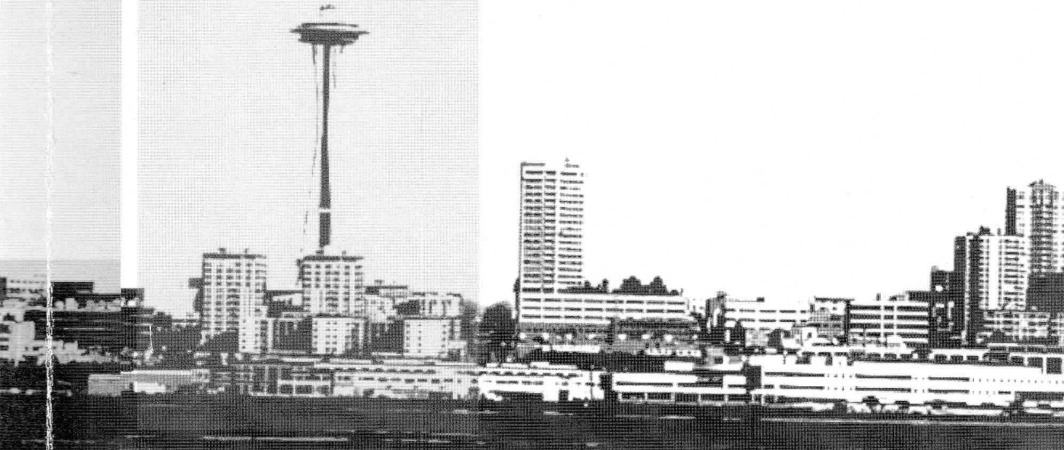


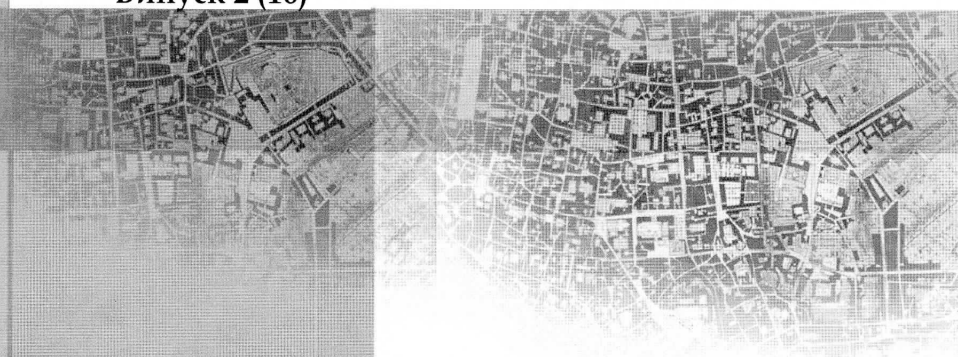


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Випуск 2 (16)



КИЇВ 2016

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ
МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Науково-технічний збірник

**Заснований у грудні 2009 року
виходить двічі на рік**

Випуск № 2(16)

Київ, НАУ 2016

УДК 711.11; 711.112

Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник / – К.: ЦП «Компринт», 2016. - Вып. 2 (16). – 209 с.

У збірнику висвітлюються проблеми теорії і практики архітектури, містобудування, територіального планування, будівництва.

Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник / – К.: ЦП «Компринт», 2016. - Вып. 2 (16). – 209 с.

В сборнике освещены проблемы теории и практики архитектуры, градостроительства, территориального планирования, строительства.

Головний редактор – Трошкіна О.А., кандидат архітектури;
відповідальний секретар – Степанчук О.В., кандидат технічних наук;
члени колегії: Барабаш О.В., доктор технічних наук, Бєвз М.В., доктор архітектури, Белятинський А.О., доктор технічних наук, Бойченко С.В., доктор технічних наук, Верюжський Ю.В., доктор технічних наук, Габрель М.М., доктор технічних наук, Лапенко О.І., доктор технічних наук, Дьомін М.М., доктор архітектури, Запорожець О.І., доктор технічних наук, Ключниченко Є.Є., доктор технічних наук, Ковальов Ю.М., доктор технічних наук, Ковальський Л.М., доктор архітектури, Колчунов В.І., доктор технічних наук, Кузнецова І.О., доктор мистецтвознавства, Плоский В.О., доктор технічних наук, Применко В.І., доктор технічних наук, Проскураков В.І., доктор архітектури, Тімохін В.О., доктор архітектури, Чемакіна О.В., кандидат архітектури, Чумаченко С.М., доктор технічних наук.

