени, записывать ее на внешний носитель (память ноутбука), а также экспортировать получаемую информацию в файлы форматов \*.bmp и \*.txt для последующей обработки.

Целью проведения тестового эксперимента была апробация установки, оценка возможности ее использования, а также получение предварительных данных по уровню вибрации.

Кроме того, в результате эксперимента проверялось выполнение ряда предположений:

1. Для каждого условия величины имеют относительно одинаковое значение.
2. Чем больше масса ТС, тем больше величина значений.
3. Чем дальше от источника находится точка, тем меньше величина значений.
4. Чем ближе датчик к поверхности земли, тем меньше величина значений.

Эксперимент проводился на ул. Чкалова, напротив корпуса строительного факультета ПНИПУ. Улица Чкалова – магистральная улица общегородского значения. На данном участке состав улицы в «красных линиях» следующий: три полосы движения в каждом направлении, центральная разделительная полоса в виде газона, тротуары, отделенные от проезжей части разделительными полосами (газонами).

В состав транспортного потока по ул. Чкалова входят легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы. Доля легкового транспорта – 80 %, грузового – 3 %, автобусов – 4 %, автомобилей типа «газель» – 13 %. Данные приведены для крайней правой полосы направления ул. Стахановская – ул. Старцева.

Средняя скорость движения транспортного потока – 30 км/ч (скорость потока составляет 0–50 км/ч).

Замеры производились при движении транспорта по ближайшей полосе. При этом на других полосах транспорта не было.

Состав проезжей части в одном направлении (по направлению движения, слева направо):

- 1) предохранительная полоса – 0,5 м;
- 2) две полосы для движения основного потока – по 3,75 м;
- 3) полоса для движения грузового и общественного транспорта, также предназначенная для поворота направо, – 4 м;
- 4) предохранительная полоса – 0,5 м.

При проведении эксперимента стойка устанавливалась на расстоянии 0,3; 5 и 10 м от проезжей части.

Величина минимального расстояния обусловлена тем, что в центральной части города минимальное расстояние от источника вибрации (оси транспортного средства) до зданий составляет 2,5–3 м.

Величина максимального расстояния обусловлена необходимостью оценки уровня вибрации непосредственно вблизи здания, а также проверки факта затухания колебаний на расстоянии более 20 м от источника (согласно исследованиям воздействия свайных работ на существующую застройку).

Промежуточные значения приняты для получения данных для сравнения, величины промежуточных значений расстояний приняты в зависимости от величины параметров улицы – ширины газона и тротуара.

Так как в дальнейшем планируется исследование вибрации фундаментов зданий и сооружений, то в тестовом эксперименте необходимо исследовать уровень вибрации на минимальной от земли высоте. Однако не всегда есть возможность крепления датчика непосредственно на фундамент, поэтому необходимо исследовать влияние высоты крепления датчика на изменения параметров вибрации.

Глубина забивки стойки изменялась и составляла 5, 10 и 25 см (от поверхности земли до полки).

Максимальная глубина забивки обусловлена необходимостью имитации исследования непосредственно колебаний фундамента, минимальная – возможностью крепления датчика на конструкции здания, промежуточное значение позволит получить данные для сравнения.

Замеры производились при датчике, закрепленном в двух положениях – вертикально и горизонтально. Датчик крепился вертикально на винт или приклеивался на двухстороннюю липкую ленту, горизонтально – с помощью винта. При вертикальном креплении датчик фиксирует вертикальную составляющую колебаний, при горизонтальном – горизонтальную.

В потоке транспорта выделялись и фиксировались легковые автомобили, автомобили типа «газель», грузовые автомобили и автобусы. Классификация транспортных средств обусловлена их массой (вместе с грузом).

Согласно принципам математической статистики для получения достоверных данных необходимо провести серию не менее чем из трех опытов при одинаковых условиях, поэтому в каждой точке при каждой глубине забивки проводилось пять замеров по отдельным видам транспорта. В отдельных случаях количество замеров равнялось трем.

Измерения проводились при подходе ТС, его проезде мимо датчика и удалении. Также измерения проводились при стоянии транспорта в заторах. Для получения большего числа данных замеры производились каждые 0,001 с.

