

Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Annals*, 65(2), 737–760. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>

3. Heisler, H. (2002). *Advanced vehicle technology* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
4. Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of vehicle dynamics*. SAE International. <https://doi.org/10.4271/R-114>
5. Зенкін, М. А., & Кравченко, О. В. (2018). *Основи проектування машин*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.
6. Довгаль, Д. О., & ін. (2023). Застосування генеративного проектування в машинобудуванні. *Збірник наукових праць НТУ «Дніпровська політехніка»*, 72, 45–52.

УДК 621.9:62-1

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛАНКИ ШАРНІРНОГО МЕХАНІЗМУ НАСТІЛЬНОЇ ЛАМПИ МЕТОДАМИ ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Д.О. Довгаль¹, В.А. Репешко²

¹доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²студент спеціальності 132 «Матеріалознавство», e-mail: repeshko.v.a@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Розглянуто застосування генеративного проектування для оптимізації ланки шарнірного механізму настільної лампи. Конструкцію представлено як двохопно-шарнірну систему з урахуванням реальних умов навантаження. Побудовано розрахункову модель, визначено напружено-деформований стан та виконано генеративне проектування в середовищі Autodesk Fusion 360 з урахуванням технологічних обмежень лиття під тиском. Отримано оптимізовану конструкцію з раціональним розподілом матеріалу, зменшеною масою та покращеними характеристиками міцності і жорсткості.

Ключові слова: generative design, шарнірна ланка, пластик, лиття під тиском, Autodesk Fusion 360, оптимізація конструкції.

OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF A HINGED LINK OF A DESK LAMP MECHANISM USING GENERATIVE DESIGN METHODS

Denys Dovhal¹, Viacheslav Repeshko²

¹Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²Student of Specialty 132 “Materials Science”, e-mail: repeshko.v.a@nmu.one

^{1,2}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The application of generative design for optimizing a hinged link of a desk lamp mechanism is considered. The structure is represented as a two-support hinged system subjected to real loading conditions, including the self-weight of the link, the weight of the lamp head, and the force applied by a user during adjustment. A structural model is developed, the

stress-strain state is analyzed, and generative design is performed in Autodesk Fusion 360 considering injection molding constraints. An optimized structure with rational material distribution and improved strength and stiffness characteristics is obtained.

Keywords: generative design, hinged link, plastic, injection molding, Autodesk Fusion 360, structural optimization.

Вступ. Ланки шарнірних механізмів настільних ламп є елементами, що забезпечують просторове позиціонування освітлювального елемента. Вони працюють в умовах комбінованого навантаження, що включає власну вагу, навантаження від плафона та вплив моментів, пов'язаних із експлуатацією виробу.

Традиційні конструкції таких елементів проектуються і виготовляються без урахування реального розподілу навантажень, що призводить до:

- надлишкової матеріалоемності;
- підвищеної маси;
- нерівномірного розподілу напружень;
- локальних концентрацій напружень;
- погіршення стійкості системи.

Додатково при використанні полімерних матеріалів необхідно враховувати технологічні обмеження лиття під тиском:

- рівномірність товщини стінок;
- уникнення усадкових дефектів;
- забезпечення формовності виробу.

Мета роботи – розроблення оптимізованої конструкції ланки шарнірного механізму настільної лампи методом генеративного проектування з урахуванням механічних і технологічних обмежень.

Матеріал і результат досліджень. Об'єкт дослідження – ланка шарнірного механізму настільної лампи двовилкового типу (рис. 1).

Основні параметри:

- довжина: ≈ 300 мм
- конструкція: двовилкова
- матеріал: термопласт (ABS або PA6)
- спосіб виготовлення: лиття під тиском

Ланка з'єднується з іншими елементами механізму за допомогою шарнірних з'єднань.

Особливістю є те, що конструкція не є двосиловим елементом, оскільки на неї діє кілька незалежних сил.

На ланку діють:

F_1 – власна вага ланки (прикладена в центрі мас);

F_2 – вага плафона (прикладена у верхньому шарнірі);

F_3 – сила дії руки користувача при регулюванні положення лампи (прикладена у верхньому шарнірі).