Рекомендовано до видання вченою радою Національного авіаційного університету, протокол № 3 від 20 квітня 2016 року.

Статті в збірнику подані у авторській редакції

На замовних засадах

ISBN 978-966-929-203-2

УДК 624.042.8:69.032.22

**Барабаш М.С.³, д.т.н., проф.,
Башинский Я.В., аспирант
Гуца Ю.Є., магистр**

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина,

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕТРОПОЛИТЕНА НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Статья посвящена численному исследованию вибрационного воздействия метрополитена неглубокого залегания на несущие конструкции многоэтажного здания. Были определены вертикальные и горизонтальные составляющие виброскорости на поверхности почвы. Проведен анализ здания с сравнением НДС металлического и железобетонного каркаса.

³ ©Барабаш М.С., Башинский Я.В., Гуца Ю.Є.,

Ключевые слова: динамические нагрузки; вибрационное воздействие; виброскорость; метрополитен.

Актуальность исследования. Транспортные динамические нагрузки безусловно оказывают влияние на несущие конструкции зданий, находящихся вблизи крупных магистралей с почти непрерывным транспортным потоком, в связи с их высокой интенсивностью и широким распространением. 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.

Метрополитен, как и всякий рельсовый транспорт, является источником повышенного уровня вибрации и шума. Новые линии метро часто строятся в сложившейся городской застройке, что вызывает рост вибрации в прилегающих к трассам или расположенных над ними зданиях. И также новые здания строятся в местах пролегания метрополитена.

Проблема защиты зданий от вибраций, возникающих при движении поездов метрополитена, приобрела особую актуальность в последние годы, когда при строительстве новых линий метрополитена начали прокладывать, как правило, тоннели мелкого заложения. Этот способ прокладки тоннелей имеет технико-экономические преимущества по сравнению с прокладкой тоннелей глубокого заложения и в настоящее время является основным. Во многих случаях вибрация внутри зданий значительно превышает допустимые нормы с точки зрения физиологического воздействия на людей и нормальной работы высокоточного оборудования.

Анализ исследований. Вопросы динамических расчетов зданий и сооружений рассмотрены в работах Я.М. Айзенберга, В.А. Банаха, В.С. Дорофеева, В.В. Кулябко, Я.Г. Пановко, Дж. Пензиен, Б.С. Расторгуева и других. Вопросы устойчивости, виброзащиты и динамического гашения колебаний рассмотрены в работах Д. Вейнера, А. А. Зевина, В. А. Ивовича, В. Г. Подольского, Л. М. Резникова, А. И. Цейтлина и др. Вопросы моделирования динамических воздействий и их влияния на строительные конструкции освещены в работах М.С. Барабаш, А.С. Городецкого, Б.Г. Демчины, А. С. Дехтяря, Е.С. Дехтярюка, А.А. Дыховичного, В.К. Егупова, К.В. Егупова, В.С. Кукунаева, А.И. Лантух-Лященко, Ю.П. Линченко, Н.Г. Марьенкова, и других. Вместе с тем, в настоящее время отсутствуют общепринятые единые подходы и методики расчетов строительных объектов при разных видах динамических нагрузок и воздействий, в разных условиях и на разных стадиях жизненного цикла зданий и сооружений.

Постановка задачи. В статье представлен пример численного моделирования влияния воздействия вибраций на здание, находящееся вблизи метрополитена. Также проведено исследование влияния метрополитена мелкого заложения на несущие конструкции здания [3]. Анализ результатов численного эксперимента показал, что проблема безопасности здания, возводимого в зоне влияния метрополитена, или же прокладка метрополитена в зоне уплотненной застройки, где находятся эксплуатируемые здания, является одной из первоочередных задач, которую необходимо решить прежде, чем начинать строительство. Требуется точное моделирование объекта строительства, исследование накопления учета повреждений при циклических постоянно действующих вибрационных нагрузках, исследование вероятности структурного разрушения, исследование способности поврежденных конструктивных элементов воспринимать внешнюю нагрузку.

