

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.216-225>

УДК 69.07

**Гетун Галина В'ячеславівна**

*к.т.н., професор, професор кафедри архітектурних конструкцій  
Київський національний університет будівництва і архітектури*

[getun.gv@knuba.edu.ua](mailto:getun.gv@knuba.edu.ua)

<http://orcid.org/0000-0002-3317-3456>

**Безклубенко Ірина Сергіївна**

*к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та  
прикладної математики*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

[bezklubenko.is@knuba.edu.ua](mailto:bezklubenko.is@knuba.edu.ua)

<http://orcid.org/0000-0002-9149-4178>

**Соломін Андрій Вячеславович**

*к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри біобезпеки і здоров'я людини  
Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

[andr-sol@i.ua](mailto:andr-sol@i.ua)

<http://orcid.org/0000-0002-5226-8813>

## **АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ ПОКРИТТІВ БУДІВЕЛЬ**

Анотація: поштовхом до пошуків нових форм будівель і споруд та розвитку нового розуміння простору стала поява нових типів конструкцій та пов'язаних з ними технологій будівництва. Техніко-економічні розрахунки показують, що площі покриттів у будівлях із зальними приміщеннями великих розмірів, як правило, перевищують сумарні площі інших огорожувальних конструкцій, а тому вартість покриттів з урахуванням монтувальних робіт займає в кошторисах на будівництво переважаюче значення. Просторові форми покриттів зальних приміщень суттєво впливають на архітектурну виразність будівель, а тому питання вибору форм, матеріалів і раціональних конструктивних рішень покриттів є надзвичайно актуальними.

У статті проаналізовано види великопрогонових покриттів, наведена їх класифікація, умови використання в якості несучих конструкцій покриттів будівель, а також деякі проблеми їх статичної роботи, що пов'язані з вибором форм та умовами їх спирання і членування на конструктивні елементи.

Найважливішими складовими систем покриттів будівель і споруд є несучі конструкції, які мають необмежені можливості інтерпретації форм і матеріалів, можуть бути прихованими або відкритими та перетворюватися в елементи

архітектури. Очевидно, що в процесі проектування покриттів будівель і споруд необхідно розглядати і аналізувати різні варіанти їх конструктивних рішень.

Авторами розглянуті проблеми конструювання та розрахунків покриттів, вибору їх раціональних форм, які забезпечують запобігання втрати їх стійкості з площини згинання та високий естетичний рівень. Наведені основні принципи і методи конструювання та статичного розрахунку покриттів та умови їх застосування.

Ключові слова: великопрогонове покриття; несуча конструкція; просторова форма; геометричні ознаки; статична схема; конструктивне рішення; прийняття навантажень.

**Постановка проблеми.** Великопрогонові покриття проєктують для нежитлових будівель різних призначень, але найчастіше в громадських будівлях, де зальні приміщення мають домінуюче функціональне значення – палацах культури, кінотеатрах, театрах, цирках, виставково-експозиційних будівлях, спортивних спорудах, критих ринках, аеровокзалах тощо. В країнах світу, у різні періоди було зведено значну кількість будівель і споруд із зальними приміщеннями великих розмірів, які мають різноманітні функціональні призначення, форми планів, просторові форми та конструктивні рішення.

Техніко-економічні розрахунки показують, що площі покриттів у будівлях з великопрогоновими залами, як правило, перевищують сумарні площі інших огорожувальних конструкцій, а тому вартість покриттів з урахуванням монтувальних робіт займає в кошторисах на будівництво переважаюче значення. Просторові форми покриттів зальних приміщень суттєво впливають на архітектурну виразність будівель, а тому питання вибору форм, матеріалів та **раціональних конструктивних рішень покриттів** є надзвичайно актуальними.

