



Электронное научное издание  
«Ученые заметки ТОГУ»  
2013, Том 4, № 4, С. 1579– 1585

Свидетельство  
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010  
<http://ejournal.khstu.ru/>  
[ejournal@khstu.ru](mailto:ejournal@khstu.ru)

УДК 624.01

© 2013 г. П. И. Егоров

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ АУТРИГЕРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ НА ВЕЛИЧИНУ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ ПУЛЬСАЦИИ ВЕТРА

Высотное строительство – объективная необходимость нашего времени, но оно вызывает множество споров. Проблемы безопасности высотного строительства, обеспечение объектов высококачественными строительными материалами и техническими средствами, мониторинг состояния зданий – все это актуальные темы для обсуждения и реализации.

**Ключевые слова:** система аутригеров, опоясывающие балки, горизонтальные перемещения, колебания.

P. I. Egorov

## INFLUENCE OF SYSTEM OUTRIGGER SKYSCRAPER ON THE MAGNITUDE HORIZONTAL DISPLACEMENTS FROM PULSATION WIND

High-rise building - the objective necessity of our time, but it causes a lot of controversy. Security problems of building construction, delivery on objects quality building materials and hardware, monitoring of buildings - this is relevant topics for discussion and implementation.

**Keywords:** system outriggers, girding beams, horizontal movements, fluctuations

Для рассмотрения было выбрано высотное здание (высота – 500 метров, 125 этажей) со стволом жесткости, расположенным в центральной секции, и полным каркасом. Планировка свободная (рис.1).

Колонны выполнены из трубобетона с применением бетона класса В40, по высоте здание имеет переменное круглое сечение, диаметр колонн составляет 820 мм до отметки 140м, далее колонны имеют сечение диаметром 630 мм. Шаг крайних колонн в зависимости от секции варьируется, в средней – 7,3 м, далее для первой, второй и третьей секции – 6,9 м, 5.25 м и 3,5 м соответственно.

Ядро здания выполнено из монолитного железобетона класса В40, его толщина составляет 400 мм.

Плиты перекрытия монолитные сталежелезобетонные, толщиной 150 мм по несъемной опалубке.

Главные балки выполнены из двутавра балочного I30, второстепенные – из I20 (рис. 1).



Рис. 1. Рассматриваемое здание

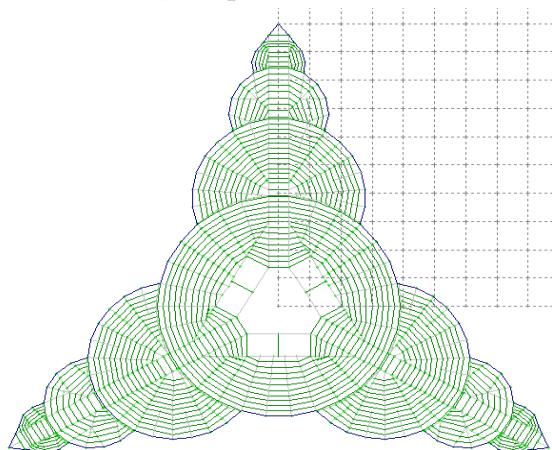


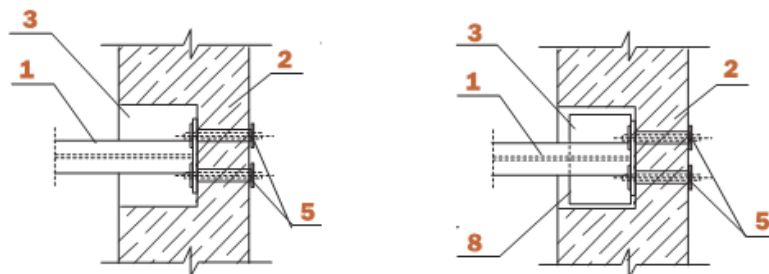
Рис. 2. Расположение элементов каркаса здания

Балки опираются на ядро жесткости посредством металлических прокладок на предварительно устроенные бетонные площадки в нишах. Фиксация балки в горизонтальном направлении осуществляется с помощью болтовых анкеров (рис.3).