Транспортные динамические нагрузки вызывают высшие формы собственных горизонтальных колебаний здания и, как следствие, вертикальные колебания (колебания из плоскости) перекрытий именно верхних этажей. Эту особенность динамических откликов элементов конструкции зданий повышенной этажности необходимо учитывать до начала строительства объекта и при проведении контрольных измерений динамических характеристик уже возведенного здания.

В связи с этим возникает необходимость создания методики расчета высотных зданий, позволяющей учитывать вибрационные воздействия более эффективно.

Учет влияния метрополитена. При проектировании трассы метрополитена мелкого заложения следует учитывать, что при песчаных грунтах вибросмещения фундамента здания на расстоянии, например, 40 м от тоннеля на частоте 31,5 Гц отличаются от вибросмещений фундамента здания, расположенного вблизи тоннеля, более чем в 10 раз. При плотных грунтах (супесях, суглинках) амплитуды колебаний фундаментов снижаются на расстоянии 40 м меньше чем в два раза.

Реакция здания и характер распространения вибрации зависит не только от уровня и спектрального состава колебаний, передающихся через грунт, но и от динамических характеристик несущих и ограждающих конструкций, от конструктивной системы. Главным образом, это касается частот собственных горизонтальных колебаний зданий и вертикальных колебаний элементов перекрытий, типа грунта, расстояния до источника вибрации и др.

При строительстве здания вблизи линий метрополитена (особенно неглубокого заложения) необходимо учитывать, что частота вибрации обделки тоннеля метро составляет от 28-35 Гц (сборные обделки) до 60-70 Гц (монолитные обделки) и через грунт передается на фундамент здания. В результате преобладающие частоты, передающиеся на здания, могут

составлять от 20 до 80 Гц. Время однократного воздействия внешней вибрации определяется скоростью поездного состава и составляет 8-15 секунд. Основным источником вибрации является удар при прохождении колеса поездного состава через рельсовый стык. Возникающая при этом вибрация обделки тоннеля гаснет к моменту прохода через стык следующего колеса.

На это воздействие накладывается поличастотная вибрация, возникающая от неидеально гладкой поверхности материала колеса и рельса, от деформированных колес, а также от эффекта «вихляния» состава при движении. На фоне такого воздействия преобладающим является вибрационное воздействие в диапазоне частот 25-50 Гц. Если эта частота колебаний близка к собственной частоте обделки, то даже с учетом фильтрующих особенностей грунта, самого строения пути, независимо от того виброизолированный путь или нет, волновое излучение может усиливаться. Поэтому применительно к метро в общем случае нельзя говорить об одной преобладающей частоте. В связи с этим, не вдаваясь в конструктивные особенности обделки и верхнего строения пути, можно принять рабочий диапазон частот вибраций от метро 20-70 Гц. Характерной особенностью указанного диапазона является то, что собственные частоты перекрытий зданий, как правило, попадают в этот диапазон.

Для сравнения интенсивность колебаний грунтов вблизи метрополитена соответствует 6, 7- балльному землетрясению. Карта в институте геофизики говорит о том, землетрясение магнитудой 5 - на большинстве территорий Украины происходит раз в 100 лет. 6-балльное - раз в 5 тысяч, то есть вероятность возникновения землетрясения в зоне Киева и Киевской области достаточно мала. При этом постоянно действующая вибрация от движущего транспорта, но с относительно малой амплитудой колебаний может привести к повреждениям несущих конструкций, трещинообразованию и, если не применять меры, даже к разрушениям.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (16) 2016

Вертикальные и горизонтальные составляющие виброскорости на поверхности грунта определяются по формуле:

$$v_{1,2}(j) = \sqrt{v_R^2 + v_{1,2l}^2};$$

Здесь v_R – виброскорость, вызванная волной Рэлея, вычисляемая по формуле

$$v_R = \sqrt{\frac{R_0}{H_0}} \cdot v_{\max} \cdot \exp(-\beta \cdot k_R \cdot x);$$

β – коэффициент затухания в грунте;

k_R – волновое число волны Рэлея;

$v_{1,2l}$ – соответствующие проекции виброскорости, вызванные продольной волной в грунте, вычисляемые по формуле

$$v_{1,2l} = \sqrt{\frac{R_0}{\sqrt{x^2 + H_0^2}}} \cdot \sqrt{v_{1\max}^2 + v_{2\max}^2} \cdot \exp(-\beta \cdot k_1 \cdot \sqrt{x^2 + H_0^2});$$

