

УДК 332.74

***В. К. Лихобабин***

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,  
Астрахань, e-mail: viktor.likhobabin1949@gmail.com

***О. А. Разинкова***

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,  
Астрахань, e-mail: o.a.razinkova@yandex.ru

***М. Л. Саксон***

Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте РФ, Астрахань, e-mail: mc\_max94@inbox.ru

***Д. А. Неделько***

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,  
Астрахань, e-mail: dmitry30reg@mail.ru

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Ключевые слова:** небоскреб, высотное здание, экономический предел, высота-стоимость, экономика.

В настоящее время очень актуальна тема высотного строительства. Данная проблема рассматривается многими науками, включая экологию, строительство и экономику. В данной статье определение «небоскреб» или «высотное здание» присвоено зданиям высотой более 75 метров. Рост темпов урбанизации и активное развитие городов, а значит, и удорожание земли являются причинами быстрого развития высотного строительства. Обзор исследований по данной проблеме привел к выводу, что для высотных зданий существует экономически обусловленный предел высоты. Причин экономическому пределу несколько, одни из основных: удорожание несущих конструкций, усложнение инженерных коммуникаций, повышение требований к пожарной безопасности и вертикальному транспорту в таких зданиях. Однако с повышением высоты не все элементы здания подвергаются удорожанию, такие элементы, как, например, крыша и фундамент лишь снижают свою стоимость. В настоящие дни экономический предел высоты небоскребов определил мировую тенденцию в проектировании данного класса зданий, большая часть, около 70% зданий мира не превышают высоту 200 метров. Однако критическое значение высоты значительно колеблется в зависимости от региона строительства.

***V. K. Likhobabin***

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan,  
e-mail: viktor.likhobabin1949@gmail.com

***O. A. Razinkova***

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan,  
e-mail: o.a.razinkova@yandex.ru

***M. L. Saxon***

Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President  
of the Russian Federation, Astrakhan, e-mail: mc\_max94@inbox.ru

***D. A. Nedelko***

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan,  
e-mail: dmitry30reg@mail.ru

## ECONOMIC ASPECTS OF HIGH-RISE CONSTRUCTION

**Keywords:** skyscraper, high-rise building, economic limit, height-cost, economics.

The topic of high-rise construction is very actual at the present time. This problem is considered by many sciences, including ecology, construction and economics. In this article, the definition of “skyscraper” or “high-rise building” is assigned to buildings taller than 75 meters. The increasing rate of urbanization and the active development of cities, and therefore the rising cost of land, are the reasons for the rapid development of high-rise construction. Review of studies on this problem has led to the conclusion that for high-rise

buildings there is an economically determined height limit. There are several reasons for the economic limit, some of the main ones are: increasing the cost of supporting structures, complication of engineering communications, increasing requirements for fire safety and vertical transportation in such buildings. However, with the increase in height not all elements of the building are subject to appreciation, such elements as, for example, the roof and the foundation only reduce their cost. Today, the economic height limit for skyscrapers has determined the worldwide trend in the design of this class of building, most, about 70% of the world's buildings do not exceed 200 meters in height. However, the critical height value varies considerably depending on the region of construction.

### Введение

Крупные и развитые города наших дней невозможно представить без возвышающихся над ними высотных зданий. Стоит понимать, что в современном строительстве нет четкой согласованности в том, от какой высоты строение можно считать высотным. В соответствии с СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» принимаем, что высотным является здание более 75 метров высотой. Данный класс зданий стал неотъемлемым атрибутом высокого экономического развития современного города, формируя его облик и являясь центром притяжения не только для местного населения, но и для приезжих-туристов. Темпы строительства небоскребов с каждым годом неуклонно растут, также увеличивается и их максимальная высота. Поэтому изучение экономических аспектов высотного строительства является актуальной задачей в наши дни.

**Целью** данной работы является анализ и исследование экономических аспектов высотного строительства.

### Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования: сравнение, анализ и синтез, математико-статистические методы – графики и диаграммы.

