



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТОЛЕТНОЙ ПЛОЩАДКИ НА КРЫШЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

Андрей Белятинский¹, Валерий Першаков², Марина Ромашкина³, Тарас Близняк⁴

*Национальный Авиационный Университет, Институт Аэропортов
пр. Космонавта Комарова 1, Киев, Украина 03058*

Эл. почта: ¹beljatynskij@mail.ru; ²pershakov@nau.edu.ua; ⁴bliznyuk10@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу проектирования вертолетных площадок на крышах многоэтажных зданий. В работе приведен пример расчета вертолетной площадки на крыше, а также выполнена оценка влияния посадки вертолета на напряженно-деформированное состояние здания

Ключевые слова: вертолетная площадка, покрытие, эквивалентное сечение, напряженно-деформированное состояние, плита покрытия.

Вступление

Вертолетный транспорт по летно-техническим характеристикам выгодно отличается от прочих аппаратов, осуществляющих взлет и посадку в вертикальном направлении. Выделяет его, в первую очередь, исключительная маневренность и достаточно высокая скорость передвижения.

Только вертолет может зависать в воздухе, выполнять поворот на месте на 360° и осуществлять посадку на небольшую площадку. Благодаря этому такой вид транспорта может использоваться в городах.

Во времена СССР сектора частной авиации как такового не существовало, отчасти именно этим можно объяснить слабую распространенность вертолетного транспорта на постсоветском пространстве. Тем не менее, в последние годы в этом вопросе наметился существенный прогресс, теперь вертолеты все больше используются в гражданской авиации. Ведутся работы по созданию летательных аппаратов с поворотными гондолами, сочетающих в себе преимущества вертикального взлета и высокой скорости полета в горизонтальном направлении.

Помимо этого, в крупных городах активно создается инфраструктура для обеспечения бесперебойных полетов вертолетного транспорта, прокладываются специальные воздушные коридоры – аналог маршрутов наземного общественного транспорта.

В качестве образца по активному внедрению вертолетного транспорта можно привести Россию.

Департамент транспорта всерьез озаботился этим вопросом и планирует до 2020 года оборудовать вертолетными площадками каждый город с населением больше 50 000 человек. В крупных городах вертолеты активно используются и в настоящее время.

Так, в 2013 году в Москве открылся первый вертопорт, оборудованный залом ожидания и всем необходимым для комфортного отдыха. Вертопорт расположен прямо на крыше выставочного центра «Крокус Экспо», у аэропорта Шереметьево также есть вертолетная площадка под легкие и средние вертолеты.

Конечно, тяжеловес наподобие Ми-26 (максимальный взлетный вес – до 56 т) такой вертопорт принять не сможет. Но это и не нужно, подобные летательные аппараты используются не для гражданских перевозок, а для выполнения специфических задач.

Отдельно стоит выделить проект Heliport Moscow – крупнейший в Европе вертолетный центр (<http://www.heliport-moscow.ru/company/>). Он способен принять 200 единиц воздушного транспорта, помимо стоянки и обслуживания будут решаться вопросы обучения пилотированию вертолета и продажа самих воздушных судов.

В Украине с этим вопросом дела обстоят намного хуже. Даже в столице количество современных вертолетных площадок исчисляется единицами. Тем не менее, экс-градоначальник Попов А. П. в прошлом подчеркивал, что Киеву необходимо иметь как минимум 19 вертолетных площадок.

К тому же, в ближайшие годы столица обзаведется рядом высотных зданий, которые также желательно оборудовать вертолетными площадками (рис. 1).