Причем H_0 – глубина, на которой находится лотковая часть обделки тоннеля;

x – удаление от продольной оси тоннеля;

R_0 – характерный размер, представляющий собой минимальное из $D/2$ – половины ширины тоннеля;

$k_R = \frac{c_1}{\omega}$ – отношению скорости продольных волн в грунте к круговой частоте;

$v_{1,2\max}$ – максимальные величины виброскорости на лотковой части обделки тоннеля;

v_{\max} – максимальное из них;

Значение наиболее низкочастотных составляющих транспортных динамических нагрузок часто близки к значениям

собственных частот колебаний большинства зданий, которые нередко находятся в пределах 2-8 Гц. В зонах действия метрополитена иногда наблюдается дополнительное проседание зданий на 50-150 мм.

Указанные обстоятельства определили основные направления данной статьи:

1. Анализ зданий на действие внешнего вибрационного воздействия, вызванного подвижным составом метрополитена, с использованием программного комплекса ЛИРА САПР на основе МКЭ, по которой можно исследовать здания любого типа для оценки и инженерного прогноза поведения конструкций.

2. Предварительная оценка и анализа динамических явлений в зданиях повышенной этажности на стадии проектирования, строительства и эксплуатации с целью предотвращения отрицательных эффектов воздействия на элементы конструкции и людей вибраций, вызванных движением поезда метрополитена.

3. Сравнение металлического каркаса и железобетонного каркаса на воздействие динамических нагрузок от действия метрополитена, с помощью программного комплекса ЛИРА САПР.

Расчет задачи методом конечных элементов. Для исследования выбрано 18-этажное здание торгово-офисного комплекса (рис.1). Для сравнения изменения внутренних усилий несущих конструкций здания, при динамических нагрузках, каркас был выполнен в двух вариантах: из металлического каркаса в первом варианте и железобетонного во втором.

Расчет был осуществлен в программном комплексе ЛИРА-САПР с использованием методов прямого интегрирования уравнений движения. Это итерационные шаговые методы, которые позволяют получить компоненты напряженно - деформированного состояния в любой момент времени с учетом нелинейности.

Грунт смоделирован плоскими физически нелинейными универсальными конечными элементами. Численный эксперимент проведен для металлического и железобетонного каркаса здания.

Исследуется влияние метрополитена неглубокого заложения с временем прохождения состава $t = 8$ сек.

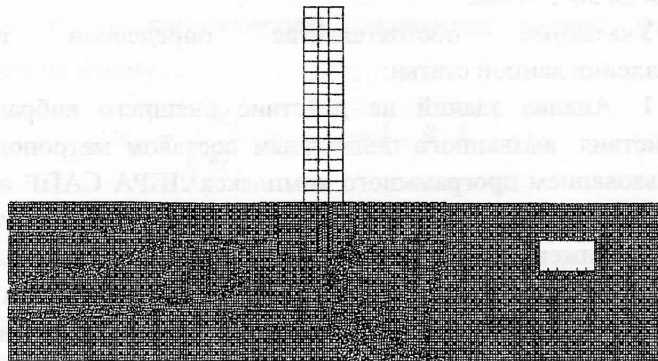


рис.1 Тестовая задача с реальной моделью грунта

В таблице 1 приведены результаты изменения усилий в контрольных точках (колонны 1-го и 18-го этажа) при вибрационном влиянии движущегося поезда. Металлический каркас лучше воспринимает динамические нагрузки от движущегося состава метрополитена. Наибольшему влиянию динамических нагрузок подвержены верхние этажи здания. Перекрытия нижних этажей здания не имеют значимого по энергии спектра отклика на частоты в диапазоне выше 20 Гц. Перекрытия верхних этажей здания реагируют на высокочастотный спектр воздействия 35–45 Гц и, возможно, могут даже резонировать.

Выводы. Таким образом, при динамическом воздействии от движения поезда метрополитена существует близость собственных частот высоких форм изгибных колебаний зданий повышенной этажности и собственных частот вертикальных колебаний перекрытий верхних этажей. Эту особенность динамических откликов элементов конструкции зданий повышенной этажности необходимо учитывать до начала строительства объекта, применяя

дополнительные защитные меры, а также применять материалы для несущих конструкций зданий которые меньше подвергаются динамическим нагрузкам.

