

ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Е.С. Дудкин

Источниками техногенных динамических нагрузок являются: транспорт, различные машины (строительное и промышленное оборудование) и взрыв.

С практической точки зрения наиболее значимы динамические нагрузки от *движущегося транспорта* в связи с их высокой интенсивностью и широким распространением, особенно на городских территориях и вблизи крупных магистралей с почти непрерывным транспортным потоком. При этом ведущая роль принадлежит рельсовому (наземному и подземному) транспорту - железнодорожным составам, трамваю и метрополитену, что обусловлено, в первую очередь, существенно меньшим демпфированием колебаний при передаче их грунту от стального колеса через жесткую систему "рельс-шпала". Определенную роль играет также вес источника и присутствие ударных импульсов в спектре воздействия - за счет ударов колеса об рельсы на стыках.

Среди рельсовых транспортных средств, трудно однозначно выделить источник динамической нагрузки наибольшей интенсивности, так как диапазоны изменения параметров вызываемых ими колебаний грунтов в различных условиях достаточно широки (таблица 1), особенно для метрополитена.

Таблица 1
Характеристика транспортных источников динамических нагрузок (Локшин (1987); Жигалин, Локшин, (1991))

Источник	Доминирующие частоты, Гц	Виброскорость частиц грунта Ю-з м/с (дБ)	Виброускорение частиц грунта м/с ² (дБ)	Зона влияния, м
Железная дорога	10-70	16-50 (110-120)	1-22 (70-97)	150-300
Трамвайная линия	20-45	1,6-160 (90-130)	0,5-45,2 (56-103)	150-300
Автомобильная магистраль	10-20	0,005-0,07 (40-65)	0,0003-0,011 (до 31)	40-100

В относительно узких пределах изменяются лишь преобладающие частоты/воздействия: 10-70 Гц для железной дороги, 20-45 Гц для трамвайной линии и 30-60 Гц

для метрополитена. Частота же, на которой наблюдаются максимальные амплитуды колебаний, в значительной мере зависит от свойств грунта. Для сравнения - интенсивность колебаний грунтов вблизи железнодорожных путей может соответствовать 6, 7-балльному землетрясению. Кроме того, разные типы рельсового транспорта имеют и разное распространение, что тоже влияет на их значимости как источников динамических нагрузок. Автомобильный транспорт генерирует в целом более низкочастотные (10-20 Гц) существенно менее интенсивные колебания: уровень вибрации вблизи автомагистралей (таблица 1) может достигать 65-70 дБ лишь при очень большом транспортном потоке (8-10 тыс. транспортных единиц в час) при амплитудах колебаний поверхности грунта от 0,05 до 0,36 мм.

Различаются транспортные источники динамических нагрузок и по зоне влияния на сооружения и грунты. Размеры этой зоны определяются, во-первых, типом и скоростью движущегося транспорта, во-вторых, величиной транспортного потока (числом транспортных средств в единицу времени), и, в-третьих, динамическими свойствами грунтов. Однако в пределах зоны влияния уровень динамического воздействия на грунты и сооружения может существенно варьироваться в связи с этим предлагается выделять подзоны низкого, среднего и высокого уровня действия вибрации. В качестве пороговых значений уровня динамического воздействия выбраны 46 дБ, что соответствует транспортному потоку в 300 тр.ед/ч при достижении которого оно становится квазистационарным процессом и 73 дБ, что соответствует минимальному уровню динамического воздействия, который может вызвать дополнительные осадки сооружения в результате разупрочнения грунтов основания.

В реальной ситуации транспортные магистрали представляют собой суперпозицию разных источников и генерируют колебания с непрерывным спектром в некоторой полосе частот, что позволяет представить их в виде импульсных излучателей. При этом преобладает вертикальная составляющая колебаний.

Техногенные динамические нагрузки распространяются главным образом в верх-

ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

ней части грунтовой толщи до глубин 10-15 м, т. к. основная часть их энергии переносится к сооружениям поверхностными волнами Рэлея, быстро затухающими с глубиной. Приблизительно до этих отметок заглубляются фундаменты большинства зданий и городских коммуникаций. Кроме того, наиболее низкочастотные составляющие транспортных динамических нагрузок часто близки к собственным частотам большинства сооружений, которые обычно лежат в полосе 2-8 Гц. Вследствие этого сооружения, расположенные вблизи магистралей с большим транспортным потоком могут испытывать большие осадки, чем находящиеся вне зоны влияния последних или на ее периферии. Так, в пределах зон воздействия метрополитена иногда наблюдается дополнительная осадка зданий на 50-200 мм.

На сегодняшний день, проблема влияния городского трамвайно-троллейбусного транспорта на здания и сооружения является наименее исследованной.

Основными причинами аварийных состояний, в области динамических воздействий на здания и сооружения являются различного рода действие взрывных волн, сейсмических воздействий, воздействие сверхзвуковых самолётов, движение поездов, а в крупных городах поездов метрополитена.

Существует мнение, что городской трамвайно-троллейбусный транспорт, оказывает незначительное влияние на здания и сооружения, поэтому не может быть причиной аварийного состояния.