Первым в мире небоскребом считается здание страховой компании Home Insurance Building в Чикаго, построенное в 1885 году, его высота составляла лишь 42 метра. На сегодняшний день самое высокое здание мира Бурдж-Халифа в Дубае возвышается на высоту 828 метров. Это говорит о том, что тенденция увеличения высоты зданий с каждым годом лишь набирает обороты.

Возведение таких зданий обусловлено не только их эстетикой и архитектурной привлекательностью. Не стоит исключать экологический аспект, небоскрёбы по своей сути несут роль сокращения распространения урбанизации территорий на природную среду. Развитие города ведет к повышению спроса на жилье и офисные помещения

в центральных локациях, площадь которых ограничена. Это приводит к резкому росту цен на земли под строительство. Рост цен на участок в России за год может составлять более 100%. Это значительно влияет на стоимость строительства, поэтому идея возведения здания, занимающего минимальную земельную площадь, является все более привлекательной. Стоит отметить, с ростом цен на земли увеличивается и высота самого здания, данная тенденция обуславливается желанием девелопера максимизировать прибыль.

Однако существует ли экономически обусловленный предел высоты небоскребов?

Специалисты в области экономики строительства и планирования затрат выдвигают теории, связанные с влиянием высоты здания на его стоимость. Мнение о том, что стоимость высотного строительства превосходит стоимость аналогичного по площади и количеству этажей малоэтажного, устойчиво закрепилось в широких кругах экспертов. Самое распространенное мнение заключается в том, что строительство небоскребов имеет смысл лишь тогда, когда стоимость земли под строительство очень высока.

П. Э. Батерст и Д. Батлер в своих трудах [7] указывают, что стоимость здания в расчете на квадратный метр площади лишь увеличивается с ростом числа этажей.

Д. Картлидж указывает [8], что многоэтажные здания/высотные здания могут быть рациональным выбором лишь в том случае, если есть возможность сэкономить на огромных затратах на землю за счет строительства вверх.

Д. Дж. Ферри и П. С. Брэндон пишут [9], что строительство высотных зданий обходится дороже, чем строительство малоэтажный, предлагающих аналогичное жилье.

Чем выше здание, тем выше требования к несущим конструкциям. С высотой существенно увеличивается влияние ветровых нагрузок, повышается влияние пульсационной составляющей ветра. Вопрос устойчивости при строительстве не-

боскребов стоит острее всего. Появляется необходимость увеличения сечения несущих элементов или увеличение их количества, появляется необходимость создания аутригерных этажей. Нагрузки на основания и фундаменты также растут пропорционально высоте здания. В связи с этим в высотных зданиях проектируются лишь массивные плитные монолитные фундаменты. Это ведет к увеличению потребности в строительных материалах, а, значит, и удорожанию строительства.

А. Эшворт также приводит доводы в пользу утверждений вышеупомянутых авторов. В своих работах [4] он указывает такие факторы, как более высокая стоимость вертикальной транспортировки, более длительная подготовка площадки строительства, повышение сумм, выплачиваемых операторам, работающим на высоте, и связанные с этим требования безопасности.

При большой высоте здания повышаются требования к инженерным коммуникациям. Необходимо большее количество технических этажей, вводятся более сложные и дорогостоящие инженерные системы, повышаются требования к пожарной безопасности. Для безопасности людей, находящихся внутри высотных объектов, создается комплекс со всеми современными

автоматизированными установками и системами защиты от пожара, с централизованным управлением из единого центра – пожарного поста.

Чем выше здание, тем больше расходы на вертикальный транспорт, ведь лифты высотных зданий должны обеспечивать высокую скорость подъема. Обуславливается это высокой интенсивностью движения людей между этажами здания и большой высотой подъема.

П. Трегенза провел корреляцию высоты и стоимости изучив 10 зданий офисного назначения, высотой от одного до восемнадцати этажей. Данное исследование [5] выявило что стоимость высоких зданий выше, чем низких с такой же полезной площадью. Им было выдвинуто предположение, что малоэтажное здание дает лучшее соотношение цены и качества, нежели высокое, если только стоимость земли не является предельно высокой.