**Аналіз попередніх досліджень.** Широке використання металевих конструкцій у будівництві стало можливим завдяки надбанню архітекторів та інженерів минулих століть. Значна більшість розробок присвячена розвитку металевих конструкцій – від стояково-балкових систем до криволінійних просторових форм. Це роботи Ч. Фокса, Г. Ейфеля, Й. В. Шведлера, Д. Роблінга [1, 11, 12]. Особливості просторових конструкцій розглянуті в роботах визначних інженерів-будівельників та архітекторів: Т. Прічарда, Т. Пейна, Р. Бердона, Т. Телфорда, В. Луї, А. Лабруста, Д. Пекстона [3, 5, 9, 13]. Визначальні етапи впровадження та широкого використання металевих

конструкцій в практику проєктування та будівництва досліджені в роботах [2, 5, 10, 12].

**Мета публікації** полягає в класифікації та актуалізації питання застосування просторових форм покриттів загальних приміщень, які охоплюють різні аспекти архітектурного проєктування та моделюють функціональну придатність, стійкість і надійність та естетичну виразність забудови.

**Основна частина.** Найважливішою складовою систем покриття є несучі конструкції, які мають необмежені можливості інтерпретації форм і матеріалів, можуть бути прихованими або відкритими та перетворюватися в елементи архітектури. **Несучі конструкції покриттів** будівель класифікують за **геометричними ознаками: лінійні**, в яких матеріали концентруються уздовж одного напрямку – прямої лінії (балка, ферма), кривої лінії (арка, трос), ламаної лінії (рама); **двовимірні**, в яких матеріали концентруються у двох напрямках, а розміри у плані великі у порівнянні з товщиною покриття; **тривимірні**, в яких матеріали розподіляються за площею, мають три виміри (довжина ширина і висота) одного порядку та можуть приймати будь-яку форму. Тривимірні системи покриттів утворюються лінійними або плоскими елементами, які можуть зазнавати одноосного або двоосного напруженого стану.

За класифікацією німецького інженера Хайно Енгель [4] несучі системи покриттів будівель і споруд, з урахуванням структурування навантажень, напружених станів і форм поділяють на п'ять видів:

- **активні за перерізом основних несучих конструкцій**, системи з жорстких, масивних лінійних елементів або панелей, в яких зміни напрямків сил відбуваються в результаті мобілізації сил зрізування. Елементи таких систем працюють переважно на згинання, а зовнішні навантаження компенсуються нормальними і дотичними напругами, які виникають в їх поперечних перерізах, – балочні, рамні, перехресно-балочні та панельні несучі конструкції;

- **активні за вектором**, ґратчасті системи з коротких, жорстких прямолінійних елементів (стрижнів), що працюють на осьові зусилля (стискання або розтягування), в яких зміна і перерозподіл зовнішніх навантажень (перетворення їх у внутрішні напруги) відбувається в результаті векторного розділення на велику кількість елементів в напрямках сил стискання або розтягування – плоскі ґратчасті ферми, переносні плоскі каркаси, вигнуті та просторові каркаси;

- **активні за поверхнею**, системи з деформованих на згинання, але жорстких на стискання, розтягування і зрізання поверхонь, в яких зміна

напрямку сил відбувається завдяки опору матеріалу поверхні та її оптимальної форми, – пластинчасті, складчасті та оболонкові несучі конструкції;

- **активні за формою**, системи з гнучких або жорстких матеріалів, конструкції яких працюють на одноосне напруження (стиснуті або розтягнуті), а перерозподіл зовнішніх навантажень у внутрішні напруги відбувається завдяки наданню їм раціональної форми та її стабілізації (рівноваги), – арочні, вантові, тентові та пневматичні несучі конструкції;

- **активні за висотою**, системи, в яких зміни напрямків зовнішніх сил визначаються висотою, тобто акумуляцією та передачею на ґрунтові основи горизонтальних сил, – висотні споруди;

- **гібридні** (комбіновані), системи в яких зміна напрямків зовнішніх сил відбувається завдяки взаємодіям (накладанням або стикуванням) двох або більше конструкцій з різних систем покриттів.