Нагрузки от междуэтажных перекрытий передаются на трубобетонные колонны через неразрезные балки, пересекающие ствол колонн (рис. 4).

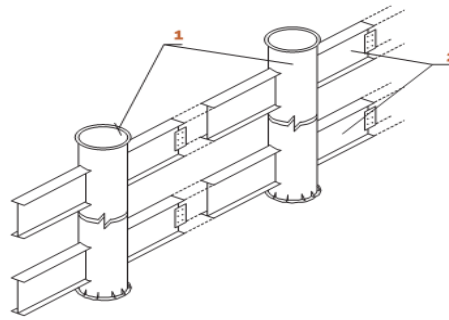
Данное здание было рассчитано на воздействие ветровой нагрузки в программном комплексе Lira 9.6. Были получены следующие результаты: перемещение от статической составляющей ветрового воздействия по горизонтали вдоль оси ОХ колеблется от минус 11.6 мм до плюс 91.8 мм, вдоль оси ОУ перемещение составляет до 2370 мм.

Перемещения от пульсационной составляющей по оси ОХ колеблются в пределах от минус 760 мм до нуля, по оси ОУ эти показатели составляют минус 719 мм – ноль.



1 - стальная балка, 2 - железобетонная стена, 3 - ниша, 5 - анкер, 8 - стальная прокладка

Рис. 3. Сопряжение балки с ядром жесткости



1 – колонны, 2 – балки.

Рис. 4. Сопряжение колонн и главных балок

Что касается усилий, было установлено, что поперечные силы от воздействия статической составляющей ветра варьируются от минус 3180 кН до 470 кН, а изгибающий момент: от минус 890 кНм до 778 кНм. Для пульсационной составляющей были получены следующие значения: момент изгибающий – от минус 342 до 279 кНм, поперечная сила – от минус 263 до 936 кН.

Было рассмотрено 30 форм колебаний, из них для сравнения отобраны самые неблагоприятные (рис. 5, 6):

