

ВОПРОСЫ КАРТОГРАФИИ, ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПАЛЕОНТОЛОГИИ

* * *

УДК 528.4

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РЕЛЬЕФА НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

© **В.Б.Горин**, кандидат технических наук, доцент кафедры
экономической и социальной географии Курского государственного университета
(г. Курск, Российская Федерация)

© **С.В.Харченко**, кандидат географических наук, научный сотрудник кафедры
ландшафтной экологии Казанского (Приволжского) федерального университета
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Проведена оценка влияния, которое оказывает точность данных о рельефе земной поверхности на результаты акустического моделирования для городских территорий. Показано, что точность определения высоты пикетов при съёмке многократно более значима, чем точность определения их плановых координат.

Ключевые слова: точность; топографическая съёмка; рельеф; акустическое моделирование.

Оценка акустического воздействия, оказываемого транспортными потоками, на население городов сейчас осуществляется в основном способом компьютерного моделирования. В сравнении с натурными измерениями этот метод (при массе достоинств) имеет ряд существенных недостатков. Точность результатов акустического моделирования напрямую зависит от степени качества, с которой учтены все основные экранирующие и отражающие элементы природно-техногенной обстановки города, а также источники шума. Причём, техногенные элементы (дома и сооружения, ограждения, контуры парков и скверов и т.д.) задаются относительно простыми геометрическими примитивами – призмами той или иной плановой формы. В то же время геометрия условно-природных объектов часто существенно сложнее. Речь здесь идёт, преимущественно, об остатках массивов естественной растительности и тем более – о рельефе земной поверхности. В отличие от объектов растительности, для каждого из которых чаще всего выбирается фиксированная высота, а сложность состоит именно в корректном задании контуров (т.е. двумерная задача), форма земной поверхности задаётся тремя координатами.

Модель рельефа, используемая в акустических расчётах, может быть получена:

- 1) с векторных или векторизованных топографических планов/планшетов масштаба 1:2000 или 1:500;
- 2) по результатам проведения специальной топографической съёмки интересующего участка.

В данной работе покажем, как влияет точность, с которой производится топографическая съёмка рельефа, на результаты оценки акустического воздействия на примере программы АРМ Акустика 3D [4]. Расчётный алгоритм, заложенный в данную программу, соответствует методике оценки акустического воздействия по ГОСТ 31295–2005 [1].

Отдельно нужно отметить, что часто при акустическом моделировании рельеф вовсе игнорируется. Однако, даже на равнинах, особенно в исторических центрах старых городов, вертикальное расчленение территории столь велико, что рельеф начинает оказывать существенное влияние на распространение транспортного шума [5, 6]. Одним из таких городов, несомненно, является город Курск, развившийся на месте Курской крепости конца XVI в. На территории этого города (перепад высот в историческом центре ≈ 100 м) были проведены полевые шумомерные работы с последующей топографической съёмкой рельефа исследуемых участков. Съёмка проводилась оптическим теодолитом 2Т5 (класс точности – II, точные).

Однако используемая программа на вход принимает контуры горизонталей, а не отметки высот, получаемые обычным способом полярной или мультиполярной съёмки. С этим связано появление дополнительной составляющей ошибки, помимо собственно ошибок, возникающих в процессе съёмки. Полученное облако точек из трёхмерной полярной системы координат (горизонтальный угол, вертикальный угол, горизонтальное проложение) переводится в трёхмерную декартову систему. Затем из нерегулярного набора точек строится регулярная цифровая модель рельефа (ЦМР) с использованием какого-либо из распространённых методов заполнения данными пространства между точками – линейной интерполяции, метода ближайшего соседа, крайгинга т.д. Важным достоинством, например, крайгинга является то, что этот метод сохраняет точные величины отметок высот в пикетах съёмки [2]. После того, как нами получена ЦМР, появляется возможность для выбранного сечения рельефа построить набор горизонталей, который уже можно добавить в модель АРМ Акустика 3D. В конечном счёте, сами горизонталю преобразовываются в триангуляционную модель рельефа (TIN) по встроенным в программу алгоритмам.

Источниками ошибок модели (в аспекте точности учета рельефа) служат: 1) недостаточная плотность пикетов для учёта всех основных структурных линий рельефа – тальвегов, бровок, тыловых швов и других перегибов поверхности; 2) неудачное (нерепрезентативное) расположение точек; 3) собственно ошибки снятия показаний теодолита – горизонтальных и вертикальных углов, расстояний; 4) ошибки высот поверхности, возникающие в результате несовершенства методов интерполяции; 5) потеря информации за счет перехода от ЦМР к набору горизонталей.