Все вышесказанное указывает на то, что стоимость конструкций, инженерных систем и, чаще всего, высотного здания в целом выше, чем все то же самое при строительстве зданий этажностью ниже. Распределение стоимости между элементами высотного здания в значительной мере отличается от рядового многоэтажного дома.

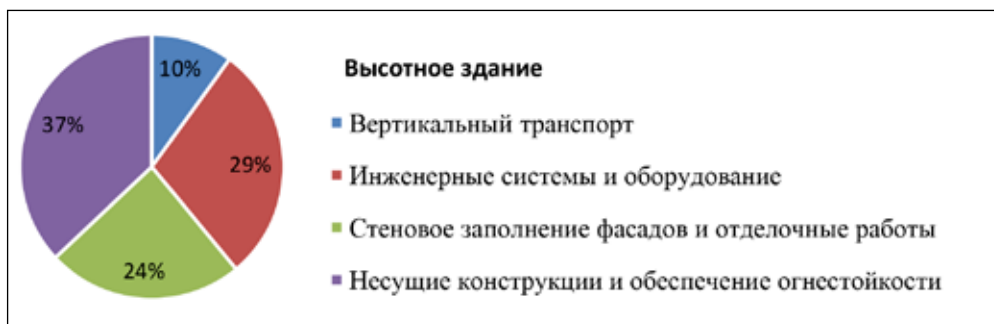


Рис. 1. Распределение стоимости между элементами высотного здания

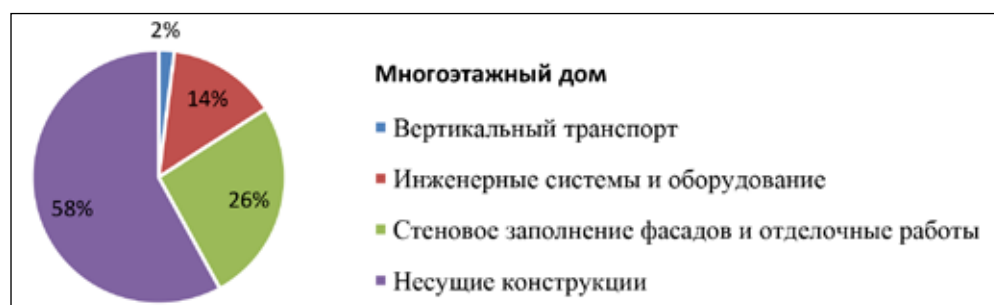


Рис. 2. Распределение стоимости между элементами многоэтажного дома

Диаграммы наглядно показывают, что доля расходов на вертикальный транспорт и инженерные системы в высотных зданиях значительно выше, в то же время доля, приходящаяся на несущие конструкции, ниже.

Основная часть мнений экспертов сводится к тому, что экономическая целесообразность строительства таких зданий напрямую и в большой степени зависит от стоимости земли. Таким образом, экономия на стоимости земли позволяет перекрыть расходы на другие элементы здания. Однако снижение расходов на земельный участок не способно бесконечно нивелировать растущие расходы на несущие конструкции и инженерное оборудование. Значит, небоскреб все же имеет возможность быть экономически более выгодным решением по сравнению со зданием меньшей этажности при равной площади, однако подтверждается существование экономически обусловленного предела высоты таких зданий. Актуальным становится вопрос определения данного предела.

В процессе исследования данной темы напрашивается вопрос, означает ли увеличение этажности полное удорожание всех элементов? Существует ли обратная зависимость либо ее полное отсутствие?

В рамках данной темы Р. Стейерт [10] провел исследование в США. Исследователь пришел к выводу, что различные элементы здания будут по-разному реагировать на стоимость при изменении высоты. Также было выдвинуто предположение, что стоимость некоторых элементов будет лишь снижаться с высотой постройки.

Причинами этому были выдвинуты следующие обстоятельства:

- эффект кривой обучения;
- скорость роста общей стоимости некоторых элементов будет ниже скорости увеличения затрат на увеличение высоты, например, стоимость крыши и фундамента.