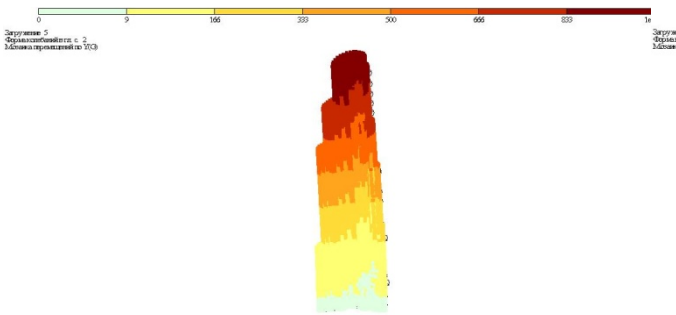


Рис. 5. Вторая форма колебаний

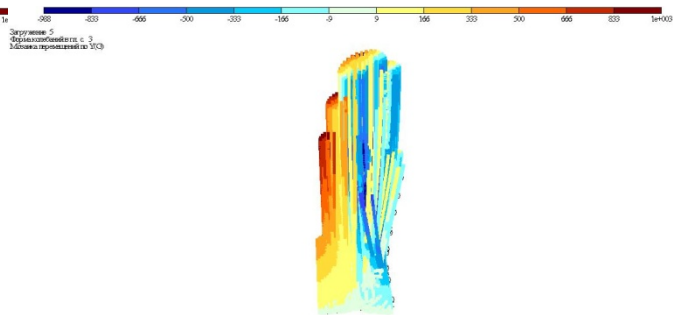


Рис. 6. Третья форма колебаний

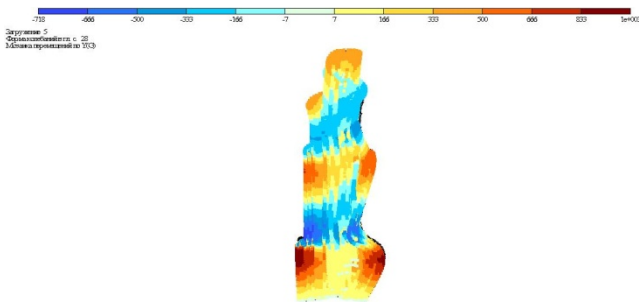


Рис. 7. Двадцать восьмая форма колебаний

По СНиП 2.01.07-85\* горизонтальные предельные перемещения каркасных зданий, ограничиваемые исходя из конструктивных требований (обеспечение целостности заполнения каркаса стенами, перегородками, оконными и дверными элементами), приведены в табл. 22 СНиП 2.01.07-85\*. Максимальное перемещение по горизонтали ограничивается параметром  $h/500$ , при высоте здания более 400 м.

Высота здания составляет 500 м., соответственно максимальное перемещение по горизонтали не должно превышать 1,0 м. Из выше перечисленных схем видно, что максимальное полученное перемещение по горизонтали составляет 2,37 м, что в 2,37 раза больше нормы.

Далее в расчётную схему были введены аутригеры (рис.8).

Аутригеры железобетонные, с применением бетона В40, их толщина в ходе исследования изменялась от 200 мм до 250 мм. Было приведено три варианта аутригеров,

произведено их сравнение между собой и зданием без аутригера.

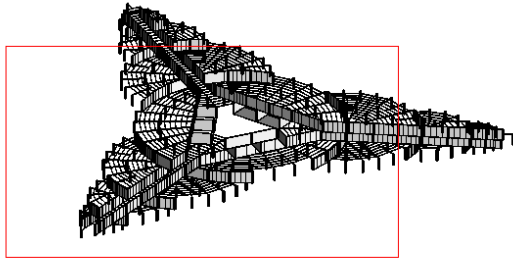


Рис. 8. Расположение аутригеров

Первый вариант для сравнения: 400 мм-толщина ядра, 200 мм – толщина аутригера, диаметр колон до 30 этажа 820 мм, далее 630 мм.

При расчёте в ПК Lira 9.6 получены следующие результаты:

Было получено 30 форм колебаний, самые неблагоприятные представлены на рисунках 9, 10.:

Перемещение от статической составляющей ветрового воздействия по горизонтали вдоль оси OX колеблется от минус 28,7 мм

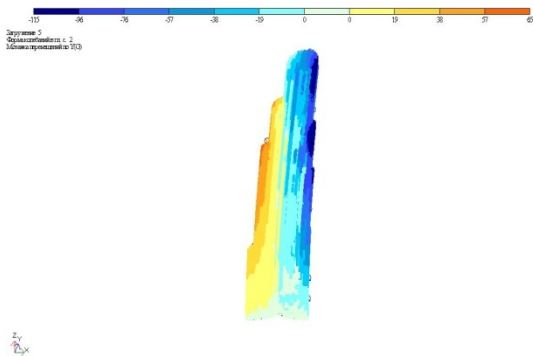


Рис. 9. Вторая форма колебаний

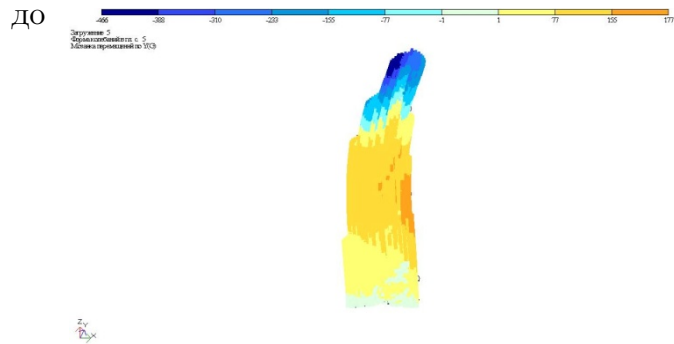


Рис. 10. Пятая форма колебаний

плюс 26,7 мм, вдоль оси OY перемещение составляет 0 мм – 221 мм. Перемещения от пульсационной составляющей по оси OX колеблются в пределах от минус 28 - 23.8 мм до нуля, по оси OY эти показатели составляют минус 29,4 мм – 25,1 мм. Таким образом перемещения по оси OY от статической составляющей ветрового воздействия уменьшаются в 11 раз (на 90%), а от воздействия пульсации в 24 раза (на 96%)

Нагрузки также уменьшились: поперечные силы более, чем в десять раз, моменты аналогично.

