

干面). Жители были в восторге, поскольку вкус и аромат лапши похож на ту, которую продают на улицах города. Так же посетителям впервые стали давать палочки для еды.

Но есть бренды, которые провели достаточные маркетинговые исследования, внесли необходимые изменения и не заработали любовь китайского потребителя. Так история успеха компании Carrefour в Китае закончилась провалом.

Сеть Carrefour появилось в Китае в 1995 году и открыла первый крупный гипермаркет в Пекине. Пользуясь преимуществом первопроходца, Carrefour на китайском рынке оставался самым быстрорастущим иностранным ритейлером в течение примерно двух десятилетий.

Carrefour быстро распространился по всему Китаю всего за несколько лет. С 2003 по 2006 в Китае ежегодно открывалось более 10 магазинов. К 2011 их было 203 на территории всей страны. Также в 2011 в своем магазине Shuangjing Store в Пекине сеть организовала пер-вокласную лабораторию по пищевой безопасности. Она стала первой лабораторией в Китае такого рода. В 2010 году началась активная цифровизация Китая, однако сеть не смогла адаптироваться к изменившемуся поведению потребителей. В итоге это привело к постепенному выходу с китайского рынка и продаже в 2019 году 80 % своей розничной сети в Китае местному оператору Suning.com. Рост электронной коммерции вызвал трансформацию бизнеса, но Carrefour действовал слишком медленно. Китайцам было неудобно совершать покупки: приложение Carrefour работало медленно, ассортимент был ограничен и для многих регионов доставка свежих продуктов была недоступна. 15 марта 2012 года власти Китая сообщили, что в магазине Carrefour в Чжэнчжоу продаются переупакованные продукты с истекшим сроком годности. А 18 апреля того же года пользовательница Weibo написала в своем микроблоге, что треска, которую она купила для своего ребенка в Carrefour, оказалась ядовитой разновидностью рыбы *Ruvettus pretiosus*.

У Carrefour не было собственного центра до 2015 года и поставщики доставляли большую часть товаров непосредственно в магазины. Это приводило к неэффективности управления. Низкая скорость поставок не только повлияла на качество покупок и продажи товаров, но и вызвала проблемы с конкурентоспособностью. В целом на проблемы, с которыми Carrefour столкнулся в Китае, в значительной степени повлиял рост розничной онлайн-торговли. Транснациональным компаниям сложнее первыми осознать изменения на китайском рынке, ведь стратегические решения транснациональных корпораций в основном принимаются системой управления в их родной стране.

Таким образом, адаптация продукции западных компаний представляется сложным процессом, который охватывает разные области знаний, от успешности которого зависит вы-ручка предприятия.

УДК 621.9.011:517.962.1

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВОЙНОЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ПИЗАНСКОЙ БАШНИ

*Довнар С. С., Лапука А. Д., Шведова Д. Н., Маненок А. В.
Белорусский национальный технический университет
e-mail: stanislaw.dovnar@gmail.com*

Summary. *FEA simulation of the double load-bearing system (LBS) for Pisa Tower is provided. Cylindrical trunk (T-LBS) is surrounded by 6-stage column system (C-LBS) in the telescopic manner. T-LBS is found out as the main object to bear the tower's weight. Trunk is rigid and low-stressed. C-LBS is partially (about 44 % of mass) hanging on the trunk by pliable cornices. Slender C-LBS is over-stressed in the bottom colonnade (up to 4.5 MPa in the initial upright position). Column's stress field inspection and column length tuning are recommended for the bottom colonnade of the Tower to prevent local fracture.*

Работа относится к МКЭ-анализу несущих систем машин и конструкций. Рассматривается историческая несущая система (ИНС), то есть сооружение, проверенное временем на постоянные и пиковые нагрузки. Работа относится к серии статей [1] о Пизанской башне, построенной из мрамора в начале XII-го века (рис. 1, *a*). Башня нагружена собственным весом. Виртуально ее устанавливают или в фактическое наклонное состояние ($5,5^\circ$), или в вертикальное проектное состояние (0°).

Особенность исследования – моделирование двух несущих систем (НС), работающих совместно. Это НС колонн (НСК, рис. 1, *б*) и НС ствола башни (НСТ, рис. 1, *в*). НСК состоит из шести колоннад от *C1* до *C6*. Они разделены кольцевыми карнизами. НСТ является полым цилиндром *Tr* почти постоянного сечения. Внутри его стенки проходит винтовой ход *HP*.