Эффект кривой роста означает, что в ходе рабочего процесса управляющие и исполнители узнают на опыте, как работать наиболее эффективно. Многократное повторение и накопленный опыт, и знания способствуют постепенному снижению затрат.

Таким образом, исследования Р. Стейерта дали совершенно противоположные остальным исследованиям результаты. Экономическая целесообразность высотного здания основана не только лишь на нивелировании затрат на элементы снижением расходов на землю.

Р. Фланаган и Г. Норман углубились в данный вопрос и провели исследование [11], сравнив 15 офисных зданий высотой более 2 этажей, 10 зданий из 15 были использованы в вышеуказанных исследованиях П. Трегензы. Результатом их научных изысканий стал вывод о том, что стоимость квадратного метра здания с увеличением высоты до определенной степени уменьшается, однако при превышении определенного уровня стоимость неуклонно растет (рис. 3). То есть, если построить кривую, отражающую корреляцию между высотой зданий и стоимостью возведения этажа, она будет иметь форму латинской буквы «U», то есть стоимость строительства снижается лишь до определенного значения высоты.

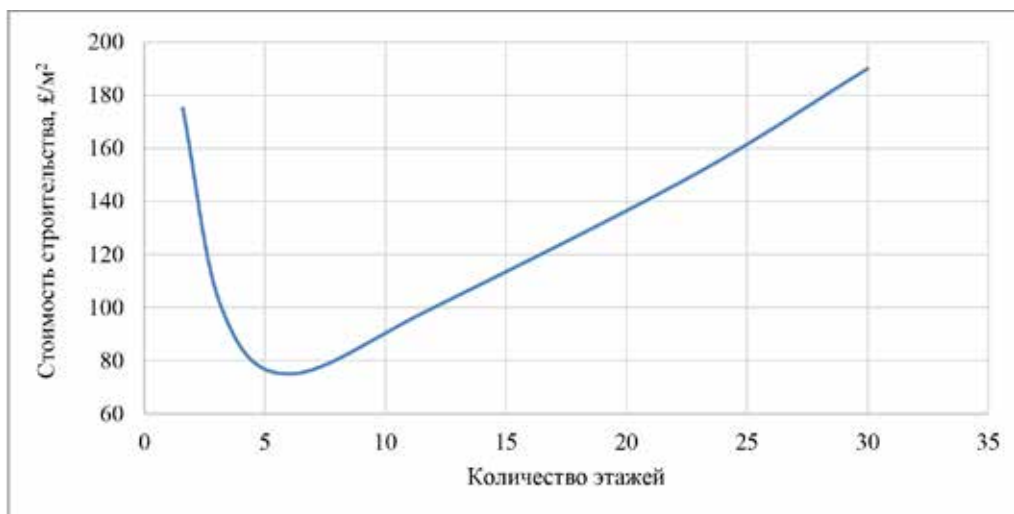


Рис. 3. Зависимость стоимости квадратного метра от этажности здания, полученная в ходе исследований Фланагана и Нормана [11]

Кривая Фланагана и Нормана указывает на то, что конец падения и начало роста стоимости здания начинается при превышении отметки пяти этажей, однако С. Ньютон в своем исследовании [13] утверждал, что зависимость стоимости от высоты серьезно варьируется в зависимости от того, что подлежит рассмотрению: площадь плана, то есть площадь основания здания либо рассматриваемая общая площадь здания. Кривые Ньютона наглядно показывают, что при постоянной площади плана здания увеличение стоимости при повышении высоты наступает не так быстро по сравнению с результатами Фланагана и Нормана. При постоянной общей площади здания величиной 6000 м<sup>2</sup> рост стоимости наблюдался примерно от возведения четвертого этажа. Однако, если за постоянную взять площадь плана здания при ее значении 600 м<sup>2</sup>, рост стоимости единицы площади этажа наблюдался при достижении 8 этажей. Лучший результат в рамках того исследования был достигнут при постоянной площади плана 1200 м<sup>2</sup> – 14 этажей (рис. 4).