Последний источник ошибок может весьма существенно ухудшать качество модели, но, к счастью, легко устраняется уменьшением высоты сечения рельефа (уплотнением горизонталей). Само ухудшение качества модели в этом случае происходит следующим образом: к примеру, на участке на высоте 99 м над уровнем моря проходит резкая бровка склона. При этом прибровочное пространство – весьма пологое, а склон умеренно крут. Если провести горизонталю через 2,5 м, «ближайшие» учитываемые в модели отметки высот – 97,5 и 100 м. Горизонталь с отметкой 100 м, с учетом пологого прибровочного пространства,

может быть значительно удалена от положения бровки. В результате, вместо резкой бровки будет постепенный переход от склона к субгоризонтальной площадке. Условия распространения звука в этих двух случаях кардинально отличаются. Если же горизонтали проведены через 1 м, т.е. фиксируют плановое положение бровки, то данная проблема исчерпывается. Кстати, при использовании данных о рельефе, взятых с существующих топографических планов, важные формы земной поверхности и их элементы могут отображаться дополнительными и второстепенными, в случае, если они не выражаются основными горизонталями.

Покажем на примере одного из участков проведения работ на территории г. Курска (участок «Улица Тускарная») влияние некоторых других источников ошибок. Для выявления роли тех или иных ошибок, будем намеренно вносить их в модель, и сравнивать результаты моделирования с результатами, получаемыми без внесения ошибок. Разумеется, и их нельзя признать идеальными, однако такой подход позволит хотя бы понять относительную значимость тех или иных типов ошибок. Схематично взаимное расположение объектов показано на рис. 1.

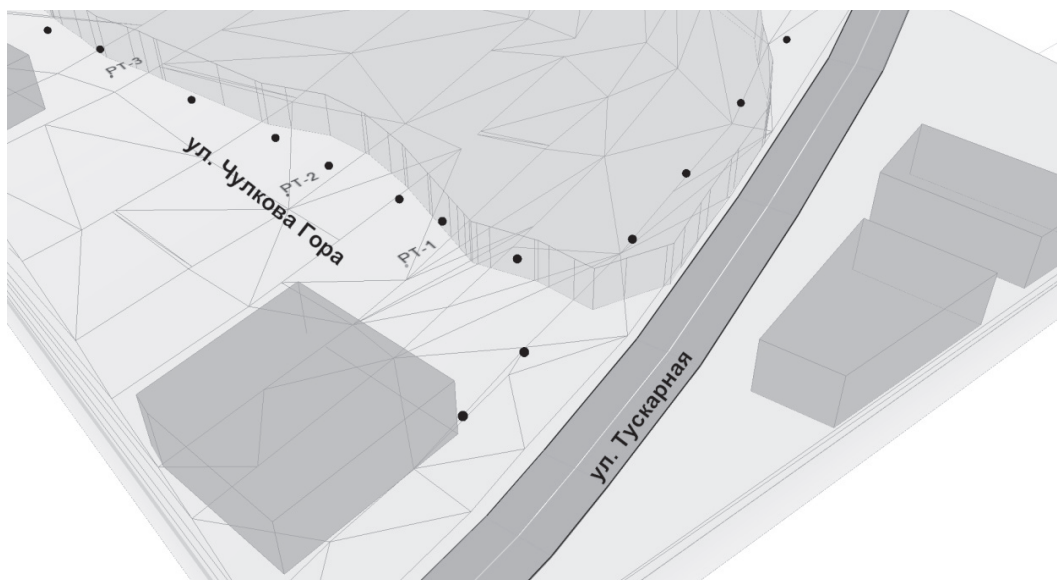


Рис. 1. Фрагмент участка «Улица Тускарная» в интерфейсе программы АРМ Акустика 3D

На участке имеется один основной источник шума – двухполосная автодорога по улице Тускарная г. Курска. По линии перпендикуляра к дороге (ул. Чулкова Гора) был заложен шумомерный профиль, на схеме показанный серией точек. Улица Тускарная проходит у основания коренного эрозионного склона долины р. Тускарь, который в нижней части относительно пологий (5–10°), а в верхней достигает крутизны 25–30°. Шумомерный профиль захватывает только его нижнюю, пологую часть. К западу от профиля находились жилые дома и приусадебные участки, к востоку – заросли кустарника. На рис. 1. подписаны т.н. расчётные точки – РТ-1, РТ-2 и РТ-3, удалённые от источника шума на расстояния ≈ 20 м, 30 м и 50 м. Превышения их над поверхностью дороги 2,8 м, 3,8 м и 6,3 м, соответственно. Эти значения формируются за счёт константной «высоты прибора» (1,5 м над уровнем грунта) и за счёт собственно отличий топографических позиций расчётных точек.

Для того чтобы определить влияние точности съёмки на результат моделирования, необходимо при фиксированном положении расчётных точек менять топографию поверхности, имитируя возникновение ошибок съёмки. Индикаторами качества моделирования считаем расхождения полученных уровней шума (УШ) с начальными значениями (до изменения топографии). Используем два показателя, характеризующие УШ – эквивалентный и максимальный УШ. Начальные параметры представлены в табл. 1. Нужно понимать, что приведённые величины – несколько занижены относительно реальных показателей, т.к. ни одна модель не может учесть всё многообразие источников шума.