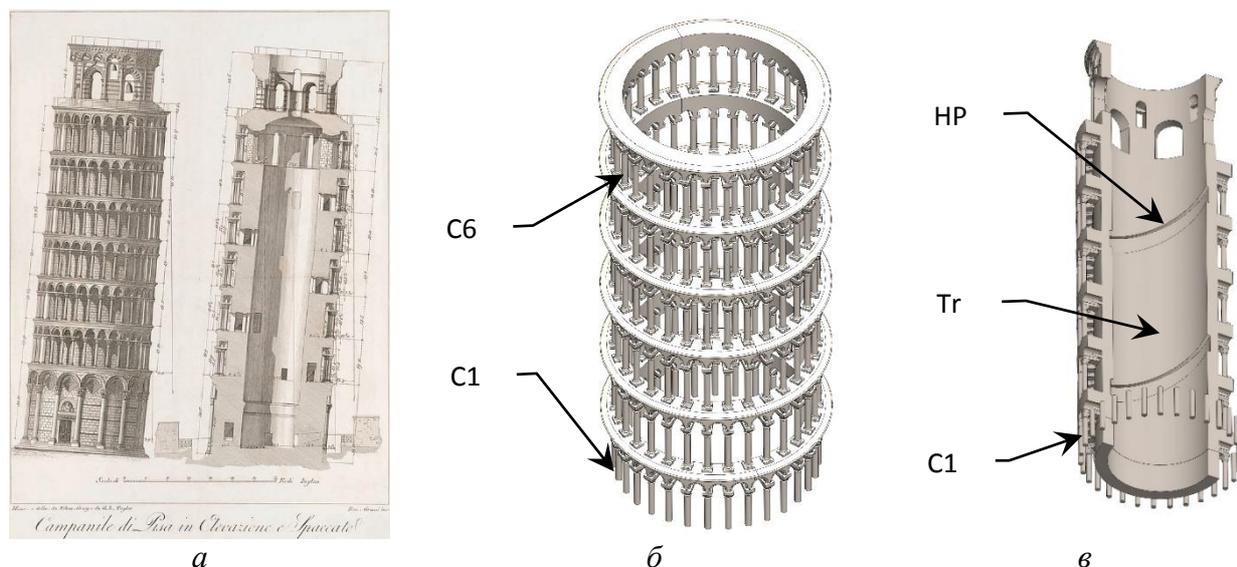


Рисунок 1: *a* – исторический рисунок пизанской башни; *б* – несущая система колонн НСК; *в* – несущая система ствола НСТ

Системы НСК и НСТ вложены друг в друга телескопически, по принципу матрешки, и сплочены. Однако, их роль в несении веса башни до сих пор не исследовалась. На рис. 2, *a* показана картина эквивалентных напряжений σ_e при условном отключении нижней колоннады *C1*. Тогда НСК лишается опоры и «повисает» на стволе. Наклонная башня при «включении» силы тяжести изгибается и отклоняется на 4,40 мм, а напряжение в месте максимального локального сжатия ствола достигает 4,72 МПа.

Для сравнения на рис. 2, *б* смоделированы в тех же условиях обе НС, работающие параллельно. Включение НСК немного уменьшило отклонение верхушки башни (до 4,11 мм – на 6,5 %) и снизило напряжение до $\sigma_e = 4,27$ МПа, то есть на 9,6 %. Получается, что включение или отключение колонн слабо влияет на отклонения ствола и напряжения в нем. Система НСТ является ведущей по сравнению с НСК.

Одновременно, для наклонной башни на рис. 2, *б* заметно нарастание напряжений в колоннах при мысленном движении вниз. На четвертом ярусе колонны в полосе сжатия имеют $\sigma_e^{C4} = 1,7199$ МПа. В первом ярусе напряжения возрастают в 2,4 раза, до $\sigma_e^{C1} = 4,1123$ МПа. Следовательно, колонны нижнего яруса относятся к самым напряженным объектам башни. Итак, НСК оказывается вспомогательной несущей системой, но ее объекты (колонны) могут стать первоочередными источниками разрушений.