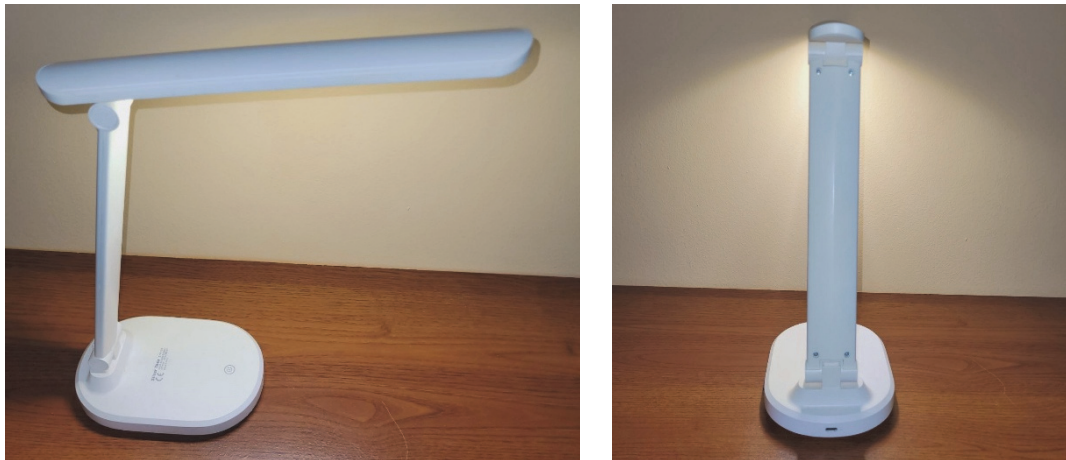


Рис. 1. – Загальний вигляд настільної лампи та конструкції ланки шарнірного механізму

З урахуванням конструктивних особливостей ланка розглядається як: двохопорно-шарнірна балка (рис.2).

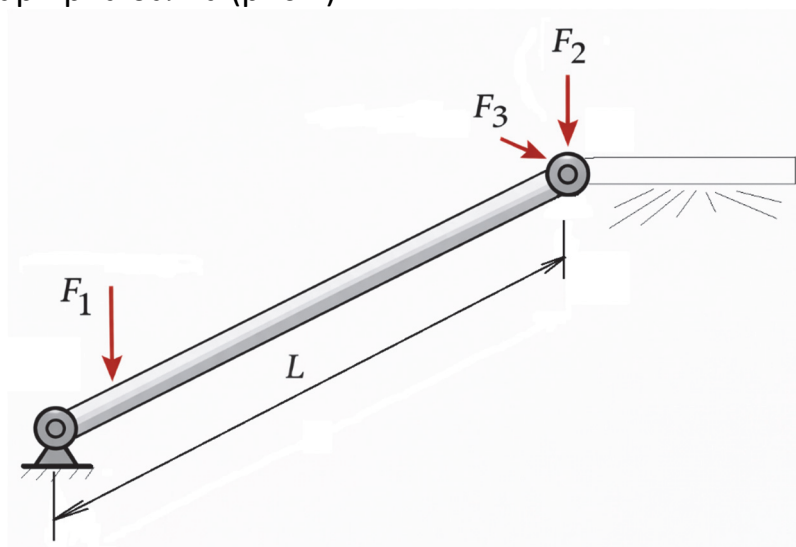


Рис.2. – Розрахункова схема

Верхній шарнір є рухомих і може змінювати положення в площині, тоді як нижній умовно вважається нерухомим.

Таким чином, ланка працює під дією:

- поперечних сил;
- згинальних моментів (як результат дії сил);
- частково – осьових зусиль.

Важливо, що згинальний момент не прикладається безпосередньо в шарнірі, а виникає як наслідок дії сил відносно опори.

Аналіз напруженого стану показує:

- максимальні напруження виникають у зоні нижнього шарніра;
- верхня частина працює під дією комбінованого навантаження;
- центральна частина зазнає згину;
- наявні слабонавантажені зони.

Для пластикових конструкцій критично:

- уникнення різких переходів;
- зменшення концентраторів напружень;
- забезпечення рівномірної товщини стінок.

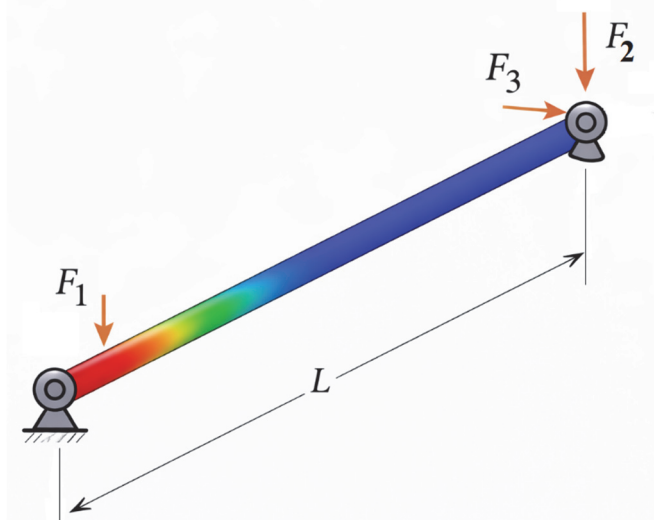


Рис. 3. – Напружено-деформований стан ланки шарнірного механізму настільної лампи