Амплитуда колебаний также уменьшилась в 2-5 раза.

Второй вариант для сравнения: 400 мм - толщина ядра, 200 мм – толщина аутригера, диаметр колон до 30 этажа 820 мм, сечение опоясывающих балок - I40. Получились следующие результаты:

Было получено 30 форм колебаний, самые неблагоприятные представлены на рисунках 11, 12:

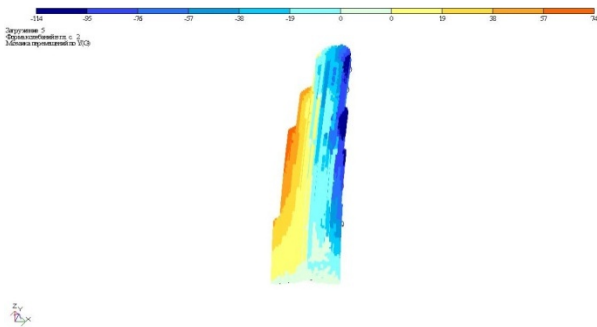


Рис. 11. Вторая форма колебаний

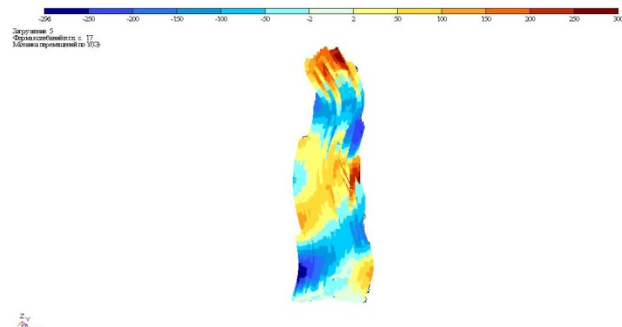


Рис. 12. Семнадцатая форма колебаний

В сравнении с предыдущим вариантом горизонтальные перемещения уменьшились всего на 3%, но увеличились нагрузки: изгибающие моменты в 1,1 раза, поперечные силы в 1,5 раза, также увеличился вес конструкции, что ведет за собой дополнительные расходы при производстве строительно-монтажных работ. Амплитуда колебаний практически не изменилась.

Третий вариант для сравнения: 400 мм - толщина ядра, 250 мм – толщина аутригера, диаметр колон до 30 этажа 820 мм, поперечное сечение опоясывающих балок - I40. Получились следующие результаты:

Было также выявлено 30 форм колебаний, самые неблагоприятные показаны на рисунках 13, 14.