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ДОМОВ И КОМПЛЕКСОВ В СООТВЕТСТВИИ С РЕЛЬЕФОМ ГОРОДА В ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЗАСТРОЙКЕ КИЕВА

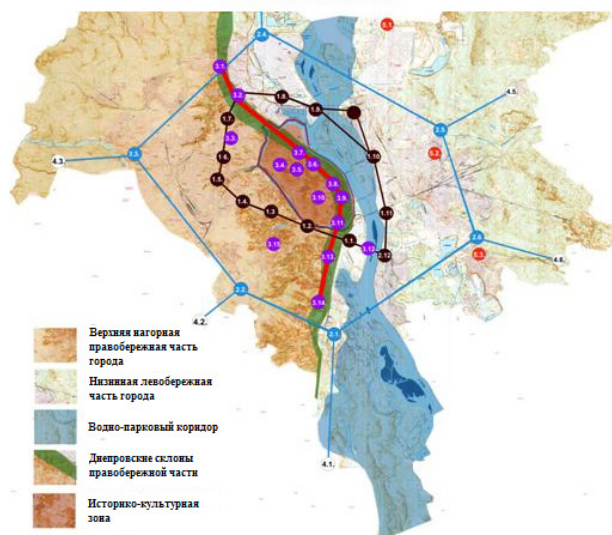


Рис. 1. Схема перспективной застройки Киева

Среди причин, вызвавших отставание в вопросе внедрения вертолетного транспорта, можно отметить недостаток финансов, отсутствие проработанных маршрутов движения вертолетов, устаревший парк воздушных судов, а также отсутствие требуемой инфраструктуры. В городе попросту нет нужного количества оборудованных площадок для посадки вертолетов (<http://the-medical-practice.com/news/helicopter1>).

Учитывая это, а также высокую плотность застройки в центральной части столицы, размещение площадки на крыше здания – единственное решение проблемы.

Проектирование вертолетной площадки на крыше здания

Как таковых нормативных требований в отношении вертолетных площадок на крышах зданий не существует. Документ ICAO выделяет лишь площадки, приподнятые над уровнем земли (Annex 14 ... 2009).

Согласно ICAO при проектировании вертолетной площадки, приподнятой над землей следует придерживаться следующих рекомендаций (табл. 1).

По периметру зоны безопасности предусмотрена установка металлической ограждающей сетки, установленной под углом 45° и перильное ограждение. Кроме защитной функции металлическая сетка препятствует проникновению восходящих воздушных потоков на вертолетную площадку.

Учитывая, что вертолетная площадка кроме пассажирских перевозок может использоваться и для эвакуации людей в случае пожара, отдельно рассматривался вопрос огнестойкости конструкции вертолетной площадки. Основным требованием к конструкции можно назвать то, что материал не должен

способствовать распространению пожара (Heliports; Pershakov 2014). А степень огнестойкости элементов конструкции должен быть не менее чем степень огнестойкости здания в целом.

Таблица 1. Требования ICAO в отношении вертолетных площадок, приподнятых над землей

Название	Размер
Зона FATO	равна 1D расчетного вертолета если его вес превышает 3750 кг, 0,83D если его вес менее 3750 кг
Зона TLOF	совпадает с зоной FATO
Зона безопасности	должна как минимум на 0,25D (или 3 м) с каждой стороны превышать размеры зона FATO

В качестве конструкции вертолетной площадки предлагается использовать балочную клетку с несъемной опалубкой из профнастила (гофр 114 мм). Такое решение позволит установить площадку даже на разноуровневой крыше, а использование профнастила позволит избежать трудоемкого процесса сооружения обычной деревянной опалубки. Предложенная конструкция изображена на рис. 2.