Таким чином, результати аналізу напружено-деформованого стану свідчать про нераціональний розподіл матеріалу в конструкції, що обґрунтовує доцільність застосування генеративного проектування як ефективного інструменту її оптимізації. Крім того, виявлено проблему стійкості лампи, зокрема можливість її перекидання у певних робочих положеннях, що додатково підсилює актуальність зменшення маси та раціонального перерозподілу матеріалу в ланці шарнірного механізму.

Таблиця 1. – Параметри генеративного проектування

Параметр	Значення
Довжина ланки	300 мм
Матеріал	ABS / PA6
Тип системи	Двохшарнірна
F_1 (власна вага ланки)	$\approx 5-8$ Н
F_2 (вага плафона)	$\approx 10-20$ Н
F_3 (сила дії руки)	$\approx 15-30$ Н
Зони збереження	Отвори під шарніри
Обмеження	Лиття під тиском

Отримана генеративна модель ланки шарнірного механізму (рис.4) характеризується раціональним розподілом матеріалу відповідно до дії прикладених навантажень. Конструкція має біонічну решітчасту структуру, в якій матеріал зосереджений переважно вздовж силових траєкторій, що забезпечує ефективне сприйняття згинальних і поперечних навантажень. Посилені зони сформовані в області шарнірних з'єднань, де виникають максимальні напруження, тоді як центральна частина оптимізована шляхом видалення слабонавантажених об'ємів. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити масу конструкції при збереженні необхідної жорсткості та міцності. Геометрія моделі також враховує технологічні обмеження лиття під тиском, зокрема плавні переходи та відсутність різких концентраторів напружень, що забезпечує її придатність до серійного виготовлення.

Розподіл еквівалентних напружень за Мізесом (рис.5) свідчить про концентрацію максимальних значень у зоні нижнього шарнірного з'єднання, що узгоджується з попереднім аналізом навантаження. У верхній частині конструкції спостерігається комбінований вплив сил F_2 та F_3 , що призводить до локального підвищення напружень. Центральна частина ланки працює переважно на згин, що підтверджується плавним градієнтом напружень уздовж довжини. При цьому більша частина об'єму характеризується зниженими напруженнями, що підтверджує ефективність генеративного проектування та раціональний перерозподіл матеріалу.



Рис. 4. – Фінальна генеративна модель ланки шарнірного механізму

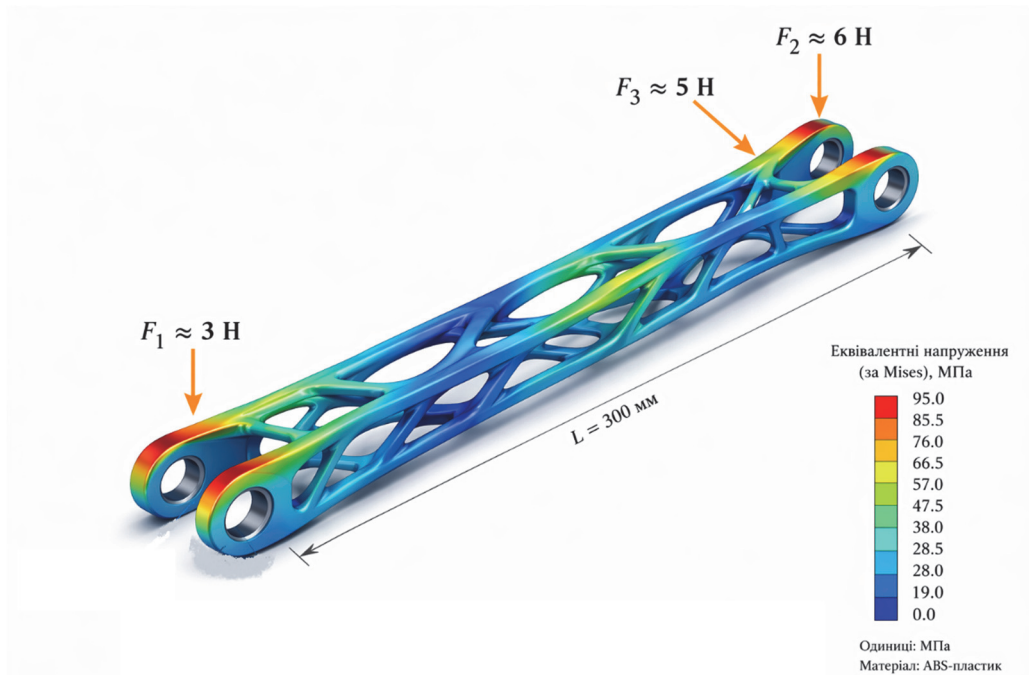


Рис. 5. – Фінальна генеративна модель ланки шарнірного механізму

Рендерінг (рис.6) демонструє інтеграцію генеративно спроектованої ланки у конструкцію настільної лампи та її відповідність функціональним і конструктивним вимогам.