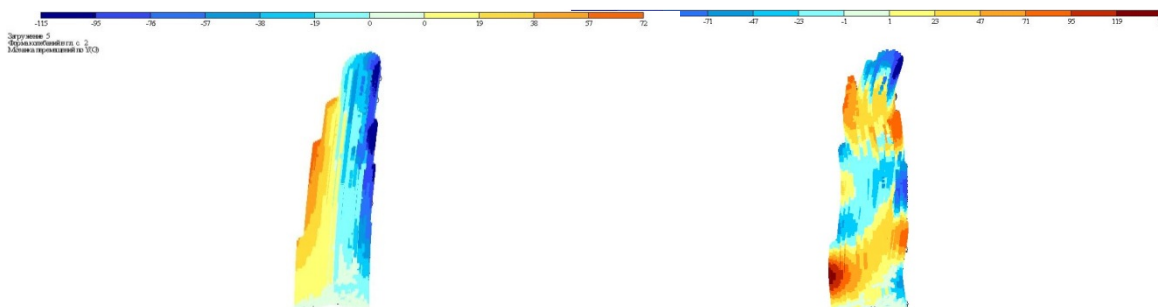


Рис. 13. Вторая форма колебаний

Рис. 14. Двадцатая форма колебаний

По сравнению с вариантом два перемещения по горизонтали от статического ветра уменьшились на 11 %, а от пульсации – на 6%. Относительно нагрузок – они уменьшились по сравнению с предыдущим вариантом в 1,2 раза, но увеличились по отношению к первому варианту: поперечная сила увеличилась в 1,2 раза, изгибающий момент – в 1,14 раза.

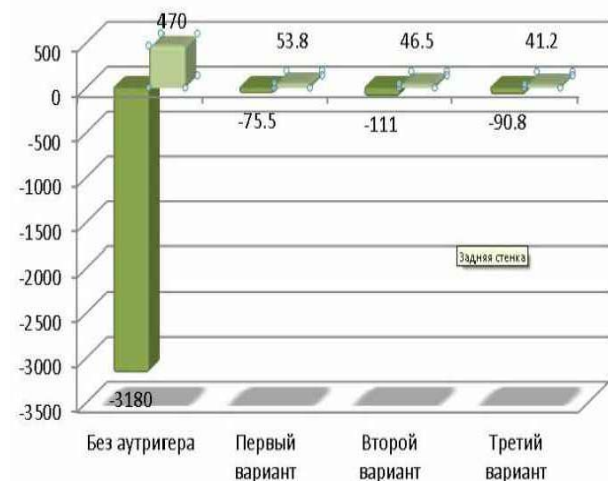


Рис. 15. Сравнение значений  $Q_z$  от воздействия статической составляющей ветровой нагрузки

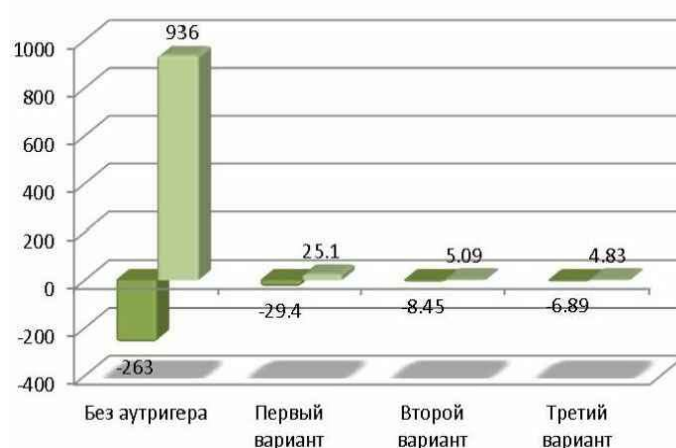


Рис. 16. Сравнение значений  $Q_z$  от воздействия динамической составляющей ветровой нагрузки

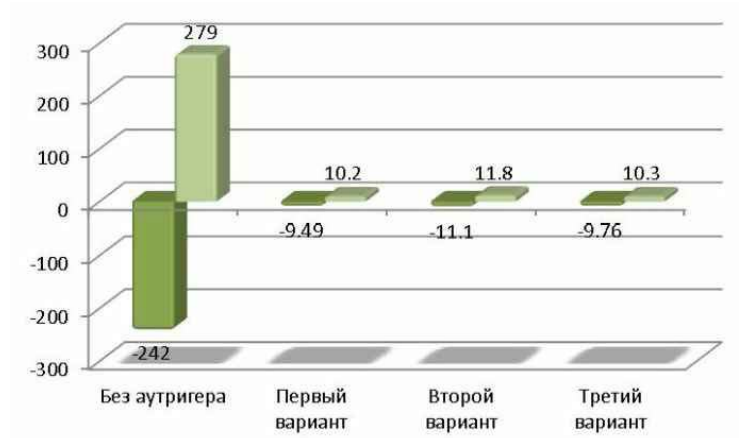


Рис. 17. Сравнение значений  $M_z$  от воздействия статической составляющей ветровой нагрузки