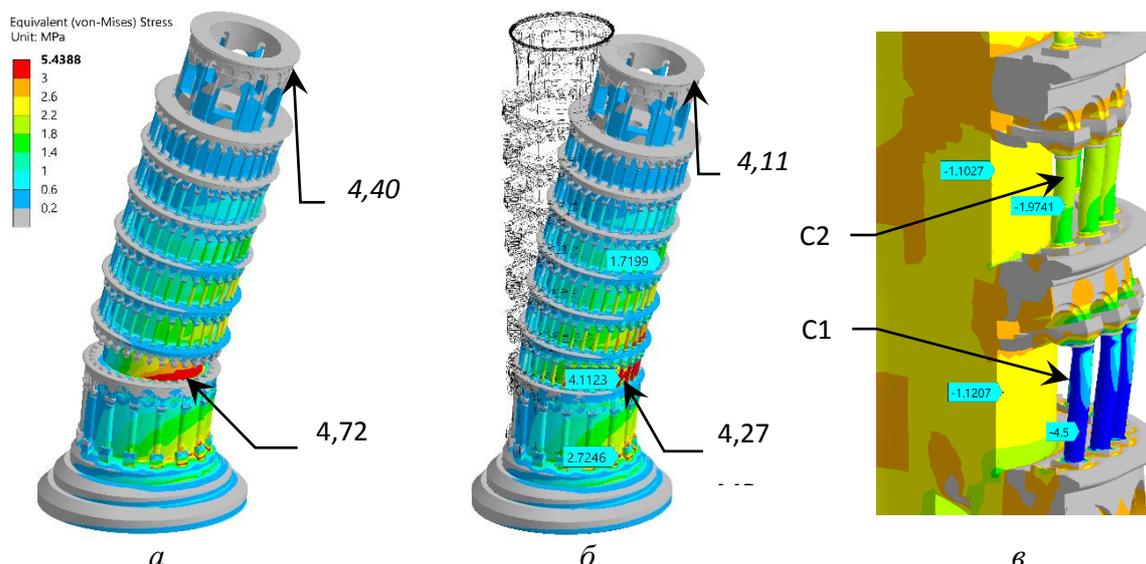


Рисунок 2 – Картины эквивалентных напряжений σ_e для наклонной башни:
a – без нижней колоннады $\times 3000$, только НСТ; *б* – с нижней колоннадой $\times 3000$, НСТ+НСК;
в – картина минимального главного напряжения σ_3 для условно вертикальной башни $\times 1000$

Этот вывод подтверждается картиной сжимающих напряжений σ_3 (рис. 2, *в*), полученной МКЭ-анализом для действия силы тяжести на вертикальную башню. Ствол нагружен весьма умеренно (-1.1027 МПа и -1.1207 МПа). Сильнее сжата колоннада *C2* (-1.9741 МПа). Нижняя колоннада *C1* характеризуется опасным сжатием до $-4,5$ МПа.

На рис. 2, *в* хорошо заметна податливость карниза между *C1* и *C2*.

Шесть ярусов колонн с карнизами составляют 15,6 % от массы всей башни (11782 кг – над верхним торцом базиса). Однако, через основания колонн *C1* на базис приходит только 8,8 % вертикальной реакции. Следовательно, НСК отчасти повисает на более жесткой НСТ. Часть веса колонн передается на фундамент через ствол.

Перед нами классическая проблема двух НС, работающих параллельно, когда одна из них субтильна (НСК), а вторая – робастна (НСТ).

Такое сочетание дает соотношение – нагрузку несет робастная система (НСТ), а высокие напряжения и опасность разрушений относятся к субтильной системе (НСК).

Сделанные оценки следует проверить натурно, например, тензометрированием структурных элементов Пизанской башни (прежде всего колонн). Если перегруженность колонн подтвердится, то выходом из положения может дозированное укорочение колонн прямо на месте. МКЭ-анализ показывает, что для этого достаточно обработка торца колонны максимум на 7,25 мм.

Список использованных источников и литературы

1. Довнар, С. С. МКЭ-анализ напряжений Пизанской башни как путь освоения студентами сферы 15,6 % виртуальных испытаний / С. С. Довнар и др. // Системный анализ и прикладная информатика». – 2022. – № 2. – С. 67–75.