

УДК 69.036

АУТРИГЕРНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ



OUTRIGGER STRUCTURAL SYSTEMS

Григорьева Валерия Павловна

студент института строительства
и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный
технологический университет
m867my@mail.ru

Леонова Анна Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный
технологический университет
lan.75@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается рациональное применение аутригера по высоте в конструкциях высотных зданий, определены преимущества и недостатки аутригерных систем, а также области их применения.

Ключевые слова: высотное здание, конструктивная система, аутригер, небоскреб, колонна, ядро жесткости, прочность, надежность, горизонтальная нагрузка, опоясывающая ферма, ядро жесткости, горизонтальное перемещение верха здания.

Grigoryeva Valeriia Pavlovna

student of the Institute of Construction and
Transport Infrastructure,
Kuban State University of Technology
m867my@mail.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
of the Department of Building Structures,
Kuban State University of Technology
lan.75@mail.ru

Annotation. The article discusses the rational use of outrigger in height in the construction of high-rise buildings. The advantages and disadvantages of outrigger systems, as well as their areas of application, are identified.

Keywords: high-rise building, structural system, outrigger, skyscraper, column, stiffness core, strength, reliability, horizontal load, girde truss, stiffness core, horizontal movement of the top of the building.

В современном строительстве большую роль отводят уникальным зданиям. Эти уникальные – высотные здания являются показателями мощи, могучести, силы строительной компании, да и не только её. Такие сооружения являются показателями развития города в строительстве, эти здания – небоскребы, в свою очередь являются визитной карточкой государства, чем выше дома, тем развитее государство.

В России до сих пор идет урбанизация населения, но города не могут все время разрастаться в ширь, но они могут подниматься в высоту. И на помощь пришло высотное строительство. Но не стоит забывать, что у каждого многоэтажного здания есть свои особенные характеристики, такие как: многократное увеличение горизонтальных (ветровых) нагрузок в сравнении с вертикальными; повышенная вертикальная нагрузка на конструкции, основание и фундамент; многократное увеличение требований безопасности от различных факторов, например, вибрации, пожара, локального разрушения, аварии, сейсмической нагрузки; усложнения обеспечения взаимной работы несущих конструкций здания и неравномерное нагружение стен, колонн, и других несущих элементов. Для данных ситуаций разработали некоторые варианты эффективного строительства, один из них – аутригеры различных видов.

Аутригеры – это мощная система распорок, опоясывающих сооружение, благодаря которым нагрузка при воздействии ветра равномерно рассеивается между ядром и колоннами каркаса, а также другими несущими конструкциями и здание не опрокидывается.

Система аутригеров служит для уменьшения опрокидывающего момента в ядре и для передачи уменьшенного момента колоннам вне ядра, вызывая в них напряжения растяжения.

Использование аутригерных систем имеет множество достоинств:

– возможность не ограничивать материальный аспект в использовании строительных материалов (можно задействовать сталь, бетон или композиционный материал);

– основные опрокидывающие моменты и взаимодействующие с ними возникающие деформации могут быть уменьшены действующими обратными моментами, приложенными к ядру на каждом перекрестке аутригера. Этот момент создается парой сил во внешних колоннах, с которыми аутригер соединяется;

– аутригеры сокращают перемещения и напряжения в колоннах и системе фундамента;

– внешний шаг колонны не влияет на структурные изменения и можно запросто изменить ее расположение, если это нужно для функциональных и эстетических требований;

– внешнее ограждение может складываться из простых балок и колонн (без твердых связей, типа структуры), это приводит к повышению экономической эффективности;

– для зданий прямоугольной формы аутригеры могут включить в работу средние колонны при воздействии ветровых нагрузок в более критическом направлении. В одиночных ядрах и трубчатых системах эти колонны несут значительные нагрузки от своего веса или не работают на 100 %. В некоторых случаях системы аутригера могут эффективно включить силы тяжести почти каждой колонны в боковую систему сопротивления нагрузкам, приведя к значительным сокращения затрат.

Главный недостаток этих систем – потенциальное влияние на свободное пространство. Это можно сократить или даже устранить применением различных комбинаций:

– использовать аутригеры на технических или промежуточных уровнях;

– располагать аутригеры только в естественных наклонных линиях строительного профиля;

– для минимального воздействия в каком-то одном уровне использовать включение многоуровневых диагональных аутригеров;

– смещение и наклон аутригеров, в соответствии с функциональной планировкой расположения помещений;

Еще одним потенциальным недостатком является то, что монтаж аутригеров нужно устанавливать строго по проектной документации.