В результате эксперимента был получен массив данных, обработка и анализ которых позволяет оценить возможности применения установки для дальнейших исследований, а также выявить закономерности в них.

При проведении эксперимента применялось оборудование, преобразующее механические колебания в электрические, поэтому в результате были получены данные в виде колебаний напряжения. Для анализа необходимо перевести полученные изменения напряжения в виброускорение. Коэффициент преобразования –  $10 \text{ В} = 1 \text{ м/с}^2$ .

Так как получаемые значения относительны, то для анализа необходимо получить абсолютные значения. Для этого определяются абсолютные значения разности значений. Также было определено среднее из полученных абсолютных значений. Ниже приведены результаты обработки данных.

Анализ полученных данных показал, что собранная установка позволяет фиксировать вертикальные и горизонтальные составляющие. Однако подтвердить или опровергнуть выдвинутые гипотезы пока невозможно – нет четко прослеживаемой закономерности в полученных результатах.

Результаты обработки данных тестового эксперимента

Расст. от ис-точника до датчика, м	Расст. от пов. земли до датчика, см	Вид трансп. средства	Ср. знач.	Виброускорение, м/с <sup>2</sup>	% от прогноза
0,30	5	Автобус	0,00031	0,00003098	10,3
		А/м «газель»	0,000306	0,00003060	10,2
		Грузовой а/м	0,000313	0,00003131	10,4
		Легковой а/м	0,001656	0,00016557	55,2
0,30	10	Автобус	0,000772	0,00007725	25,8
		А/м «газель»	0,000859	0,00008588	28,6
		Грузовой а/м	0,011447	0,00114467	381,6
		Легковой а/м	0,000551	0,00005507	18,4
0,30	25	Автобус	0,000704	0,00007044	23,5
		А/м «газель»	0,000453	0,00004530	15,1
		Грузовой а/м	0,000742	0,00007417	24,7
		Легковой а/м	0,000331	0,00003312	11,0
5	5	Автобус	0,000711	0,00007115	23,7
		А/м «газель»	0,000989	0,00009889	32,9
		Грузовой а/м	0,000913	0,00009132	30,4
		Легковой а/м	0,000907	0,00009072	30,2
5	10	Автобус	0,000843	0,00008433	28,1
		А/м «газель»	0,000731	0,00007307	24,4
		Грузовой а/м	0,000745	0,00007452	24,8
		Легковой а/м	0,000641	0,00006414	21,4
5	25	Автобус	0,000288	0,00002879	9,6
		А/м «газель»	0,000286	0,00002863	9,5
		Грузовой а/м	0,000418	0,00004180	13,9
		Легковой а/м	0,000304	0,00003045	10,2
10	5	Автобус	0,00305	0,00030499	101,7
		А/м «газель»	0,000291	0,00002913	9,7
		Грузовой а/м	0,000221	0,00002209	7,4
		Легковой а/м	0,000276	0,00002758	9,2
10	10	Автобус	0,00028	0,00002805	9,4
		А/м «газель»	0,000291	0,00002910	9,7
		Грузовой а/м	0,00029	0,00002902	9,7
		Легковой а/м	0,00021	0,00002103	7,0
10	25	Автобус	0,000295	0,00002953	9,8
		А/м «газель»	0,00032	0,00003201	10,7
		Грузовой а/м	0,000455	0,00004546	15,2
		Легковой а/м	0,000249	0,00002488	8,3

Кроме того, полученные величины виброускорения значительно меньше предполагаемых, полученных в результате ранее проведенных исследований [1], [2].

В дальнейшем планируется проведение более развернутого эксперимента, получение большего числа данных, которые дадут больше возможностей для сравнения результатов.

### **Список литературы**

1. Жигалин А.Д., Локшин Г.П. Формирование вибрационного поля в геологической среде // Инженерная геология. – 1991. – № 6. – С. 110–119.
2. Локшин Г.П. Техногенное поле вибрации и его воздействие на геологическую среду городских территорий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004. – 24 с.

Получено 12.09.2011