Рис. 6. – Рендерінг конструкції настільної лампи з генеративною ланкою

Таблиця 2. – Результати порівняльного аналізу вихідної та оптимізованої конструкцій ланки

Параметр	Стандартна ланка	Генеративна ланка
Маса	100% (0.40 кг)	65–75% (0.28 кг)
Тип конструкції	суцільна	біонічна
Напруження	локальні піки 42 МПа	рівномірні 32 МПа
Жорсткість	досягається масою	досягається формою
Деформації	більші 2.2 мм	менші 1.7 мм
Матеріалоемність	висока	знижена
Технологічність	обмежена	покрощена
Коефіцієнт запасу	1.6	2.3
Стійкість системи	нижча	вища

Висновки.

1. Ланка шарнірного механізму настільної лампи працює як двохопорно-шарнірна система під дією сил F_1 , F_2 та F_3 .
2. Аналіз напружено-деформованого стану виявив концентрації напружень у зоні нижнього шарніра та неефективний розподіл матеріалу базової конструкції.
3. Генеративне проектування дозволило сформувати раціональну структуру з орієнтацією матеріалу вздовж силових траєкторій.
4. У результаті маса зменшена приблизно на 30%, напруження – з 42 до 32 МПа, переміщення – з 2.2 до 1.7 мм, коефіцієнт запасу зріс до 2.3.
5. Оптимізація конструкції підвищує жорсткість і стійкість лампи та забезпечує її придатність до виготовлення методом лиття під тиском.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baek, S. Y., & Lee, J. (2021). Artificial intelligence-driven generative design for mechanical engineering. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 103, 104290. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104290>
2. Rosen, D. W. (2014). Design for additive manufacturing: A method to explore unexplored regions of the design space. *International Journal of Product Development*, 13(3–4), 170–186. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2014.060071>

3. Liu, J., Gaynor, A. T., Chen, S., Kang, Z., Suresh, K., Takezawa, A., ... & To, A. C. (2018). Current and future trends in topology optimization for additive manufacturing. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 57, 2457–2483. <https://doi.org/10.1007/s00158-018-1994-3>
4. Гуменюк, В. Д., & Ковальчук, І. В. (2019). Оптимізація конструкцій машинобудівних виробів із застосуванням сучасних CAD/CAE систем. *Вісник Національного технічного університету України «КПІ»*, 2(85), 45–52.
5. Autodesk. (2023). *Generative Design in Fusion 360 – User Guide*. Retrieved from <https://help.autodesk.com>

УДК 691.32:624.042

ГЕНЕРАТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛИТИ БЕТОННОЇ ОГОРОЖІ З УРАХУВАННЯМ ПРОСТОРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Д.О. Довгаль¹, О.О. Муха²

¹доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²студент групи МЗ-25-1, e-mail: Mukha.Ol.O@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Розглянуто застосування генеративного проектування для оптимізації плити бетонної огорожі типу «європаркан». Досліджено стандартну плиту 2000×500×50 мм, встановлену в нижньому ярусі секції та навантажену вагою трьох плит і вітровим впливом. Побудовано розрахункову схему з урахуванням монтажних люфтів, визначено внутрішні зусилля та виконано генеративне проектування в Autodesk Fusion 360 з отриманням оптимізованої та технологічної конструкції.

Ключові слова: concrete fence, panel, generative design, Autodesk Fusion 360, engineering design, 3D modeling, structural optimization.

GENERATIVE DESIGN OF A CONCRETE FENCE PANEL UNDER SPATIAL LOADING

Denys Dovhal¹, Olena Mukha²

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²Student, e-mail: Mukha.Ol.O@nmu.one

^{1,2}Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the application of generative design for optimizing a concrete fence panel. The panel is subjected to vertical load from three upper panels and frontal wind pressure applied perpendicular to its surface. The structural model is refined considering mounting clearances. A generative design model is developed in Autodesk Fusion 360, resulting in a lightweight and structurally efficient configuration.