Таким чином, основною функцією несучих конструкцій великопрогонових покриттів є сприйняття навантажень та їх раціональний розподіл між елементами. У зв'язку з підпорядкуванням роботи несучих конструкцій покриттів законам опору матеріалів і будівельної механіки, в основу їх систематизації (ідентифікації, структуризації та розкриття змісту) у першу чергу закладається принцип роботи, тобто механізм, який чинить опір зовнішнім навантаженням. Загальна класифікація конструктивних систем **великопрогонових покриттів** приміщень будівель ґрунтується на урахуванні:

роботи несучих конструкцій покриттів у одному, двох або декількох напрямках, у зв'язку з чим їх поділяють на **площинні** та **просторові**;

наявності або відсутності розпірних зусиль на основних опорах, ділянках спирання несучих конструкцій покриттів на колони, фундаменти, у зв'язку з чим їх поділяють на **безрозпірні** та **розпірні**.

**Площинні конструкції великопрогонових покриттів** працюють лише в одній вертикальній площині, яка проходить через несучі опори. До таких конструкцій належать плити, які спираються на дві протилежні сторони, балки, ферми, рами, арки. Площинними є системами будівель, в яких осі всіх елементів, включаючи опорні, та лінії впливів зовнішніх сил лежать в одній площині. З геометричної точки зору площинні системи покриттів поділяють на **дискретні**, що складаються з окремих, по різному скріплених елементів (ферми), і **континуальні**, в яких один розмір суттєво малий у порівнянні з двома іншими (балки). Дискретні системи називають шарнірно-стрижневими, якщо з'єднання всіх елементів здійснюється за допомогою ідеальних шарнірів, або стрижневими – за наявності комбінованих або жорстких з'єднань. У будівельній практиці не використовуються в ізольованому вигляді плоскі системи покриттів, тоді як **розрахункові схеми** багатьох реальних систем є

**плоскими.** Наприклад, кроквяні ферми покриттів, з'єднані між собою прогонами і вітровими зв'язками, в дійсності є просторовими системами, хоча розрахунковими схемами в таких випадках є плоскі ферми. В промислових будівлях, які складаються з плоских ферм або рам, навантаження від власної ваги і снігу передаються на основні несучі плоскі ферми або рами, а впливи від вітру і навантаження від гальмування кранів передаються на суміжні плоскі конструкції за допомогою в'язів – гальмувальних або вітрових ферм, розташованих в горизонтальних площинах покриттів. Розрахунок таких систем на різні види навантажень виконується розчленуванням їх на окремі плоскі системи.

**Просторові конструкції великопрогонових покриттів** працюють одночасно в двох або декількох напрямках. До них належать плити, які спираються на три або чотири сторони, перехресно-ребристі, перехресно-стрижньові, структурні плити з пластинчастими пірамідами, жорсткі оболонки (складки, шатри, куполи тощо), висячі покриття, м'які пневматичні та тентові оболонки. Просторові системи покриттів утворюються з'єднаннями між собою різних елементів, які здатні сприймати прикладені до них просторові системи зовнішніх сил, від впливів яких в них виникають просторові розподілення внутрішніх зусиль. Просторові системи покриттів будівель і споруд у більшості випадків є геометрично незмінними та мають більшу жорсткість, надійність і безпечність в аварійних ситуаціях. Елементи просторових систем з'єднуються жорсткими або піддатливими в'язями, розташованими безперервно або дискретно. У безрозпірних конструкціях великопрогонових покриттів під впливом власної ваги і зовнішніх навантажень на опорах виникають лише вертикальні зусилля. В розпірних конструкціях великопрогонових покриттів під впливом власної ваги і зовнішніх навантажень на опорах виникають крім вертикальних також горизонтальні складові реакції, які називають розпором. Розпірні конструкції мають незмінні опори, в яких під впливом навантажень виникають розпори, що створюють в конструкціях поздовжні зусилля. Жорсткі розпірні конструкції (рами, арки, оболонки) мають меншу деформативність у порівнянні з безрозпірними, що дозволяє зменшувати розміри перерізів їх елементів.