В городе Барнауле существует большое количество аварийных и прошедших через аварийное состояние зданий и сооружений. Одной из причин аварийного состояния являются значительные динамические воздействия, в том числе от движения городского транспорта. По исследованию физико-механических свойств грунтов, при передаче на полотно динамического колебания и вибрации происходит сдвиг и поворот одних частиц относительно других, в результате чего расстояния между ними возрастает, а силы, притягивающие частицы друг к другу ослабевают.

Одним из объектов предварительного обследования стал дом №40 по улице Советской Армии (рисунок 1). Основной причиной для наблюдения явилось то, что на стенах данного здания существует большое количество трещин, что свидетельствует о существовании просадочных явлений грунта в разных частях основания данного здания. Кроме

того, трамвайные линии располагаются на расстоянии 5,5-6 м от данного здания. Первоначально, необходимо было выяснить характер и степень опасности данных трещин, а также влияние проходящего, в непосредственной близости от здания, трамвайного транспорта на «хождение» и раскрытие трещин.



Рис. 1. Дом №40 по улице Советской Армии

Кроме того, на этой территории в настоящее время наблюдается большая техногенная нагрузка на грунты, что неизбежно ведёт к развитию в этих грунтах различных, опасных геологических процессов: изменению физико-механических свойств грунтов и появлению просадки основания здания.

Визуальный осмотр дома показал наличие трещин, было принято решение установить «маяки» для наблюдения за изменением диаметра трещин до и после прохождения городского транспорта.

Первый маяк был на бумажной основе и крепился с помощью клея, второй маяк был стеклянный, его крепление осуществлялось на цементной основе. В обоих случаях реакция на «хождение» трещины должна быть одинакова. По результатам данного эксперимента было установлено, что в первом случае – бумага рвётся, во втором – падает стекло. Третий маяк устанавливался следующим образом, убирался облицовочный слой штукатурки до кирпичной кладки, «оголялась» трещина и закладывался цементно-песчаный раствор с примесью гипса. В данном случае образуется трещина. Помимо установки «маяков» наблюдение за изменением диаметра трещины велось с помощью измерительной системы ММТС.

«Маяки» были установлены на трёх трещинах, одного жилого дома (рисунок 2). В

течение обследования второй и третий тип «маяков» показали изменение диаметра трещин.



Рис. 2. Установка маяков

ММТС – многоканальная микропроцессорная тензометрическая система, позволила фиксировать моменты раскрытия и закрытия трещины, после прохождения трамвая. Для этого были использованы тензометрические датчики, которые крепились на разрыв в самой верхней и самой нижней точках трещины. Датчик №4 установлен в верхней точке трещины. Датчик №5 установлен в нижней точке трещины.

По результатам исследований было установлено, что при прохождении трамвая, который является источником динамической нагрузки на грунт, происходит распространение колебаний в грунте. В результате динамических колебаний происходит сдвиг и поворот одних частиц грунта относительно других, происходит уплотнение и осадка грунта в основании здания. Причём, осадка грунта в разных частях основания здания происходит не одинаковая.

Из анализа графика измерений динамических напряжений (рисунок 3) следует, что раскрытие трещины в самой нижней точке является наибольшим, чем в верхней. Из выше сказанного следует, что образование трещины происходит снизу вверх.

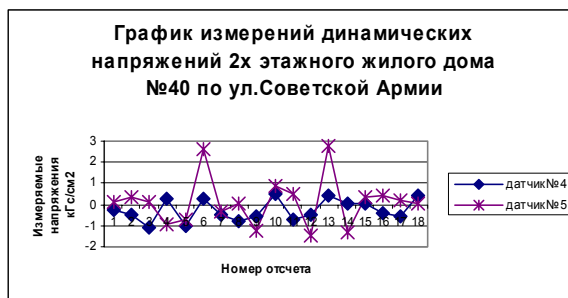


Рис. 3

Дальнейшие исследования по данной теме предполагают определение физико-механических свойств и микроструктуры грунта не испытывавшего динамического воздействия и грунта испытывавшего динамическое воздействие от проходящего вблизи трамвайного транспорта, для выявления характерных различий, а также определение безопасного расположения зданий и сооружений относительно городских транспортных сетей.

По сравнению с грунтами естественной влажности, особо опасными являются лёссовые просадочные грунты в замоченном состоянии. В результате замачивания этих грунтов и воздействия проходящего рядом городского трамвайно-троллейбусного транспорта, здания приходят в аварийное состояние и не редко требуют основательного и капитального ремонта.

Работы по исследованию влияния городского транспорта на устойчивость зданий и сооружений производятся в ряде городов Сибири и на этой основе разрабатываются мероприятия по обеспечению устойчивости с учётом специфики грунтовых оснований и особенно уровня грунтовых вод.

По результатам предварительного обследования можно сделать вывод, что динамические воздействия от городского транспорта оказывают отрицательное влияние на несущую способность грунтов и прочностные характеристики зданий и сооружений. Исследование динамических воздействий, является актуальной задачей при планировке зданий и сооружений относительно линий городского транспорта.