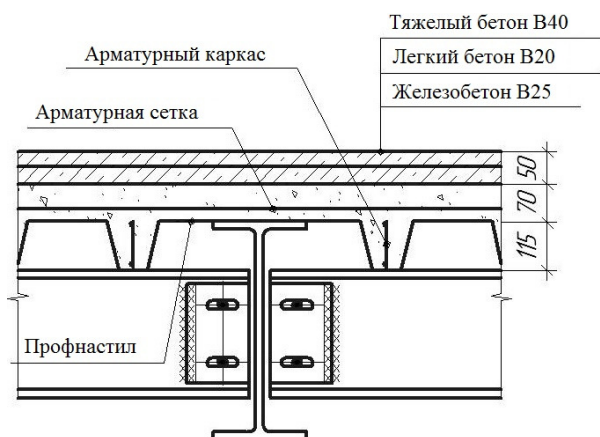


Рис. 2. Конструкция вертолетной площадки

Вертолетная площадка должна быть оборудована средствами пожаротушения (оптимальный вариант – автоматизированные средства). Использовать воду для тушения возможного пожара нежелательно поскольку некоторые ГСМ можно погасить только песком или пеной. Большая часть подобных установок используют пену низкого и среднего расширения для тушения пожаров. Согласно тестам передовые установки способны за 3–4 секунды укрыть вертолет средних размеров 10-сантиметровым слоем пены.

Расчетным вертолетом для вертолетной площадки на крыше здания избран Ми-8 как наиболее распространенный вертолет в пределах Украины. Кроме этого, по геометрическим и весовым характеристикам Ми-8 превосходит большинство вертолетов бизнес-класса зарубежного производства. Поэтому вертолетная площадка, рассчитанная под Ми-8 будет пригодна для осуществления взлетно-посадочных операций подавляющего большинства воздушных судов (за исключением категории тяжелых машин).

Моделирование вертолетной площадки в ПК ЛИРА САПР

Без дополнительных преобразований конструкцию, приведенную на рис. 2 невозможно рассчитать. В ходе преобразования эта конструкция приводится к ребристой плите. Размеры эквивалентного сечения приведены на рис. 3.

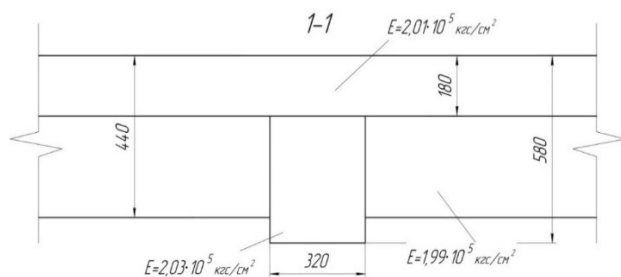


Рис. 3. Размеры эквивалентного сечения

При моделировании использовались следующие параметры приведенного сечения:

1. Толщина пластины – 18,0 см, модуль упругости $E = 2,01 \cdot 10^5$ кгс/см², коэффициент Пуассона $\nu_e = 0,23$.
2. Модуль упругости ребер $E = 2,03 \cdot 10^5$ кгс/см², коэффициент Пуассона $\nu_e = 0,22$.

После моделирования в ПК ЛИРА САПР (Gorodetskij 2005) плита вертолетной площадки выглядит так, рис. 4.

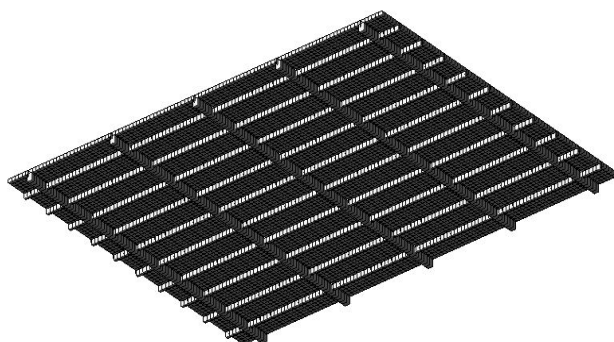


Рис. 4. Результат моделирования плиты вертолетной площадки

Характеристики многоэтажного здания приведены в табл. 2.

При расчете учитывалось влияние ветра. Основные характеристики горизонтальной нагрузки приведены в табл. 3.

Полеты выполняются круглосуточно, эпизодически – в сложных метеоусловиях. Условия полетов – по правилам визуальных полетов. На площадке не предусмотрено постоянное базирование вертолета. Техническое обслуживание выполняется в минимально необходимом объеме для временной стоянки и подготовки к повторному вылету.