З урахуванням вищезазначеного загальна класифікація покриттів приміщень будівель з великими прогонами за конструктивно-статичними умовами роботи наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

**Класифікація конструкцій великопрогонових покриттів приміщень будівель**

	Площинні	Просторові
Безрозпірні	Плити, сперті на дві сторони Балки Ферми	Плити, сперті на чотири сторони Перехресно-ребристі Перехресно-стрижньові структури Структурні плити з пластинчастими пірамідами
Розпірні	Рами Арки Склепіння	Склепіння Жорсткі оболонки Висячі покриття М'які оболонки

**Висновки.** Результатом дослідження є аналіз та систематизація сучасних несучих великопрогонових конструкцій покриттів будівель і споруд. За результатами проведеного дослідження виявлені найбільш доцільні їх форми і конструктивні рішення, з урахуванням переваг і застережень за параметрами вибору форм і раціональних конструктивних рішень. Проаналізовані авторами типи великопрогонових конструкцій покриттів будівель, умови їх використання, розрахункові схеми, а також деякі проблеми сприйняття навантажень та їх внутрішнього перерозподілу в конструкціях показують широкі можливості для їх практичного використання в якості покриттів нежитлових будівель різних функціональних призначень із зальними приміщеннями великих розмірів. В подальших дослідженнях автори мають намір більш ретельно проаналізувати існуючі види просторових безрозпірних і розпірних конструкцій великопрогонових покриттів будівель і, відповідно, надати рекомендації з вдосконалення їх проектування.

## Список літератури

1. Гетун Г.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Чернишев Д.О. Конструкції будівель і споруд. Книга 2. Нежитлові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів. / Гетун Г.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Чернишев Д.О. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2023 р. – 900 с.: іл.
2. Голосов В.Н., Ермолов В.В., Лебедев Н.В. та інші. Инженерные конструкции: Учебник для вузов / Голосов В.Н., Ермолов В.В., Лебедев Н.В. и др. под общ. ред. Ермолова В.В. – М.: Высшая школа, 1991. – 408 с.: ил.
3. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 5. Промислові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів /

Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2020 р. – 820 с.: іл.

4. *Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В.* Конструкції будівель і споруд. Книга 1: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. – К.: Видавництво «Ліра-К». 2021 р. – 820 с.: іл.

5. *Мардер А.П.* Металл в архітектурі / А.П. Мардер. – М.: Стройиздат, 1980. – 232 с.

6. *Плоский В.О., Гетун Г.В.* Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання третє, перероблене і доповнене / Плоский В.О., Гетун Г.В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2017 р. – 736 с.: іл.

7. *Плоский В.О., Гетун Г.В., Віроцький В.Д.* Архітектура будівель та споруд. Книга 3. Історія архітектури і будівництва: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге, перероблене і доповнене / Плоский В.О., Гетун Г.В., Віроцький В.Д. – К: Видавництво «Ліра-К», 2016 р. – 816 с.: іл.

8. *Гетун Г.В.* Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель / Гетун Г.В., Буценко Ю.П., Баліна О.І., Безклубенко І.С., Соломін А.В. // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2019. № 102. – С. 243-252.

9. *Безклубенко І.С.* Методи ранжування критеріїв в задачі оптимізації потокорозподілу інженерної мережі. Управління розвитком складних систем. 2018. № 34. С. 111-114.