Используя данную систему нужно не забывать о том, что аутригеры нуждаются в следующем:

– повышение трудоемкости в установлении узлов и опорных соединений, следовательно, увеличение стоимости сооружения;

– из-за наличия опрокидывающих сил происходит увеличение размера основания во избежание обрушения здания;

– использование дорогостоящих и время затратных розеток – гнезд для соединения элементов системы.

Аутригеры могут быть одноэтажными и многоэтажными, горизонтальными и диагональными, металлическими и железобетонными, сплошными и стержневыми системами, со связями и без них. Эти конструкции в каждом высотном здании уникальные и могут быть различными в пределах одного объекта.

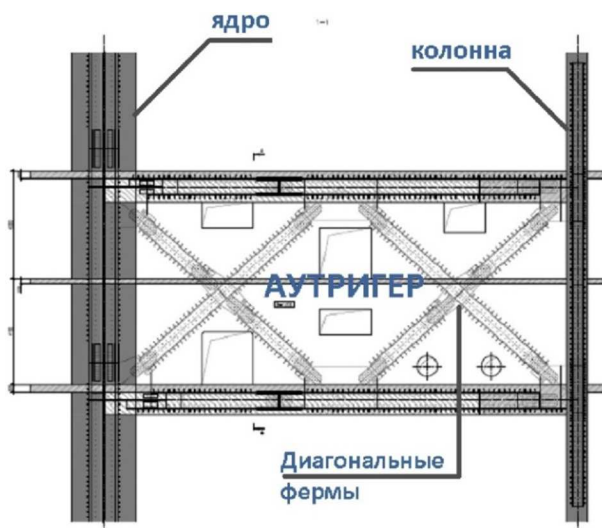


Рисунок 1 – Двухэтажный аутригер

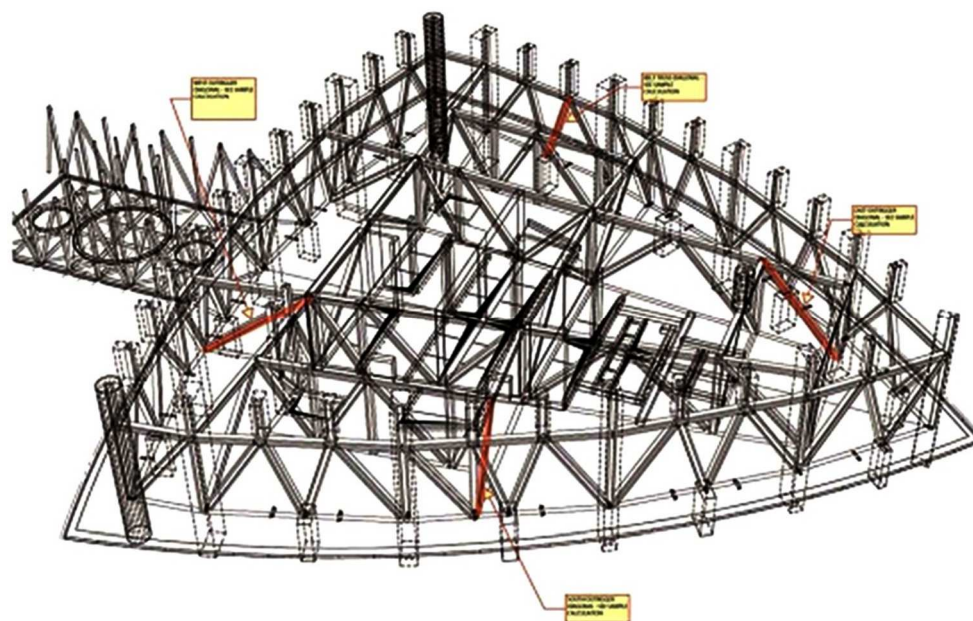


Рисунок 2 – Одноэтажный аутригер

По способу соединения наружных колонн и ядра жесткости аутригеры можно разделить на: опорные и «условные».

Когда колонны расположены по контуру здания, а балки и фермы напрямую соединены с колоннами и ядром, то такой способ называется опорным.