Стационарные системы запуска двигателей и электроснабжения бортовой сети не устанавливаются. Заправка вертолета топливом и ГСМ на вертолетной площадке не выполняется. Не предполагается

наличие специальной техники, которая обеспечивает устранение обледенения вертолета и подогрева основных агрегатов в зимнее время.

Таблица 2. Характеристики многоэтажного здания

№ п/п	Наименование	Класс бетона, размер элемента
1	Фундаментные плиты, ростверки усиления фундаментов; сваи Ø62 см	„В30” „В30” „В30”, W6
2	Плиты перекрытия (покрытия), стены, пилоны, колонны, балки	„В30”
3	Арматура классов:	A-500С, A240С
4	Толщина фундаментных плит Секции 1 и Секции 2	1,5 м
5	Сваи: Ø62 см, L = 22м	$P_{расч} = 210$ тс $P_{max} = 250$ тс
6	Толщина плит перекрытия подвальных этажей	0,2 м
7	Толщина плит усиления перекрытия подвала	0,2 м
8	Толщина плит перекрытия типовых этажей и покрытия	0,2 м
9	Толщина плиты покрытия	0,4 м, 0,3 м, 0,2 м, 0,3 м
10	Толщина стен, диафрагм этажей	0,4 м
11	Толщина диафрагм усиления	0,5 м
12	Несущие пилоны типовых этажей	0,8 м
13	Несущие колонны подвала, 1–2-й этажи	4,6 м
14	Высота подземных этажей	4,6 м
15	Высота надземных этажей	3,3 м

Таблица 2. Состав основных характеристик горизонтальных нагрузок (ветер) согласно ДБН В.1.2-14-2009

Наименование показателя	Значение
Ветровой район	2
Давление (W0)	0,04 тс/м ²
Тип местности	«III»
Коэф. географической высоты „Сah”	1,0
Коэф. динамичности „Сd”	1,2
Аэродинамический коэффициент	1,4
Коэф. надежности по эксплуатационному значению „Уfc”	0,21
Коэф. надежности по эксплуатационному значению	1,4
Коэф. надежности по предельному значению	5,4

В качестве расчетного вертолета был выбран вертолет Ми-8, его характеристики:

- максимальный взлетный вес – 12,0 т;
- вес пустого вертолета – 7,0 т;
- диаметр несущего винта – 21,3 м;
- главная опора – одноколесная.

Конструкция вертолетной площадки выполнена из бетона, залитого в несъемную опалубку. Основа конструкции – балочная клеть из стальных двутавров. Конструкция опирается на выпуски колонн каркаса и стен диафрагмы здания над крышей на высоте 3 м.

Для удаления (таяния) снега и предотвращения обледенения поверхности покрытия необходимо предусмотреть закладку в конструкции покрытия вертолетной площадки системы электроподогрева.

Водоотвод атмосферных осадков с поверхности покрытия вертолетной площадки организован в водоотводную систему, принятую в строительной части проекта здания. Трубопровод, отводящий воду с поверхности вертолетной площадки, снабжен клапаном, перекрывающим сток в случае разлива и возгорания топлива (Ashford *et al.* 2011).

Вертолетная площадка расположена на крыше жилого высотного дома. Для безопасности пассажиров по периметру площадки установлен парапет, высота которого достигает 1,2 м. Дополнительную защиту гарантирует металлическая сетка, установленная под углом 15°.

Попасть на площадку можно через лестницу, ими оснащены 2 стороны площадки, рис. 5. Все строительные конструкции на крыше, в том числе лестничные марши и ограждения, выполнены из негорючих материалов. Все выступающие над поверхностью

покрытия вертолетной площадки сооружения не выходят за плоскости ограничения высотных препятствий.

При расчете опоры вертолета размещались по центру плиты вертолетной площадки. Расчет велся с учетом условий жесткой посадки (максимальный вес увеличивалась на 50%).

Результаты расчета показывают, что жесткость и прочность конструкции обеспечена, изополя перемещений показаны на рис. 6.