10. *Безклубенко І.С., Лесько В.І.* Принципи системного підходу – як основа розробки САПР інженерних мереж. – Збірник «Містобудування і територіальне планування». – Випуск 62, ч.1, 2016р. – с. 56-58

11. *Getun G.V., Balina O.I., Butsenko Y.P., Labzhynsky Y.A., Bezklubenko I.S., Solomin A.V.* Situation forecasting and decision-making optimization based on using markov finite chains for areas with industrial polutions // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук. – техн. збірник. – К.: КНУБА, 2020. – Вип. 104. – С. 164 - 175

12. *Гетун Г.В., Лесько В.І., Баліна О.І., Безклубенко І.С., Буценко Ю.П.* Використання стохастичних моделей для забезпечення параметричної надійності будівельних машин // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук. - техн. збірник. - К.: КНУБА, 2021. – Вип. 106. - С.262-273. DOI: 10.32347/2410-2547.2021.106.262-273

13. *Гетун Г., Колякова В., Соломін А., Безклубенко І.* Особливості проектування сталевих сейсмостійких конструкцій висотних будівель // Будівельні конструкції. Теорія і практика: Наук. - техн. збірник. - К.: КНУБА, 2022. – Вип. 11. – С. 18-31. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.18-31>.

## References

1. Getun G.V., Kulikov P.M., Plosky V.O., Chernyshev D.O. (2022). Structures of buildings and structures. Book 2. Non-residential buildings [Konstruktsii budivel' ta sporud. Kniga 2. Nezhytlovi budivli] Pidruchnik dlya vishchikh navchal'nikh zakladiv / Getun G.V., Kulikov P.M., Plosky V.O., Chernyshev D.O. 900 s.: il. (in Ukrainian)
2. Golosov V.N., Yermolov V.V., Lebedev N.V. i dr. (1991). Engineering constructions [Inzhenernyye konstruktsii] Uchebnik dlya vuzov / Golosov V.N., Yermolov V.V., Lebedev N.V. i dr. pod obshch. red. Yermolova V.V. – M.: Vysshaya shkola. 408 s.: il. (in Russian)
3. Kulikov P.M., Ploskiy V.O., Getun G.V. (2020). Architecture of buildings and structures. Book 5. Industrial buildings [Arkhitektura budivel' ta sporud. Kniga 5. Promislovi budivli]: Pidruchnik dlya vishchikh navchal'nikh zakladiv / Kulikov P.M., Ploskiy V.O., Getun G.V. – Kam'yanets'-Podil's'kiy: Vidavnistvo «Ruta». 820 s.: il. (in Ukrainian)
4. Kulikov P.M., Ploskiy V.O., Getun G.V. (2021). Structures of buildings and structures. Book 1. [Konstruktsii budivel' i sporud. Kniga 1]: Pidruchnik dlya vishchikh navchal'nikh zakladiv / Kulikov P.M., Ploskiy V.O., Getun G.V. – K.: Vidavnistvo «Lira-K». 820 s.: il. (in Ukrainian)
5. Marder A.P. (1980). Metal in architecture. [Metall v arkhitekture] / M.: Stroyizdat. 232 s. (in Russian)
6. Ploskiy V.O., Getun G.V. (2017). Architecture of buildings and structures. Book 2. Residential buildings. [Arkhitektura budivel' ta sporud. Kniga 2. Zhitlovi budinki]: Pidruchnik dlya vishchikh navchal'nikh zakladiv. – Vidannya tretê, pereroblene i dopovnene / Ploskiy V.O., Getun G.V. – Kam'yanets'-Podil's'kiy: Vidavnistvo «Ruta». 736 s.: il. (in Ukrainian)
7. Ploskiy V.O., Getun G.V., Virots'kiy V.D. (2016). Architecture of buildings and structures. Book 3. History of architecture and construction. [Arkhitektura budivel' ta sporud. Kniga 3. Istoriya arkhitekturi i budivnitstva]: Pidruchnik dlya vishchikh navchal'nikh zakladiv. – Vidannya druge, pereroblene i dopovnene / Ploskiy V.O., Getun G.V., Virots'kiy V.D. – K: Vidavnistvo «Lira-K». 816 s.: il. (in Ukrainian)
8. Getun G.V. (2019). Diffusion processes with accumulative characteristics during the operation of buildings. [Difuzijni protsesy z nakopichuval'nimi charakteristykami pry ekspluatatsii budivel'] / Getun G.V., Butsenko Y.P., Balina O.I., Bezklubenko I.S., Solomin A.V. // Opir materialiv ta teoriya sporud. № 102. – P-p. 243-252. (in Ukrainian)
9. Bezklubenko I.S. (2018). Methods of ranking criteria in the problem of optimization of flow distribution of the engineering network. [Metody ranzhuvaniya kryteriiv v zadachakh optimizastii potokorozpodilu inzhenernoi merezhi. Upravlinniya Rozvytkom Skladnykh System]. № 34. P-p. 111-114. (in Ukrainian)