А при передаче изгибающих моментов от ядра к подвеске происходит не напрямую, то есть без прямого соединения ядра с ленточными бондажными поясами, так же происходит использование перекрытий с высокой жесткостью в горизонтальной плоскости – «условно-виртуальный» вид.

Ленточные бондажные пояса применяются трех видов: ферменные, сплошные и рамные. Наиболее используемыми в строительстве являются ферменные пояса.

Устройство аутригеров сокращает зависимость высотного здания от ядра жесткости и позволяет увеличить пространство от ядра к наружным колоннам. Это увеличивает функциональное применение пространства. Использование ядер жесткости совместно с аутригерными системами позволяет увеличить жесткость высотного здания, уменьшить толщину его ядра, а также площади армирования.

В качестве главных свойств, по которым определяется эффективность размещения аутригера, приняты характеристики нормируемые в: горизонтальное перемещение верха здания, ускорение в горизонтальной плоскости от действия ветровой нагрузки, а также рекомендуемая частота собственных колебаний от динамического воздействия ветра.

Проводя эксперимент, аутригер поочередно устанавливался на определенных этажах данного объекта, и для каждого случая фиксировались и записывались расчетные характеристики. После того, как по относительному перемещению находилось максимальное положение одного аутригера, в расчетную схему вводился второй, который также методом проб устанавливался на определенных этажах.

По относительному перемещению верха здания определялось оптимальное положение второго аутригера. Проанализировав полученные данные можно прийти к выводу:

– При высоте 45 этажей уменьшение относительного горизонтального перемещения здания с рациональным положением аутригера по сравнению с перемещением здания без аутригера составляет 26 %, при высоте 60 этажей – 20 %, а при высоте 75 этажей – 14 % (рис. 3). При различной конфигурации здания в плане эффект установленного аутригера виднее. Заметно, что у зданий более малой этажности, но с установленным аутригером, степень совместной работы периметральных колонн и ядра больше. Оптимальное положение первого аутригера зависит от высоты самого здания и определяется по высоте верха плиты фундамента $(5/6-13/14)H$, где H – общая высота здания. Как представлено на рис. 3, заметное уменьшение относительных горизонтальных перемещений также дает расположение аутригеров на верхнем этаже здания.

Для здания высотой 45 этажей (180 м) уменьшение перемещений аутригеля достигает 24 %, для 60-этажного (240м) – 18 %, а для 75 –этажного (300 м) – 13 %.

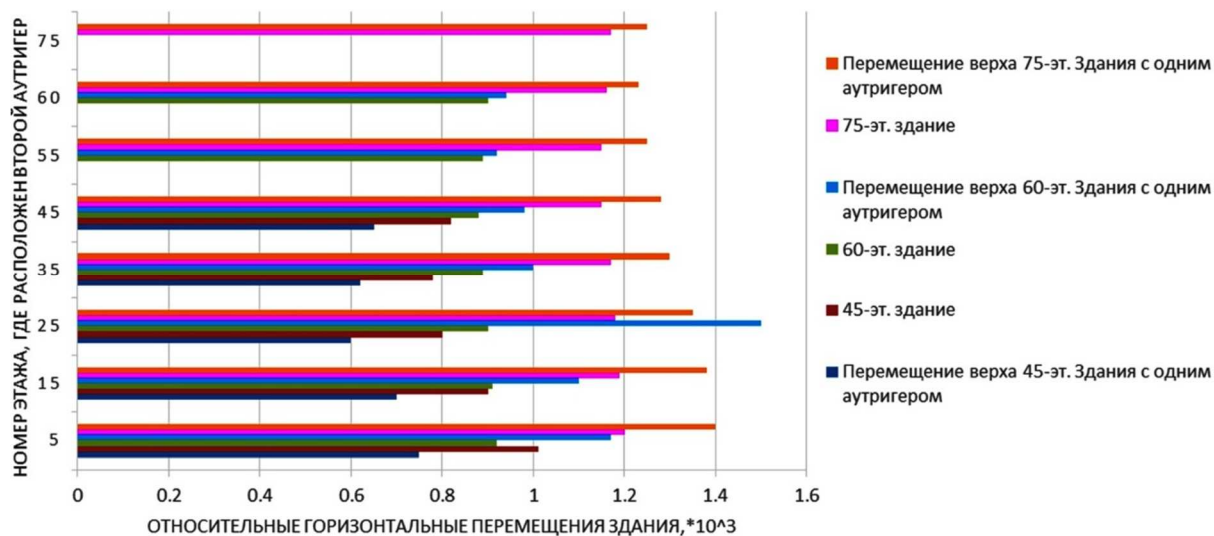


Рисунок 3 – Зависимость горизонтальных перемещений верха зданий первого и второго аутригеров