Напряженно-деформированное состояние здания с учетом влияния садящегося вертолета показано на рис. 7. Максимальное перемещение по вертикали не превышает 6,96 см.

Перемещение поверхности самой вертолетной площадки с учетом садящегося вертолета и осадки здания не превышают 7 см, рис. 8.

Что касается стоек, через которые нагрузки передаются с вертолетной площадки на несущие элементы самого здания, то нагрузка на них оказывается сравнительно небольшой даже при жесткой посадке вертолета, рис. 9.

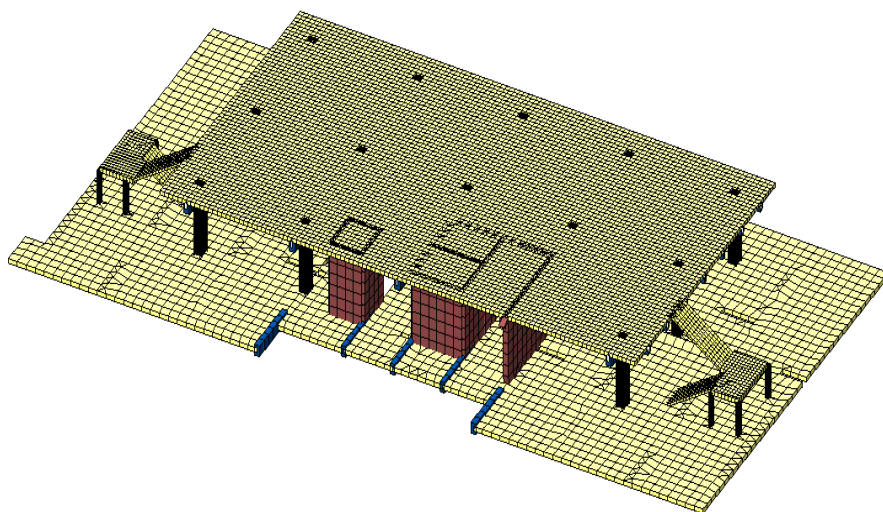


Рис. 5. Фрагмент конечно-элементной схема каркаса в ПК «ЛИРА-САПР» (Плита покрытия и вертолетная площадка)

Мi - 8 (по центру)
Изополя перемещений по Z(G)
Единицы измерения - м

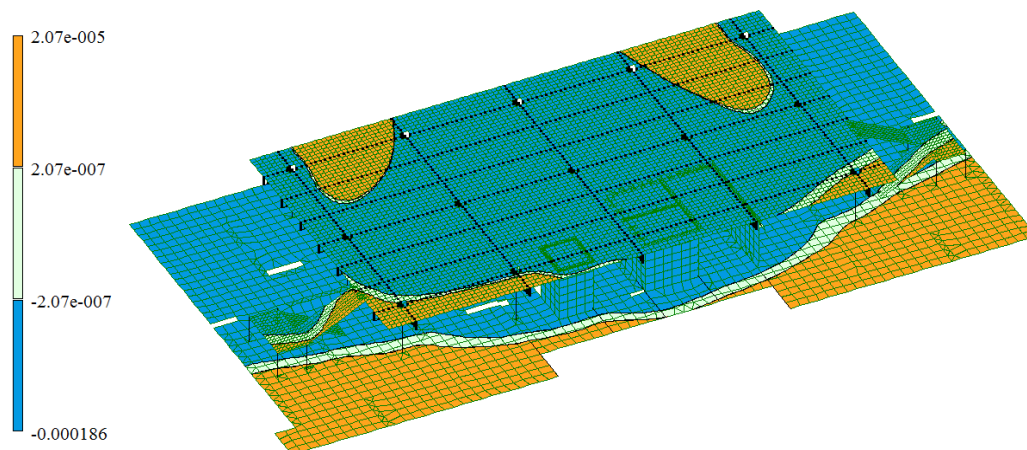


Рис. 6. Изополя перемещений по оси Z, м (кратковременная нагрузка на главную опору и на каждое колесо носовой опоры с учетом динамического воздействия садящегося вертолета)