В дальнейшей перспективе исследований является анализ поведения несущих конструкций высотных зданий при постоянной длительной динамической нагрузке от движения метрополитена через определенный период времени, с помощью программного комплекса ЛИРА САПР и разработка методики расчета здания на действие внешнего вибрационного воздействия от действующего метрополитена.

*Таблица 1
Изменения усилий M, N, Q в колоннах конструкции*

Секунда	Элемент	M	N	Q
0	Колонна 1-ого этажа металлической конструкции	8.922	-301.377	6.507
1		8.879	-301.303	6.472
2		8.965	-301.591	6.544
3		8.923	-301.510	6.493
4		8.876	-301.096	6.493
5		9.068	-301.962	6.602
6		8.730	-300.729	6.366
7		9.181	-302.365	6.711
8		8.621	-300.788	6.263
0	Колонна 18-ого этажа металлической конструкции	12.090	-15.908	8.179
1		12.087	-15.912	8.178
2		12.079	-15.921	8.169
3		12.071	-15.865	8.168
4		12.125	-15.988	8.178
5		12.015	-15.757	8.161
6		12.186	-16.097	8.189
7		11.995	-15.732	8.163
8		12.137	-16.028	8.166
0	Колонна 1-ого этажа	5.544	-379.048	3.377
1		5.517	-378.895	3.354

2	железобетонной конструкции	5.513	-379.161	3.351
3		5.591	-378.933	3.426
4		5.549	-379.335	3.367
5		5.455	-378.903	3.327
6		5.713	-379.097	3.478
7		5.364	-378.617	3.257
8		5.704	-378.937	3.487
0		Колонна 18-ого этажа железобетонной конструкции	15.374	-19.141
1	15.436		-19.227	10.733
2	15.382		-19.149	10.716
3	15.403		-19.197	10.699
4	15.299		-19.080	10.640
5	15.447		-19.133	10.794
6	15.288		-19.173	10.561
7	15.423		-18.978	10.819
8	15.372	-19.327	10.599	

Список использованной литературы

1. Ковальчук, О.А. Особенности динамической реакции здания повышенной этажности на вибрации, возбуждаемые движением поездов метрополитена / О.А. Ковальчук, М.А. Дашевский // Промышленное и гражданское строительство. – 2004. – № 4. – С. 24, 25.

2. Барабаш М.С. Численное моделирование воздействия динамических нагрузок метрополитена на близстоящие здания / М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерский, В. Овчарова // Містобудування та територіальне планування: Наук-техн. збірник. – К. : КНУБА, 2013. – Вип. 48. – С. 46–52.

3. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография / Мария Сергеевна Барабаш. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с.

4. Барабаш М.С. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій / М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко. – К.: НАУ, 2012. – 572 с.

5. СП 23-105-2004. Оценка вибрации при проектировании , строительстве и эксплуатации объектов метрополитена. // М. : Госстрой России, 2004. – 42 с.

Анотація

Стаття присвячена чисельному дослідженню вібраційного впливу метрополітену неглибокого залягання на несучі конструкції багатоповерхової будівлі.

Були визначені вертикальні та горизонтальні складові віброшвидкості на поверхні ґрунту. Проведено аналіз будівлі із порівнянням НДС металевого та залізобетонного каркасу.

Ключові слова :динамічні навантаження; вібраційний вплив ; віброшвидкість; метрополітен

Abstract

The article is devoted to the numerical study of vibration influence of underground shallow on supporting structures of multistory buildings

Were defined vertical and horizontal components of the vibration speed on the surface of the soil. The analysis of the building and the SRS comparing concrete metal frame.

Keywords: dynamic load; vibration impact; vibration speed; the Metropolitan

Стаття надійшла до редакції у березні 2016р.

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Науково-технічний збірник

Випуск 2 (16) 2016 р.

Має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації в Міністерстві юстиції України (серія КВ №15107-3679Р від 01 квітня 2009 року).

Визнаний ВАК України, як наукове фахове видання України, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України від 26 січня 2011р. №1-05/1

Адреса редколегії: м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1,
корпус №9, кімната 404
Тел.: 406-68-51
zbirnik_nau@ukr.net

Комп'ютерна верстка – Трошкіна Олена
Дизайн обкладинки – Мірошнікова Надія

Формат 60×90/16. Тираж 100 пр. Ум. друк. арк. 14,0. Зам. № 405

Видавець і виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»
03150, Київ, вул. Предславинська, 28

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.