Оптимальное положение второго аутригера определилось в зоне расположения первого (см. рис. 3). Это означает, что, посмотрев с позиции повышения жесткости здания, вместо двух аутригеров на различных уровнях выгоднее устанавливать аутригеры с большей высотой, чем высота типового этажа, или задействовать двухэтажный аутригер. В данной ситуации уменьшение относительного горизонтального перемещения в сравнении со зданием с одним аутригером составило: для 75-этажного здания 8 %, для 60-этажного 11 %, для 45-этажного – 15 %. Но сравнения со зданием без аутригеров уменьшение составляет: для 75-этажного здания – 21 %, для 60-этажного – 29 %, для 45-этажного – 37 %.

Для рассмотренных расчетных схем величина ускорений по 1-й форме колебаний составляет 26–36 мм/с². При этом максимальные ускорения с одним аутригером (рис. 4) относятся к тем схемам, в которых аутригер в здании установлен в середине сооружения по высоте и ниже, но не выше центра здания. Графики зависимости ускорений от расположения второго аутригера имеют более ровные столбики, чем графики для зданий с одним аутригером и располагаются равноправно графикам для сооружения с одним аутригером.

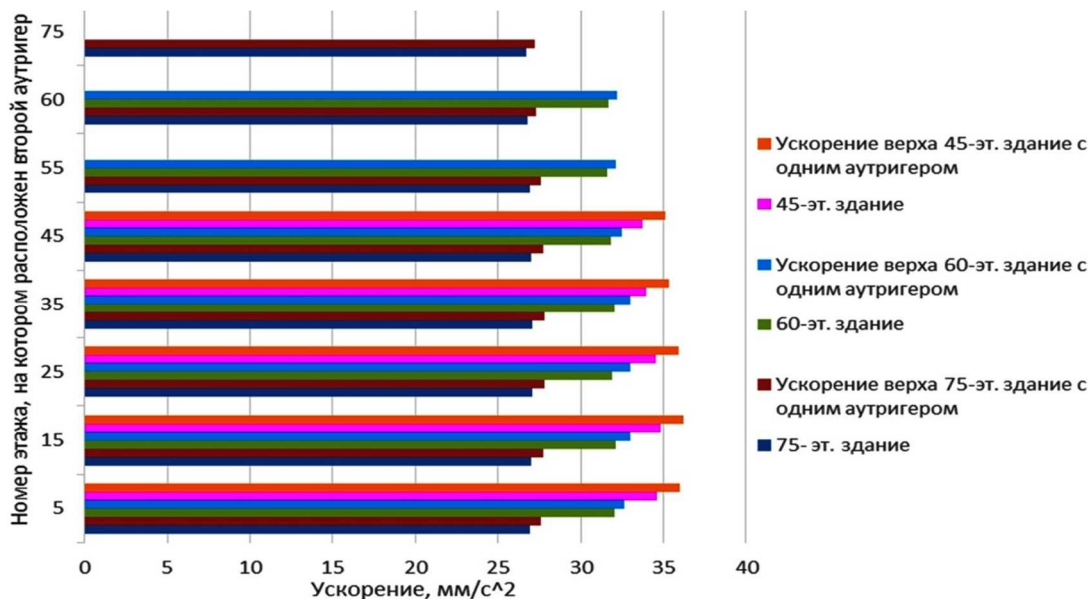


Рисунок 4 – Зависимость ускорения верха этажа от положения первого и второго аутригеров

Более того, рисунок 5 показывает, что постановка аутригера на рациональной высоте 75-этажного здания позволяет сократить период первой формы собственных колебаний на 0,6–0,7 с, а двух аутригеров графики зависимости снижаются на 0,85 с.