В последние годы проблемой зависимости стоимости от высоты здания занимались Д. Пикен и Б. Илзор. В своих исследованиях [12] они использовали данные не об офисных зданиях, а жилых, находящихся в Гонконге. Высота зданий варьировалась от 3 до 39 этажей. Также отличием являлось то, что зависимость выстраивалась не от количества этажей, а от высоты здания непосредственно. Результат их исследования значительно отличается от результатов предшественников. Он показал, что увеличение высоты не приводит к настолько скорому увеличению стоимости единицы площади здания. Были получены данные, что увеличение стоимости наблюдалось лишь при достижении зданием высоты 100 метров (рис. 5).

Это вполне способно объяснить тот факт, что большинство небоскребов мира, около 70% в мире не превышают высоты 200 метров. Однако значение экономического предела высоты сильно колеблется в зависимости от региона строительства и зависит от большого ряда факторов. К таким факторам опять-таки можно отнести стоимость земли.

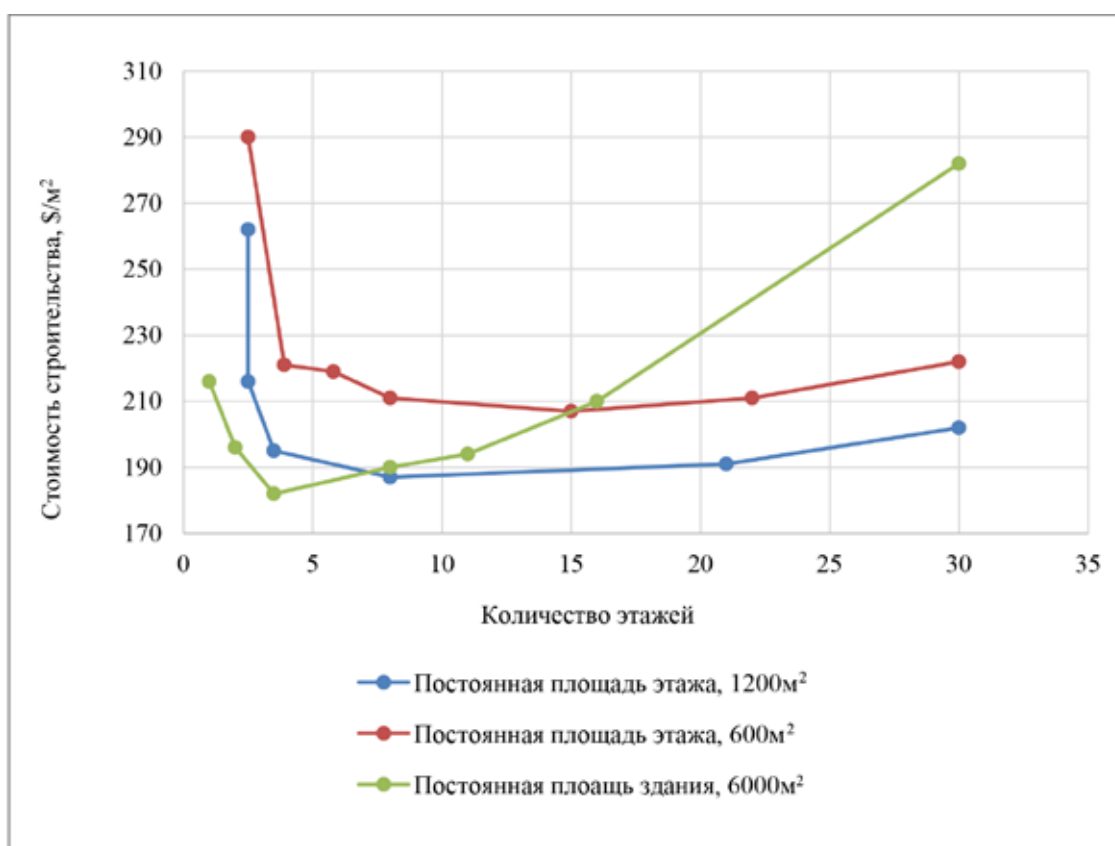


Рис. 4. Зависимость между стоимостью квадратного метра площади здания и количеством его этажей, выведенная С. Ньютоном [13]