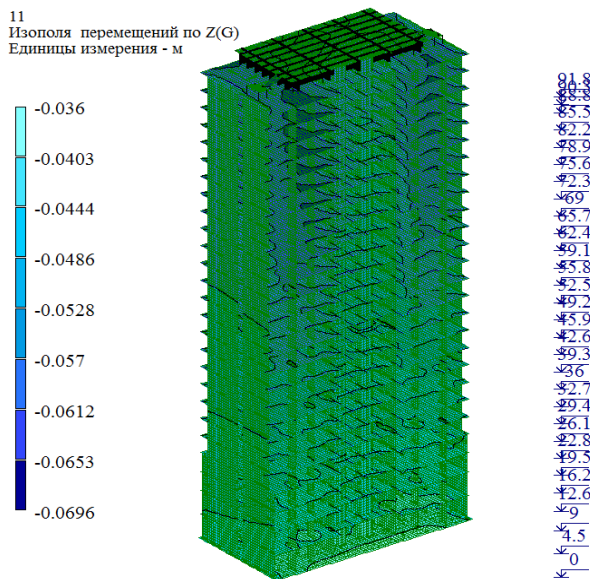


Рис. 7. Изополя перемещений по оси Z, м (постоянная, долговременная нагрузки и кратковременная нагрузка на главную опору и на каждое колесо носовой опоры с учетом динамического воздействия садящегося вертолета)

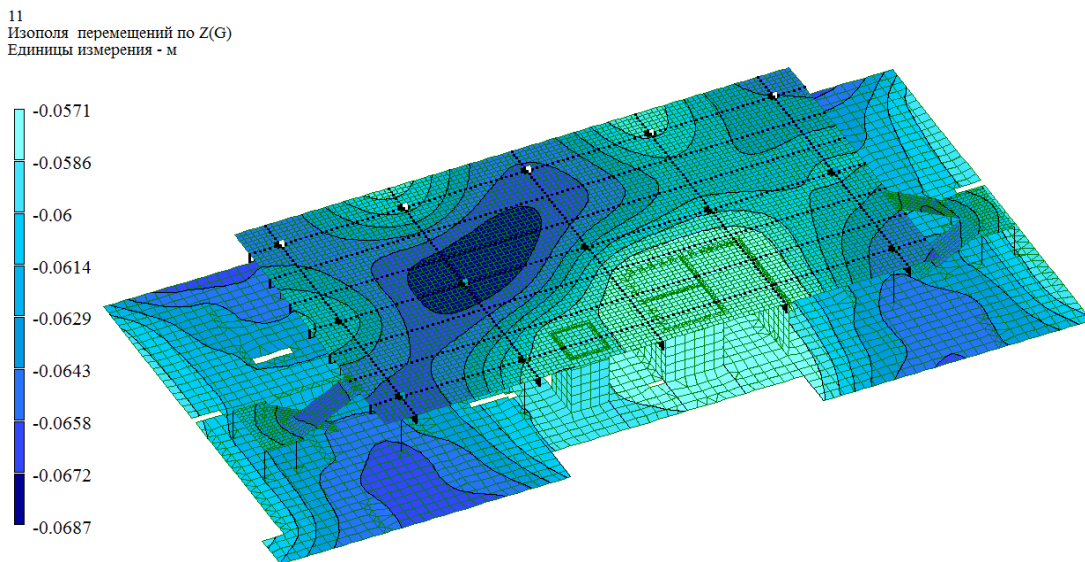


Рис. 8. Изополя перемещений по оси Z, м (постоянная, долговременная нагрузки и кратковременная нагрузка на главную опору и на каждое колесо носовой опоры с учетом динамического воздействия садящегося вертолета)