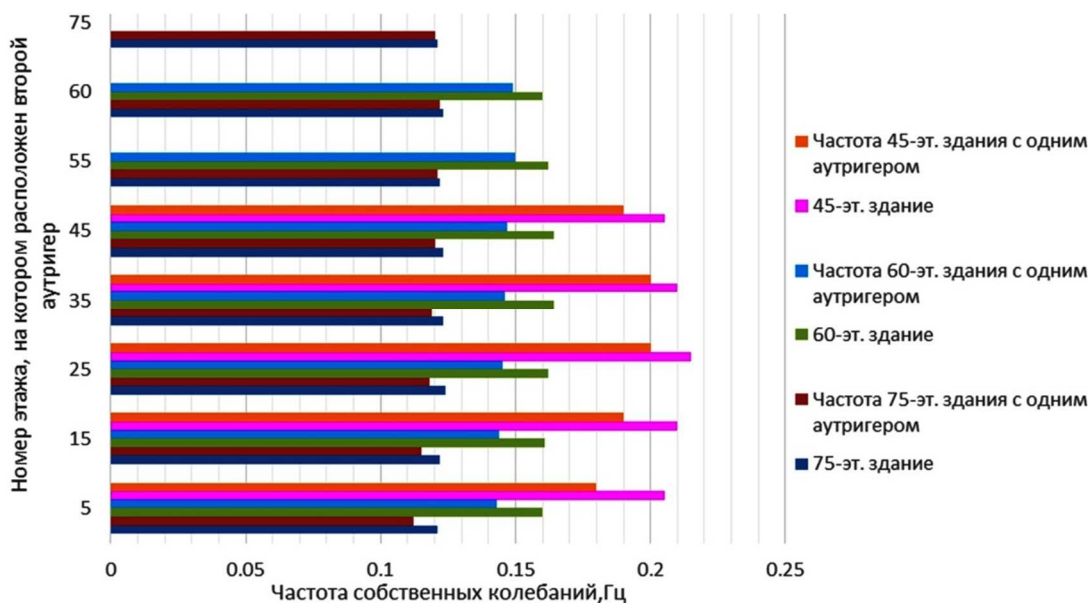


Рисунок 5 – Зависимость частот собственных колебаний от положения первого и второго аутригеров

Просмотрев данную статью можно сделать определённые выводы:

- Положение первого аутригера зависит от высоты здания и от уровня верха фундамента.
- Значительное уменьшение горизонтальных перемещений верха здания позволяет располагать второй аутригер вблизи от первого (на смежном уровне).
- Сложная система аутригеров в малоэтажных зданиях, таких как высотой 160–200 м и более низких, не рациональна, поэтому выгоднее увеличить момент инерции ядра жесткости.
- Оптимальное использование двухэтажных аутригеров, вместо расположения двух аутригеров на разных уровнях, допустимо в зданиях высотой 260–320 м (с целью уменьшения периода собственных колебаний).
- Для изменения шага колонн, на нижних этажах здания, при использовании опоясывающей фермы, не рекомендуется ее связывать с ядром жесткости, так как увеличивается трудоемкость здания, а это не рационально в данном случае.
- Также установлено, что аутригерные конструкции практически не влияют на величины ускорений верха зданий от динамического действия ветра, которые можно понизить путем увеличения жесткости ядра или иными конструктивными мероприятиями.

Литература

1. Шуллер В., Конструкции высотных зданий. – М. : Стройиздат, 1979. – 248 с.
2. Энгель Х., Несущие системы. – М. : АСТ, Астрель, 2007. – 344 с.
3. Травуш В.И., Конин Д.В. Работа высотных зданий с применением этажей жесткости (аутригеров) // Вестник ТГАСУ. – 2009. – № 2. – С. 77–91.
4. Карамышева А.А. [и др.]. Аутригеры высотных зданий // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3. – URL : ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5090
5. Журнал «Высотные здания» TallBuildings, апрель 2014. – С. 110–115.

References

1. Schuller V., Structures of high-rise buildings. – М. : Stroyzdat, 1979. – 248 p.
2. Engel H., Carrier Systems. – М. : AST, Astrel, 2007. – 344 p.
3. Travush V.I., Konin D.V. Work of high-rise buildings with application of the stiffness floors (outriggers) // Vestnik TGASU. – 2009. – № 2. – P. 77–91.
4. Karamysheva A.A. [et al]. Outriggers of high-rise buildings // Engineering bulletin of the Don. – 2018. – № 3. – URL : ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5090
5. TallBuildings magazine, April 2014. – P. 110–115.