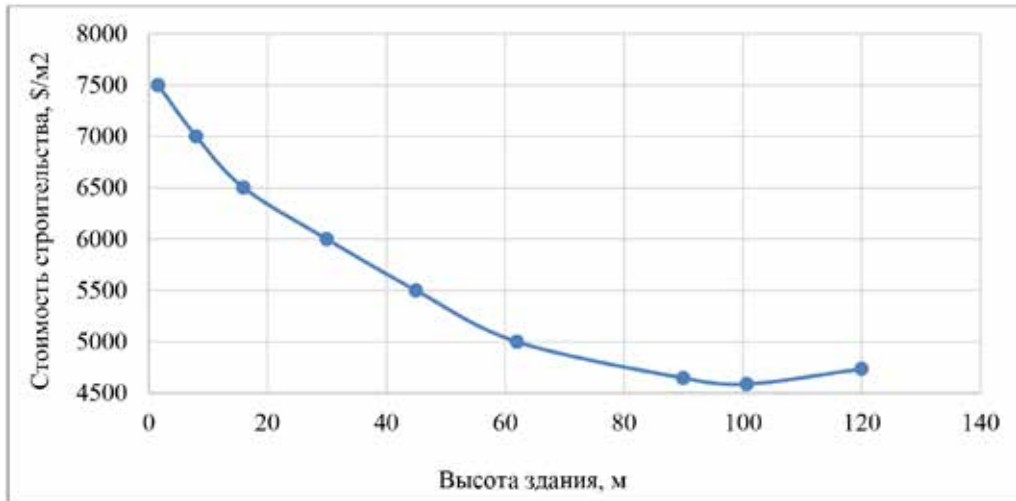


Рис. 5. Зависимость между стоимостью квадратного метра площади здания и его высотой в метрах, выведенная Пикеном и Илзором [12]

Также немаловажное влияние оказывают доступность материалов и технологий, стоимость рабочей силы. К примеру, самым перспективным на сегодняшний день регионом для строительства высотных зданий является Китай, который сочетает высокий технологический прогресс и большое число относительно дешевой и квалифицированной рабочей силы.

Помимо всего прочего, в настоящее время значительным фактором является форма здания и его ориентация в пространстве, данное условие учитывалось во многих современных исследованиях, посвященных данной проблеме. Дело в том, что геометрическая форма может повлиять как на сложность технологии возведения, так и на общую устойчивость и прочность здания. Ориентация в пространстве, как и геометрическая сложность здания напрямую связаны с ветровыми нагрузками. В зависимости от сложности здания в плане и его ориентации, ветер будет влиять на его конструкции по-разному. С точки зрения конструкций, а, значит, и экономики наиболее рациональной является круглая форма здания в плане. Наименее выгодная геометрия – квадрат.

К сожалению, невозможно установить обобщенную максимальную высоту высотных зданий с точки зрения экономики, цифры будут серьезно варьироваться в зависимости от региона строительства. Таким образом, при расчете экономики высотного здания первоочередной является потребность в определении критической высоты здания с учетом условий места строительства.

### Результаты исследования и их обсуждение

На данный момент высотное строительство является перспективной отраслью, с развитием человечества, крупных корпораций и ростом городов необходимость в них только возрастет. Однако экономический аспект – один из наиболее важных, до сих пор недостаточно освещен, особенно в Российской литературе. До сих пор многие отечественные девелоперы с осторожностью, недоверием и большой опаской смотрят на строительство высотных зданий, ведь их строительство связано с большими рисками. Очень важно на этапе проектирования четко продумать мельчайшие детали, ведь корректировка проекта на этапе строительства небоскреба – достаточно сложная, а порой и невыполнимая задача, сулящая колоссальные финансовые потери. Необходимо глубже рассмотреть вопрос экономической целесообразности строительства небоскребов на территории РФ. Более подробно рассмотреть данный вопрос для каждого региона. Актуальной остается проблема вычисления экономического предела высоты небоскребов для регионов РФ.