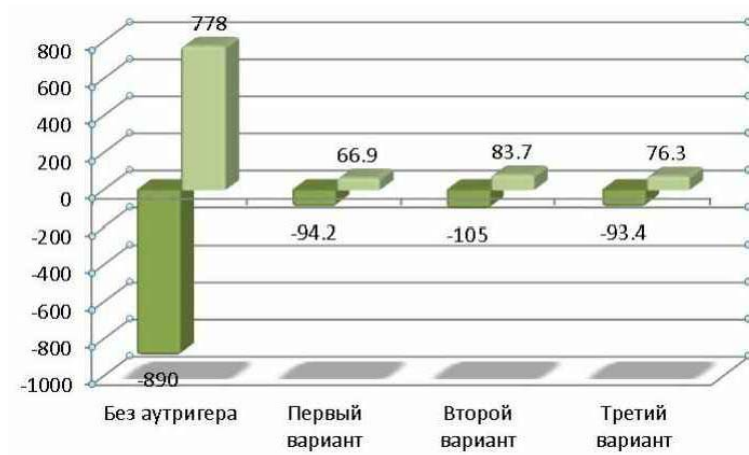


Рис. 18. Сравнение значений  $M_z$  от воздействия динамической составляющей ветровой нагрузки

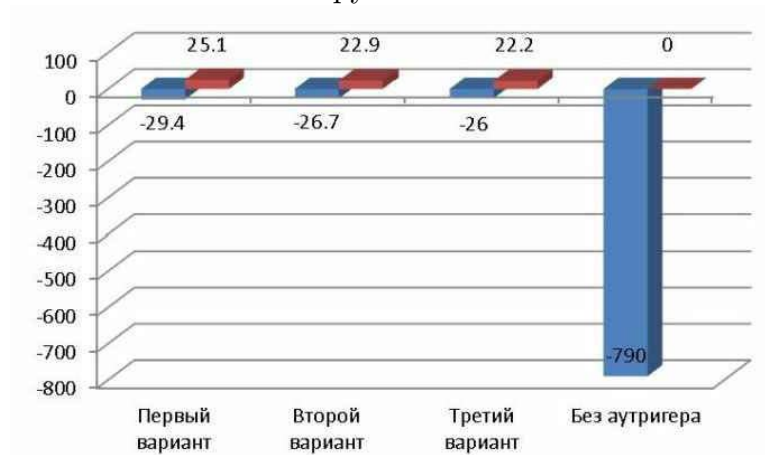


Рис. 19. Сравнение значений перемещений от воздействия динамической составляющей ветровой нагрузки вдоль оси  $Oy$



Рис. 20. Сравнение значений перемещений от воздействия статической составляющей ветровой нагрузки вдоль оси ОУ

Заключение. Расчёты показали, что вариант аутригеров большей толщины и вариант аутригеров с применением опоясывающих балок большего сечения, способствуют уменьшению горизонтальных перемещений, но приводят к возрастанию нагрузок по сравнению с аутригером меньшей толщины без применения опоясывающих балок большего сечения. Поэтому можно сделать вывод, что из трёх предложенных вариантов, оптимальный – первый вариант (400 мм- толщина ядра, 200 мм – толщина аутригера, диаметр колон до 30 этажа 820 мм, далее 630 мм). Имеет место резкое уменьшение горизонтальных перемещений, во-вторых, амплитуды колебаний и при этом в меньшей степени наблюдается наращивание массы здания, что в условиях нынешней экономики при таких незначительных выгодах в изменении перемещений совершенно необоснованно.

### Список литературы

- [1] Егоров П.И. Об эффективности использования системы аутригеров в высотных зданиях. Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса : материалы региональной научно-практической конференции. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. – Вып. 12. – С.274

*E-mail: ypi12071980@mail.ru*