Таблица 1

Изменение уровней шума в модели с введением ошибок

РТ-1		РТ-2		РТ-3	
ЭУШ, дБа	МУШ, дБа	ЭУШ	МУШ	ЭУШ	МУШ
начальные параметры:					
42,7	81,7	36,6	75,5	34,2	72,3
ошибки:					
отметки высоты в точках ошибочно занижены на 0,1 м					
42,7	81,8	36,7	75,6	34,5	72,7
... занижены на 0,25 м					
42,8	81,8	36,8	75,6	34,8	72,9
отметки высоты в точках ошибочно завышены на 0,1 м					
42,6	81,7	36,5	75,4	34,1	72,2
... завышены на 0,25 м					
42,5	81,6	36,4	75,3	33,1	72,1
положение точки определено ошибочно со сдвигом 0,5 м к концу профиля					
42,7	81,7	36,6	75,5	34,2	72,7
... со сдвигом 1 м ...					
42,7	81,7	36,3	75,2	34,3	72,8
... со сдвигом 0,5 м к началу профиля					
42,7	81,7	36,6	75,5	34,3	72,3
... со сдвигом 1 м к началу профиля					
42,8	81,7	36,5	75,4	34,4	72,5

Результаты моделирования показывают незначительные изменения уровней шума с введением ошибок в данные о рельефе. Вводились ошибки двух видов: 1) ошибка измерения высоты земной поверхности под расчётной точкой; 2) ошибка измерения планового положения точки. В первом случае поверхность «приподнималась» и «опускалась» на 10 и 25 см, соответственно. Такие величины ошибок довольно редки, но на значительных расстояниях при фиксированной ошибке вертикального угла возрастает и ошибка определения превышения. Кроме того, нельзя забывать, что этими ошибками могут быть не только погрешности снятия показаний прибора, но и ошибка выбора репрезентативной точки в том или ином створе профиля. Во втором случае предполагается, что превышение определено верно, но ошибочно взято расстояние по нитяному дальномеру теодолита. Ошибка определения расстояния в 1 м также весьма существенна. На расстоянии около 100 м по нитяному дальномеру можно определить это расстояние с точностью до 0,2 м [3] в обе стороны в условиях хорошей видимости и жёстко зафиксированной строго вертикально рейки. В реальности такие условия соблюдаются далеко не всегда, в результате чего ошибки опреде-

ления расстояния по нитяному дальномеру могут быть существенно выше нормативных.

Результаты моделирования показывают следующее:

- на небольшом удалении от источника шума внесение одной и той же по величине и направлению ошибки оказывает гораздо меньшее влияние на результирующие УШ, чем на значительном удалении;
- на все вводимые ошибки гораздо сильнее реагируют эквивалентные УШ, нежели максимальные УШ;
- ошибки определения высоты пикетов вносят многократно больший вклад, чем ошибки определения их плановых координат. Так, изменение высоты пикета РТ-3 в диапазоне ± 25 см от истинной отклоняет ЭУШ на величины от $-1,1$ до $+0,6$ дБа. В это же время изменение его планового положения вдоль линии профиля на ± 100 см отклоняет ЭУШ на величины от 0 до $+0,2$ дБа;
- снижение или увеличение смоделированных показателей ЭУШ относительно истинных в целом связано с направлением введённой ошибки по высоте. При мнимом занижении отметок пикетов ЭУШ в расчётной точке растут, при завышении – несколько снижаются. Справедливо это, как минимум, для ясного безветренного дня и связано с закономерностями распространения фронта звуковой волны. Введение ошибок положения пикета в плане, независимо от их направления, не позволило обнаружить какой-либо закономерности в реакции ЭУШ на данные ошибки.

Литература

1. ГОСТ 31295–2005. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчёт поглощения звука атмосферой. Часть 2. Общий метод расчёта.
2. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М.: Наука, 2010. 327 с.
3. Новак В.Е. и др. Курс инженерной геодезии. М.: Недра, 1989. 430 с.
4. Программа АРМ Акустика 3D. URL: <http://noiseview.ru>.
5. Харченко С.В. Влияние рельефа городской территории на формирование акустической обстановки: эксперимент и моделирование // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. №3. С. 26–34.
6. Харченко С.В. Шумовое загрязнение в городах в связи с характером рельефа территории (для ключевых участков в гг. Курск и Тамбов) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. Т. 30. №3 (200). С. 182–190.

THE INFLUENCE OF TOPOGRAPHY SURVEYING ACCURACY ON THE RESULTS OF ACOUSTIC MODELING ON URBAN AREA

© **V.B.Gorin**, candidate of technical sciences, associate professor
of Chair of Economic and Social Geography of Kursk State University
(Kursk, Russian Federation)

© **S.V.Kharchenko**, candidate of geographical sciences,
researcher of Chair of Landscape Ecology of Kazan Federal University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation. The assessment of effects of the topography surveying accuracy on the results of acoustic modeling was done. It was show that measurement accuracy of peg's height is more important for modeling results than measurement accuracy of peg's plan coordinates.

Keywords: accuracy; surveying; topography; acoustic modeling.