Первым шагом к решению проблемы может стать анализ рынка земли по регионам с последующим анализом собранной информации и ее систематизацией. Также для определения тенденции в динамике цен на землю стоит собрать данные по ценам за последние 5-10 лет по субъектам РФ. Следующим шагом необходим сбор информации о реализованных высотных проектах.

тах, важно изучить и сравнить их объемно-планировочные и конструктивные решения и сопоставить полученную информацию с данными о расходах на строительство данных зданий. В России насчитывается около 100 ярких представителей высотного строительства. Наиболее известными являются:

- Лахта-центр – 462 м (г. Санкт-Петербург);
- МФК «Федерация» – 373,7 м (г. Москва);
- МФК «Око» – 354,1 м (г. Москва);
- МФК «Меркурий-сити» – 340,1 м (г. Москва);
- башня Эволюция – 246 м (г. Москва).

Большая часть высотных зданий (около 76%) сосредоточена именно в столице нашей страны, однако, чтобы глубже изучить особенности строительства небоскребов в других регионах, стоит рассмотреть следующие здания:

- башня «Исеть» – 212,8 м (г. Екатеринбург);
- «Высоцкий» – 188,3 м (г. Екатеринбург);
- ЖК «Аквамарин» – 156,4 м (г. Владивосток);

– «Лидер Тауэр» – 145,5 м (г. Санкт-Петербург);

- ЖК «Феникс» – 145 м (г. Грозный);
- ЖК «Белый ангел» – (г. Ростов-на-Дону);

И, наконец, необходим сбор информации о региональных особенностях строительства в крупных субъектах РФ, для анализа необходимо изучить климатические особенности и наличие местных строительных материалов.

### Заключение

Таким образом, можно прийти к выводу, что в настоящее время отечественная строительная отрасль имеет достаточно мало информации об экономических особенностях высотного строительства, в то же время отрасль прилагает немалые усилия для развития данного направления. Для этого необходимо подробнее изучить экономику высотного строительства и решить проблему определения экономического предела высоты. Использование приведенных выше предложений, как мы считаем, может помочь в решении данной проблемы.

### Библиографический список

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. М.: Стандартинформ, 2016. 95 с.
2. СП 267.1325800.2016. Здания и комплексы высотные: правила проектирования, 2016. 102 с.
3. Абакумов Р.Г., Толстой Л.В. Особенности экономического обоснования строительства высотных зданий (небоскребов) // Инновационная наука. 2017. № 1-1. С. 100-102.
4. Ashworth A. Cost studies of buildings. 4th Ed. Pearson. Boston / Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ, 2004.
5. Tregenza P. Association between building height and cost // The Architects Journal Information Library. 1972. P. 1031-1032.
6. Warszawski A. Analysis of costs and benefits of tall buildings // J. Constr. Eng. Manage. 2003. № 129 (4). P. 421-430.
7. Bathurst P.E. and Butler D.A. Building cost control techniques and economics. Heinemann. London, 1980.
8. Cartlidge D.P. Cost planning and building economics. Hutchinson. London, 1973.
9. Ferry D.J., Ferry J.D. and Brandon P.S. Cost planning of buildings. Blackwell Science. Malden. MA, 1999.
10. Steyert R.S. The economics of high-rise apartment buildings of alternate design construction. ASCE. Reston. Va, 1972.
11. Flanagan R. and Norman G. The relationship between construction price and height // Chartered Surveyor Building and Quantity Surveying Quarterly. 1978. № 5(4). P. 68-71.
12. Picken D.H. and Ilozor B.D. Height and construction costs of buildings in Hong Kong // Constr. Manage. Econom. 2003. № 21(2). P. 107-111.
13. Newton S. Cost modeling: A tentative specification. Building cost techniques: New directions P.S. Brandon ed., E & FN Spon. London, 1982.