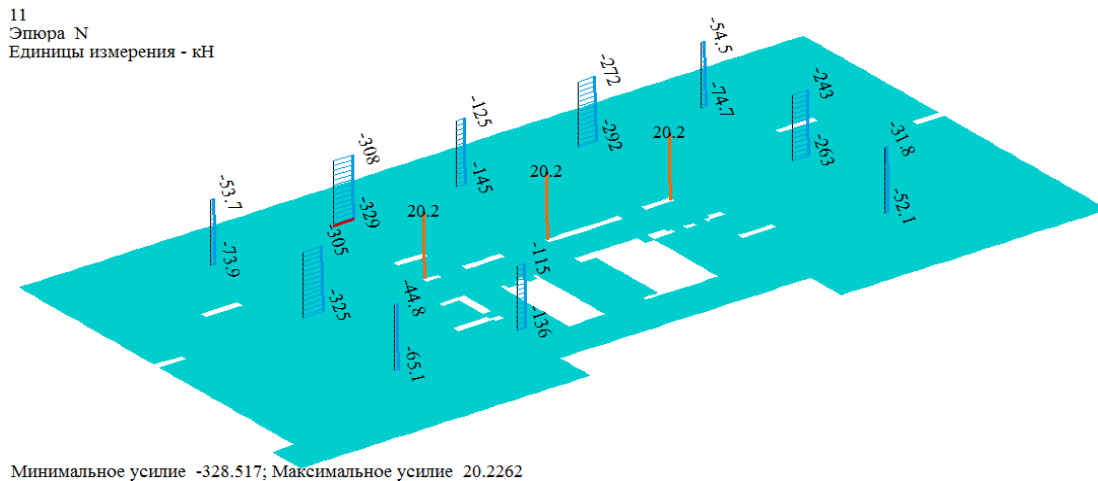


Рис. 9. Продольная сила N, кН в колоннах вертолетной площадки

При посадке в обычных условиях максимальная продольная сила в стойках уменьшается на 30–40 %. Таким образом предложенная конструкция вертолетной площадки удовлетворяет требованиям прочности и жесткости и может обеспечить бесперебойную работу вертолетного транспорта.

Выводы

На основании изложенного материала можно сделать такие выводы:

1. Вертолетный транспорт в странах бывшего СССР все еще не нашел широкого применения.

2. Одной из главных причин этого можно считать отсутствие необходимой инфраструктуры даже в крупных городах.

3. Предложенная конструкция позволяет оборудовать вертолетной площадкой практически любое здание (даже с разноуровневой крышей). К тому же предложенная конструкция позволяет сократить временные затраты за счет использования несъемной опалубки.

Литература

- Annex 14 to the Convention on International Civil Organisation. Aerodromes Vol. 2 Heliports. International Standards and Recommended Practices. 3rd edition. 2009, 98 p. [http://www.orga.nl/pdf/Annex%2014%20Volume%20II%20-%20Heliports%203rd%20Edition%20\(July%202009\).pdf](http://www.orga.nl/pdf/Annex%2014%20Volume%20II%20-%20Heliports%203rd%20Edition%20(July%202009).pdf)
- Ashford, N. J.; Saleh, M.; Paul, H. W. 2011. *Airport Engineering: planning, design, and development of 21st century airports* 4th ed. 769 p.
- Gorodetskij, A. S. 2005. *Kompjuternye modeli konstrykcij / A. S. Gorodetskij, I. D. Evzerov – K. Publishing house «Phakt».* 344 p.
- Heliports. The 25 most asked questions... And answers. Helicopter Association International, 1635 Prince Street, Alexandria VA 22314. https://new.rotor.com/portals/1/publication/Heliports_25_Most_Asked_Questions.pdf.
- <http://the-medical-practice.com/news/helicopter1>.
- <http://www.heliport-moscow.ru/company/>.
- Pershakov, V. M. 2014. *Vertodromy: Monographija / V. M. Pershakov, A. O. Beljatynskij, T. V. Bliznyuk, N. G. Semyroz. – K. Publishing house NAU.* 370 p.