10. Bezklubenko I.S., Lesko V.I. (2016). The principles of the system approach - as a basis for CAD development of engineering networks. [Pryntsypy systemnogo pidkhody- yak osnova SAPR inzhenernykh merezh]. Mistobydyvanniya ta teritorial'ne planuvanniya. № 62, Kniga 1. P-p. 56-58 (in Ukrainian)

11. Getun G.V., Balina O.I., Butsenko Y.P., Labzhynsky V.A., Bezklubenko I.S., Solomin A.V. (2020). Situation forecasting and decision-making optimization based on using markov finite chains for areas with industrial pollutions // Resistance of materials and theory of structures: Science and technology. collection. - K.: KNUBA, Issue 104. P.-p. 164 -175 (in English)

12. Getun G., Lesko V., Balina O., Bezklubenko I., Butsenko Yu. (2021). Use of stochastic models to ensure parametric reliability of construction machines. [Vykorystanniya stokhastychnykh modelej dlya parametrychnoi nadijnosti budivel'nykh maszyn]. Opir materialiv ta teoriya sporud. K.: KNUBA. № 106. – P-p. 262 -273. DOI: 10.32347/2410-2547.2021.106.262-273 (in Ukrainian)

13. Getun Galyna, Koliakova Vira, Solomin Andriy, Bezklubenko Iryna. (2022). Design features of steel earthquake-resistant structures of high-rise buildings. [Osoblyvosti proektuvanniya stalevykh sejsmostijkykh konstruktsij vysotnykh budivel']. Budivel'ni konstruktsii. Teoriya ta praktyka. Nauk.-techn. Zbirnyk. K.: KNUBA. №. 11. P-p. 18 – 31. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.18-31> (in Ukrainian)

#### Abstract

**Getun Galyna**, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Professor at the Department of Architectural Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

**Bezklubenko Iryna**, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Associate Professor of the Department of the Design Information Technologies and Applied Mathematics Department, Kyiv National University of Construction and Architecture.

**Solomin Andrey**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph. D.), Associate professor of the biosafety and human health department, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».

#### **Analysis and classification of modern constructions of large span coverings of buildings**

The impetus for the search for new forms of buildings and structures and the development of a new understanding of space was the emergence of new types of structures and related construction technologies. Technical and economic calculations show that the area of coverings in buildings with large hall rooms, as a rule, exceeds

the total area of other enclosing structures, and therefore the cost of coverings, taking into account installation work, is of predominant importance in construction estimates. Spatial forms of coverings of hall rooms significantly affect the architectural expressiveness of buildings, and therefore the issue of choosing forms, materials and rational constructive solutions of coverings is extremely relevant. The article analyzes the types of long-span coatings, their classification, the conditions of use as load-bearing structures of building coatings, as well as some problems of their static operation, which are related to the choice of form and conditions of their support and division into structural elements. The most important components of the covering systems of buildings and structures are supporting structures, which have unlimited possibilities of interpretation of forms and materials, can be hidden or open and turn into architectural elements. It is obvious that in the process of designing the coverings of buildings and structures, it is necessary to consider and analyze various options for their constructive solutions. The authors considered the problems of calculations and construction of coatings, choosing their rational forms, which ensure the prevention of loss of their stability from the bending plane and a high aesthetic level. The main principles and methods of construction and static calculation of coatings and conditions of their application are given.

Keywords: large-span covering; load-bearing structure; spatial form; geometric features; static scheme; constructive decision; perception of loads.